

**ФГБОУ ВО НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ**

**Кафедра биологии, биоресурсов и аквакультуры**

**И.В. Моружи, Е. В. Пищенко**

**Гидробиология**

**(курс лекций)**

**Новосибирск 2016**

УДК 577.472 (28)  
ББК

Морузи И.В., Пищенко Е.В. Гидробиология (курс лекций) - Новосиб. гос. аграр. ун-т. - Издание 2-е исправленное. – Новосибирск, 2016.- 67 с.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Севастеев С.В. - канд. биол. наук, доцент кафедры биологии, биоресурсов и аквакультуры

Учебное пособие включает 7 лекций, в которых рассматриваются основные вопросы гидробиологии внутренних водоемов. Приводятся сведения о строении воды, классификации внутренних вод, факторах влияющих продуктивность естественных водоемов естественных водоемов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Зоотехния» и «Биология», очной и заочной форм обучения, а так же для аспирантов биологических направлений.

Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом биолого-технологического факультета НГАУ (протокол № от «» 20 г.)

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2016

© Морузи И.В, Пищенко Е.В. 2016

## Оглавление

Глава 1	ГИДРОБИОЛОГИЯ - НАУКА О ФЛОРЕ И ФАУНЕ ВОДОЕМОВ.....	62
	Основные понятия гидробиологии.....	63
Глава 2	ВЕЩЕСТВ НА ЖИЗНЬ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДОЕМОВ.....	72
	Круговорот органического вещества. ....	72
Глава 3	УЧЕНИЕ О ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМОВ.....	81
	Общие понятия о биологической продуктивности, продукции и биомассе.....	81
	Факторы биологической продуктивности водоемов.....	81
	Биологическая продуктивность разных водоёмов.....	85
	Методы управления биологической продуктивностью водоёмов.....	87
Глава 4	ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ ОБИТАТЕЛИ ТОЛЩИ ВОДЫ И ДНА.....	92
	Понятие о планктоне. ....	92
	Рис 2.1. Представители разных групп планктона.....	95
Глава 5	ПОНЯТИЕ О ПЕРВИЧНОЙ И ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ВОДОЕМОВ 97	
	Первичная продукция. Методы ее определения. ....	98
	Вторичная продукция водоемов. ....	102
Глава 6	ПИТАНИЕ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ.....	103
	Трофические классификации гидробионтов. ....	104
	Пищевая активность и спектры питания гидробионтов.....	107
Глава 7	ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЕМОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	109
	Пруды.....	109
	Озёра.....	111
	Водохранилища.....	115
	РЕКИ.....	121
Глава 8	Методические указания для выполнения контрольной работы.....	123

## **Глава 1 ГИДРОБИОЛОГИЯ - НАУКА О ФЛОРЕ И ФАУНЕ ВОДОЕМОВ**

Живые существа, населяющие землю, обитают в атмосфере, литосфере и водной оболочке - гидросфере. Гидросфера представляет собой широкую арену жизни. Из общей площади поверхности нашей планеты, равной приблизительно 510 млн. км<sup>2</sup> около 362 млн. км<sup>2</sup> занято водой, т.е. 71% общей поверхности Земли. А если учесть подземные воды, то окажется, что вода покрывает всю Землю. 99,5 % воды сосредоточено в морях и океанах, и 0,5% примерно поровну распределены между континентальными и подземными водами. Гидросфера служит местом обитания огромного количества водных организмов - гидробионтов. Гидробиология - наука о жизни в воде, изучает взаимоотношения водных организмов друг с другом и с окружающей средой, а также биологические процессы происходящие в водоемах. Гидросфера служит местом обитания огромного количества водных организмов - гидробионтов. Гидробиология - наука о жизни в воде, изучает взаимоотношения водных организмов друг с другом и с окружающей средой, а также биологические процессы, происходящие в водоемах.

На современном этапе гидробиология представляет собой науку изучающую экологию водных организмов. Выделение ее в отдельную науку обусловлено особенностями водной Среды, откладывающими характерный отпечаток на жизнь ее обитателей.

Специфический метод гидробиологии как дисциплины экологической - это учет количества организмов - их численности и биомассы. Учет количества организмов нужен не только для определения величины популяции. но и для выяснения с его помощью образа жизни, взаимосвязи с различными элементами окружающей среды.

Задача гидробиологии состоит в синтетическом изучении структурного и функционального взаимодействия популяций водных животных. Результа-

ты исследований используются для разработки биологических основ рациональной эксплуатации водоемов, при которой польза от эксплуатации водоемов должна быть наибольшей, а вред водоему и его обитателям - наименьшим.

Другая плоскость использования гидробиологических знаний - составление прогнозов распределения, численности и состава гидробионтов, без чего немислимо планирование эксплуатации водоемов.

Третье направление в приложении к практике представляет работа по искусственному регулированию состава, распределению и численности, а также работа по реконструкции и перестройке фауны и флоры водоемов в интересах человека.

В соответствии с необходимостью решения тех или иных задач, в настоящее время сформировались и обособились промысловая, рыбохозяйственная, санитарная, ветеринарная, медицинская, техническая и радиационная гидробиология.

Гидробиологические исследования водоемов направлены на решение одной общей задачи - создать научные основы их комплексной рациональной эксплуатации. Этой цели отвечают работы ведущиеся на широкой гидробиологической основе и обеспечивающие всестороннюю оценку каждого явления для водоема в целом. Именно этот путь исследований обеспечивает наиболее плодотворные теоретические и практические достижения.

## **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГИДРОБИОЛОГИИ**

Как наука экологическая гидробиология прежде всего исходит из представления о том, что организмы не могут существовать без внешнего мира, в то время как последний остается объективной реальностью вне зависимости от присутствия в нем организмов становится по отношению к ним средой.

**Среда** - это те элементы внешнего мира, с которыми особи вида связа-

ны прямыми приспособительными отношениями. В сложной совокупности природных тел и явлений, из которых складывается внешний мир, только какой-то ограниченный комплекс элементов становится средой по отношению к отдельному виду. Применительно к особям нескольких видов этот комплекс будет шире, чем понятие среды в отношении одного вида. Среда двух или нескольких гидробионтов может в значительной степени совпадать или различаться. То же самое справедливо и в отношении среды одного организма на разных стадиях развития.

В случае исчезновения организма из водоема, последний перестает быть средой в отношении его. Вместе с тем водоем по отношению к отсутствующему в нем тому или иному гидробионту может рассматриваться как возможная среда последнего. Исследование водоема с целью оценки его как возможной среды не обитавших в нем организмов особенно важно при организации акклиматизационных работ. Зная жизненные потребности акклиматизируемых организмов и условия в водоеме, можно составить правильное представление о последнем как благоприятной или неблагоприятной среде в отношении предполагаемых к вселению гидробионтов. Многие экологи понимают под средой все элементы окружения организмов, а не только те, с которыми они связаны прямыми приспособительными отношениями.

Элементы среды, которые оказывают то или иное влияние на организмы, называют **факторами воздействия** или просто **факторами**. По своей природе факторы могут быть разделены на несколько типов. **Абиотические** - физико-химическое воздействие мертвой среды. **Биотические** - воздействие одних организмов на другие. **Антропогенные** - влияние человека на организмы через их истребление, разведение, акклиматизацию и др. Факторы воздействия могут обладать сравнительно высокой степенью стабильности (например, температура, плотность, вязкость воды морских глубин) или наоборот, быть очень изменчивыми (например, перечисленные качества воды, но не на глубине, а у поверхности).

Амплитуда колебания фактора, при которой могут существовать особи вида, называется **экологической валентностью вида**. Гидробионты с широкой экологической валентностью называются **эврибионтными**, с узкой валентностью **стенобионтными** (eurys - широкий, stenos - узкий, bios - жизнь). Примером стенобионтных форм могут служить мандрепоровые кораллы, обитающие в море, только на твердых грунтах при температуре не ниже 20° С и не выносящие даже легкого опреснения воды. В качестве эврибионтного вида можно назвать корненожку *Cyphoderia ampulla* обитающую в морях, соленых болотах и пресных водоемах, в теплых прудах и холодных озерах. Виды с очень высокой степенью эврибионтности, такие, как только что названная корненожка называются **убиквистами** (ubique - везде).

Широты экологической валентности гидробионтов можно оценить не только в отношении комплекса факторов (эври- или стенобионтность), но и применительно к каждому из них в отдельности, добавляя к названию соответствующего фактора греческое “эври” - широкий или “стено” - узкий. Например, голотурия *Elpidia glacialis*, не встречающаяся в воде с температурой выше +1°С Должна быть отнесена к стенотермным организмам (thermos - теплый), а упоминавшаяся корненожка *Cyphoderia ampulla* - к эвритермным.

Организмы, стенобионтные в отношении какого-то фактора, обитают либо при его высоких дозировках, либо при малых. Если они нуждаются в высоких дозировках фактора, то к русскому названию последнего прибавляют “любивый”, а греческому - “фильный”, например, теплолюбивый - термофильный, холодолюбивый - криофильный.

Если организм избегает какого-то фактора, то добавляется - “фобный” (fobos- боязнь). Организмы, не переносящие соленой воды - галофобные (gals- соль).

Иногда используется другая терминология: виды обитающие при высоких дозировках факторов. Например, организмы соленых вод - галобион-

тами, водные организмы - гидробионты.

Экологическая валентность вида тем шире, чем в более разнообразных условиях он обитает - прибрежные обитатели открытых зон водоема, где температурные и солевые условия постоянны. Точно так же обитатели поверхностного слоя воды более эвритермны, чем глубоководные формы, живущие в условиях большего постоянства температурного фактора. Чем разнообразнее условия жизни в водоеме, тем богаче видовой состав его населения, чем больше какой-либо параметр отклоняется от средних значений, тем однообразнее население водоема.

Знание типа водоема, в котором обитают гидробионты, позволяет получить первое представление об их среде обитания. Называя организм морским, озерным или речным, мы в какой-то степени обрисовали его экологический облик. Конкретизировать приуроченность вида, к тому или иному биотопу внутри водоема, возможно при знании комплекса условий, которыми характеризуется этот биотоп. **Биотоп** - место обитания с определенными условиями, как физико-химическими, так и биологическими. В водоемах различают два основных биотопа: толща воды или пелагиаль (pelagos- море), и дно водоема - бенталь (bentos- глубина). В качестве наиболее крупных сообществ гидробионтов выделяют **пелагос** - обитателей толщи воды и **бентос** - население дна. **Пелагобентос** - понимаются гидробионты, обладающие способностью попеременно вести то пелагический, то бентосный (придонный) образ жизни. Сообщества водных организмов, которые поселяются на различных предметах и живых телах, находящихся в толще воды, получили названия **перифитоны** (peri- вокруг, phyton-растение). Среди пелагических форм различают организмы **планктона** и **бентоса**.

**Планктоном** (plankton- парящий) называются организмы не способные к активным движениям, либо обладающие ими, но не могущие противостоять токам воды, которыми переносятся с места на место. Впервые этот термин был предложен ученым В.Гензеном в 1887 году.



**Нектон** (nektion- плавающий) - к нему относятся крупные животные с хорошо развитыми органами движения, позволяющими им преодолевать даже сильные течения. К нектону относятся рыбы, головоногие моллюски, млекопитающие.

Планктонные организмы, часть тела которых находится в воде, а часть над ее поверхностью носят название плейстона (plein - плавать на корабле).

Особое сообщество водных организмов, получившее название нейстон (nein- плавать), образуют растения и животные, жизнь которых связана с поверхностной пленкой воды.

Вся совокупность взвешенных в воде мелких частиц (детрит или триптон) и планктонных организмов обозначается термином **сестон** (sestos- просеянный).

Водные организмы не единственный объект, изучаемый гидробиологией. Наряду с гидробионтами, адаптированными к жизни только в водной среде, она изучает также организмы, которые могут жить как в воде, так и на суше. Некоторые из таких организмов: водяной лютик, земноводная гречиха, стрелолист, могут жить одинаково успешно в обеих средах. Другие, такие как лягушки, тритоны, многие раки и рыбы адаптированы преимущественно к жизни в воде, но могут значительную часть времени пребывать вне неё. Третьи: бобр, выхухоль, нутрии, значительную часть времени проводят на суше. Все эти организмы, обладающие адаптацией к водной и воздушной среде, называются **амфибионтами**.

Среди них выделяют группу полуводных организмов, часть тела которых находится в воде, а часть на воздухе (например, камыши, осока).

И, наконец, к объектам гидробиологического изучения относятся водные стадии так называемых гетеротопных или воздушно-водных организмов, часть жизненного цикла которых протекает в воздушной, а часть - в водной среде. Многие насекомые в стадии имаго ведут воздушный образ жизни, а в личиночной - водный, например, комары, поденки.

Живые организмы бактериального, растительного и животного мира населяют всю поверхностную зону земли. Жизнью заполнены морские и пресные воды, почвенный покров земли и воздух. Вода, как среда обитания, имеет, по сравнению с воздушной средой, ряд важных особенностей. Прежде всего, вода представляет организмам самое себя, как основную составную часть их тела: далее - вода содержит в растворе вещества, необходимые для построения тел организмов, физические свойства воды выгодно отличают ее как среду обитания от воздуха. Лишь относительно скудное содержание кислорода в воде, по сравнению с воздухом, делает в некоторых случаях ее менее пригодным местом обитания, чем воздушная среда.

Очень важны для жизни организмов тепловые свойства воды: высокая удельная теплоемкость, малая теплопроводность, способность к расширению при замерзании.

Вследствие большой удельной теплоемкости, вода поглощает много тепла, но имея малую теплопроводность, отдает его в окружающую среду очень медленно. Важнейшим следствием этих тепловых свойств воды является сравнительное постоянство температуры водных бассейнов. В них отсутствуют резкие колебания температуры, столь обычные на суше. Это имеет важное значение для водных животных, большая часть которых являются холоднокровными.

Высокая удельная теплоемкость воды обуславливает и очень большой запас тепла в гидросфере по сравнению с сушей и тем более с атмосферой. Насколько велик запас тепла в гидросфере, показывает следующий пример: при понижении температуры 1 литра воды на  $1^{\circ}\text{C}$ , выделяется такое количество тепла, которого достаточно для того, чтобы повысить на  $1^{\circ}\text{C}$  температуру более 3000 таких же объемов воздуха. Поэтому теплые океанические течения оказывают огромное влияние на климат прилегающих к морю областей.

Очень велика и скрытая удельная теплота плавления льда,  $3,35 \times 10^5$

дж/кг.

Замечательна способность воды расширяться при замерзании, в противоположность большинству других веществ, которые при охлаждении сжимаются и достигают наибольшей плотности при температуре замерзания. Благодаря этому свойству воды лед держится на ее поверхности, защищая нижележащие слои воды от дальнейшего охлаждения.

Большое значение для жизни водных организмов имеет большая ( $10^3$  кг/м<sup>3</sup>) по сравнению с воздухом (1,3 кг/м<sup>3</sup>) плотность воды. Это свойство воды позволяет животным и растительным организмам находиться во взвешенном состоянии в толще воды в течение всей жизни.

Несмотря на относительно большую плотность, вода отличается большой подвижностью. Очень большую роль в жизни водоемов играет различные формы движения воды: поверхностные и глубинные течения, вертикальные миграции. Они обуславливают распределение в водной толще газов, растворенных органических и минеральных веществ, а также температурный режим водоемов. Любая вертикальная миграция легче осуществляется на мелководьях. Поэтому особенно интенсивно жизнь развивается в прибрежных районах и на отмелях (банках) на глубине 150-200 метров. В результате 86% мирового промысла приходится на зону шельфа, который составляет лишь 7,6% всей акватории Мирового океана.

Велика роль движения воды в расселении организмов. Течения переносят на большие расстояния животных, их яйца, личинок, растения и их споры. Большая часть личинок донных беспозвоночных дрейфует в пределах прибрежной области. Таким образом, осуществляется нормальное воспроизводство обитающих здесь организмов. Обычно дрейф проходит на расстояние 400-500 км от берегов, реже 800 км. Однако личинки некоторых беспозвоночных способны дрейфовать и на очень далекие расстояния (4000-6000 км) с водами Гольфстрима и других широтных течений. Таким путем, многие организмы, имеющие слабые органы движения или лишенные их, рассе-

ляются в новых акваториях и получают широкое географическое распространение.

Одной из самых специфических особенностей жизни в гидросфере является давление. Известно, что столб морской воды высотой 10 метров на каждый квадратный сантиметр поверхности оказывает давление, равное приблизительно  $1,01 \times 10^5$  Паскалей. Поэтому на больших глубинах давление достигает многих сотен Паскалей. Однако глубоководные животные выдерживают это громадное давление, ткани их тела, состоящие почти на 100% их жидкости, практически не сжимаемы. Многие морские животные существуют в очень широком диапазоне глубин, а следовательно, и давлений и называются эврибатными (эври- широкий, батос- глубина). Известен брюхоногий моллюск, обитающий на глубинах от 3-4 метров до 2300 метров, червь *Palola* от 10-15 м до 7 тыс. м.

Организмы, не способные выдерживать значительных колебаний давления - называются стенобатными. Опыты показали, что многие организмы способны выдерживать большие давления: актинии и морские звезды до 10 Мпа, а личинки жука-плавунца до 60 Мпа. Таким образом, большие давления не препятствуют жизни в гидросфере.

Только в отношении одного фактора - содержание кислорода - водные организмы, как уже отмечалось, находятся в условиях менее благоприятных, чем обитатели суши. В  $1 \text{ см}^3$  воды даже при условии ее хорошей аэрации содержится не более  $7-10 \times 10^{-6} \text{ м}^3$  кислорода, а в том же объеме воздуха количество его равно  $0,207 \times 10^{-3} \text{ м}^3$ . В связи с малым содержанием кислорода большая часть обитателей гидросферы - холоднокровные формы, у которых процессы обмена веществ протекают не так интенсивно, как у теплокровных форм, и, следовательно, требуют меньшего количества кислорода.

Организм данного вида по отношению к одним факторам среды может отличаться большей пластичностью, чем к другим условиям обитания. Например, личинки комара *Chaobogus* - стеногалинные и обитают в пресных

водах. Вместе с тем, по отношению к содержанию кислорода Chaoborus - эвриоксигенная форма и может выдерживать длительное время почти полное отсутствие кислорода.

Условия обитания в водоемах, даже небольших, с глубиной существенно меняется, поэтому дно, как и толщу воды, подразделяют на ряд областей, которые в свою очередь делятся на зоны. В зависимости от размера дно морей и океанов принято делить на материковое плато (шельф), материковые склон и ложе.

**Бенталь водоемов.** Область материкового плато, называемого материковой отмелью или континентальным шельфом делится на три зоны. Выше уровня приливов лежит супралитораль - часть берега, увлажняемая заплесками или брызгами воды. Ниже, гранича с ней, лежит литораль - прибрежное пространство, периодически заливаемое водой во время приливов и обнажающееся до нижней границы распространения донных растений.

**Пелагиаль океана.** Разделяется на отдельные зоны как по вертикали на слои, лежащие друг под другом, так и по горизонтали, т.е. водные массы, располагающиеся над различными областями ложа водоема.

В горизонтальном направлении ложе водоемов делится на прибрежную или неритическую часть, и открытую часть. Благодаря стоку материковых вод и интенсивной вертикальной циркуляции поступление питательных солей в зону фотосинтеза происходит более или менее непрерывно. Это способствует интенсивному развитию фитопланктона на протяжении всего вегетационного периода. Население неритической области, в количественном отношении, богаче флоры и фауны зоны пелагиали. В пелагиали обитают ветвистоусые ракообразные, коловратки, личинки донных беспозвоночных. Численность организмов здесь в десятки раз выше. Эта зона подвержена значительными сезонными изменениями условий обитания, подавляющее большинство водорослей и многие животные, по окончании своего развития, образуют споры и другие покоящиеся стадии.

**Зона открытой воды** охватывает всю остальную толщу вод пелагиали. Здесь в составе фауны веслоногих ракообразных 80-90 %.. Наиболее интенсивное развитие фитопланктона наблюдается лишь весной. Летом вертикальная циркуляция над большими глубинами незначительна, поэтому поступление питательных солей в зону фотосинтеза затруднено, что препятствует развитию водорослей.

Границы вертикальных зон и пелагиали выражены нечетко в связи с тем, что обитатели толщи воды подвижны и многие из них совершают значительные по амплитуде вертикальные миграции различного типа. Наиболее отчетливо выражена граница между мелководной и глубоководной областями.

*Вопросы:*

1. Что такое экологическая валентность видов?
2. На какие области делится водоем? .

## **Глава 2 ВЕЩЕСТВ НА ЖИЗНЬ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДОЕМОВ**

### **КРУГОВОРОТ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА.**

Следуя учению академика В.Р. Вильямса, круговорот веществ в водоеме делится на два: большой круговорот, малый круговорот.

**Большой круговорот** имеет тенденцию смыва с поверхности земли питательных веществ и отложение их на длительные эпохи на дне океана. Человек пользуется результатом большого круговорота в виде накопленных горючих, химических и строительных материалов добываемых из осадочных пород. Все, что уносится в русло большого круговорота в настоящее время, откладывается на глубинах океана и будет доступно человеку только через очень большой промежуток времени.

**Малый круговорот** в водоемах (биологический) исполняет обрат-

ную работу - мобилизует вещества и элементы, на строение почвенных, пресноводных и наземных организмов. Результатом этого становится биологическая продуктивность, используемая человеком.

Биологический круговорот в водоемах проходит в несколько этапов:

1. Синтез органического вещества;
2. Поступление биологических веществ в водоем с водосборной площади;
3. Разложение (минерализация) органических веществ в водной толще;
4. Разложение и накопление органических веществ на дне водоема;
5. Потребление живых организмов, синтезирующих органические вещества, а также организмов, минерализующих и потребляющих разрушающиеся вещества, животными;
6. Потребление разлагающихся и растворенных органических веществ бактериальными, растительными и животными организмами;
7. Потребление животных животными;
8. Поступление в водную толщу и на дно водоемов отмирающих организмов и продуктов их жизнедеятельности.

Первые три этапа характеризуют источники поступления органического вещества в водоемы, а остальные этапы представляют стадии трансформации и накопления веществ на дне водоема.

Теперь рассмотрим каждый из этапов.

**1. Синтез органического вещества** в водоемах осуществляется путем фотосинтеза зелеными организмами планктона и бентоса, и в сравнительно малых размерах - хемосинтезирующими бактериями.

Для своей фотосинтезирующей деятельности растения, водоросли, мхи, лишайники требуют специфических условий. Например, разные группы водорослей (зеленые, сине-зеленные, диатомовые) требуют своих специфических условий: температуру и количество света.

**Диатомовые** - развиваются при  $t^{\circ}\text{C}$ , содержании ионов железа не ме-

нее 0,1 мг/л, аммонийного азота - 0,02-0,03 мг/л.

**Синезеленые** появляются в большом количестве при высоких температурах 23-24 °С содержания  $Fe_2O_3$  не менее 0,1 мг/л, фосфора - от 0,002 до 0,02 мг/л, аммонийного азота - 0,0! -0,08 мг/л.

**Зеленые** при всех равных условиях требуют большого количества аммиачного азота - до 0,8 мг/л.

Те или иные водоросли могут развиваться в одном и том же водоеме в разное время, в зависимости от изменения параметров среды. Таким образом, синтез органического вещества через фотосинтез представляет собой весьма изменчивую величину.

Кроме фотосинтеза формирование органического вещества в водоемах идет и за счет хемосинтеза, который осуществляется бактериями. В процессе хемосинтеза участвуют серобактерии, железобактерии и нитрифицирующие бактерии. Напряженность работы организмов зависит от многих факторов среды. Его объем и результаты для каждого водоема различны. Роль хемосинтеза в формировании органического вещества Земли в настоящее время значительно ниже, чем фотосинтез.

**2. Поступление в водоем готового органического вещества**, а также биогенных веществ в водоем с водосборной площади находятся в глубочайшей зависимости от геологического строения местности, особенностей почв, растительного покрова, климатических черт, от размеров и особенностей хозяйственной деятельности человека.

С водосбора, представленного кристаллическими породами, при мало развитых почвах, поросших плотным ковром растительности, в условиях отсутствия хозяйственной деятельности человека, водоем почти не будет получать готовых органических веществ и очень малое количество биогенных элементов.

Такой водоем единственным источником органического вещества бу-



дет иметь фотосинтезирующие и хемосинтезирующие организмы.

Водоем же, собирающий воду с площади, покрытой тучными почвами, распахиваемыми и удобряемыми человеком, при климате, богатом атмосферными осадками, будет получать громадное количество готовых органических веществ и столько же биогенов. В нем будут происходить очень бурные процессы фотосинтеза (преимущественно за счет синезеленых водорослей).

Разложение и трансформация накопленного органического вещества идет в водоеме с разной интенсивностью. Синтезированные в водоеме или поступавшие извне органические вещества претерпевают дальнейшие превращения. Прежде всего мертвые органические вещества (внесенные извне и получившиеся после гибели организмов, обитавших в водоеме) подвергаются сложным биохимическим превращениям в толще воды. Эти превращения, протекающие большей частью при большом потреблении кислорода, происходят с большой скоростью. Активным агентом разложения являются микроорганизмы, а также находящиеся в воде ферменты.

В процессе разложения органических веществ при участии микроорганизмов происходит их метаморфизация на продукты конечного распада и большое количество мертвого органического вещества. Оно усваивается сапрофитными бактериями, грибами и вновь входит в состав живого органического вещества. Количество органического вещества, заключенного в бактериях достигает громадных размеров, временами превосходя количества вещества, содержащегося в том же объеме воды в водорослях. В высококормных водоемах в  $1 \text{ см}^3$  воды содержится 2 мл. бактерий, что составляет  $1,01 \text{ г/м}^3$ .

**3. Питание животных.** Животные населяющие водоемы, для своего питания используют:

- 1) автотрофные организмы (водоросли и высшие растения);
- 2) сапрофитные бактерии и грибки;

3)разлагающиеся и растворенные органические вещества;

4)животных других видов.

**Автотрофные (зеленые) организмы** - водоросли и высшие водные растения широко используются водными животными при питании.

При изучении питания планктонных фильтраторов выяснено, что оптимальная концентрация протококковых водорослей, обеспечивающих питание *Daphnia pulex* - 1,6 г/м<sup>3</sup> или около 2 млн. клеток в 1 см<sup>3</sup>, а для диатомид около 1 г/м<sup>3</sup> или 1,5 млн. клеток в 1 м<sup>3</sup>. Ряд животных при этом имеет обширный круг поглощаемых организмов. Однако всеядных организмов сравнительно немного. Чаще всего животные имеют более или менее специализированное питание. Например, белый толстолобик питается в основном зелеными водорослями, взвешенными в толще воды, но частично поедает и зоопланктон. Белый амур с большой охотой поедает рдесты, элодею, молодые побеги камыша, но не отказывается и от комбикорма и бентоса.

Но среди растительного населения водоемов имеются виды, которые почти не потребляются животными. Например, специальные водоросли, высшие водные растения, мхи.

В отношении некоторых видов растений животные обнаруживают определенную специализацию, которая может быть не только кормовой, но и связывать животных и растения при выполнении ими других жизненных назначений. Так, некоторые моллюски (катушки, озерники) питаются листьями кувшинок и сидящими на них эпифитами и здесь же откладывают свои кладки. Жуки донации в определенный период жизни неотделимы от листовых пластинок кувшинок и кубышек. Минирующие личинки некоторых насекомых имеют ограниченное количество растений, на которых могут проводить свою жизнь.

Водоросли размножаются делением с колоссальной быстротой, количество их через трое суток увеличивается в 5 раз. Водоросли используются в пищу низшими животными (зоопланктоном), рыбами, населяющими толщу

воды. Большая же их часть отмирает и падает на дно. Отмершие водоросли частично используются организмами, населяющими дно водоема, **детрито-ядными** рыбами, а большая часть накапливается в виде органических остатков.

Иногда использование животными водорослей одного вида может приводить к неожиданным последствиям. Например, при питании дафнии избыточным количеством протококковых водорослей, когда часть поглощенных водорослей выбрасывается из кишечника в полупереварившемся виде, происходит мгновенная гибель всей массы водорослей, вследствие лизиса и автолиза охватывающего всю колонию (Гаевская, 1948). Таким образом, в водоеме поддерживается оптимальная численность водорослей, используемых в питании рыб. Пищевая ценность разных видов водорослей не одинакова: на одних дафнии хорошо выращиваются и дают здоровое потомство, а на других только поддерживают свое существование. За счет водорослей и растений водные животные получают не только питательные вещества, но и витамины.

Важную роль в питании водных животных играют хемотрофные бактерии, такие как азотобактер, серые и сапрофитные бактерии. Ими питаются многочисленные животные планктона и бентоса, простейшие, коловратки, низшие ракообразные, личинки насекомых, моллюски.

Бактерии, развивающиеся в воде, обладают еще большей скоростью размножения, чем водоросли. Одна бактерия за 15 часов способна дать потомство в 1 млрд. экз. Часть живых бактерий вместе с живыми водорослями потребляется зоопланктоном, но значительное количество их отмирает, разлагается, минерализуется и снова вступает в биологический круговорот.

В результате деятельности бактерий при достаточном содержании в воде кислорода, органические вещества довольно быстро разлагаются: углерод и водород переходят в углекислоту и воду, азот белковых соединений в мочевины и аммиак. В дальнейшем под воздействием нитрифицирующих

бактерий создается нитратный азот, хорошо усвояемый зелеными водорослями. Развитие жизненных процессов в водоемах создает хорошие условия для синтеза белка в организме рыб. Животные, передвигающиеся в водной толще, могут питаться водорослями, бактериями, грибами, находящимися не только на дне и в водной толще, но и на пленке поверхностного натяжения. Например, личинки некоторых комаров, поднимаясь к поверхности, поедают микроорганизмы, входящие в состав нейстона.

Разлагающиеся коллоидные и растворенные органические вещества потребляются животными в неодинаковой степени. Органические вещества водоема условно делят на детрит и коллоидные вещества. Разлагающиеся оформленные вещества, как находящиеся в толще воды, так и на дне водоема еще не вошедшие состав водных илов, носят название детрит. По происхождению и составу детрит может быть весьма разнообразным. Это и частицы почвенного мелкозема, фрагменты наземной растительности, начальные продукты разложения водных растений и животных, частицы донных отложений водоема. Все они объединяются одним общим признаком - ядро, состоящее из не полностью разложившегося органического вещества (животного или растительного происхождения), вокруг которого скопилось громадное количество бактерий и грибов. Питательная ценность детрита состоит не столько в его органическом ядре, сколько в телах окружающих его микроорганизмов. Детрит находится в водоемах в очень большом количестве и служит пищей для самых разнообразных животных от простейших до рыб. Так же как и зеленые растения, бактерии и грибы, детрит является полноценной пищей. Отдельные его компоненты обладают неодинаковой пищевой ценностью. Не всякие взвешенные вещества представляют собой детрит и не все они поглощаются животными фильтраторами. При преобладании среди взвешенных веществ минеральных частиц, засоряющих фильтрационный и пищеварительный аппарат, двустворчатые моллюски убирают свою мускулистую ногу и плотно закрывают раковину. Если состав взвешенных частиц

не меняется долгое время, моллюски погибают от голода, но не открывают раковины.

*Daphnia pulex* - животные фильтраторы, питаются в основном взвешенными в воде водорослями. Они не имеют аппарата для отбора питательных веществ из взвеси. Поэтому если во взвеси содержится много минеральных частиц, то фильтрующие органы и кишечник забиваются песчинками. *D. pulex* опускаются ко дну и погибают.

Растворенные в воде органические вещества при достаточной их концентрации могут служить пищей для некоторых водных животных. Ими питаются некоторые простейшие, поглощая растворенные вещества всей поверхностью тела. Они же идут в пищу и кладоцерам (дафниям), причем поступление их происходит через пищеварительный канал. Однако достаточной пищей для животных (кроме простейших) в отсутствии других источников питания, растворенные вещества не являются.

И так, биологический круговорот вещества в прудах совершается с помощью большого количества групп и видов водных организмов, начиная с простейших, невидимых невооруженным глазом бактерий и водорослей, кончая такими высокоорганизованными водными организмами как рыбы. Чем интенсивнее совершается жизненный процесс в водоемах, тем интенсивнее развиваются организмы, используемые рыбой. Количество тех или иных растворенных в воде веществ далеко ещё не определяет интенсивность жизненных процессов и величину рыбопродуктивности водоема. Не меньше значение имеет количество тех или иных минеральных солей, находящихся в почве. Вода выщелачивает из почвы минеральные соли, растворяет их, тем самым, подготавливая пищу для водорослей. Органические вещества почвы используются бактериями и инфузориями для питания. Наивысшей рыбопродуктивностью обладают пруды, построенные на черноземных почвах. Менее продуктивны пруды с суглинистыми, глинистыми и песчаными почвами. Если принять рыбопродуктивность прудов на черноземных почвах за

100 %, то на глинистых почвах она будет равна 70-80 % на супесчаных и песчаных не более 50 %.

Минеральные соли и органические вещества почвы имеют большое значение лишь в первые годы после образования водоема, затем по мере его старения их значение теряется. В старых прудах роль почвы выполняет прудовый ил, накапливающийся на дне. Органические вещества прудового ила, содержащие белок, под действием микроорганизмов вступают в круговорот и обеспечивают пищей фитопланктон.

Почва ложа пруда и прудовый ил, пока он молод и по мере его накопления, являются своеобразной лабораторией, создающей питательные вещества для развития жизненных процессов в прудах. От интенсивности работы в этой лаборатории бактерий, поставляющих в воду азот и фосфор, во многом зависит рыбопродуктивность водоема.

Общее содержание соединений азота в прудах и естественных водоемах резко колеблется - от десятых долей до 2-3 мг/л. Во многих случаях повышенное содержание общего азота связано с наличием в воде азотной кислоты (нитратов) минерального происхождения. При содержании в воде азота нитратов до 0,5-1 мг/л хорошо развиваются синезеленые водоросли, а при содержании свыше 2 мг/л интенсивно развиваются зеленые, в частности протококковые водоросли, наиболее желательные в воде прудов.

Косвенным показателем количества органических веществ в воде является её окисляемость. Степень окисляемости принято определять по количеству кислорода поглощенного 1 л воды, на окисление содержащихся в ней органических соединений. Низкая окисляемость указывает на бедность воды органическими веществами. Для прудовых хозяйств вода считается хорошей при окисляемости не выше 20 мг  $O_2$ /л. Окисляемость воды в источнике водоснабжения выше 20 мг  $O_2$ /л свидетельствует о его загрязнении; такая вода для водоснабжения рыбопитомника мало пригодна.

*Вопросы:*

1. *Как осуществляется малых круговорот биологических веществ в водоемах?*
2. *На какие пищевые группы делятся водные организмы?*

### **Глава 3    УЧЕНИЕ О ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМОВ ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ, ПРОДУКЦИИ И БИОМАССЕ**

Биологической продуктивностью водоема называют свойство водоема в целом воспроизводить органическое вещество в виде живых организмов. При этом не следует смешивать два понятия - **биологическая продуктивность и биологическая продукция**. Если биологическая продуктивность есть свойство водоема, то биологическая продукция представляет собой результат реализации этого свойства вследствие хозяйственной деятельности человека на водоеме. Биологическая продуктивность рассматривается как положительный эффект биологического круговорота веществ. Например, если говорить о донных отложениях озер или прудов, то они становятся доступными человеку примерно через год-два и более. Многолетний ил (сапропель) может быть, использован в качестве удобрения полей и огородов или как целебные грязи. Торф болот становится доходным предметом добычи через сотни и тысячи лет после возникновения болот.

#### **ФАКТОРЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ВОДОЕМОВ.**

Судить о величине биологической продуктивности можно по биомассе гидробионтов. **Биомасса** количество вещества живых организмов на единицу поверхности дна (на 1 м<sup>2</sup>) или на единицу объема воды (в 1 м<sup>3</sup>), выражаемое в единицах массы (г). Биомасса представляет собой результат работы водоема за какой-то предшествующий срок и может быть мерил биологической продуктивности при условии постоянной хозяйственной деятельности человека.

Биологическую продуктивность водоема можно сравнить с плодородием почв, так как в обоих случаях предметом сравнения служит свойство природного тела воспроизводить органическое вещество в виде живых организмов. Основным сходством биологической продуктивности водоемов и плодородия почв является то, что оба они представляют многочисленные биологические превращения, осуществляемые организмами различного рода в процессе круговорота веществ и приводящие в итоге к производству и воспроизведению полезных для человека продуктов. Главное отличие биологической продуктивности водоема от плодородия почвы состоит в том, что первая осуществляется почти полностью в водной толще водоема и дает конечный результат в виде живого продукта (рыбы). Плодородие почвы только частично реализуется корневой системой в почве и фотосинтезирующими органами вне почвы и конечный результат - растительный продукт (растение).

Основой плодородия почвы являются минеральные соли и вода. Ведущими факторами в формировании биологической продуктивности водоема можно рассматривать **пищу и кислород**, в их сложных взаимодействиях с климатическими и гидробиологическими условиями (температурой, светом), видовым и породным составом рыб, а также с хозяйственной деятельностью человека на водоеме и водными организмами.

**Пищей для рыб** в пресноводных водоемах чаще всего являются донные беспозвоночные и зоопланктон, в меньшей степени используются фитопланктон и фитобентос. В разных водоемах, как и в разных частях одного и того же водоема, пища находится в различной степени доступности для рыб. Так, например на песчаном дне рек живет большое количество личинок комара (тендипендит) и олигохет. Они зарываются в песчаное дно на глубину до 10 см и более, и не могут быть использованы рыбой. Когда же дно заиливается, то большинство олигохет и личинок комара концентрируются на поверхности и становятся доступны для рыб. В заиленных прудах и озерах дно



богато заселено кормовыми организмами, но использование их рыбой невозможно в связи с придонным дефицитом кислорода. В прудах при выращивании карпа, рыбы - основной питания которой, являются придонные организмы и комбикорма, зоопланктон остается не востребованным, создается свободная кормовая ниша. Для лучшего использования естественной кормовой базы в пруды следует подсаживать рыб зоопланктонофагов. В зоне континентального и резко континентального климата - пелядь, ряпушку, а в зоне умеренного климата - малоротого буффало.

Определение биомассы того или иного пищевого организма, без указания его доступности для рыб обитающих в водоеме, не может считаться достаточным для установления запаса пищевых запасов водоема. Массовое развитие планктона или бентоса только тогда может считаться признаком высокой кормности водоема, когда в водоеме имеются соответствующие его потребители.

Особую осторожность следует проявлять при оценке продуктивных качеств водоема на основании количественного развития фитопланктона. Чаще всего фитопланктон рыбой непосредственно не поедается. Обычно он служит пищей для беспозвоночных фильтраторов. Кроме того, необходимо учитывать пищевую ценность отдельных видов водорослей. При цветении водоемов синезелеными водорослями давать высокую оценку кормовых возможностей водоема следует весьма осторожно. Так как эти водоросли мало потребляются зоопланктоном, а их массовое развитие сопровождается иногда гибелью рыбы, вследствие, ядов, выделяемых при отмирании.

Кроме того, оценка продукционных возможностей водоемов должна проводиться с учетом бактериопланктона, служащего пищей для многих водных организмов. Только при комплексной оценке различных сообществ возможна объективная оценка биологической продуктивности водоема.

**Кислород**, являясь необходимым условием существования рыбы как конечной продукции водоема, кислород входит в диалектическую взаимо-

связь (пища - кислород - промысловая продукция), которая вскрывает основные закономерности биологической продуктивности водоема. Накопление органического вещества в водоёме, как правило, сопровождается потреблением кислорода на окислительные процессы при минерализации органического вещества. Если органические вещества, поступая в водоем, не скапливаются в одном месте, а непрерывно поступательно двигаются, поглощение кислорода происходит в незначительных количествах и легко пополняется из текущих ресурсов. Таким образом, при транзитном характере органического вещества в водоеме создаются хорошие условия для продуцирования пищи и существования, поглощающих эту пищу рыб.

Донные и планктонные беспозвоночные, получая органическую пищу, продукты ее распада, также как сапрофитные организмы, в благоприятных кислородных и температурных условиях перерабатывают ее в животное органическое вещество своего тела. В свою очередь потребляются рыбой. В случае, когда потребление кислорода преобладает над его производством, в придонных слоях воды создаются условия, при которых в них могут обитать наименее прихотливые беспозвоночные. Рыбы же не могут заходить сюда в течение большей части года. В этом случае, несмотря на высокую биомассу бентоса, биологическая продукция рыбы выражается минимальной величиной.

Биологическая продуктивность водоема представляет собой функцию накопления органических веществ и обусловливаемых им изменений в кислородных условиях, влекущих за собой изменения и коренную перестройку в составе и количестве флоры и фауны, включая рыб. При умеренном накоплении органических веществ, имеющем транзитный характер, биологическая продуктивность достигает большой интенсивности, которая может возрастать при наличии местных очагов умеренного накопления. При переходе накопления органических веществ через некоторую критическую точку, в корне меняется кислородный режим водоема, происходит снижение потен-

циальной и доступной пищи, а затем и резкое изменение видового состава рыб, резкое снижение биологической продуктивности водоема.

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗНЫХ ВОДОЁМОВ.**

Различные водоемы в зависимости от своего географического положения, климата и ряда других условий обладают различной биологической продуктивностью. Так, в разных частях реки продукция различна. В верхнем течении, как правило, с горным и каменистым ложем, продукция рыб невелика. Они могут давать небольшое количество форели, сига и других видов. В равнинных участках продуктивность рек выше. Состав рыбного населения включает в себя местных (туводных) рыб, а также мигрирующих проходных и полупроходных. Наибольшей биологической продуктивностью отличаются дельты рек. Здесь в громадном количестве нерестуют проходные и полупроходные виды. Нагуливается молодь рыб до ската в море. Наряду с полезной для человека продукцией создается вредная продукция в виде зарослей высших водных растений и малярийных комаров, лягушек и других животных.

В поймах рек так же как в дельтах рек рыбная продукция достигает больших размеров. Сюда на нерест заходят множество рыб из реки, здесь нагуливается молодь, а также имеется своя продукция из рыб адаптированных к озерным и прудовым условиям. Особенно больших размеров достигает продукция в поймах, имеющих постоянную связь с рекой, в таких как пойма реки Обь или Донское займище Волги.

В речных водохранилищах, не имеющих рыбопропускных сооружений, рыбная продукция достигает высших размеров путем замены речных видов на туводные. Как вредная продукция могут выступать «цветение воды» препятствующее прогреву нижних водных слоев. Вследствие чего может возникать явление температурной стратификации и наблюдаться ночные заморы рыб.

Озера более разнообразны в продуктивном отношении. В их числе

имеются водоемы, в которых большая часть рыбной продукции производится только адаптированными видами. Примером такого озера может служить Байкал, бессточное озеро, фауна которого в основном эндемична. Есть и другие озера, рыбная продукция которых создается как туводными полностью адаптированными видами, так и проходными и озерно-речными видами. Это Ладожское, Онежское и другие озера, имеющие связь с реками. В большинстве озер продукция создается за счет туводных рыб, при чем величина ее зависит от условий существования (количества растворенного в воде кислорода, видового состава рыб и кормовых организмов, характера накопления органического вещества) и объема промысла. Объем биологической продукции в таких озерах колеблется в широких пределах. Наиболее богатыми часто оказываются высокоэвтрофные водоемы. К вредной продукции можно отнести высшую водную растительность (рогоз, тростник) и мягкую высшую водную растительность (уруть, рдест, кубышку, кувшинку).

Пруды при организации на них рыбоводных ферм могут служить настоящей фабрикой живой рыбы. Производство рыбной продукции на них может составлять в южных зонах до 4,5 т/га. В Западной Сибири, при интенсивном использовании, рыбопродуктивность прудов может составлять 1,4 - 2,2 т/га.

Величина биологической продукции на водоемах определяется по величине продукции, получаемой человеком в течение года. Эта величина складывается из статистического учета уловов рыбы, а также на основе изучения возрастного состава и биологического состояния рыб в эксплуатируемом водоеме. По такому же принципу определяется и продукция других водных организмов. Такой способ называется прямым способом определения биологической продукции. Все остальные способы определения продуктивности - по количеству пищи в водоеме, по балансу кислорода и прочие - следует отнести к косвенным методам. Точность их не одинакова и опираться на один из них при определении продуктивности водоема не следует.

При прогнозе продуктивности водоема необходимо изучить пригодность водоема для существования рыб разных экологических групп. При этом проводят наблюдения за кислородным и температурным режимом в течение года. Далее оценивают возможность и объем воспроизводства рыб, являющихся основным объектом промысла, кормовую базу водоема. На основе анализа полученных данных делается заключение о биологической продуктивности водоема и дается прогноз вылова такого или иного вида рыб.

## **МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ВОДОЁМОВ.**

Биологической продуктивностью водоема можно управлять сознательно с целью извлечения максимально возможной продукции без нанесения ущерба водной экосистеме. Средства воздействия на водоем можно разделить на три категории: мелиоративные, химико-физические, биологические.

Мелиоративные работы связаны с созданием в водоемах условий, которые будут способствовать получению большой полезной продукции человеком в течение длительного времени. К такому роду работ относят сооружение водоемов различных конструкций, строительство рыбоходов на водохранилищах, создание искусственных нерестилищ, мелиорация прибрежной зоны, расчистка озер от сплавин, ограждение водоемов от вредных стоков и многие другие.

Важным средством мелиорации является летование прудов. Пруды остаются без воды на год и более. Они полностью осушаются, дно перепахивается и засеивается сельскохозяйственными культурами: викоовсяной смесью, овощными (картофелем, томатами и др.) или бахчевыми культурами. Летование способствует обогащению почвы прудов биогенными элементами, улучшает ее структуру, уменьшает кислотность. Это приводит к увеличению биологической продуктивности прудов в 2 раза (А.А.Хомчук, 1950).

Химико-физическое воздействие на водоем заключается в применении органических и минеральных удобрений с целью повысить его естественную кормовую базу. Удобрения вносятся по различным методикам. В качестве минеральных удобрений чаще всего вносят соли азота, фосфора, калия и окись кальция. При этом исходят из того, что эти вещества будут стимулировать пищевую цепь фитопланктон - зоопланктон, зообентос - рыба. Внесение минеральных веществ возможно только при строгом контроле за их содержанием в воде. Анализ проводят за сутки до внесения удобрений и по полученным данным рассчитывается норма внесения. Для равномерного насыщения воды основными биогенами их следует вносить часто и малыми дозами. Наибольшей продуктивности водоемов удается достигать, когда количество биогенных веществ близко к биологической норме: сумма солей азота - 2 мг/л, фосфатов - 0,2-0,5 мг/л, ионов кальция - до 60-100 мг/л. Оптимальный интервал внесения 1-3 суток по воде в течение всего вегетационного сезона. Внесение биогенов по данной методике способствует повышению продукционных процессов в прудах, стабилизации гидрохимического режима. Интенсивность фотосинтеза повышается в среднем за сезон в 1,8 раза. Происходит сдвиг на июль интенсивности фотосинтеза водорослей, максимального создания органического вещества и выделения кислорода водорослями. Это способствует стабилизации кислородного режима. На юге Западной Сибири, благодаря этому методу, удается совмещать наибольшее насыщение воды кислородом и максимальные температуры прогрева воды. Исключается спад растворенного в воде кислорода, наблюдаемый в не удобряемых прудах в местных условиях с июля, обеспечивается транзитный характер накопления органического вещества, и как результат повышается их биологическая продуктивность. Средняя биомасса зоопланктона при внесении удобрений колебалась в пределах 6,4 - 34 г/м<sup>3</sup>. Это 4 раза выше, чем в не удобряемых прудах.

Улучшение кислородного режима способствует также повышению

уровня потребления и усвояемости кормов. Известно, что количество растворенного в воде кислорода влияет на потребление кормов карпом (Шпет, 1973) (табл.2.1.)

Таблица 2.1.

Содержание кислорода, мг/л	Питание % от полного рациона
0,5-2	25
3-6	50
7-9	100

В не удобряемых прудах во второй - третьей декадах июля и в августе количество растворенного в воде кислорода понижается до 0,21 мг/л. Это критическая концентрация, при которой нередко наблюдается гибель рыбы. Длительность такого периода - до 18 дней из 95 кормодней. На июль и первую декаду августа приходится также 35,2 % вегетационного периода, когда насыщение воды кислородом не более 3 мг/л и рыбы потребляют только 50 % имеющихся кормов. В июле - августе в местных условиях наиболее благоприятная для роста карпа температура воды. Такое противоречие - благоприятный температурный и неблагоприятный кислородный режим, ведет к значительному снижению выхода рыбопродукции. Наибольшая устойчивость кислородного режима достигается в прудах, в которые биогенные элементы поступают часто и малыми дозами. Минимальное содержание кислорода в них не опускается ниже 3,8 - 4,2 мг/л. Период, в который рыба способна потреблять 100 % корма и хорошо его усваивать, длится 90 из 95 кормодней.

Применение такой методики удобрения прудов (З.А.Иванова, Р.И. Огнева, И.В.Морузи, 1985) позволяет в прудах Алтайского края повысить естественную продуктивность рыбоводных прудов на 300-400 кг/га. Общая рыбопродуктивность составляет при выращивании сеголетков карпа 1,3 - 1,5

т/га. Плотность по сеголеткам - 32 - 64 тыс/га, кормовой коэффициент - 2 - 2,5 т/т.

К биологическим методам воздействия на экологическую систему водоемов, с целью увеличения ее продуктивности, можно отнести акклиматизацию пищевых организмов, искусственное создание ихтиофауны с целью наиболее полного использования кормовых ресурсов водоемов.

Наиболее отзывчивы к биологическим методам небольшие водохранилища и пруды. Как методы повышения продуктивности на них используют совместное выращивание рыб с разными спектрами питания, выращивание на рыбоводных водоемах водоплавающей птицы или нутрий.

Например, в нагульных прудах рыбхоза «Зеркальный» Новосибирской области, выращивание с карпом (растительнойной рыбой) белого амура (питается высшей водной растительностью) и белого толстолобика (фитопланктофаг) позволяет равномерно использовать пищевые возможности водоема. За счет этого получают от 27,3 до 160 кг/га дополнительной продукции (табл.2.2.).

Таблица 2.2.

Продукция рыб	Не удобряемые пруды, кг/га	Удобряемые пруды, кг/га
карпа	530	794
амура	58,3	160
толстолобика	27,37	32

Прирост рыбопродуктивности составляет 11-19 %.

Другим способом повышения биологической продуктивности прудов является совместное выращивание с карпом - пеляди и омуля. Пелядь - это типичный **планктонофаг**. Основу ее питания составляет зоопланктон, который двухлетками карпа используется слабо. Наибольший эффект достигается при выращивании пеляди в прудах с биомассой зоопланктона 10 - 36 г/м<sup>3</sup>.



При этом минимальном содержании кислорода в воде прудов должно быть выше 2,5 мг/л. В рыбхозе «Зеркальное» Алтайского края проводили выращивание двухлетков карпа с плотностью 4,5 - 6 тыс. /га, двухлетков пеляди и омуля - 0,5 тыс./га. Рыбопродуктивность по карпу составила 725-1800 кг/га, а по сиговым колебалась от 6 до 229 кг/га. Биологическая продуктивность водоема повышается за счет более полного использования кормовой базы на 0,8 - 18 %. Однако максимального успеха при этом методе, возможно, достичь лишь при оптимальном транзите органического вещества в водоеме. Судить об этом можно по устойчивости кислородного режима. Количество растворенного в воде прудов кислорода не должно опускаться ниже 2,5 мг/л. Оптимизация круговорота веществ в водоеме достигается внесением в пруды извести. Норма однократного ее внесения рассчитывается, исходя из биологической потребности экологической системы водоема равной 60-100 мг/л СаО. По воде вносят недостающее её количество, средняя разовая норма составляет 220-230 кг/га (Морузи, 1985).

Внедрение в рыбоводных прудах поликультуры - карп - растительно-ядные и карп - сиговые позволяет повысить рыбопродуктивность прудов, за счет более полного использования кормовой базы.

Само собой разумеется, что биологические методы достигнут наилучших результатов только тогда, когда они сочетаются с мелиоративными и химическими способами, являющимися также средством воздействия на природу промысловых животных. Именно такое сочетание позволит создать в водоеме оптимальные условия для рыб, укрепить или расширить его кормовую базу, получить максимальное количество биологической продукции.

*Вопросы:*

- 1. Чем отличаются понятия биологическая продуктивность и биологическая продукция? Приведите примеры.*
- 2. Какие факторы определяют биологическую продуктивность водоема?*
- 3. Какие методы повышения биологической продуктивности вы знаете?*

## Глава 4    **ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ ОБИТАТЕЛИ ТОЛЩИ ВОДЫ И ДНА**

### **ПОНЯТИЕ О ПЛАНКТОНЕ.**

Все водные организмы в зависимости от образа жизни можно разделить на три основные группы: планктон – население толщи воды, бентос – сообщество организмов населяющих дно водоемов и нектон – плавающие в воде организмы с хорошо развитыми органами движения.

Планктон – представляет собой совокупность растительных и животных организмов обитающих в толще воды в состоянии парения. Этот термин был предложен В. Гензеном в 19887 году. Организмы, этого сообщества как правило совершенно независимы от субстрата, органы движения у них развиты незначительно или вовсе отсутствуют. Среди них выделяют растительные организмы - фитопланктон (микроскопические водоросли), и животные – зоопланктон. ( простейшие, коловратки, низшие ракообразные). Планктон населяет всю толщу гидросферы до ее предельных глубин. В процессе эволюции планктонные организмы выработали разнообразные адаптации, позволяющие им постоянно пребывать в толще воды во взвешенном состоянии. Для одних характерно повышенное накопление воды в организме, у медуз, гребневиков и сальп ее содержание приближается к 97-98%. Их тела необычайно прозрачны. У других уменьшение удельного веса идет за счет удаления из организма тяжелых ионов Mg, Ca, SO<sub>4</sub>. Очень широко распространено уменьшение собственного веса за счет выработки и накопления в теле жира, у морских копепод его содержание достигает до 20-26%, у пресноводных дафний до 7-8 %. У некоторых планктонных организмов в теле идет накопление газовых вакуолей, уменьшающих массу тела на столько, что их тела частично выталкивается из воды. Такие приспособления характерны

для медузы сифонофоры, личинок комара *Chaoborus*. Как правило, организмы способны регулировать объем газов в своих полостях и активно меняют положение в водоеме. Для некоторых форм характерна полная или частичная утрата скелета. Многие организмы имеют несколько приспособлений поддерживающих их нейтральную плавучесть. Например, те же *Chaoborus* кроме сильного обводнения тканей имеют газовые включения и редуцированный скелет.

Улучшению парения способствуют также размеры и форма тела. При увеличении поверхности тела в сравнении с его объемом, чем меньше предмет, тем больше его поверхность, поэтому среди планктонных организмов преобладают мелкие формы. Различают макро-, мезо-, микро-, нанно- и мегалопланктон.

Мегалопланктон – огромные организмы размером более 1м, такие, например как медуза *Cyanea*.

Макропланктон имеет размеры от 1 до 100 см. К нему относятся медузы, некоторые высшие ракообразные, оболочники.

Мезопланктон – это организмы с длиной тела от 1 до 10 мм. Эта группа объединяет низших ракообразных, планктонных червей, личинок донных беспозвоночных.

Микропанктон – длина его представителей от 50 мкм до 1мм, сюда входят основная масса фитопланктона, коловратки и простейшие.

Наннопланктон - под этим понятием определяют организмы, имеющие длину менее 50 мкм (бактерии, жгутиковые, многие водоросли).

Кроме пассивного парения в воде для многих групп планктонных организмов характерно активное плавательное движение в толще воды. Оно осуществляется с помощью ресничек, жгутиков или путем сокращения мышц. Реснички и жгутики создают ток воды, направленный назад, при этом тело движется поступательно вперед, так двигают гребневики, простейшие, личинки иглокожих.

В водоемах планктонные организмы образуют различные экологические группировки. В зависимости от органического происхождения выделяют бактериопланктон, фитопланктон, зоопланктон и детрит. Развитие численность и пищевые взаимоотношения этих групп определяют естественную кормовую базу водоемов.

Водоемы всегда имеют органические вещества в виде отмерших растений, животных, продуктов обмена рыб. Бактериопланктон участвует в процессе круговорота органического вещества в водоеме, разлагает органические вещества на неорганические, способствует самоочищению водоемов, обеспечивает питание растений. Сами бактерии и растения служат кормом для инфузорий, зоопланктона, рыб.

Зоопланктон в прудах и озерах представлен в основном низшими ракообразными, коловратками и простейшими. Эти организмы составляют основу питания рыб, при чем наибольшее пищевое значение имеют низшие ракообразные - ветвистоусые и веслоногие рачки (рис.2.1.) Коловратками же и простейшими питается молодь рыб на ранних стадиях развития.

Ветвистоусые рачки – *Cladocera* - мелкие животные размером 0,25-10,0 мм, их тело расчленено на голову, туловище, постабдомен и заключено в раковину, открывающуюся с брюшной стороны. На голове хорошо виден черный глаз. От головы отходят 2 пары усиков или антенн, из них вторая длиннее первой и служит органом движения. Передвигаются рачки небольшими скачками, ударяя усиками по воде, за что их иногда называют водяными блохами. Они питаются с помощью 4-6 пар плавательных ножек, которые расположены на туловище и служат для фильтрации пищи. Питаются *Cladocera* фитопланктоном и детритом (органические остатки с совокупности с бактериями).

Тело ветвистоусых рачков прозрачное сквозь него хорошо видны кишечник, сердце, Выводковая камера расположена над кишечником со спинной стороны тела, в ней можно видеть яйца и мелкие зародыши. По бокам

кишечника расположены яичники и семенники. Молодь рачков после выхода из выводковой камеры претерпевает ряд линек и очень быстро становится половозрелой. Продолжительность жизни зависит от видовой принадлежности и составляет до одного месяца у *Moina rectirostris* и 5-6 месяцев у *Daphnia magna*.

Ветвистоусые рачки встречаются во всех пресноводных водоемах от мелких луж до крупнейших озер. Иногда при бурном их развитии вода окрашивается в бурый или красноватый цвет.

В прудах часто встречаются различные дафнии - *Daphnia magna*, *D. pulex*, цериодафния - *Ceriodaphnia*, моина - *Moina*, симоцефалосы - *Simoscephalus*, зиды - *Sida*, босмины - *Bosmina*, хидорусы - *Chydorus*.

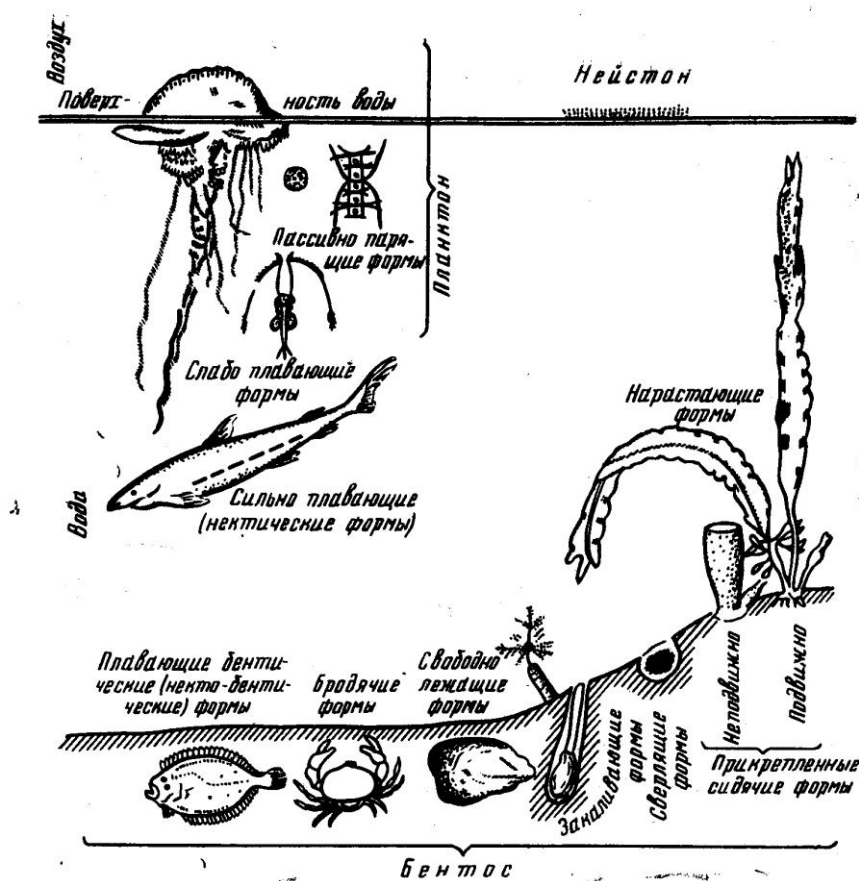


Рис 2.1. Представители разных групп планктона

Веслоногие рачки - *Sopropoda* – мелкие (до 1-2 мм длиной) рачки,

удлиненное тело которых делится на головогрудь и брюшко. Брюшко заканчивается вилкой (2 каудальные ветви) с четырьмя хвостовыми щетинками. На переднем конце головогруды имеется 2 пары усиков, которые служат для передвижения рачков в воде. На головогруды расположены 4 пары ротовых конечностей и 5 пар плавательных ножек, из которых 4 пары функционируют как отрывочно-гребные бьющие ножки и пятая пара у обоих полов рудиментальная.

Одновременным ударом антенн и гребных ножек циклоп порывисто продвигается вперед, делая как бы прыжок в воде; отсюда происходит их другое название "прыгунчик". Прыгнув, рачок широко расставив антенны медленно опускается вниз. Немного опустившись, рачок снова продвигается вперед и выше. Веслоногие раздельнополые животные размножаются только половым путем. Самки носят оплодотворенные яйца в яйцевых мешках, прикрепленных к каудальным ветвям. Из яиц выходят личинки – науплиусы, с яйцевидным телом, непарным глазом и недоразвитыми конечностями. Науплиусы активно плавают в воде. Растут и развиваются с метаморфозом, несколько раз линяют, проходят через пять науплиальных и 6 копеподидных стадий. Науплии не сегментированы, копеподиды явно сегментированы. Шестая копеподидная стадия соответствует взрослому половозрелому животному.

В пресной воде веслоногие раки представлены циклопами – Cyclops и диаптомусами - Diaptomus. Циклопы ведут хищнический образ жизни, охотятся за простейшими, коловратками, ветвистоусыми рачками, Диаптомусы – фильтраторы – питаются бактериями, низшими водорослями.

Коловратки (низшие черви) – очень мелкие животные, длиной 150-300 мкм. Они ведут планктонный образ жизни, однако среди них встречаются и сидячие формы. Тело их прозрачное, у некоторых с панцирем, форма тела многообразна. Питаются коловратки в основном бактериями водорослями, но среди них есть и хищные формы.

При размножении за половыми поколениями следуют партеногенетические. После оплодотворения самки откладывают яйца, но известно и живорождение. Рост коловраток продолжается 5-6 дней. Половозрелыми они становятся на 2-3 сутки.

В зоопланктоне прудов самая крупная коловратка - *Asplanchna* – хищник. Их панцирных в массе встречаются *Trichocerca*. С понижением температуры осенью и ранней весной в массе встречаются *Keratella quadrata*. Благодаря своей массовости и прожорливости коловратки служат очищению водоемов. По наличию тех или иных коловраток определяют загрязненность водоемов. В пищевом отношении коловратки являются прекрасным кормом для молоди рыб на первых стадиях развития.

Другое крупное водное сообщество организмов объединяется понятием бентос. **Бентос** - это все организмы живущие на дне или на растениях. Среди них выделяют 6 групп в зависимости от образа жизни: прикрепленные, сверлящие, закапывающиеся лежащие на поверхности дна, передвигающиеся по дну и некто-бентические, способные отрываться и некоторое время парить у дна. Среди бентических организмов встречаются организмы относящиеся к различным систематическим группам – членистоногие, моллюски, черви, мшанки и др. Все они играют неодинаковую роль в питании рыб.

*Вопросы:*

1. Что такое планктон ?
2. Как называется сообщество донных гидробионтов? Какова их роль в водоеме?
3. Какими методами можно стимулировать развитие планктона и бентоса?

## **Глава 5 ПОНЯТИЕ О ПЕРВИЧНОЙ И ВТОРИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ВОДОЕМОВ**

**Взаимосвязь между разными продукционными уровнями.**

Как мы уже говорили ранее продуктивность водоемов - это их способность обеспечивать производство органического вещества за тот или иной промежуток времени.

Создание органического вещества в водоёмах может происходить в форме образования первичной и вторичной продукции.

### **ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ. МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.**

**Первичной продукцией** называется количество органического вещества, синтезированного автотрофными организмами за определенный промежуток времени. Первичная продукция может пониматься и как скорость процесса продуцирования органического вещества, поэтому она может быть, выражена в единицах, пропорциональных его массе, синтезированной за единицу времени (час, сутки, год).

В подавляющем большинстве основным продуцентом органического вещества в водоемах является фитопланктон, тогда как фитобентос, фитообрастания и макрофиты в морях, озерах и прудах вносят значительно меньший вклад в общую первичную продукцию. В малых водоемах значительную роль в образовании первичной продукции могут иметь фитобентос и макрофиты.

На скорость производства первичной продукции влияют климатические условия, количество минеральных веществ, видовой состав водорослей.

В основе продукционных возможностей водоемов лежат общие закономерности - фотосинтетическая деятельность зеленых растений, первичным этапом трофической цепи. Этот процесс в упрощенном виде представляется следующим образом: биогены - первичная продукция - консументы I порядка (зоопланктон) - консументы II порядка (рыба).

Продуцентами называются организмы способные, используя солнечную энергию, производить живую материю. Гетеротрофные организмы, ра-



зуют группу консументов, потребителей готового органического вещества. Среди консументов выделяют группу редуцентов, под которыми понимают сапрофитно (паразитически) питающихся организмов (гетеротрофные бактерии, грибы). Редуценты минерализуют мертвое органическое вещество и обеспечивают регенерацию в воду солей азота, фосфора и других элементов, нужных автотрофным организмам. Автотрофные организмы, используя минеральные вещества и солнечную энергию, создают органическое вещество с помощью хлорофилла растительных клеток. Продукция растений носит название первичной продукции.

Наиболее распространенный метод определения первичной продукции, скляночный метод в кислородной модификации, был предложен впервые Г.Г.Винбергом. В последствии этот метод модифицировался различными авторами, которые применяли склянки разного объема, устанавливали их через определенные интервалы в фотическом (продуктивном) слое и у поверхности, в соответствии с величиной освещенности. Этими исследователями было установлено, что толщина фотического слоя в прудах, озерах и водохранилищах не превышает 5 м и составляет 1 - 2 м.

Различают **валовую первичную продукцию**, которая характеризует общее количество вновь образующегося, в результате фотосинтеза, органического вещества и чистую первичную продукцию.

**Чистая первичная продукция** равна валовой за вычетом той её части, которая затрачивается на дыхание самих растений (около 20% величины валовой продукции).

Определение первичной продукции скляночным кислородным методом состоит в следующем. С различных горизонтов (в мелководных водоемах достаточно с поверхности или с глубины 1-1,5м) отбирают пробы воды в 5 кислородных склянок. Из них две светлые, две темные и одна для определения кислорода в пробе. Темные склянки тщательно упаковывают, защищая от света. Количество станций в водоеме, может быть несколько в зависимо-

сти от его размера, конфигурации и методики исследования.

Заполненные склянки экспонируют в водоеме в течение 1 суток в месте отбора проб. После этого в склянках определяют содержание кислорода. По разности содержания кислорода в светлых и темных склянках и в начале экспозиции рассчитывается величина первичной продукции:

$$\text{Валовая первичная продукция } P_{\text{вал}} = (V_{\text{C}} - V_{\text{T}}) : T;$$

$$\text{Чистая продукция } P_{\text{чист}} = (V_{\text{C}} - C) : T;$$

$$\text{Деструкция } D = (C - V_{\text{T}}),$$

где  $V_{\text{C}}$  – количество  $O_2$  в светлой склянке после экспонирования;

$V_{\text{T}}$  – количество  $O_2$  в темной склянке после экспонирования;

$T$  - время экспозиции;

$C$  - концентрация кислорода (мг/л) в светлой, темной и в начале экспозиции.

В настоящее время накоплено много сведений об условиях формирования первичной продукции в различных ландшафтных зонах страны. Выявлены зависимости биопродукционных процессов на различных трофических уровнях, в зависимости от количества фитопланктона. Доказано, что продуктивность рыбоводных прудов самым тесным образом связана с интенсивностью фотосинтеза (табл.2.3.).

Таблица 2.3. Взаимосвязь рыбопродуктивности и первичной продукции прудов (Бессонов, Привезенцев, 1987)

Первичная продукция, мг $O_2$ / л в сутки	Рыбопродукция, кг/га
1-3	70
3-10	80-85
Более 10	100-120 250-300

В эвтрофных водоёмах величина первичной продукции превышает 4 мг  $O_2$  /л в сутки, в мезотрофных водоёмах - 2-4 мг  $O_2$ /л в сутки, олиготрофных менее 2 (обычно 0,5-1) мг  $O_2$ /л в сутки.

В удобряемых рыбоводных прудах (с высокими плотностями посадки рыб и при выращивании их в поликультуре - карп - растительноядные - с кормлением) валовая первичная продукция достигает 50 мг  $O_2$ /л, а эффективность утилизации первичного органического вещества ихтиофауной составляет 3-8%. В условиях экстенсивного ведения рыбного хозяйства (крупные озёра и водохранилища) рыбопродукция составляет 0,05-0,2% от продукции фитопланктона.

Величина трофической зоны определяется диском Секки.

Величина первичной продукции закономерно увеличивается от северных широт к южным. Для малых озёр тундры она составляет в среднем 0,5 мг  $O_2$ /л в сутки, в озерах тайги 0,6-0,9, озерах зоны смешанных лесов 3,3 мг  $O_2$ /л в сутки. В водоемах субтропических стран-10 мг  $O_2$ /л в сутки и более. Первичная продукция водоемов редко представляет собой конечное звено продукционной цепи. В большей своей части она преобразуется во вторичную продукцию, которая не представляет чего-то единого с точки зрения числа ступеней трансформации первопродукции. В одних случаях, когда животные питаются только растениями, они образуют продукцию второго трофического уровня т.е. проходит одна ступень трансформации. Если растениями питаются животные, например зоопланктон или зообентос, а затем эти животные в свою очередь поедаются рыбами, то проходит две ступени трофической цепи. На каждой из них происходит потеря энергии. С каждым переходом на новый трофический уровень величина вторичной продукции снижается.

Поэтому при определении вторичной продукции определяют консументы второго порядка для данного водоема.

## **ВТОРИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ВОДОЕМОВ.**

**Вторичная продукция** подобно первичной может быть валовой и чистой.

Валовая вторичная продукция - всё количество органического вещества, образующегося в организмах, которое равно их приросту и затратам на все энергетические расходы.

Чистая продукция равна приросту органического вещества в организмах.

Определение вторичной продукции состоит в учете количества энергии используемой организмами на прирост применительно к тем или иным организмам, полезным для человека.

Вторичную продукцию определяют для каждого вида гидробионтов отдельно. Исходя из этого, отбирают пробы на зоопланктон или зообентос на протяжении года с равными интервалами. Например, через 10 дней на 4 станциях пруда.

Затем в пробе под микроскопом учитывают количество рожденной молодежи, ее смертность, темпы роста, развитие животных, а также численность особей достигающих половозрелости. Затем суммируют продукцию животных за последовательные промежутки времени, можно найти её применительно к году или отдельным сезонам.

Биомасса животных и продукция связаны прямой зависимостью. Если ход биопродукционных процессов сбалансирован, то на всех уровнях длительное время сохраняется устойчивая кормовая база.

В мелководных, хорошо прогреваемых, водоемах зоопланктона, как правило, много, в тех же водоемах больше и бентоса. В них же соответственно больше выход рыбной продукции. По соотношению и количеству продукции водоемы делятся на несколько типов (табл. 2.4.).

Таблица 2.4. Пищевые типы водоемов

Тип водоемов	Первичная продукция мг O <sub>2</sub> /сутки	Биомасса зоопланктона, г/м <sup>3</sup>	Естественная рыбо-продуктивность, кг/га
Ультрадистрофный	0,1-0,2	0,1-0,5	10-20
Дистрофный	0,2-0,5	0,5-1	30-40
Олиготрофный	0,5-1	1,1-2	50-70
Мезотрофный	1-3	2,1-5	80-85
Эвтрофный	3-10	5,1-10	100-200
Гиперэвтрофный	более 10	более 10	250-300

Отношение продукции мирного зоопланктона к величине первичной продукции составляет 7-20%.

Продукция бактериопланктона от первичной в среднем составляет 31%, не хищного зоопланктона и бентоса 4 %.

Средняя величина отношения продукции зоопланктона к первичной составляет 11%, с тенденцией обратной зависимости.

Рыбопродукция в не зарыбляемых естественных водоемах составляет 0,2% от величины первичной продукции, в зарыбляемых и интенсивно эксплуатируемых - 3% и более, до 9% (крайне редко).

*Вопросы:*

1. *Что такое первичная продукция водоемов?*
2. *Какие факторы определяют скорость производства первичной продукции?*
3. *Какие факторы определяют развитие вторичной продукции водоемов?*

## Глава 6 ПИТАНИЕ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

## **ТРОФИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ГИДРОБИОНТОВ.**

Питание и пищевые отношения водных организмов изучают давно. Уже в трудах натуралистов 18 века есть сведения о составе пищи многих водных животных. В настоящее время сформировалась целая наука, изучающая эти взаимосвязи - трофология (трофо - пища). Её основы были заложены в 1938-1950 гг. Н.С. Гаевская и её ученики разработали методы изучения питания беспозвоночных, такие как определения массы микроскопических беспозвоночных в живом состоянии, изучение выбора пищи и т.д. Л.А.Зенкевич, В.А.Броцкая, А.А.Шорыгин создали и успешно внедряли метод весового анализа пищевого кома рыб, с последующим вычислением индексов наполнения кишечника и их связь с калорийностью корма. В последующие годы над разработкой этого вопроса работали А.В.Асман, Е.В.Боруцкий, Г.Г.Винберг, В.С.Ивлев, А.Ф.Карпевич, Ю.С.Сергеев, К.Р.Фортунатов и многие другие. Совершенствуются методы исследования и разрабатываются новые. Позволяющие получить точные данные по физиологии питания, скорости переваривания, усвояемости отдельных компонентов.

Гидробионты, как и все живые организмы, питаются двумя способами - автотрофным и гетеротрофным. Автотрофное питание организмов идет за счет процессов фото - и хемосинтеза.

Автотрофы - это чаще всего растения, которые создают органическое вещество в процессе фотосинтеза, за счет утилизации солнечной энергии и потребления из воды минеральных веществ. Автотрофные организмы называются продуцентами (производителями).

Бактерии способны создавать органическое вещество без света, путем окисления некоторых минеральных соединений, созданных фотосинтезирующими растениями. Эти растения называются хемосинтезирующими. При нормальном круговороте органического вещества в водоеме роль хемосинтезирующих бактерий невелика. Однако при неблагоприятных условиях их

значение возрастает. В летнее время в водоемах с выраженной стратификацией водной толщи у дна, где создается бескислородная зона и анаэробный процесс начинает преобладать над аэробным. При этом выделяется значительное количество сероводорода, аммиака, метана и других продуктов распада. Аналогичные процессы наблюдаются в водоемах зимой, когда хемосинтезирующие бактерии становятся практически единственным источником питания для гетеротрофов. Велико значение хемобактерий в придонных зонах глубоких водоемов и на океанических глубинах. Так например, в придонных слоях Рыбинского водохранилища за счет хемобактерий создается до 50% органического вещества. В эти зоны мигрирует для питания зоопланктон, где создаются нередко значительные скопления. Процессы фотосинтеза и хемосинтеза связаны между собой. В целом хемосинтез в этом водохранилище составляет около 9% продукции фотосинтеза.

В водной среде автотрофные процессы осуществляются в основном за счет фитопланктона. Донные растения играют незначительную роль, при этом в первую очередь диатомовыми водорослями, которые создают, как уже отмечалось, почти половину всего органического вещества на планете.

Организмы, питающиеся гетеротрофно, получили название консументов (потребителей). К консументам относятся все животные от простейших до позвоночных, а также многие бактерии и некоторые грибы. В зависимости от способа питания гетеротрофов делят на сапрофитов и паразитов. Сапрофиты питаются мертвым органическим веществом, а паразиты живым. Водные сапрофитные бактерии играют существенную роль в круговороте органического вещества в водоёме. Они минерализуют органические соединения и способствуют накоплению биогенных элементов, которые в свою очередь являются пищей для зеленых растений. Сапрофитные растительные организмы получили название редуцентов - восстановителей.

Продуценты и консументы связаны между собой рядом переходных форм, у которых наряду с минеральным питанием наблюдается и усвоение

органических соединений. Смешанный или миксотрофный тип питания характерен для ряда водорослей (синезеленых, диатомовых и др.) Некоторые виды способны переходить на гетеротрофное питание при резком ухудшении условий существования (хлорелла, сценедесмус). Миксотрофное питание свойственно некоторым водным растениям. Например, пузырчатка *Utricularia* захватывает мелких планктонных животных и даже личинок рыб, с помощью специальных пузырьков, расположенных на листьях. При недостатке животной пищи пузырчатка развивается плохо.

В зависимости от распределения растительности водную толщу водоемов делят на две зоны: продуцирующую, или трофогенную и потребляющую или трофолитическую. В океанах и морях нижняя граница трофогенной зоны проходит в среднем на глубинах около 200 м, а в материковых водоемах на глубинах 7-30 м. Объем продуцирующего слоя в морях составляет около 2 - 3 % всей толщи вод. Толщина трофогенного слоя зависит от освещенности воды степени вертикальной стратификации в эвфотической зоне. При незначительной стратификации максимальная концентрация фитопланктона наблюдается у поверхности. В водоемах с устойчивой стратификацией в слое температурного скачка количество водорослей может быть в 30-50 раз больше, чем у поверхности. Их развитию способствует огромное количество биогенных веществ, которыми богат этот слой. Значительная часть питательных веществ поступает сюда из трофогенной зоны. В ней же образуется за счет "дождя из трупов и фекалий" формы, минерализованных различными бактериями - редуцентами, которые могут усваивать те или иные гетеротрофные организмы. Формы и способы гетеротрофного питания крайне разнообразны. Это отражает эволюцию приспособления организмов к использованию пищи. В качестве пищи могут выступать мертвое органическое вещество, а также все группы организмов от бактерий и простейших до млекопитающих. Приспособление или адаптация гидробионтов к удовлетворению пищевых потребностей направленные на добывание корма нужного качества



обеспечивают выборность или **элективность** питания. Другая сторона адаптации направлена на обеспечение определенного уровня **интенсивности** питания.

Относительно конкретного организма характеристика возможных для него пищевых объектов достаточно узкая. Не каждый кормовой объект в достаточной мере обладает всеми качествами, которые предъявляет к нему потребитель. В отношении потребителя пища должна быть полноценной по химическому составу, могла легко перевариваться, под влиянием ферментов потребителя.

## **ПИЩЕВАЯ АКТИВНОСТЬ И СПЕКТРЫ ПИТАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ**

Спектры питания гидробионтов определяются особенностями строения, физиологией и экологией организмов, и наличием тех или иных пищевых объектов в кормовой базе.

По степени разнообразия потребляемых кормов различают **эврифагов** (*полифагов*), имеющих наиболее широкий спектр питания; **стенофагов** живущих за счет небольшого ассортимента кормов, **монофагов** - питающихся одним объектом.

В зависимости от того, какая пища имеет в жизни гидробионта исключительное значение, различают - грунтофагов, фитофагов, зоофагов, фито-зоофагов.

Две последние группы можно подразделить дальше по принципу принадлежности их кормовых объектов к тем или иным группировкам. Среди фитофагов различают перифитофагов, фитопланктофагов, фитобентофагов, а среди зоофагов - зоопланктофагов, зообентофагов.

В связи со значимостью в питании различают пищу **основную**, которой обычно наполнен кишечник; **второстепенную**, встречающуюся постоянно, но в небольших количествах и **случайную**, поедаемую редко и в малых ко-

личествах. Более точная характеристика спектра питания получается, когда приводятся состав пищевого кома и количественное значение отдельных объектов, выраженное частотой встречаемости, численностью и весом.

Спектр питания может меняться по мере роста животных. Например: жуки - в личиночной стадии питаются дафниями, мальками рыб и другими животными, а во взрослом состоянии в основном живут за счет питания растениями.

Как правило, ассортимент кормов, потребляемых взрослыми особями, шире, чем у молодых животных. Расширение спектра питания представляет собой одну из распространенных адаптаций к обеспечению пищей особей вида. В некоторых случаях происходит сужение спектра питания с возрастом, когда организм переходит с потребления многих объектов на питание одним, но имеющимся в больших количествах. Например, линь - его молодь питается зоопланктоном, детритом и зообентосом, а взрослые особи поедают в основном детрит.

Молодь толстолобика питается фито - и зоопланктоном, а взрослые особи переходят на питание только фитопланктоном.

В большой связи с колебаниями состояния кормовой базы и условиями добывания пищи находятся суточные и сезонные изменения спектров питания. Например, в питании налима - верховка, обладающая лучшим зрением, имеет значение только ночью, днем же налим питается малоподвижным донным кормом. Суточные изменения в характере питания связаны либо с изменением кормовой базы (перемещением кормовых организмов в связи с различной освещенностью), либо с различиями в способности ловить добычу на свету и в темноте.

Сезонные изменения спектров питания в основном определяются сменой состава кормовой базы.

**Интенсивность питания** - количество пищи, потребляемое в единицу времени и отнесенное к весу самого потребителя. Количество съеденной

пищи обычно характеризуется величиной суточного рациона, т.е. весом корма потребленного за сутки. Для выражения интенсивности питания принято пользоваться **пищевым индексом** - процентное отношение суточного рациона к весу животного.

Представление об интенсивности питания животного дает степень его **накормленности** или **индекс наполнения**, под которым понимается отношением массы пищи, содержащейся в кишечнике, к массе самого организма. Отношение это дается в процентах или продецимилях, обозначается символом  $J$ .

Если известен общий индекс наполнения ( $J$ ) и время ( $t$ ), за которое пища проходит через кишечник, то можно вычислить суточный рацион ( $R$ ) животного по формуле:  $t$  - Время в часах,  $J$  и  $R\%$  от массы животного. Интенсивность питания гидробионтов зависит от их видовой принадлежности, физиологического состояния особей, особенностями кормовой базы и ряда других факторов. Нередко прослеживается определенная ритмика потребления пищи с ясно выраженными чередованием минимумов и максимумов на протяжении суток или других отрезков времени.

*Вопросы:*

1. Что такое консументы и продуценты в водоемах?
- 2.

## **Глава 7 ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЕМОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

### **ПРУДЫ**

Население прудов отличается видовым однообразием, хотя по численности и биомассе оно чаще богаче, чем в озерах. Ведущую роль в прудах играют вторично-водные организмы, преимущественно представленные эврибионтными формами. Это отражает большую неустойчивость температурного, кислородного и других факторов среды обитания. Кроме того, обеднению

фауны способствует полное периодическое осушение водоемов.

**Бактериопланктон** в прудах наиболее разнообразен. Численность его видов в прудах иногда достигает 40 и более. Число же бактерий в прудах не редко представлено десятками миллионов в миллилитре воды. Чаще всего обилие бактериопланктона характерно для удобряемых прудов.

**Фитопланктон** в основном представлен зелеными водорослями, особенно протококковыми, меньшее значения имеют синезеленые и совсем немногочисленны диатомовые водоросли. Среди зеленых наиболее часто встречаются, сценедесмус, педиаструм, клостериум, космариум, среди синезеленых афанизомен, анабена, микроцистис.

**Высшие водоросли** чаще представлены рдестами, урутью.

**Высшая водная растительность** чаще представлена рогозом, манником, сусаком, тростниками, осоками.

**Зоопланктон** слагается главным образом из инфузорий, коловраток, ветвистоусых и веслоногих рачков и не отличается разнообразием видов. В зоопланктоне прудов юга Западной Сибири, как правило, обитают 10-17 видов коловраток с преобладанием. Как правило, коловратки не имеют существенного значения в биомассе зоопланктона.

Среди кладоцер доминирующими видами чаще бывают: *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia* sp., *Bosmina longilostris*. Среди не доминирующих видов часто встречаются: *Moina brachiata*, *Bosmina longispina*, *Chydorus sphaericus*.

Всего отмечено ветвистоусых рачков 13 - 15 видов.

Веслоногие (*Copepoda*) представлены, как правило, шестью - восьмью видами среди них доминируют: *Cyclops strenus*, *C. Vicinus*, *Microcyclops leuckarti*.

Наблюдается сезонная смена в составе ветвистоусых рачков, которые весной преимущественно представлены мелкими видами, а позже эти формы исчезают, появляются более крупные формы.

Зообентос прудов, как и для всех периодически осушаемых водоемов,

не отличается разнообразием видов. Характерно слабое развитие фауны первичноводных животных. Двустворчатые и брюхоногие моллюски, малощетинковые черви и пиявки не играют существенной роли в биомассе. В пробах бентоса чаще встречаются пустые раковины или мелкие формы брюхоногих моллюсков. Пиявки встречаются чаще в прибрежной зоне.

Основу биомассы бентоса в прудах составляют личинки хирономид (нередко 100% встречаемости), а также взрослые формы и личинки других насекомых. В июле поденки, июне - июле личинки стрекоз.

В прудах Западной Сибири биомасса бентоса в летний период колеблется от 49 до 112 г/м<sup>2</sup>. Она имеет зависимость от глубины водоема. Наиболее продуктивны мелководные пруды со средней глубиной 1,0-1,2 м.

## ОЗЁРА

По биологической классификации озера различают по трофности. При этом учитывают наличие в водоеме химических питательных веществ (азота, фосфора, кремния, железа, кальция) необходимых для развития фитопланктона и высшей водной растительности. По этой классификации все озера подразделяют на три типа: олиготрофные, эвтрофные, дистрофные. Иногда выделяют **мезотрофный** тип озер, занимающий промежуточное положение между водоемами **олиготрофными** и **эвтрофными**.

В **олиготрофных** озерах содержится очень небольшое количество минеральных питательных веществ, поэтому развитие фитопланктона и макрофлоры в них слабое. Содержания кислорода в воде таких озер обычно в пределах нормального насыщения.

В **эвтрофных** озерах наблюдаются высокая минерализация воды и большое количество биогенных веществ. Это обеспечивает интенсивное развития в них фитопланктона и высшей водной растительности. Массовое развитие водорослей в глубоких озерах часто приводит к тому, что в верхних слоях воды содержится избыточное количество кислорода по сравнению с

нормальным насыщением, а в нижних слоях воды имеется недостаточное его количество.

**Дистрофным** озерам свойственна низкая минерализация воды. Незначительное количество азота и фосфора в ней и большое содержание гумусовых веществ. В таких озерах происходит слабое развитие фитопланктона.

По рыбохозяйственной классификации разработанной Сомовым М.П. все озера делятся на шесть типов по тем рыбам, которые могут быть основными объектами промысла: озера палии, сиговые озера, лещевые озера, судачьи озера, окунево-плотвичные озера, карасевые озера.

**Озера палии.** Эти озера имеют высокие и крутые берега. Они глубокие. Вода в них прозрачная холодная. Фитопланктон и высшая водная растительность развита слабо. Содержание кислорода высокое 12-14 мг/л. По биологической классификации они относятся к озёрам олиготрофным. В них могут обитать холодолюбивые рыбы: палия, озерный лосось, форель, сиговые, корюшка. К этому типу относятся Байкал, Ладожское, Онежское, Имондра, Севан.

**Сиговые озера.** Эти озера имеют меньшую глубину, чем озера палии. Литоральная зона развита значительно больше, но водная растительность развита слабо. Дно илистое, но на многих участках песчаное или слабокаменное. Сравнительно низкие температуры прибрежной зоны обеспечивают низкую температуру в гипolimнионе. Дефицита кислорода зимой не отмечается. Эти озера относятся к озерам в начальной стадии эвтрофикации.

Основу ихтиофауны в них обычно составляют сиви, снеток, уклея, окунь, плотва, судак, щука, ерш, язь. К этому типу озёр относят Чудское озеро, Ендырь (север Западной Сибири) и многие другие озера.

**Лещевые озера.** Этим озерам свойственно умеренная глубина и хорошо развитая литоральная зона. Дно покрыто илом. Имеются заросли высшей подводной и надводной растительности и благоприятные условия для развития фитопланктона. В профундали - большое количество зообентоса.

Летом эти озера хорошо прогреваются. Кислородный режим более напряженный, чем в сиговых озерах. Зимой и летом отмечают значительный дефицит кислорода в придонных слоях. Но эти озера не заморные. Лещовые озера расположены, как правило, в равнинных районах. К ним относятся озера умеренноэвтрофные, в них совместно с лещом обитают снеток, укляя, густера, судак, ерш, окунь, щука, плотва, язь, линь, иногда сиви.

**Судачьи озера** весьма близки по характеристике к лещовым озерам, но в них слабо развита высшая водная растительность.

**Окунево-плотвичные озера.** Это наиболее распространенный тип озер. Чаще к ним относятся мелководные равнинные водоемы с хорошо развитой надводной и подводной растительностью. Вода их хорошо прогревается, что создает условия для обитания плотвы, травяного окуня, щуки - составляющих их ихтиофауны.

**Карасёвые озёра.** Это водоёмы с резким дефицитом кислорода в зимний период. В них может обитать только карась. Озёра этого типа подразделяются на две группы: озера с крайней степенью эвтрофии и озера, которые представляют собой дистрофные озера, расположенные среди сфагновых болот с кислой реакцией среды.

Озеро, как жизненная среда, обладает присущими ему качествами, которые определяют возможность существования и развития растений и животных, Влияние факторов среды на живой мир озера огромен. По видовому составу и показателям количественного развития они сильно варьируют в зависимости от географического положения, происхождения, особенностей строения котловины и характера поступающих вод. Наиболее благоприятные условия создаются при содержании солей от 0,1 до 1 г/л.

Озерный планктон в отличие от речного, состоит почти исключительно из автохтонных элементов. Бактериопланктон богат, в видовом отношении достигает 1-3 млн. экз. в 1 мл воды.

**Фитопланктон озер** образован диатомовыми, зелеными и синезеле-

ными водорослями, причем в холодноводных озерах преобладают диатомовые, в хорошо прогреваемых - зеленые, синезеленые. реже диатомовые и перидиниевые.

Важным моментом, определяющим периодичность массового развития водорослей, является наличие в воде различных биогенов.

Весной железа в воде относительно много поэтому наблюдается развитие диатомовых водорослей, весьма требовательных к железу.

Летом, когда железа в воде становится меньше, а солей азота больше (в результате распада отмирающих организмов) наблюдается развитие зеленых водорослей. Позже появляются синезеленые, они менее требовательны к солям азота. Но развитие синезеленых водорослей невозможно при наличии в воде марганца. Его количество уменьшается в середине лета, именно тогда мы и отмечаем вспышку развития синезеленых водорослей.

Зоопланктон в основном представлен коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными.

В холодных озерах преобладают коловратки и веслоногие рачки, в то время как ветвистоусые немногочисленны или отсутствуют.

В теплых озерах преобладают ветвистоусые и менее развиты веслоногие рачки.

Своего наибольшего развития зоопланктон достигает в середине лета, когда в массе появляются водоросли, а затем его биомасса и численность, обычно снижаются.

Коловратки развиваются в значительных количествах раньше, чем ракообразные и раньше перестают играть ведущую роль в планктоне.

Для озер характерны сезонные и суточные изменения в распределении планктона.

Бентос наибольшего развития достигает в литорали (прибрежной зоне). С увеличением глубины его количество снижается. Это объясняется тем, что донные зеленые растения могут расти только на мелководье, и поэтому, чем



глубже тем хуже обеспечены животные пищей, нужной для их существования. Фитобентос обычно развивается до глубины 4-5м.

Зообентос озёр подобно фитобентосу развит лучше в литорали и менее богат в профундали. На камнях прибойного побережья, покрытых водорослями, встречаются многие виды личинок насекомых: хирономид, ручейников, поденок, веснянок. Здесь не обитают моллюски, веслоногие раки, водные клещи, губки, гидры, пиявки. В прибойной литорали в песке водятся олигохеты, личинки комаров, круглые и кольчатые черви, а также личинки стрекоз, ручейников.

Очень богата фауна зарослей высшей водной растительности. На растения держатся, питающиеся ими, моллюски, черви, личинки насекомых; откладывают икру рыбы, моллюски, хирономиды и другие полуводные насекомые.

**Нектон озёр** представлен почти исключительно рыбами и только в больших озёрах, как Байкал и Ладожское, встречаются несколько видов тюленей.

Наиболее богата ихтиофауна в эвтрофных озерах. Разнообразие видов больше, а их биомасса меньше, чем в высокоэвтрофных озёрах. Рыбопродуктивность озёр колеблется от 5 до 150 кг/га.

## **ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Водохранилища** - это искусственно созданные водоёмы с полным объёмом более 1 млн.м<sup>3</sup> воды. Их водообмен и уровень постоянно регулируются гидротехническими сооружениями, в целях накопления и использования запасов воды в хозяйственных целях.

Водохранилища создаются в результате перекрытия равнинных, горных или вытекающих из озёр рек путём возведения на них гидротехнических сооружений.

Водохранилища подразделяют по полному объёму и площади водного

зеркала на крупнейшие (более 5000 км<sup>2</sup>), очень крупные (5000-500 км<sup>2</sup>), средние (100-20), небольшие (20-2) и малые - менее 2 км<sup>2</sup>.

К крупнейшим относятся Куйбышевское, Бухтарминское и Братское водохранилище.

Новосибирское, площадью 107-70 км<sup>2</sup>, относится к средним водохранилищам. Рыбопродуктивность в среднем от 4 до 45 кг/га и зависит от биогенного стока и состава ихтиофауны водоёма.

По своему видовому составу население водохранилищ занимает как бы промежуточное положение между населением рек и озёр. В водохранилищах лощинного типа, характеризующихся вытянутой формой, в верхнем участке сохраняются речные условия и речное население, в среднем участке флора и фауна носят промежуточный характер, а в приплотинной зоне приобретают озёрные черты.

Если водохранилище остается в пределах долины реки, его относят к **русловому типу**.

В водохранилищах **лопастного типа**, представляющих собой более менее округлую форму, население заметно отличается от речного и ближе по своему составу к озерному.

На самых первых стадиях существования водохранилища состав его населения близок к тому, какой имелся в исходном водоёме, а затем оно приобретает свой специфический облик.

Процесс формирования фауны водохранилища на больших равнинных реках проходит в три стадии (Мордухай-Болтовской, Дзюбаі, 1960; Константиніа, 1967; Карпевич, 1975).

Первая стадия - разрушение существовавших до затопления реофильных, фитофильных и других биоценозов и заселение затопленной суши и толщи воды, экологически разнородным населением.

Вторая стадия- образование временных группировок: в бентосе - массовое заселение в первое же лето всего дна водохранилища личинками хиро-

номид, в зоопланктоне - массовое развитие также в первые лето, рачков и коловраток.

Третья стадия - для формирования бентоса начинается тогда, когда заканчивается распространение по затопленной суше гомотонной фауны. В основном на 3-4 год после затопления, и характеризуется уменьшением видо-вого разнообразия и сильным понижением биомассы бентоса.

Для зоопланктона третья стадия формирования характеризуется уменьшением видо-вого разнообразия, так как впадают фитофильные, ацидо-фильные и другие экологические группировки. Складывается монотопный (однообразный) мелководный состав зоопланктона, с преобладанием рако-образных и с высокой общей биомассой. Формирование зоопланктона закан-чивается в основном через 2-3 года.

Для фитопланктона характерна вспышка в первые годы, вследствие выщелачивания из залитых почв.

Планктон водохранилищ состоит из бактерий, диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей, коловраток и ракообразных.

Развитие фитопланктона в основном зависит от степени мутности по-ступающей воды и быстроты её осветления. В верховьях где вода большей мутностью фитопланктона меньше и по составу он ближе к речному. К сред-ней зоне его разнообразие больше. И в предплотинном участке разнообразие меньше, но биомассе водорослей больше.

В водохранилищах с коэффициентом водообмена 12 и более в течение всего вегетационного сезона доминируют диатомовые водоросли, сам коэф-фициент водообмена менее 12 во второй половине лета в озерной части во-дохранилища диатомовые водоросли постепенно вытесняются синезелены-ми.

Зоопланктон водохранилищ преимущественно представлен коловрат-ками, ветвистоусыми и веслоногими рачками. В водохранилищах низовьях Р<sup>^^</sup> может содержаться большое количество пелагического моллюска дрес-

сены.

В верховьях - сильнее выражен речной планктон, с движением к плотине большое значение имеют ракообразные.

В годы с высоким уровнем воды увеличивается значение коловраток, а ракообразных снижается. В годы же с малым наполнением наблюдается обратная картина.

**Бентос богат в водохранилищах**, образованных реками с большой мутностью воды, и почти полностью отсутствует в случае, когда дно водоема засыпается минеральной взвесью в больших количествах принесенной реками.

В мутных водохранилищах с каменистой почвой и крытыми берегами количество жесткой растительности не велика продуктивность бентоса не велико. Тоже самое можно сказать о бентосе водохранилищ с большой сработкой уровня.

Но если уровень воды достаточно постоянен, а глубина водохранилища невелика, макрофиты достигают чрезвычайно сильного развития, подчас угрожая нормальной эксплуатации водоемов.

Бентос в отличие от речного представлен в основном вторичноводными организмами: личинками насекомых (хирономид), олигохеты, моллюски, бокоплав, мизиды.

**Нектон** представлен только раками, среди которых исключительное значение имеют жилые виды. Реофильные почти полностью исчезают. Расцвет жилых видов фитофильных рыб в первые годы после залития водохранилища, а затем на 5-6 год их значение снижается, и начинают преобладать хищные виды.

**Ихтиофауна.** С образованием водохранилищ происходят значительные изменения в жизни рыб. Происходит замена видов живущих в быстрой воде на виды стоячих или слаботекущих вод. На смену (сиговым, ельцу, жереху, голавлю) приходят лещ, судак, окунь плотва, щука и другие лимно- и

фитофильные рыбы. На затопленных пойменных лугах образуются огромные нерестовые площади. Речное исходно стадо рыб, как правило, малочисленно, поэтому молодь находит обильную пищу. В водоеме еще нет хищников, поедающих молодь рыб. Все это позволяет получать в первый период существования водохранилищ высокую рыбопродуктивность. Например, в подмосковных водохранилищах уловы в этот период достигали 37 кг/га, а в Кутулукском Куйбышевской области - 32 кг/га.

В последующие годы условия жизни размножения и питания фитофильных рыб ухудшаются. Затопленная растительность отмирает, и эти районы утрачивают свое значение для нереста. Происходит формирование новых нерестилищ, как правило, занимающих меньшую площадь. Это отрицательно сказывается на условиях размножения для таких рыб как лещ, щука др., откладывающих икру на свежезалитой луговой растительности.

Одновременно возрастает численность менее требовательных к условиям размножения малоценных и "сорных" рыб (окунь, плотва, ерш, уклея, густера), а также некоторых хищников. Численность этих рыб может составлять до 70-90% общего улова. Период депрессии ихтиофауны бывает весьма длительным. С целью повышения рыбопродуктивности водохранилища проводят различные мероприятия:

- 1) во время подготовки к зарегулированию, в озерах зоны будущего водохранилища, создается стадо производителей промысловых рыб, которые в нем в дальнейшем будут успешно развиваться;

- 2) проводят работы по тотальному вылову "сорных" рыб и уничтожаются их икра. Для этого в период нереста раскладывают искусственные нерестилища, которые в последующем убирают из водоема вместе с отложенной на них икрой;

- 3) при водохранилищах строят нерестово-вырастные хозяйства, где воспроизводят ценные виды промысловых рыб, для ежегодного массового зарыбления водохранилищ;

4) ведут работы по акклиматизации ценных видов рыб и кормовых водных беспозвоночных.

Таким образом, ихтиофауна водохранилищ формируется за счет рыб обитавших в реке до ее зарегулирования, рыб - акклиматизантов и рыб проникающих в водохранилище из других водоемов, связанных с ним.

В некоторых водохранилищах за счет задержки ската проходных и полупроходных рыб формируются туводные стада. Так, в Новосибирском водохранилище сформировалось стадо сибирского осетра, нельмы и стерляди с укороченным миграционным циклом, однако, запасы их незначительны (Кириллов, 1991).

На продуктивность водохранилищ в значительной мере влияет периодическая сработка их уровня, которая, как правило, приходится на период весеннего нереста рыб. Это приводит к осушению нерестилищ, и как следствие снижается количество молоди.

При значительном понижении уровня воды в водоеме значительная часть планктона выносится из водоема с водой. Вода богатая биогенными веществами, замещается бедной ими речной водой. Благодаря этому значительно ухудшаются условия нагула молоди рыб.

Зообентос погибает как при весенне-летней, так и при осенне-зимней сработке уровня воды, как за счет осушения участков дна, так и за счет промерзания грунтов. Особенно бедна кормовая база ирригационных водохранилищ, воды которых используют для полива. При заборе воды на полив выносятся биогенные вещества, погибают кладки яиц большинства насекомых и моллюсков, а также икра рыб, отложенная на прибрежную растительность.

Следует сказать, что ихтиофауна водохранилищ и её продуктивность в значительной мере зависит от хозяйственной деятельности человека. И гораздо более уязвима, чем фауна озер и рек.

## РЕКИ

Население рек зависит от их морфологии и гидрологического характера. Как правило, богаче оно в равнинных реках со спокойным течением.

**Планктон рек** менее разнообразен, чем в стоячих водоемах. В фитопланктоне господствуют диатомовые водоросли, затем, зеленые, и синезеленые. В зоопланктоне преимущество имеют коловратки, среди низших ракообразных преобладают ветвистусые фильтраторы. Ветвистоусые крайне редки, в текущей воде у них нарушаются процессы размножения.

**Бентос реки** в зависимости от характера грунтов и глубины может разбиваться на 5 донных комплексов:

1. **Комплекс песка** или псаммореофильный ( от греч. рео - теку, псаммос - песок). В равнинных реках этот комплекс занимает огромные пространства дна, его население, как правило, бедно и представлено хищными личинками хирономид, олигохетами, некоторыми мизидами и амфиподами, ведущими полузакапывающийся образ жизни. Эти животные имеют прочные покровы, различные приспособления для прикрепления способны быстро закапываться;

2. **Комплекс камней** или литореофильный ( от греч. литос - камни) растительные организмы представлены широко распространенным мхом *Fontinalis*. Обрастания на камнях образуют зеленые, сине-зеленые нитчатки и диатомовые водоросли. В этом комплексе многочисленны животные, ведущие прикрепленный образ жизни - губки, мшанки, гидры и т.д. Из подвижных форм присутствуют личинки насекомых, брюхоногие моллюски *Ancylus* и *Neritina*. Животных комплекса камней, как правило, имеют уплощенную форму тела и специальные органы прикрепления. Реснитчатые черви планарии присасывают с помощью клейких клеток, моллюск дрейсена - биссусом, а личинки мошек цепляются за камни крючками. Многие животные имеют подвижные или неподвижные домики из мелких камешков и песчинок (ручейники).

3. **Комплекс глинистых грунтов** или агриллореофильный (от греч. агрилло - глина) на участках с быстрым течением многочисленны роющие животные, которые проделывают в грунте ходы и норы. Среди них наиболее характерны личинки поденок, хирономиды, раки. На поверхности грунта поселяются различные прикрепленные организмы - мшанки, личинки мошек;

4. **Комплекс ила** или пелореофильный, развивается в прибрежных участках реки на илистых грунтах с замедленным течением. Этот комплекс широко представлен в равнинных реках. Качественно и количественно превосходит флору и фауну других речных комплексов. Обильно развиваются различные донные водоросли (диатомовые, сине-зеленые). Многочисленны закапывающиеся и полузакапывающиеся формы (олигохеты, хирономиды, моллюски). В этих районах откармливаются почти все речные рыбы;

5. **Комплекс зарослей** или фитореофильный Заросли макрофитов развивается в рукавах и в отдельных участках коренной реки с каменистыми или глинистыми грунтами. Наибольшее значение имеют рдесты, камыш, тростник, кубышка, роголистник, стрелолист и другие. Население этого комплекса по своему составу близко к фауне комплекса камней. В этих местах происходит нерест многих рыб: судака, окуня, плотвы. Здесь откармливается молодь рыб.

Характер распределения бентоса по поперечному профилю реки определяется спецификой придонных скоростей течения. Ближе к берегам на заиленных грунтах поселяются пелореофильные организмы. К середине русла грунты лишаются тонких фракций, вследствие чего их население состоит из псаммореофильных организмов в равнинных реках и из литофитов - в горных. В паводковое время бентос рек резко обедняется, связи с возрастанием скорости течения. Из грунта вымываются высшие раки, ручейники, олигохеты, поденки, личинки двукрылых и многие другие организмы.

**Нектон рек** представлен в основном рыбами и в гораздо меньшей степени - высшими раками, пресмыкающимися и млекопитающими. К жилым



рыбам, обитающим в реках постоянно, относятся - стерлядь, форель, лещ, густера, щука, судак, налим, окунь. Проходные и полупроходные рыбы часть своей жизни проводят в море - белуга, осетр, севрюга, семга, дальневосточные лососи, вобла тарань, усач, и многие другие. Из водных млекопитающих обитающих в реках можно назвать тюленей ладожского, который заходит в Неву, и байкальского, обитающего в оз. Байкал и впадающих в него реках. Водные пресмыкающиеся чаще представлены змеями, тритонами, саламандрами, а в реках американского и африканского континента - крокодилами.

## **Глава 8      Методические указания для выполнения контрольной работы**

*Каждый студент выполняет определенный вариант контрольной работы по согласованию с преподавателем. Контрольная работа включает два вопроса.*

Контрольные работы выполняются студентами в межсессионный период семестра, во время прослушивания лекционного курса и отработки лабораторно-практических занятий.

Чтобы успешно выполнить контрольную работу студент должен изучить соответствующие разделы по учебнику и рекомендованной литературе.

Ответы на вопросы должны быть полными, но не повторять текст учебника дословно. Там, где того требуют задания, должны быть приложены схемы, рисунки и заполнены таблицы. В конце контрольной работы обязательно приводится список использованной литературы.

Выполняя контрольную работу, студенты показывают свое умение работать с учебником и научной литературой, самостоятельно выбирать нужный материал, анализировать и обобщать, видеть на частных примерах общие закономерности эволюционного процесса.

Для выполнения задания студент выбирает два вопроса наиболее соответствующие теме его дипломной работы.

Работа должна быть выполнена грамотно, четким разборчивым почерком. Небрежные, написанные неразборчивым почерком контрольные, а также представленные позже установленного срока рассматриваться не будут.

**Объем работы не менее 20 машинописных листов (формат А4, 14 кегль, 1,5 межстрочное пространство, Times New Roman). Работы проходят антиплагиатный контроль!**

Темы контрольных работ  
по дисциплине **Гидробиология (Б3.В.ДВ.2)**

1. Видовой состав и биология зоопланктона Новосибирского водохранилища
2. Обрастания
3. Амфибионтные насекомые Новосибирской области

4. Роль деструкторов в водоемах.
5. Детрит и его роль в водоемах.
6. Первичная продукция в водоемах.
7. Способы добывания пищи гидробионтами.
8. Сообщества бентоса Новосибирского водохранилища.
9. Коэффициенты видового разнообразия и степени сходства гидробиоценозов.
10. Роль гидробионтов в самоочищении водоемов
11. Зоопланктон реки Обь
12. Биология и экология пресноводных двустворчатых моллюсков.
13. Биология и экология пресноводных коловраток.
14. Оценка структуры гидробиоценоза
15. Ветвистоусые ракообразные озер Новосибирский области
16. Зоопланктон рыбоводных прудов.
17. Оценка структуры популяций гидробионтов.
18. Макрофиты и их роль в водоемах
19. Влияние эвтрофирования на гидробионтов
20. Влияние видов-вселенцев на аборигенную флору и фауну водоемов

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если полностью раскрыта заявленная тема, работа оформлена в соответствии с требованиями.;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если полностью раскрыта заявленная тема, работа оформлена с нарушением требований;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если не полностью раскрыта заявленная тема, работа оформлена с нарушением требований;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если не раскрыта заявленная тема, работа оформлена с нарушением требований.

## СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морузи И.В., Моисеев Н.Н., Пищенко Е.В., Иванова З.А., Костомахин Н.Н. Рыбоводство: Учебник. – М.: КолосС, 2010. – 295.
2. Морузи И.В., Пищенко Е.В. Гидробиология: курс лекций.- Новосибирск, 2016. – 100

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гидроэкология устьевых областей притоков равнинного водохранилища (под ред. А.В. Крылов). - Ярославль: Филигрань, 2015. - 466 с.
2. Протасов А.А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии / А.А. Протасов. — К. : Академперіодика, 2011. — 704 с., 20 с. ил. (эл. вариант).
3. Березина Н. А. Гидробиология . М.Высшая школа. 1963. – 439 с. (электронный вариант, свободный ресурс)
4. Константинов А.С. Общая гидробиология . М. Высшая школа. 1986. - 472 с. (электронный вариант).
5. Морузи И.В. Гидробиология рыбохозяйственных водоемов.- Новосибирск, 1998
6. Морузи И.В. ПРАКТИКУМ ПО ГИДРОБИОЛОГИИ// И.В.Морузи, Е В.Пищенко / Новосиб. гос. аграр. ун-т.- Новосибирск, 2006.- с.
7. Березина Н . А . Гидробиология . М.Высшая школа. 1963. - 439с.;
8. Ивантер Э. В., Коросов А. В. И 228 Введение в количественную биологию : учеб. пособие / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. — Петрозаводск : Изд-во Петр-ГУ, 2011. — 302 с.
9. Хрусталеv Ю.П. Происхождение Мирового океана. Ростов-на-Дону. Изд.РГУ, 2000. - 126 с.
10. Агаев Т.Б. оглы, Беккер А.А., Охрана и контроль загрязнения природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 286 с.
11. Баландин Р.К. Перестройка биосферы. – Минск. Высшейшая школа, 1981. – 192 с.
12. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Гидробиология. Особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 1989. Т. 1. – 667 с.; Т. 2. – 477 с.
13. Биосфера. Пер. с англ. / Под ред. М.С. Гилярова. – М.: Мир, 1972. – 183 с
14. Биосфера: загрязнение, деградация, охрана / Д.С.Орлов, Л.К.Садовникова и др. (Краткий толковый словарь). – М.: Высшая школа, 2003. – 125 с
15. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Логос, 2002. – 576 с.
16. Гиляров А.М. Популяционная гидробиология. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 190 с.
17. Демина Т.А. Гидробиология, природопользование и охрана окружающей среды. – М.: Аспент пресс, 1997. – 143 с.
18. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная гидробиология океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с
19. Меркулов П. И., Ямашкин А.А., Масляев В. А. Антропогенное воздействие на географическую оболочку. – Саранск: Изд-во Мордов.ун-та. 1994. – 116 с.
20. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е, Мелихова О.П. Гидробиология. – М.:Дрофа, 2004. – 624 с.
21. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
22. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2001. –216 с.

23. Петров К.М. Геогидробиология. Основы природопользования. Учебник. – М.: Логос, 1994. – 344 с
24. Реймерс Н.Ф. Гидробиология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
25. Степановских А.С. Общая гидробиология. Учебник. – М.: Высшая школа, 2000. – 316 с.
26. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.
27. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.
28. Яблоков А.В. Популяционная биология. – М.: Высшая школа. 1987. – 303 с.
29. Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. – М.: Учпедгиз, 1961.- 599с.
30. Липин А.Н. Пресные воды и их жизнь.- 3-е изд.- М.: Учпедгиз,1950.- 348 с.
31. А.с.З.А.Иванова, Р.И. Огнева, И.В.Морузи. Способ удобрения рыбоводных прудов, 1985.-
32. Жизнь пресных вод СССР, под ред. Жадина В.И. и Павловского Е.Н., т.1-4 .-М.-Л.,1940-1959.
33. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов.- Минск.-1960.- 289с.
34. Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря.- 1952.- 234 с.
35. Карзинкин Г.С. Основы биологической продуктивности водоемов.-М.: Пищепромиз-дат, 1952.- 342 с.
36. Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование: Материалы науч. конф. /Новосибир. отд-ние СибрыбНИИпроект. - Новосибирск,1997. - 356 с.
37. Плохинский Н.А. Биометрия. М., 1969
38. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. // М.: Наука, 2005. - 263 с.
39. Завьялов Н.А., Крылов А.В., Бобров А.А., Иванов В.К., Дгебуадзе Ю.Ю. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. 186 с.
40. Павловский Е.Н., Лепнева С.Г. Очерки из жизни пресноводных животных. (Электронный ресурс). - <http://thememod.ru/st000.shtml>