

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

ГИДРОБИОЛОГИЯ

Практикум

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура

Оренбург
2021

УДК 581.526.3(075.8)

ББК 28.59я73

Г39

Рецензент – доктор биологических наук, профессор А.М. Русанов

Авторы: Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, С.В. Лебедев

Г39 Гидробиология [Электронный ресурс] : практикум для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура / Ю. В. Килякова [и др.]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2021. - 147 с. - Загл. с тит. экрана.
ISBN 978-5-7410-2521-5

В практикуме рассматриваются вопросы биологии, экологии, систематического положения гидробионтов, а также методы сбора и обработки гидробиологического материала, особенности пресных и морских гидробиоценозов.

Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура.

УДК 581.526.3(075.8)

ББК 28.59я73

ISBN 978-5-7410-2521-5

© Килякова Ю.В.,
Мирошникова Е.П.,
Аринжанов А.Е.,
Лебедев С.В., 2021
© ОГУ, 2021

Содержание

Введение	4
1 Практическое занятие № 1 Методы сбора и обработки планктона	5
2 Практическое занятие № 2 Методы сбора и обработки бентоса.....	29
3 Практическое занятие № 3 Приспособления организмов к обитанию в толще водоемов	49
4 Практическое занятие № 4 Приспособления организмов к обитанию на дне водоемов	65
5 Практическое занятие № 5 Способы добывания пищи водными животными	75
6 Практическое занятие № 6 Органы дыхания водных животных	84
7 Практическое занятие № 7 Некоторые методы определения продукции водных организмов	91
8 Практическое занятие № 8 Флора и фауна морских водоемов	103
9 Практическое занятие № 9 Флора и фауна рек	133
Список использованных источников	146

Введение

Практикум «Гидробиология» предназначен для практических занятий по дисциплине «Гидробиология» для обучающихся по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура. Учебное пособие способствует ознакомлению студентов с основным объектом исследования гидробиологии - водными экологическими системами, их структурой и функциональными особенностями, без знания которых невозможно рациональное использование биологических ресурсов, охрана гидросферы от загрязнения, научное прогнозирование ее состояния.

Знания, полученные на практических занятиях по данной дисциплине, могут быть использованы при прохождении полевых практик: биологической, гидробиологической. Обучающийся знакомится с навыками полевого сбора гидробиологического материала, камеральной обработки гидробиологических проб, орудиями сбора планктона и бентоса, способами фиксации и определения систематического положения гидробионтов.

Практикум написан в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Гидробиология» и требованиями государственного стандарта по подготовке специалистов по направлению Водные биоресурсы и аквакультура.

1 Практическое занятие № 1

Методы сбора и обработки планктона

Цель: изучить основные методы сбора и обработки планктона. Познакомиться по рисункам и имеющемуся лабораторному оборудованию с различными орудиями сбора планктона, с их устройством и принципами работы.

Материалы и оборудование: плакаты, фотографии, модели оборудования.

Задание:

1. Познакомиться с основными методами сбора и обработки планктона, законспектировать материал.
2. Изучить орудия для сбора и обработки планктона. Законспектировать материал, зарисовать 2-3 орудия для сбора и обработки планктона.

Теоретический материал

1. Методы сбора планктона. Планктон — совокупность растительных (фитопланктон) и животных (зоопланктон) организмов, которые ведут свободноплавающий или взвешенный в толще воды образ жизни. Для планктонных организмов характерно или полное отсутствие органов движения (многие представители фитопланктона), или они у них развиты слабо. Планктон имеет размеры от долей мм до нескольких мм. К планктону относятся диатомовые водоросли, отдельные бактерии, икринки рыб, ряд беспозвоночных животных, ракообразных и т.д. (рисунок 1).

Термин «планктон» придумал в 1880-х годах немецкий ученый Виктор Хензен, предложивший использовать звучное греческое слово «πλαγκτον», которое переводится как «блуждающий».

Все известные методы сбора планктона могут быть разделены на две группы: 1) отделение планктона от воды в самой воде (планктонные сети, планктонные тралы, планктоночерпатели); 2) зачерпывание, или насасывание воды с отделением

планктона от воды после подъема прибора на поверхность, путем фильтрации через сетку или отстаивания, а также центрифугирования.



Рисунок 1 – Организмы планктона

А. Сетяной метод. *Лов планктона сетями.* Различают сети качественные, предназначенные для массового сбора планктона и определения видовой принадлежности, и количественные, с помощью которых производится количественный учет организмов.

Вода, содержащая планктон, фильтруется через специальную сеть из материала, пропускающего воду и задерживающего планктон. Такими материалами являются шелковое мельничное сито, капрон, нейлон и др. Чтобы планктонная сеть профильтровала всю воду, вошедшую через входное отверстие, увеличивают фильтрующую поверхность (длину сетки) и уменьшают входное отверстие. Сетки с большим отверстием и малой фильтрующей поверхностью называют **качественными** – они дают представление о составе планктона, но не годятся для

определения его количества. Вокруг входного отверстия сетки образуются водовороты, и значительная часть воды с содержащимися в ней животными в сетку не попадает. Качественные сети имеют форму усеченного конуса, реже цилиндра, изготовленного из фильтрующего материала. Широким концом мешок пришивают к металлическому (обычно латунному) кольцу, а к узкому концу прикрепляют съемный металлический (или плексигласовый) стаканчик различной конструкции. В нем концентрируется отфильтрованный из воды планктон. У **количественных** сетей делают не только маленькое входное отверстие, но и газовый конус с длиной не менее 2-3 м.

Для *качественных* сборов пресноводного планктона употребляют разные модели сетей, причем чаще всего **сеть Апштейна** длиной 55-100 см и диаметром 25-40 см. В водоемах глубиной до 1,5 м используют **сеть Липина** с металлическим воронкообразным дном. Ею можно ловить на расстоянии всего нескольких сантиметров от дна (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сеть Апштейна и сети Липина

Качественная планктонная сеть Апштейна состоит из латунного кольца и пришитого к нему конической формы мешка из шёлкового газа, заканчивающегося внизу стаканчиком, в котором собирается осадок планктона. Для изготовления планктонной сети употребляют так называемый мельничный газ, отличающийся прочностью и равномерностью размеров его отверстий (ячей). Для планктонных сетей Апштейна применяются металлические и стеклянные стаканчики разной конструкции. Особенно удобны металлические стаканчики с краном (рисунок 3). Размеры качественных сетей Апштейна представлены в таблице 1.

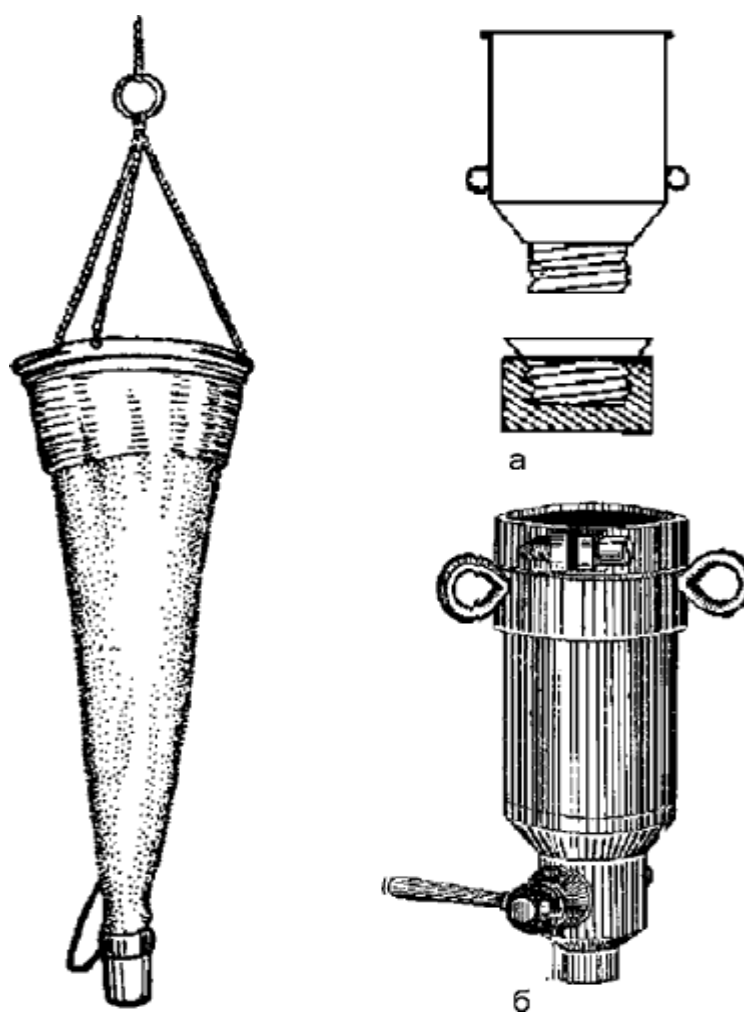


Рисунок 3 – Малая сеть Апштейна (длина образующей конуса 55 см, диаметр входного отверстия 25 см, диаметр стаканчика 3,5-4 см) и возможная конструкция стаканчика к ней (а – стаканчик из банки с крышкой, б – металлический стаканчик с краном)

Таблица 1 – Размеры качественных сетей Апштейна

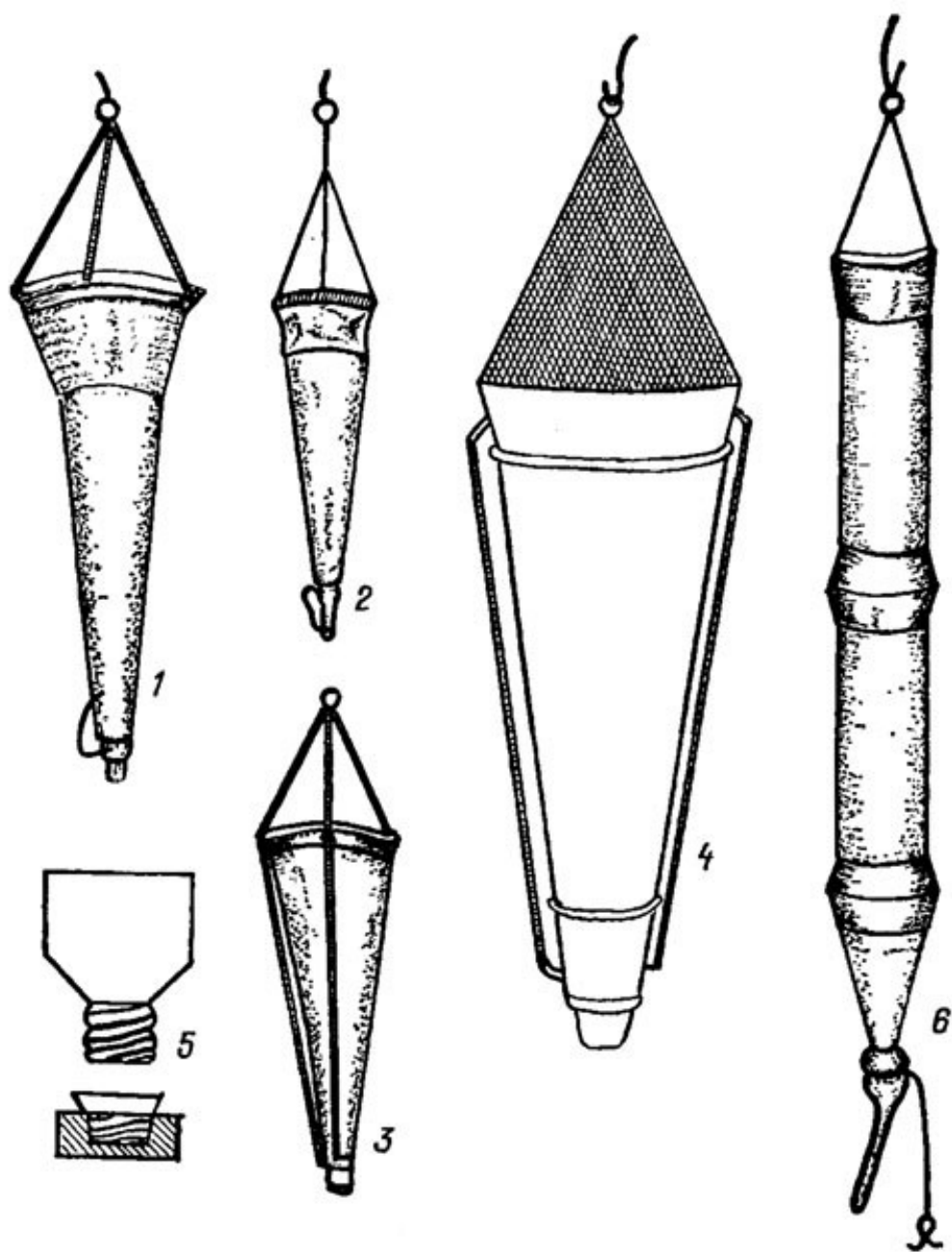
Модель	Длина образующей боковой поверхности конуса, см	Диаметр, см	
		входного отверстия	стаканчика
Малая	55	25	3,5-4,0
Средняя	100	40	6

Для сбора планктона в реке или при движении судна на озерах и водохранилищах рекомендуется цилиндрическая сеть Лангганса ("Цеппелин"), состоящая из двух, сшитых из шелка или капрона цилиндров и одного шелкового или капронового конуса с планктонным стаканчиком на конце. Сеть с помощью кусков полотна нашивается на три металлических кольца. К переднему кольцу привязывается уздечка с кольцом для крепления к тросу (рисунок 4). Сеть может быть разных размеров (таблица 2).

Таблица 2 – Размеры моделей сетей Лангганса ("Цеппелинов")

Модель	Диаметр, см		Длина, см		
	входного отверстия	стаканчика	цилиндрического отдела сети	конического отдела сети	всей сети
Большая	22	6,5	98	50	148
Средняя	15	4,5	96	42	138
Малая	9,5	4,5	97	23	120

Качественные ловы планктона производятся с целью выявления его видового состава. Установление видового состава планктонного сообщества следует проводить в течение вегетационного периода, когда основная масса организмов присутствует в планктоне и активно размножается. Качественными сетями работают с лодки, плота, судна. Их опускают в воду по возможности вертикально вручную или с помощью лебедки. Маленькие планктонные сети можно забрасывать с берега, не допуская зачерпывания ими грунта.



1-3 – сети Апштейна; 4 – сеть Берджа; 5 – стаканчик к ней; 6 – цилиндрическая сеть «Цеппелин»

Рисунок 4 – Планктонные сети

Количественные сети на переднем конце имеют надставку различной формы из плотной материи (парусина, брезент, холст и др.) для ослабления

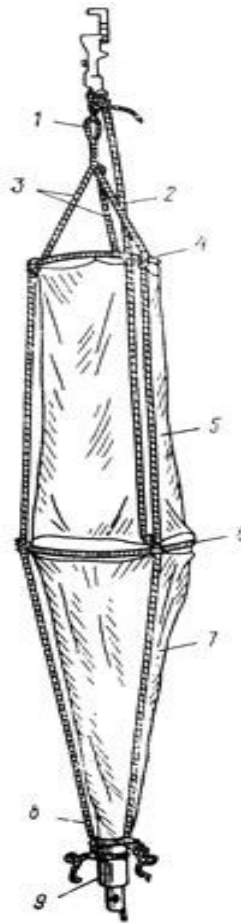
обратных токов воды, образующихся при протягивании сети, и тем самым предохранении планктона от вымывания при протягивании сети сквозь толщу воды. Благодаря надставке сети имеют два металлических кольца. При конструировании количественных сетей размеры их рассчитывают так, чтобы пропускаемая через сеть вода действительно фильтровалась. Для этого нужно, чтобы сумма размеров всех ячеек была больше площади входного отверстия сети.

Существует множество количественных сетей, самыми распространенными из которых являются сети Джеди, Нансена, Апштейна. Основные различия в их конструкции сводятся к различиям в форме надставки и в механизме замыкания сети при ловах по горизонтам. Для вертикальных ловов наиболее часто используют **сеть Апштейна и сеть Джеди** (рисунок 5).

В пресных водоемах широко применяют **сеть Апштейна с надставкой в форме усеченного конуса**. Размеры средней модели этой сети: диаметр кольца входного отверстия 14 см, второго кольца 40 см, длина надставки 20 см, длина фильтрующей части 90-100 см.

Замыкающая сеть Джеди имеет высокий надставной усеченный конус, и поэтому второе кольцо находится примерно посередине длины сетки. Сеть закрывается путем опрокидывания надставки. Она сбрасывается с троса с помощью замыкающего механизма. По тросу посылается специальный посыльный груз, который ударяет по замыкателю, передний конус сети перегибается и закрывает входное отверстие. Закрытая сеть поднимается на поверхность. Сети придается первоначальное положение, т.е. кольцо уздечки зажимается крючком замыкателя. Кран стакана открывается и проба, сконцентрированная в нем, переливается в подготовленную заранее обязательно чистую посуду. Затем кран стакана закрывается и сеть в расправленном виде вновь погружается в водоем до уровня входного отверстия для того, чтобы смыть со стенок сети оставшиеся организмы. Смытые со стенок остатки пробы сливаются в ту же посуду. Нельзя допустить, чтобы при ополаскивании сети в нее попала через входное отверстие новая порция воды. После облова каждого горизонта сеть споласкивают. Сеть Джеди, отличающаяся

хорошей уловистостью, широко используют как на пресных, так и на морских водоемах. Скорость подъема сети должна быть не менее 0,25 и не более 0,5 м/с.



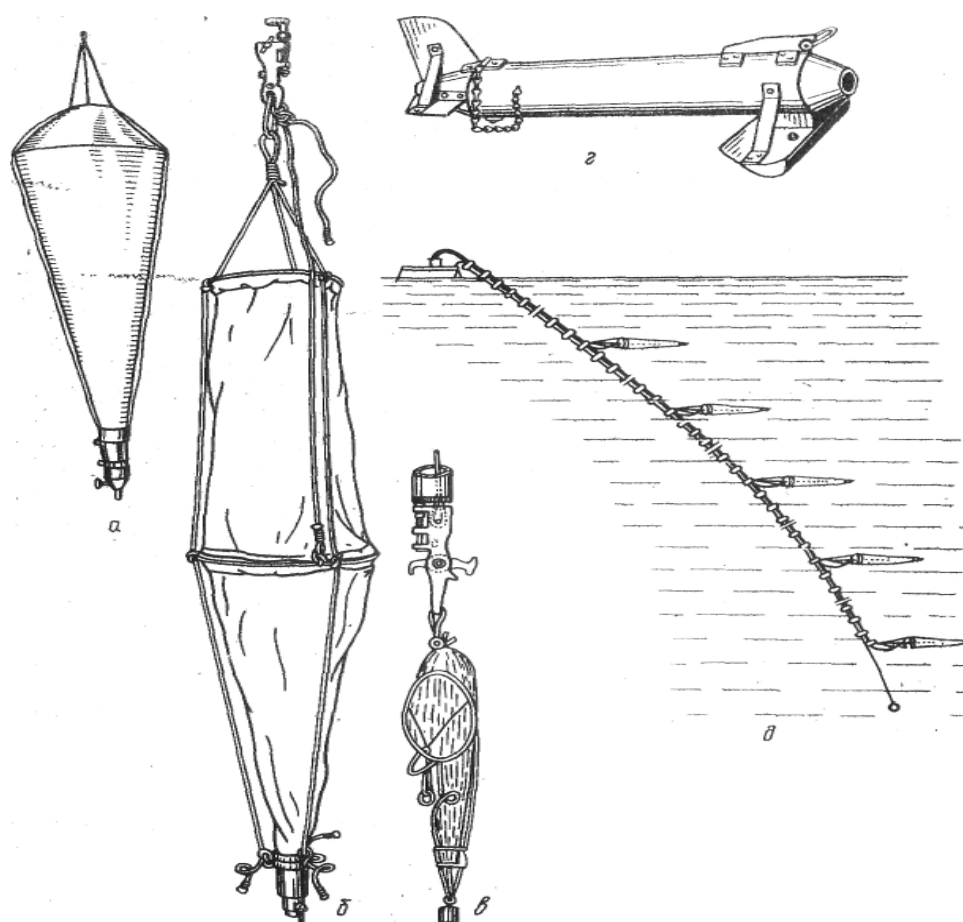
1 – петля на шнуре; 2 – шнур, связывающий сетку с замыкателем; 3 – шнуры на верхнем кольце; 4 – верхнее кольцо; 5 – матерчатый конус; 6 – нижнее кольцо; 7 – шелковая сеть; 8 – шнур, удерживающий стаканчик; 9 – стаканчик

Рисунок 5 – Замыкающаяся количественная сеть Джеди

Орудия лова планктона по ходу судна. Основу этих орудий составляет планктонная сеть, заключенная в корпус, чаще всего металлический. Входное отверстие сетей делают возможно малым, а поверхность фильтрующего конуса возможно большей.

Для своевременного сбора планктона с разных глубин вдоль одного троса прикрепляют несколько сетей на некотором расстоянии одна от другой.

Стандартный планктонный индикатор Гарди представляет собой цилиндрическую трубу длиной 56 см с диаметром входного отверстия около 4 см. Задний конец прибора открывается, что позволяет вставлять в трубу кольцо с диском из фильтрующего материала. Прибор снабжен системой пикирующих плоскостей на переднем конце и плоскостями-стабилизаторами на заднем конце. Эти приспособления позволяют индикатору быстро погружаться и плыть на глубине 8-10 м. Планктон концентрируется на шелковом диске, который периодически вынимают и заменяют чистым (рисунок 6).



а – средняя модель сети Апштейна; б – замыкающая сеть Джели в открытом виде;
в – замыкающая сеть Джели в закрытом виде; г – стандартный планктонный
индикатор Гарди; д – разноглубинный сбор планктона

Рисунок 6 – Количественные планктонные сети

Трал Айзекс-Кидда состоит из конической сети, прикрепленной к большой U-образной распорной доске. Размеры входного отверстия трала 3-4,5 м. Трал снабжен приборами, регистрирующими объем профильтрованной воды и глубину сбора. Работать тралом можно до глубины 3700 м. Особенно пригоден он для лова макропланктона и мелкого нектона (рисунок 7).

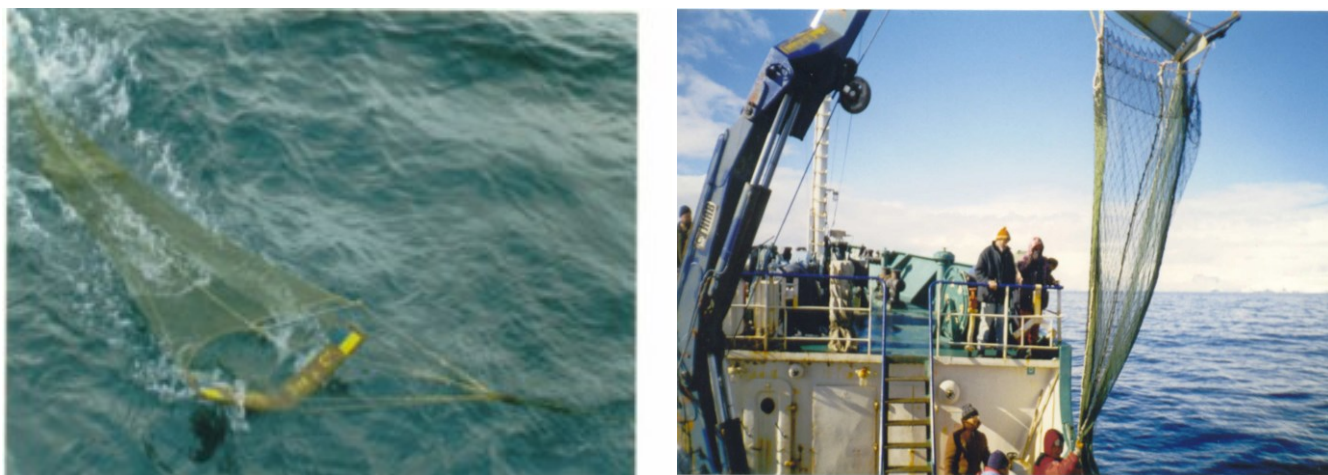


Рисунок 7 – Трал Айзекс-Кидда. Установка трала Айзекс-Кидда

Для своевременного сбора планктона с разных глубин вдоль одного троса прикрепляют несколько сетей на некотором расстоянии одна от другой (рисунок 6).

Сетной метод сбора планктона широко распространен. Большим достоинством его является возможность облавливать большие объемы воды (в десятки и сотни кубических метров). Однако он отличается и рядом серьезных недостатков. Источником ошибок является неточность учета объема профильтрованной воды. Фильтрующая способность сети с течением времени уменьшается, так как происходит деформация ячеек сетного материала (мельничный газ) и их засорение детритом и застревающими здесь организмами. Существенным источником ошибок является малая скорость движения сети. В результате представители мезо- и макропланктона активно уходят от сетей. Еще один источник ошибок – неравномерное, пятнистое распределение организмов в водоеме.

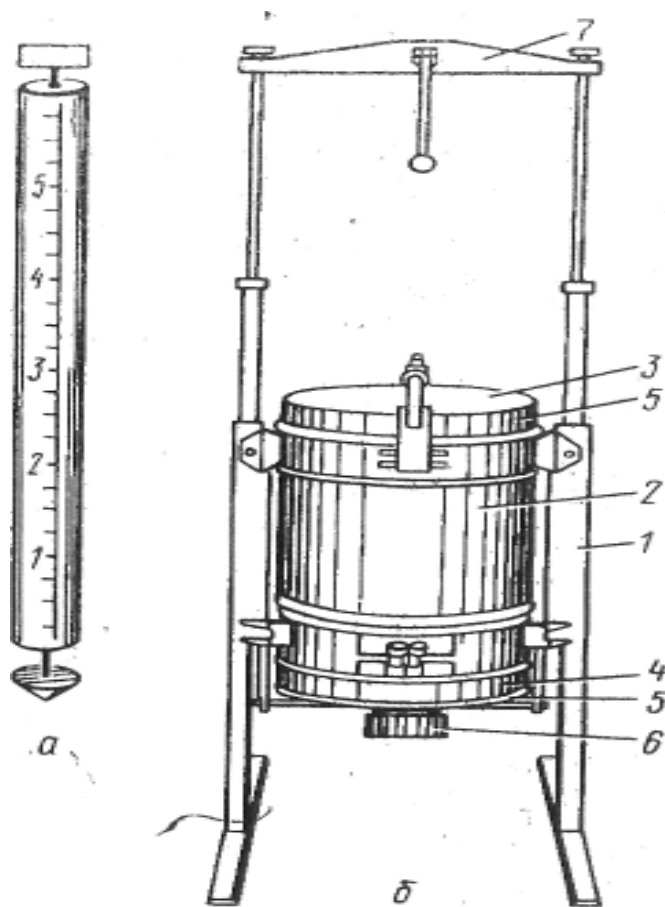
Несмотря на существенные недостатки сетяного метода лова, он используется весьма широко. Российские исследователи считают, что в морских исследованиях наиболее применима сеть Джели, особенно ее большая модель длиной свыше 3 м. Высокая уловистость сети Джели определяется ее конструкцией – способом замыкания и отсутствием вымывания организмов из сети в момент ее закрытия. Обычно сетяной метод лова планктона применяют в сочетании с другими методами.

Б. Метод зачерпывания воды. Для зачерпывания воды чаще всего используют батометры различного типа. Батометры – приборы различной конструкции для взятия проб воды с разных глубин. В классическом виде это цилиндры, которые опускаются на определенную глубину в открытом виде, а затем автоматически захлопываются либо с помощью посыльного груза, который опускается по тросу, либо с помощью резкого удара по тросу. В нижней части цилиндра имеется кран, через который проба сливается сквозь фильтрующее приспособление (сачок со стаканчиком или аналогичное устройство). Батометр обычно обеспечивает более полный сбор планктона, чем сетка. Часто внутри батометра помещается термометр, что позволяет одновременно измерять температуру на разных горизонтах водоема.

Для изучения планктона в рыбоводных прудах часто пользуются **прибором Ляхновича** (рисунок 8). Он состоит из металлического цилиндра длиной 120 см и диаметром 3 см с запирающимся приспособлением. Общая вместимость прибора 6 л. Сверху к цилиндру припаяна крышка с отверстием, через которое пропущен стержень с рукояткой сверху и запирающей нижней крышкой. Прибор с лодки или плота погружают в открытом виде до дна, а затем опускают цилиндр на нижнюю запирающую крышку и с помощью ручки отводят стержень в боковой зазор верхней крышки. Поднятый на поверхность прибор открывается, и вода процеживается через планктонную сеть.

Для сбора планктона на озерах и водохранилищах часто используют **планктонобатометр Дьяченко-Кожевникова (ДК)**. Он состоит из укрепленного на стойке цилиндра вместимостью 10 л с верхними и нижними крышками. На нижней крышке имеется кран. Перед началом работы крышки закрепляют в вертикальном положении. В таком виде прибор опускают на нужную глубину и

резко останавливают. От толчка обе крышки закрываются. После подъема прибора кран открывается, и вода процеживается через сачок (рисунок 8).



а – прибор Ляхновича; б – планктобаторметр Дьяченко-Кожевникова:

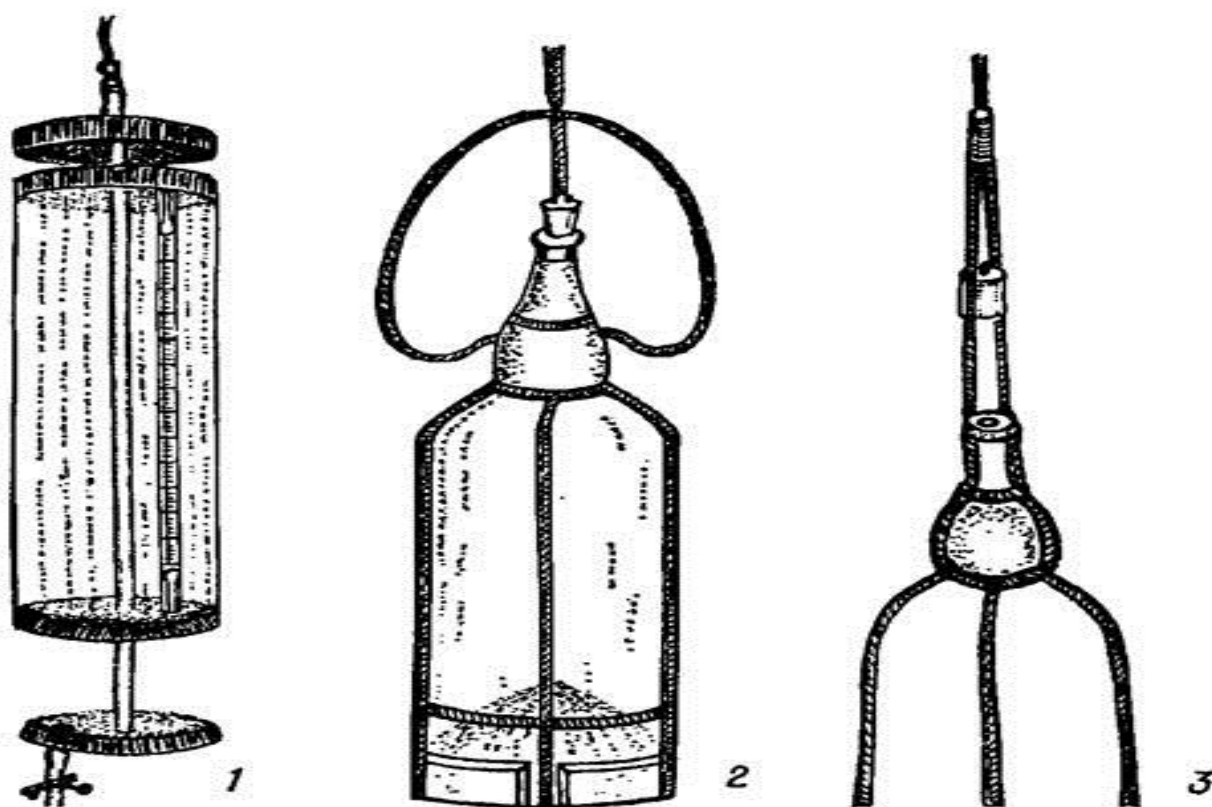
1 – стойки; 2 – цилиндр; 3 – верхняя крышка; 4 – нижняя крышка;

5 – прокладка из пористой резины; 6 – кран; 7 – перекладина

Рисунок 8 – Приборы для зачерпывания воды

2. Методы сбора нанопланктона. Рассмотренные выше методы лова планктона непригодны для сбора нанопланктона (т.е. большей части водорослей, простейших и некоторых мельчайших беспозвоночных), размеры которого менее 50 мкм, так как у самого плотного сита размеры ячеек более 60 мкм. Между тем организмы, представляющие нанопланктон, обитают в больших количествах как в пресных, так и морских водоемах. Они играют большую роль в круговороте веществ, являются

важной частью пищи многих представителей зоопланктона. Отбор проб нанопланктона осуществляют с помощью батометров. Наиболее распространенные – батометр Рутнера и сосуд Мейера (рисунок 9). Основная часть батометра Рутнера – цилиндр, изготовленный из металла или плексигласа, емкостью 1-5 л. Прибор снабжен верхней и нижней крышками, плотно закрывающими цилиндр. Под воду батометр опускают с открытыми крышками. При достижении требуемой глубины в результате сильного встряхивания веревки крышки закрывают отверстия цилиндра, который в закрытом виде извлекают на поверхность. Заключенную в цилиндре воду через боковой патрубок, снабженный краном, сливают в приготовленный сосуд.



1 – батометр Рутнера; 2, 3 – сосуд Мейера (опускается в воду в закрытом виде – 2; при достижении определенной глубины открывается рывком за трос, прикрепленный к пробке, и после заполнения его водой поднимается в открытом состоянии – 3)

Рисунок 9 – Приборы для сбора количественных проб нанопланктона

3. Методы обработки планктона. При обработке планктона используются методы качественного и количественного учета. Определяют систематический состав планктона независимо от того, какой метод обработки выбран. Обработка проб может проводиться как с живыми, так и с фиксированными организмами.

При работе с живыми организмами обработку проб необходимо проводить или непосредственно после вылова, или как можно быстрее в специально оборудованном пункте в экспедиционном лагере. Лучшее сохранение проб обеспечивается при более низкой температуре и доступе воздуха в емкости с планктонными организмами.

При качественном учете живых организмов в первую очередь следует определять те виды планктона, которые сложно определить после фиксации или отмирания, прежде всего наиболее мелкие формы: простейшие и беспанцирные коловратки. Эти организмы достаточно сложно заметить в увеличительные приборы, так как они прозрачные и быстро передвигаются в поле зрения. Для снижения их активности применяются различные вещества, обладающие наркотическими свойствами (хлоралгидрат, хлороформ) или вещества, повышающие вязкость воды. Например, прибавление вишневого клея или нагревание капли значительно замедляет движение.

Так как консервирование организмов сильно деформирует некоторых из них, то при обработке их в живом виде выигрывается точность определения. Однако, в большинстве случаев при обработке проб планктона требуется их предварительная концентрация и фиксация.

Численность многих планктонных организмов очень низка. Поэтому их практически невозможно учесть без предварительного концентрирования. Существует несколько методов концентрирования:

а) *Метод отстаивания или химического осаждения.* Воду, взятую из водоема (с помощью батометра или путем зачерпывания с поверхности), сливают в бутылки вместимостью 0,5-1 л (в зависимости от степени развития планктона) и сразу фиксируют формалином до явного запаха. Пробы отстаивают в темноте в течение 10-15 дней. Затем осевший и всплывший планктон концентрируют медленным

отсасыванием с помощью трубки сифона с загнутым на 2 см вверх концом. Остаток (30-80 мл) переносят в маленькие склянки (из-под пенициллина), дополнительно консервируют каплями 40 %-ного формалина и сохраняют для дальнейшего исследования.

б) *Фильтрационный метод*. Достоинство метода – его простота, возможность при концентрации проб в 200 раз и более, осуществление подсчета проб без их фиксации. Фильтрацию проб производят под вакуумом в специальных приборах – фильтраторах. Основной их частью является приемная воронка в которую переливают пробу. На дно воронки на специальном диске вкладывают мембранный фильтр с порами 1,5 и 2,5 мкм, а если размеры организмов очень малы, то – 0,2-0,6 мкм. За 30 мин до фильтрации пробы консервируют 5-10 каплями 40 %-ного формалина, для того чтобы предотвратить деформацию клеток. По окончании фильтрации фильтры с удержанными ими организмами помещают в склянки (пенициллиновые), куда добавляют 5-10 мл фильтрата, и хранят в таком виде для дальнейшего исследования.

в) *Метод центрифугирования* применяется для концентрирования густых проб живого фитопланктона или при работе с культурами водорослей. В таком сконцентрированном материале возможен учет жгутиковых и других мелких и подвижных водорослей. Центрифугируется 20-50 мл пробы в течение 20-30 мин. при 1000-2000 об/мин. Следует учитывать, что при центрифугировании не осаждаются организмы с газовыми вакуолями (например, синезеленые водоросли) и формы с меньшей плотностью, чем вода – они всплывают.

Для концентрирования и предохранения планктона от разрушения при длительном хранении используются разнообразные химические соединения и их смеси. Консервацию осуществляют сразу же после отбора проб добавлением к ним фиксирующего реагента.

Методы консервации:

а) *Формалин*. Используют 2 %-й раствор формалина (зимой) или 4 %-й (летом) раствор. К пробе добавляется 40 %-ный раствор формалина в таком количестве, чтобы получилась требуемая концентрация во всем объеме пробы. Большие

концентрации указанного фиксатора вызывают деформацию организмов и изменение цвета их пигмента.

б) Раствор Люголя является хорошим фиксатором, и его используют, если количественная обработка проб осуществляется не позже трех месяцев с момента фиксации проб. Для приготовления раствора Люголя используют 15 г KI, который растворяют в 50 мл дистиллированной воды, добавляют 10 г кристаллического йода и доводят раствор дистиллированной водой до общего объема 500 мл. Расход фиксатора составляет 2 мл на 100 мл пробы. Фиксированные пробы необходимо хранить в темноте.

При его употреблении в пробах хорошо сохраняются нежные формы фитопланктона. Кроме того, использование этого фиксатора позволяет обнаруживать пиреноиды, жгутики, слизь и чехлы вокруг клеток.

Склянки с планктоном должны быть заполнены фиксирующей жидкостью до крышки, чтобы не происходило взбалтывания, разрушающего хрупкие части тела ракообразных и других организмов.

Каждую пробу снабжают этикеткой с указанием № пробы, № станции, даты, названия водоема, глубины, орудия лова. Наиболее удобен для этикеток пергамент, а при отсутствии его - калька. Этикетки помещают внутрь склянки, под пробку. Для проб планктона пользуются полосками лейкопластыря, этикетки наклеивают на склянку (рисунок 10).

Качественная обработка проб планктона. Задачей качественной обработки проб является установление видового состава организмов, входящих в состав планктона. Определение некоторых организмов может быть проведено только в живом состоянии, поэтому вместе с "фиксируемыми" следует взять несколько "живых" качественных проб, которые необходимо просматривать немедленно по возвращении в лабораторию. Только живыми определяют, например, коловраток, которые при фиксировании сморщиваются. Ракообразные в формалине становятся менее прозрачными.

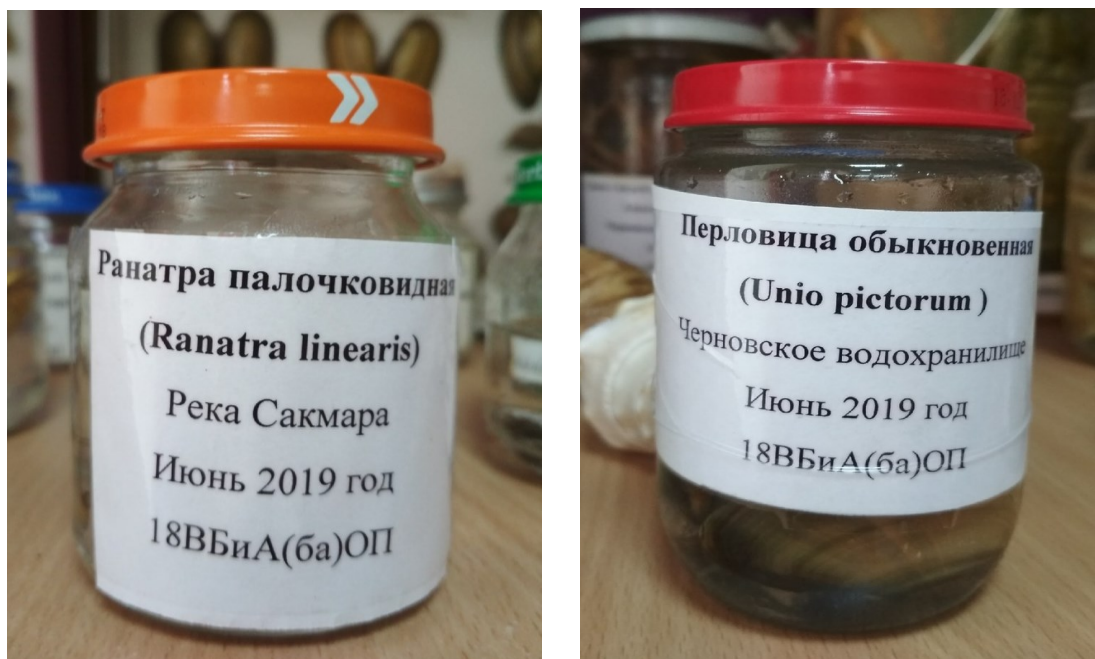


Рисунок 10 – Этикетки для гидробиологического материала

Обязательно следует разделять посуду, используемую для работы с живыми и фиксированными пробами, поскольку даже незначительные следы формалина или спирта могут убить планктонтов. Часть пробы из пузырька, куда была собрана вода с планктоном, переносится пипеткой в маленький сосуд (например, чашку Петри), где рассматривается под биноклем на малом увеличении (8 x 2 – 8 x 4, т.е. 16 – 32 раза). Из нее пипеткой отлавливаются отдельные особи и помещаются на предметные стекла для рассматривания под большим увеличением, или под микроскопом (8 x 10 – 8 x 40, т.е. 80-320 раз).

При рассматривании под микроскопом капля с объектом накрывается покровным стеклом. Под покровным стеклом движение живого организма весьма замедляется или вообще прекращается, что удобно при определении. Конечно, нужно следить за тем, чтобы не раздавить объект. Замедление движения достигается также добавлением вязкого вещества: например, крахмального клейстера.

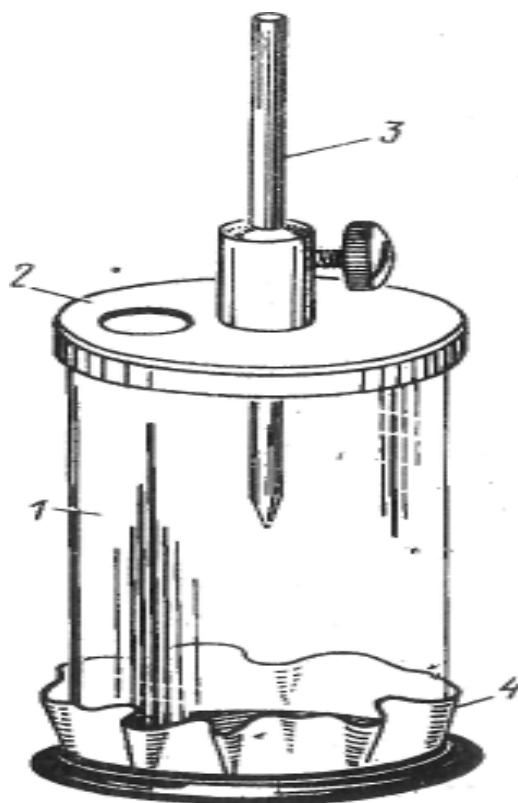
Определение проводится под разными увеличениями бинокля или микроскопа. Для изучения мелких деталей под микроскопом особо эффективны иммерсионные объективы, в которых между покровным стеклом рассматриваемого

образца и нижней линзой объектива капается капля жидкости. Однако, применение масляной иммерсии невозможно для изучения живых объектов, поскольку вязкость масла больше вязкости воды, что приводит к прилипанию покровного стекла к объективу и его отслоению от предметного стекла. Объекты, не требующие определения в живом состоянии, можно изучить и определить, извлекая их пипеткой из фиксированных проб. Часть пробы также помещается в чашку Петри, после чего из нее отбираются отдельные организмы для определения. Для увеличения прозрачности в каплю на предметное стекло добавляется глицерин. Осторожно сдвигая покровное стекло относительно предметного можно добиться изменения положения объекта для его изучения с другой стороны. Определение проводится по специальным определителям.

Методы количественной обработки планктона. Задачей количественной обработки является оценка численности различных видов животных в пробе и во всем водоеме. 1. *Объемный метод.* Для измерения объемов планктона используют в основном способ вытеснения жидкости или метод плотного объема. При этом определяют объем жидкости, вытесненной планктоном, освобожденным от прилипшей и промежуточной воды. Этот метод дает хорошие результаты при изучении проб, содержащих преимущественно зоопланктон; при большом количестве фитопланктона из осадка трудно удалить промежуточную влагу. Для измерения массы сырого вещества планктона используют мерный цилиндр, бюретку или волюмометр (рисунок 11).

В первом случае пробу планктона отфильтровывают через шелковый газ и после легкого обсушивания фильтровальной бумагой переносят на кусочке газа (объем которого во влажном состоянии определяют заранее) в мерный сосуд (цилиндр или бюретка). Разница между высотой жидкости в измерительном сосуде до и после погружения в нее планктона дает величину плотного объема измеряемой пробы.

2. *Весовой метод (метод определения массы).* Самым простым способом определения массы планктона является перевод полученных данных по объему в весовые единицы. Для этого удельный вес планктонных организмов принимается равным 1,02-1,05 (исходя из этого миллиметры переводят в миллиграммы и т. д.).



1 – стеклянный цилиндр; 2 – металлическая крышка с двумя отверстиями;
3 – стержень; 4 – пластинчатая резина

Рисунок 11 – Воллюменометр Яшнова

Используют также прямое взвешивание организмов, обычно фиксированных (в 4 %-ном формалине). Представителей макро- и мезопланктона измеряют, обсушивают в течение 1-2 мин фильтровальной бумагой (до исчезновения на ней влажных пятен) и взвешивают в плотно закрытой бюксе. Мелкие организмы (несколько десятков или сотен экземпляров) взвешивают отдельно по видам, размерным группам, стадиям и т.д. Делением полученной величины на количество взвешенных организмов устанавливают среднюю массу сырого вещества одного экземпляра. Следует при этом учитывать, что при фиксации формалином масса организмов увеличивается в среднем на 15 %.

3. *Химический метод.* Позволяет с большой точностью определять все основные соединения, входящие в состав планктона.

4. *Счетный метод*. Физические и химические методы позволяют дать лишь суммарную оценку всей массы взвеси (фито- и зоопланктон, детрит). Значение же организмов отдельных видов в массе планктона не устанавливается. Это может быть достигнуто только при использовании счетного метода Гензена. Он очень трудоемок, но большим его достоинством является возможность подсчитывать организмы по видам, возрастным стадиям, отдельно растительные и животные организмы. Точность метода около 5 %.

При счетном методе подсчитываются по отдельным видам или все организмы в пробе (когда их немного), или чаще организмы в определенной части пробы с последующим пересчетом на всю пробу. Если проба содержит много планктона, ее разводят до определенного объема. Если планктона немного, пробу концентрируют. Затем из установленного таким образом объема берут для подсчета последовательно 3-4 порции, из полученных данных выводят среднее и по нему определяют количество организмов каждого вида во всей пробе. Редкие или крупные (макропланктон) организмы просчитывают во всей пробе. Взятие части пробы производится различными приборами разделителями или пипетками. Существует довольно много конструкций разделителей. В простейшем случае можно использовать небольшой кристаллизатор или чашку Петри (диаметр 10 см) (рисунок 12).

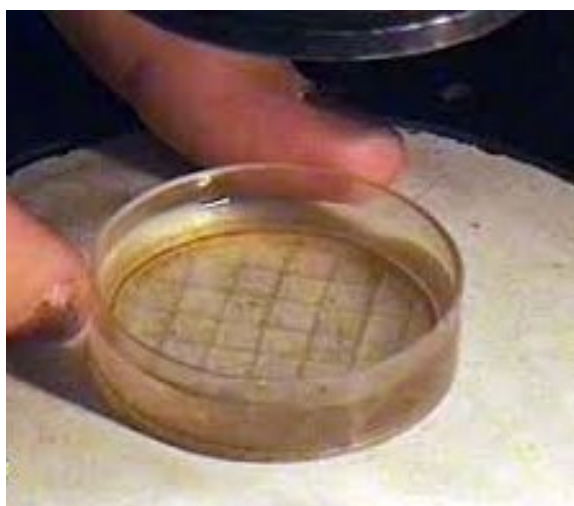


Рисунок 12 – Чашка Петри для разделения проб планктона

На дне такого сосуда с обратной стороны восковым карандашом или тушью рисуют крест, делящий дно на 4 сектора. Пробу выливают в кристаллизатор, хорошо размешивают и отстаивают. Затем осажденный планктон пинцетом или иглой делят на 4 части по линиям, нанесенным на дно сосуда. Осторожно отсасывают планктон из одного сектора и подсчитывают.

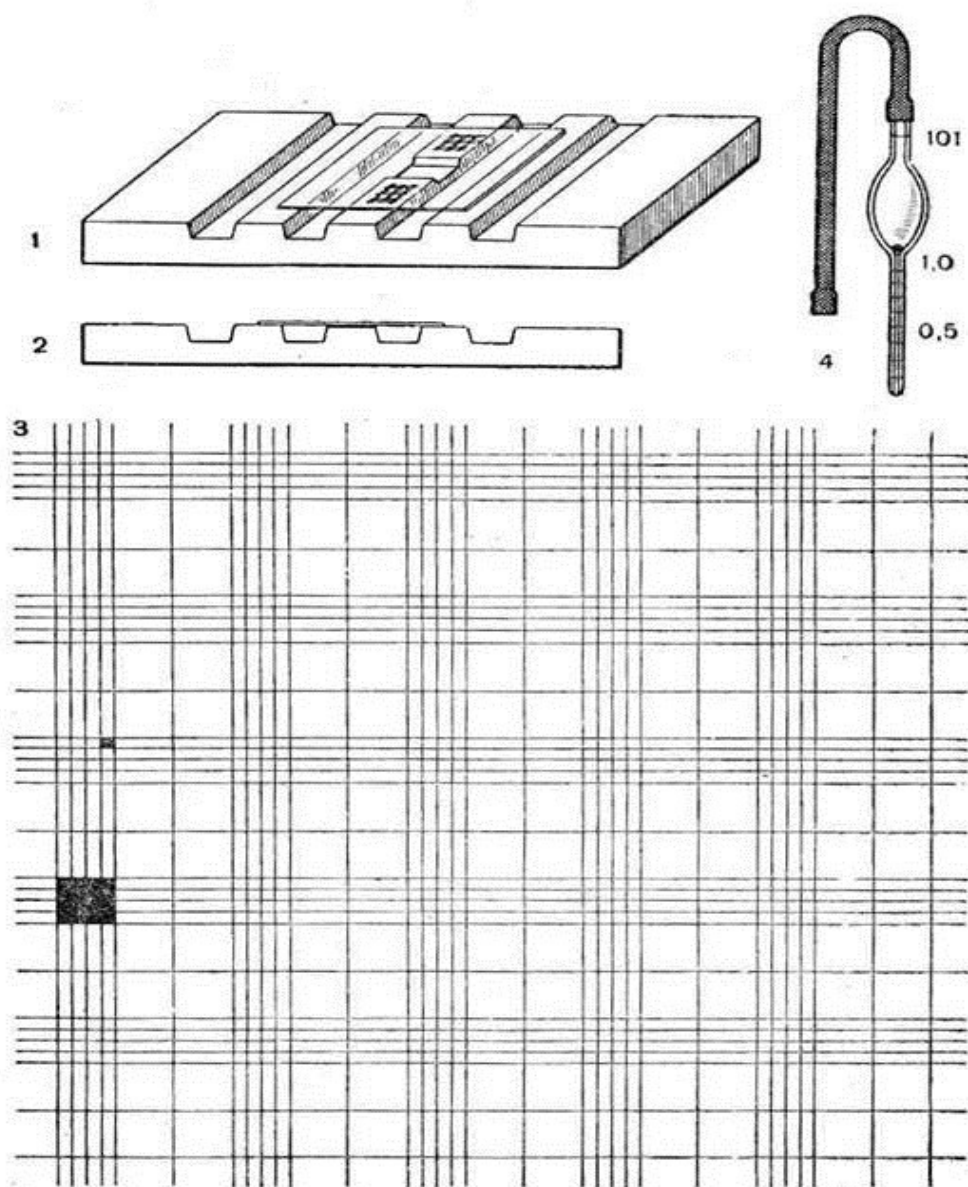
Подсчет организмов во взятой порции осуществляют или на счетной пластинке, или в счетной камере. Счетные камеры применяют для подсчета организмов разных размерных групп. Так подсчет мезо- и макропланктона осуществляется **в камере Богорова**.

Она представляет собой пластинку из толстого стекла размером 6х 10 см с сообщающимися желобками-канавками, разделенными призматическими перегородками. Дно каждой канавки по ширине соответствует полю зрения оптического прибора, с помощью которого ведется подсчет (рисунок 13).



Рисунок 13 – Камера Богорова

Для подсчета наннопланктона, прежде всего водорослей, используют камеры небольшого объема (0,05, 1 и 2 мл). Помимо специально сконструированных камер, можно пользоваться **камерой Горяева**, применяемой в медицине (рисунок 14).



1 – вид сверху; 2 – вид сбоку; 3 – сетка Горяева; 4 – смеситель

Рисунок 14 – Счетная камера Горяева

В камере объемом 10 мм^3 может находиться от 5 тыс. до нескольких десятков тысяч клеток (при среднем числе водорослей в планктоне). Полностью подсчитать это

количество невозможно. Рекомендуется просчитывать каждую пятую полосу камеры, а при высоком числе организмов – каждую десятую. За счетную единицу принимают клетку. Крупные колонии водорослей просчитывают во всей камере полностью.

Следующий этап количественной обработки планктона – получение данных по его биомассе.

Простейший способ определения биомассы зоопланктона – взвешивание (на аналитических или торзионных весах) каждого организма отдельно (макропланктон) или сразу нескольких десятков, сотен экземпляров (мезопланктон) данного вида по возрастным стадиям. Организмы измеряют, обсушивают фильтровальной бумагой до исчезновения влажных пятен и взвешивают в закрытых бюксах, массу которых определяют заранее. Подсушенные организмы переносят в бюксу с помощью препаровальной иглы или кисточки. Рекомендуется взвешивать организмы, фиксированные 4 %-ным формалином, так как при этом масса более стабильна. Данные по индивидуальной массе животных, полученные этим методом, приведены во многих работах, но следует учитывать то, что размеры и масса организмов значительно изменяются в зависимости от водоема, сезона и других факторов.

Непосредственно взвешивание организмов очень трудоемко, поэтому при определении их массы широко пользуются способом, основанным на расчетах, учитывающих соотношение между массой и длиной тела особи. Когда известна длина тела животного данного вида, его массу можно рассчитать по уравнению, связывающему эти величины.

Для вычисления биомассы водорослей прежде всего определяют средний объем клетки. Для этого форму клетки приравнивают к близкому по форме геометрическому телу. Найденный для каждой клетки объем в мкм^3 умножают на ее численность в тыс. кл/л и массу выражают в мг/л или г/м^3 .

Вопросы для самопроверки:

1. Какие методы сбора планктона применяются в гидробиологии?
2. В чем отличие качественных и количественных сетей?
3. Назовите качественные и количественные сети.

4. Какие приборы используются для метода зачерпывания воды?
5. В чем заключаются методы сборки нанопланктона?
6. Как проводят обработку планктонных проб?
7. Для чего проводится этикетирование проб и какие существуют требования к оформлению этикетки?

2 Практическое занятие № 2

Методы сбора и обработки бентоса

Цель: изучить основные методы сбора и обработки бентоса. Познакомиться по рисункам и имеющемуся лабораторному оборудованию с различными орудиями сбора бентоса, с их устройством и принципами работы.

Материалы и оборудование: плакаты, фотографии, модели оборудования.

Задание:

1. Познакомиться с основными методами сбора и обработки бентоса, законспектировать материал.
2. Изучить орудия для сбора и обработки бентоса. Законспектировать материал, зарисовать 2-3 орудия для сбора и обработки бентоса.

Теоретический материал

1. Методы сбора бентоса. Бентос (от греч. *bénthos* – глубина) – совокупность организмов, обитающих на грунте и в грунте морских и материковых водоёмов (рисунок 15). Бентос делят на животный (зообентос) и растительный (фитобентос). В морях зообентос представлен главным образом фораминиферами, губками, кишечнополостными, многощетинковыми червями, мшанками, плеченогими, моллюсками, ракообразными, иглокожими, асцидиями и рыбами. Основная масса зообентоса приурочена к мелководным районам. Из растительных организмов основную массу бентоса в морях составляют бактерии и водоросли (диатомовые, зелёные, бурые и красные). У побережий обычны и некоторые цветковые растения: zostера, филлоспидикс, руппия и др. Наиболее богат и разнообразен фитобентос на скалистых и каменистых участках дна, которые служат прочным субстратом для прикрепления водорослей.

В пресных водоёмах количество зообентоса значительно меньше, чем в морских, и состав его однообразнее; в него входят простейшие, губки, ресничные и

малощетинковые черви, пиявки, мшанки, моллюски и личинки насекомых. В состав растительного бентоса пресных водоёмов входят бактерии, диатомовые и зелёные водоросли, а также многочисленные прибрежные растения.

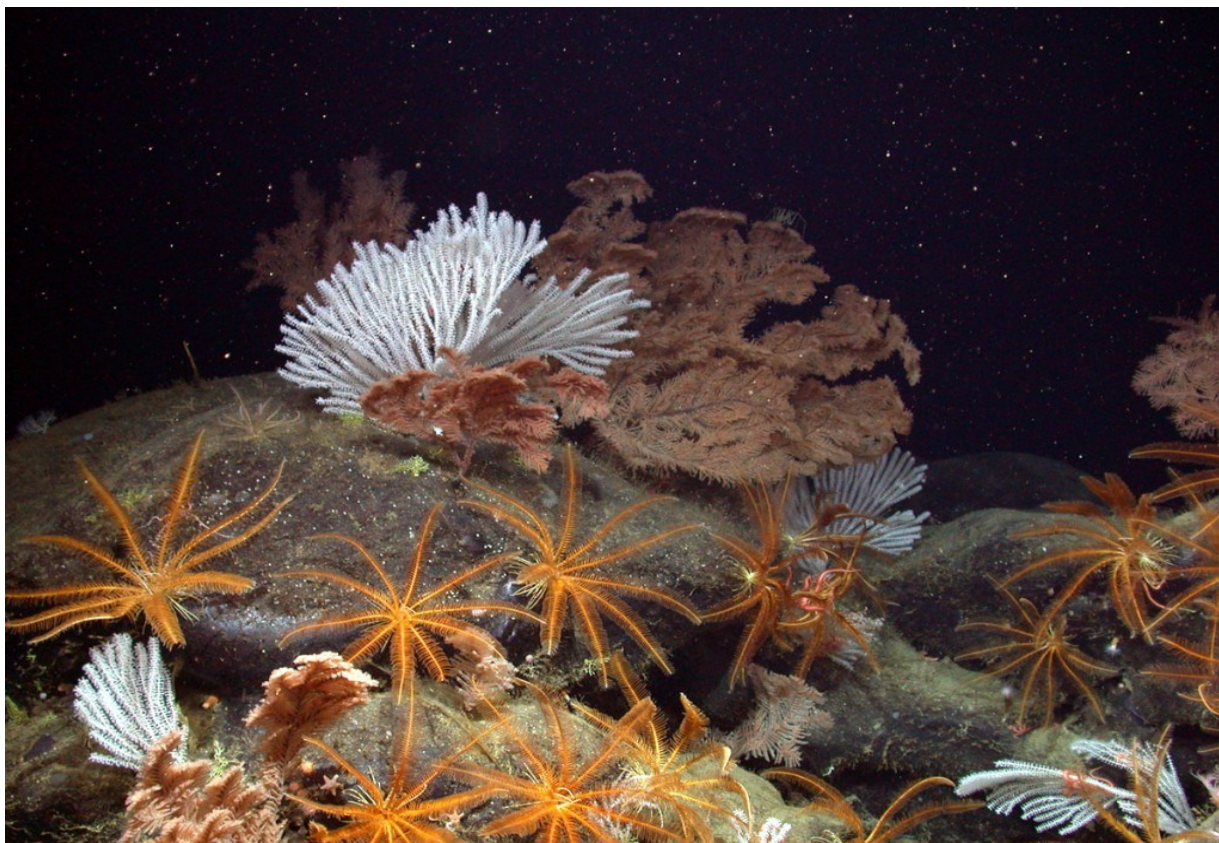


Рисунок 15 – Бентосные организмы

Орудия, применяемые при изучении макрозообентоса (размером более 2 мм), подразделяются на орудия для качественного и количественного сбора его. Первые служат для установления видового состава донной фауны. К ним относятся сачки, скребки, драги, тралы.

Сачки состоят из металлического обруча круглой или треугольной формы диаметром 20-30 см (рисунок 16). Мешок сачка выполняют из прочного материала (мешковины, мельничного газа). Обруч сачка насаживают на палку длиной 2-3 м. Сачок используют для сбора фауны зарослей, которая представлена главным образом брюхоногими моллюсками, насекомыми и их личинками.

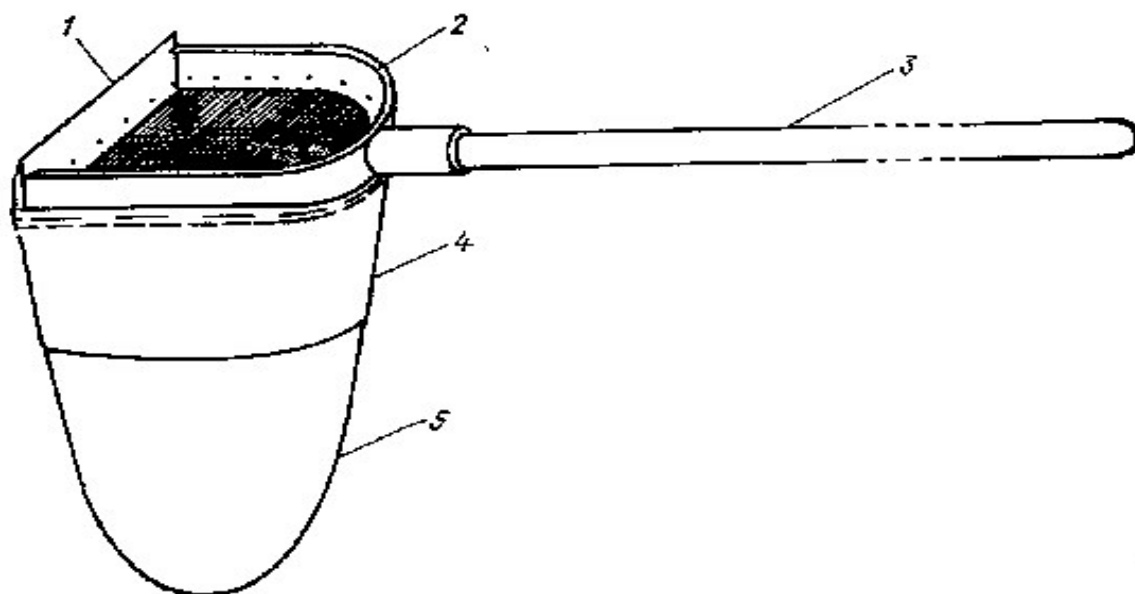


Рисунок 16 – Гидробиологический сачок

Скребок – это разновидность гидробиологического сачка. Он представляет собой мешок из редкого прочного сита или мешковины, прикрепляемый к металлическому ободу, который насаживают на палку длиной 2-3 м (рисунок 17). Противоположный край обода представляет собой заточенную с наружного края пластину длиной 6-18 см. Высота обода 8-20 см. Скребок служит для сбора фауны жестких грунтов.

Драги - это приборы, безвыборочно захватывающие грунт и все связанные с ним организмы. Драги применяется для сбора водных животных, обитающих на глубинах более 1 м. В зависимости от назначения драги используются различных размеров и конструкций. Состоят из следующих частей: 1) мешок из прочного, редкого материала (мешковина, частая дель, проволочные сетки); 2) металлическая массивная рама различной формы. Рама закидной драги

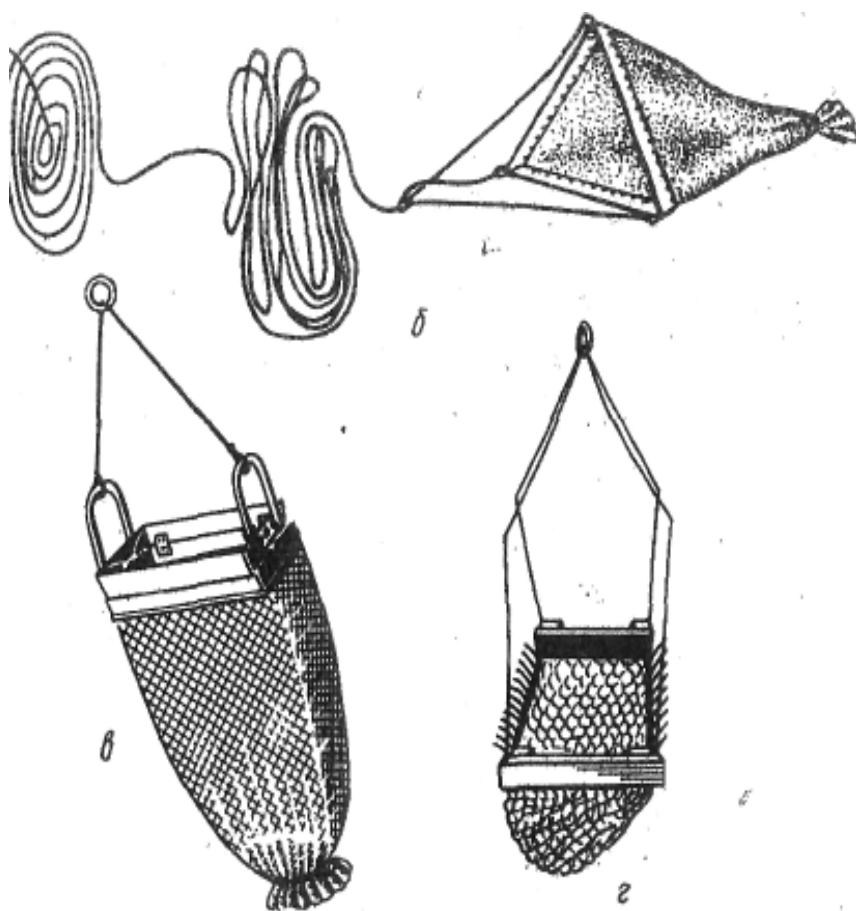
треугольная; драга с ножами имеет четырехугольную раму, верхний и нижние края которой затачивают.



- 1 – режущая кромка; 2 – рамка; 3 – шест; 4 – бязевая часть промывочного сита;
5 – часть сита из мельничного газа

Рисунок 17 – Скребок

Драгу с зубьями (зубчатую драгу) применяют для сбора крупных двустворчатых моллюсков. Нижний и верхний края ее снабжены длинными отогнутыми кнаружи зубьями. Мешок этой драги выполняют из проволочной сетки. Овальная драга имеет раму овальной формы, заточенную по всему наружному краю. Драга не застревает на камнях и срезает прикрепленные к ним организмы. Размеры драг различны: обычно длина сторон рамы равна 25-40 см, высота 20-35 см. Драги предназначены как для сбора организмов, находящихся на поверхности дна (на камнях и другом субстрате), так и для захвата грунта (рисунок 18).



Б – закидная драга; В – драга с ножами; Г – зубчатая драга

Рисунок 18 – Драги

Тралы отличаются от драг тем, что не захватывают грунт, а облавливают его поверхность, а также придонный слой воды. Трал состоит из металлической рамы с подвижным роликом в нижней части, перетянутой сверху деревянной перекладиной. К раме пришит двойной мешок: внутренний мешок сделан из сеточника с диаметром ячеей в несколько миллиметров; внешний – из крупноячеистой капроновой дели. Оба мешка завязываются на конце; туда же прикрепляется груз. Для защиты мешка он с двух сторон обвязан брезентовыми фартуками (рисунок 19).

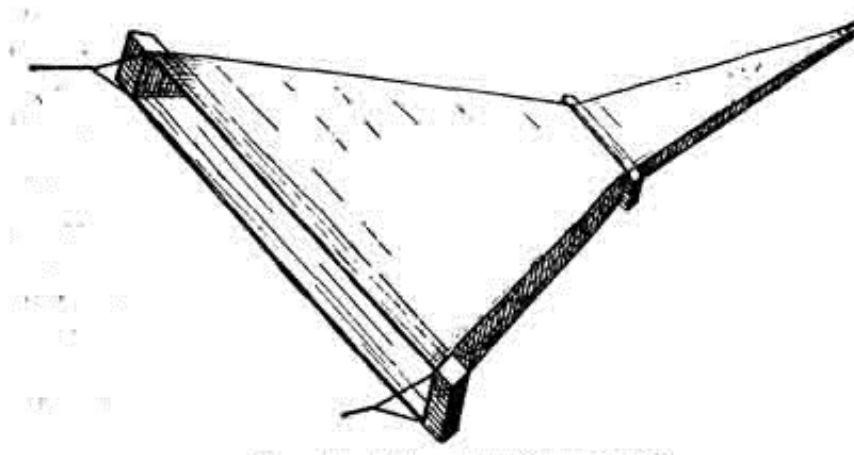
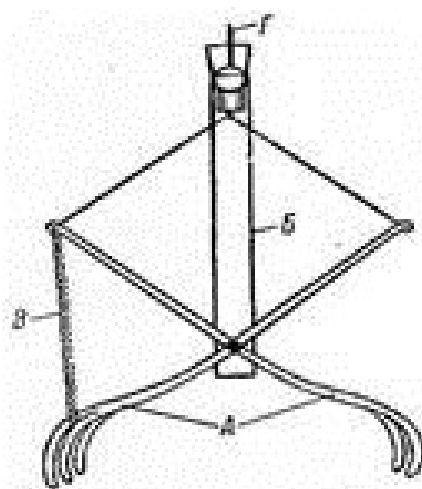


Рисунок 19 – Трал

К качественным орудиям сбора бентоса относятся также **камнедоставатели** разных систем (рисунок 20). Их опускают на дно на шесте или на тросе в открытом состоянии; лапы прибора, охватывают камень и извлекают из воды. Камнедоставателями пользуются для сборов как зоо-, так и фитобентоса. Для добывания растений применяют некоторые специальные орудия: **водяные грабельки** трех- и шестизубцовые с длиной зубцов до 16 см; двусторонние водяные грабли; к обеим сторонам планки приваривают зубцы длиной 3,5-4 см (рисунок 21).



А – железные лапы; Б – деревянный шест; В – пружина; Г – трос

Рисунок 20 – Камнедоставатель И.А. Рубцова

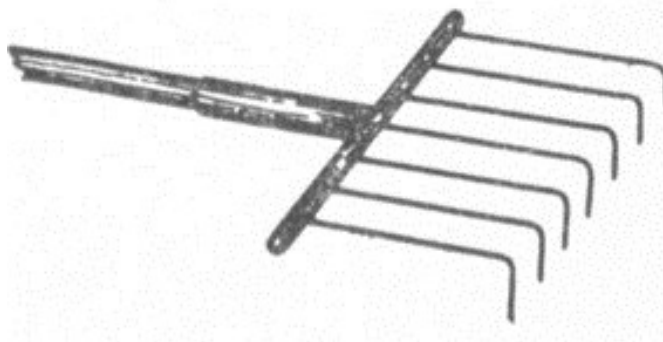
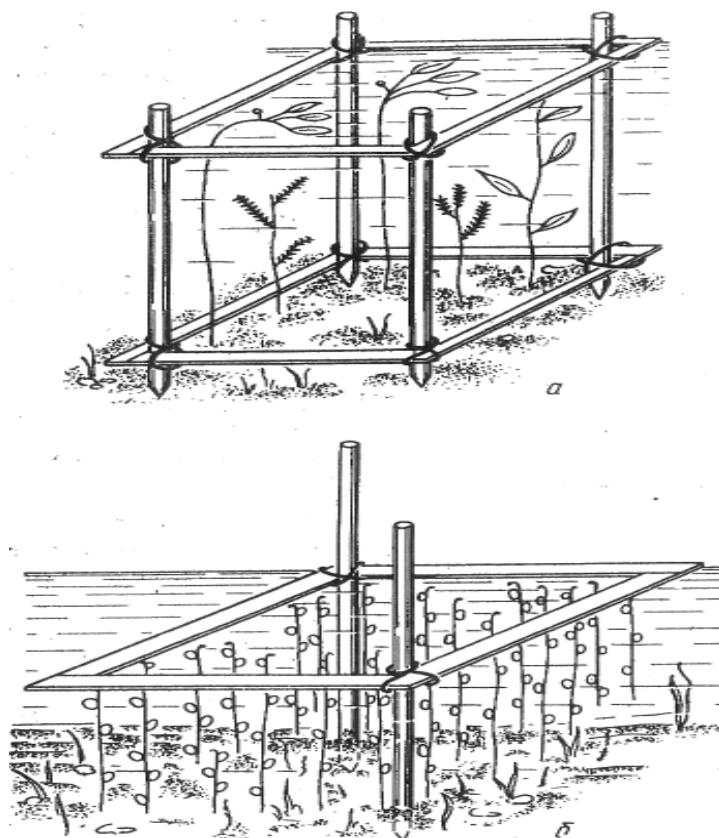


Рисунок 21 – Водяные грабельки

Орудия для количественных исследований растений. Для отбора проб для определения массы растений широко используют **рамы** различного устройства площадью 0,25, 0,5, 1 м² и других размеров (рисунок 22). Рамы, обычно квадратной или прямоугольной формы, изготавливают из дерева, алюминиевых, синтетических труб и других легких материалов, чтобы держались на плаву. Рамы для удобства транспортирования выполняют разборными. Рейки рам окрашивают белой краской и размечают черной краской через каждые 5-10 см. В местах меток часто укрепляют скобочки для натягивания веревок масштабной сетки. Для работ на малых глубинах, в зарослях растений разных биологических групп используют двойную раму, с помощью которой можно одновременно вести учет погруженных, плавающих и надводных растений.

Учет растений проводят в тихую погоду. При всех видах количественного учета прибрежно-водных растений приходится пользоваться разными приемами установки рамы. При ручном сборе в сообществах небольших придонных растений (на глубинах 0,2-0,3 м) рама опускается на дно и накладывается на сообщество. В сообществах погруженных, плавающих и невысоко (до 1 м) поднимающихся над водой растений рама накладывается сверху и в плавучем состоянии на поверхности воды укрепляется с двух противоположных углов (по диагонали) специальными шестами. В сообществах растений, высоко поднимающихся над водой, используют разборную раму. Ее «вставляют» в травостой сбоку, после чего раму скрепляют. Все

виды работ с рамой возможны до глубины, не превышающей 3 м. На более глубоких местах учет растительности с помощью рамы не надежен.



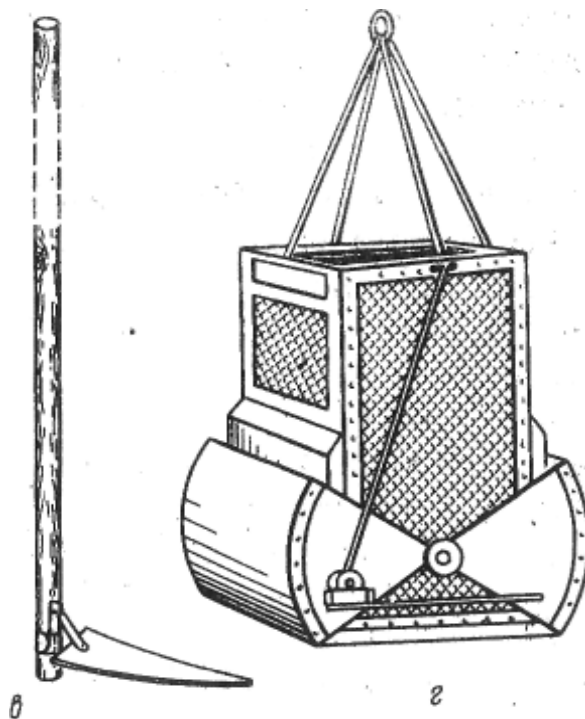
а – двойная рама для учета растительности на малых глубинах; б – установка и укрепление рамы перед выкашиванием растительности

Рисунок 22 – Рамы для количественного учета растений

Для отбора проб (укозов) используют различные приборы. Свободно плавающую растительность собирают с площади, ограниченной рамой, сачком. Растения, укоренившиеся на глубинах до 1 м, собирают вручную, грабелями. Воздушно-водную растительность выкашивают **косой** с коротким лезвием (20-25 см), у него по сравнению с лезвием обычной косы отсутствует приподнятый конец (рисунок 23). Такой косой, низко подрезающей растения, удобно выкашивать площадку. Для вырезания определенных площадей и объемов с

погруженными растениями пользуются зарослечерпателями (зарослевыврезателями) различных систем.

Зарослечерпатель Липиных представляет собой металлическую коробку, стенки и верх которой затянуты крупноячеистой металлической сеткой (рисунок 23). На нижней стороне коробки подвижно прикреплены ковши, нижние края которых зазубрены и заострены. Площадь захвата прибора $0,1 \text{ м}^2$, масса 15 кг. Спуск его производится на тросе или со стрелы, установленной на лодке. Зарослечерпатель Липиных используют для сбора в основном погруженных растений как на малых, так и на больших глубинах.



в – коса, г – зарослечерпатель Липиных

Рисунок 23 – Орудия для количественного учета растений

Наиболее широко при исследованиях водной растительности применяется **зарослечерпатель С. Бернатовича**. Он состоит из двух металлических (20 x 40 см), подвижно посаженных на опорной оси с пружиной (рисунок 24).

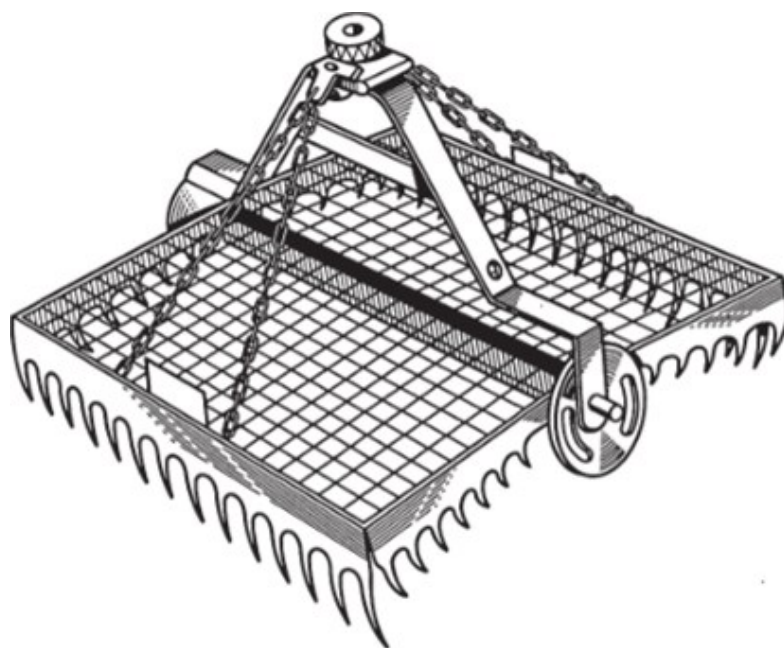


Рисунок 24 – Зарослечерпатель С. Бернатовича

В открытом положении они представляют собой квадрат со стороной 40 см. Каждая рама снабжена зубцами, вырезанными из толстого листа металла. На длинных сторонах рамы длина зуба равна 8 см, на коротких сторонах зубья по направлению к опорной оси постепенно укорачиваются. При замыкании прибора зубья одной рамки входят в промежутки между зубьями другой. На оси, соединяющей обе рамки, расположены три сильные пружины. На каждой раме имеется ручка для открывания прибора. В углах рамы находятся цепочки, которые крепятся к спусковому механизму. Они удерживают прибор в раскрытом состоянии.

Прибор в раскрытом виде опускают на веревке в заросли растений. Пружины с помощью посыльного груза срабатывают, рама замыкается и вырезает сообщество растений (площадь $1/6 \text{ м}^2$). Прибор рекомендуется применять в сообществах погруженных растений и растений с плавающими листьями.

Орудия для количественного исследования зообентоса. Для количественных сборов зообентоса можно в случае необходимости использовать качественные орудия – сачки, скребки и др.

Для получения количественных проб с помощью скребка его погружают на заданную глубину и проводят по дну на определенное расстояние. Умножая длину стальной пластины обода на длину полосы облова, получают обловленную скребком площадь. Для количественных сборов использовать можно также драги и тралы.

Специальными орудиями для количественных сборов зообентоса служат дночерпатели разнообразной конструкции. Это приборы для сбора грунта вместе с организмами, обитающими в его толще и на поверхности. Схематически все **дночерпатели** можно разделить на две группы – штанговые и тросовые.

Штанговые дночерпатели имеют прямоугольную или цилиндрическую форму. У всех таких орудий в верхней части имеется приспособления – держатели для штанги (шеста) из дюралевой трубки или из дерева. Площадь захвата штанговых дночерпателей различна. Их используют на небольшой глубине на относительно плотном грунте, (песчаном или глинистом). Дночерпатель опускают в воду и погружают в грунт. С помощью различных приспособлений он замыкается и с захваченным монолитом поднимается на борт судна. Здесь под дночерпатель подводят кювету или таз, в которые выпадает захваченный грунт. Площадь захвата приборов этого типа 0,01 м². Штанговые дночерпатели применяют лишь на глубинах, не превышающих длину штанги (рисунок 25).

На больших глубинах используют *тросовые дночерпатели* различной формы. На мягких илистых грунтах применяют коробочные дночерпатели, например типа Экмана-Берджа, с площадью захвата 1/25 и 1/40 м². Этот прибор с сильными спиральными пружинами легко приводится в действие простым поднятием рукоятки, поднимающей щеки прибора. Срабатывает дночерпатель с помощью посыльного груза, ударяющего по спусковому механизму, который освобождает пружины (рисунок 26).

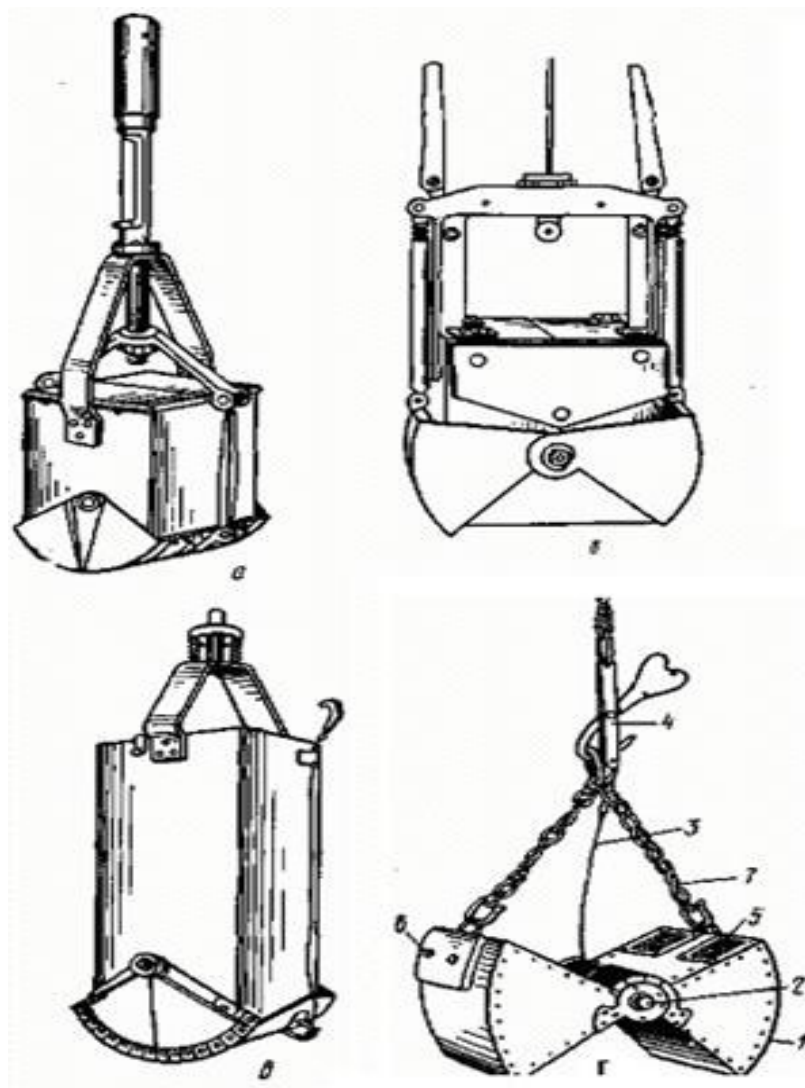


Рисунок 25 – Штанговый дночерпатель



Рисунок 26 – Тросовый дночерпатель

На очень мягких и глубоких илах рекомендуется пользоваться **дночерпателем Боруцкого** с высоким коробом, массой не менее 6 кг, чтобы обеспечить достаточно глубокое погружение прибора в грунт (рисунок 27).



а – штанговый беспружинный дночерпатель; б – дночерпатель Экмана-Берджа (модификация Института биологии внутренних вод) в открытом виде; в - дночерпатель Боруцкого в закрытом виде; г – ковшовый дночерпатель в открытом виде: 1 – ковш, 2 – скрепляющая ось, 3 – замыкающий тросик, 4 – замыкающее приспособление, 5 – отверстия с латунными сетками, 6 – свинцовые или чугунные пластины для утяжеления прибора, 7 – цепь

Рисунок 27 – Орудия для количественного учета зообентоса

Ковшовые дночерпатели в виде нескольких моделей, с площадью захвата 1/10, 1/40 и 1/100 м² имеют два изогнутых глубоких ковша, вращающихся на скрепляющей их оси. Тросиком ковши соединяются с замыкающим приспособлением. При работе на больших глубинах для утяжеления прибора к верхней части ковшей прикрепляют чугунные или свинцовые пластины (рисунок 27).

2. Методы обработки бентоса. *Выборка и фиксация материала.* Пробы бентоса отмывают от избытка грунта различными способами.

Для отделения организмов от мягкого грунта (ил, глинистый ил) пробы переносят в промывательное сито из мельничного или капронового газа № 19-23, укрепленное в станке на борту или за бортом судна. Сито, пришитое к четырехугольной металлической рамке, на веревке можно опускать за борт на половину глубины мешка. При большом объеме пробы промывку сначала проводят в станке, а затем за бортом судна. При работе с лодки пользуются также вертикальным ситом Липина цилиндрической формы со стенками из металлической сетки (с ячейей 0,5 мм). Если проба содержит песчаный грунт, ее переносят в таз и отмучивают. Песок взбалтывают рукой или палкой и воду со взвесью многократно сливают в промывательный сачок из газа № 34-38. Затем оставшийся грунт просматривают, находящиеся в нем организмы выбирают пинцетом (рисунок 28).

Отмытые от избытка грунта пробы в том случае, если не предусмотрена немедленная их разборка, помещают в матерчатые мешочки или банки (стеклянные, пластмассовые), заливают 10%-ным раствором формалина, нейтрализованным содой, и снабжают пергаментными этикетками, на которых указывают название водоема, № станции, дату, глубину, орудие сбора. Однако разборку материала из отмытых проб рекомендуется производить в полевых условиях до фиксации, так как живые организмы более заметны и легче поддаются выборке. Материал помещают небольшими порциями в плоские сосуды (эмалированные ванночки, пластмассовые кюветы и т. д.) и с помощью пинцета выбирают организмы. При обильном бентосе, содержащем много мелких форм, можно пользоваться методом флотации (всплывания): пробу по частям помещают в насыщенный раствор поваренной соли.

Все организмы, кроме моллюсков и олигохет, запутавшихся в растительных остатках, всплывают на поверхность, и их выбирают маленьким сачком из газа. После этого грунт просматривают под биноклем или с лупой. Организмы, собранные таким способом, отмывают от соли. Организмы, обнаруженные в пробе, распределяют по крупным систематическим группам (олигохеты, моллюски, ракообразные, личинки хирономид и др.), помещают в пробирки, склянки или бюксы, снабжают этикетками и фиксируют 10 %-ным формалином.

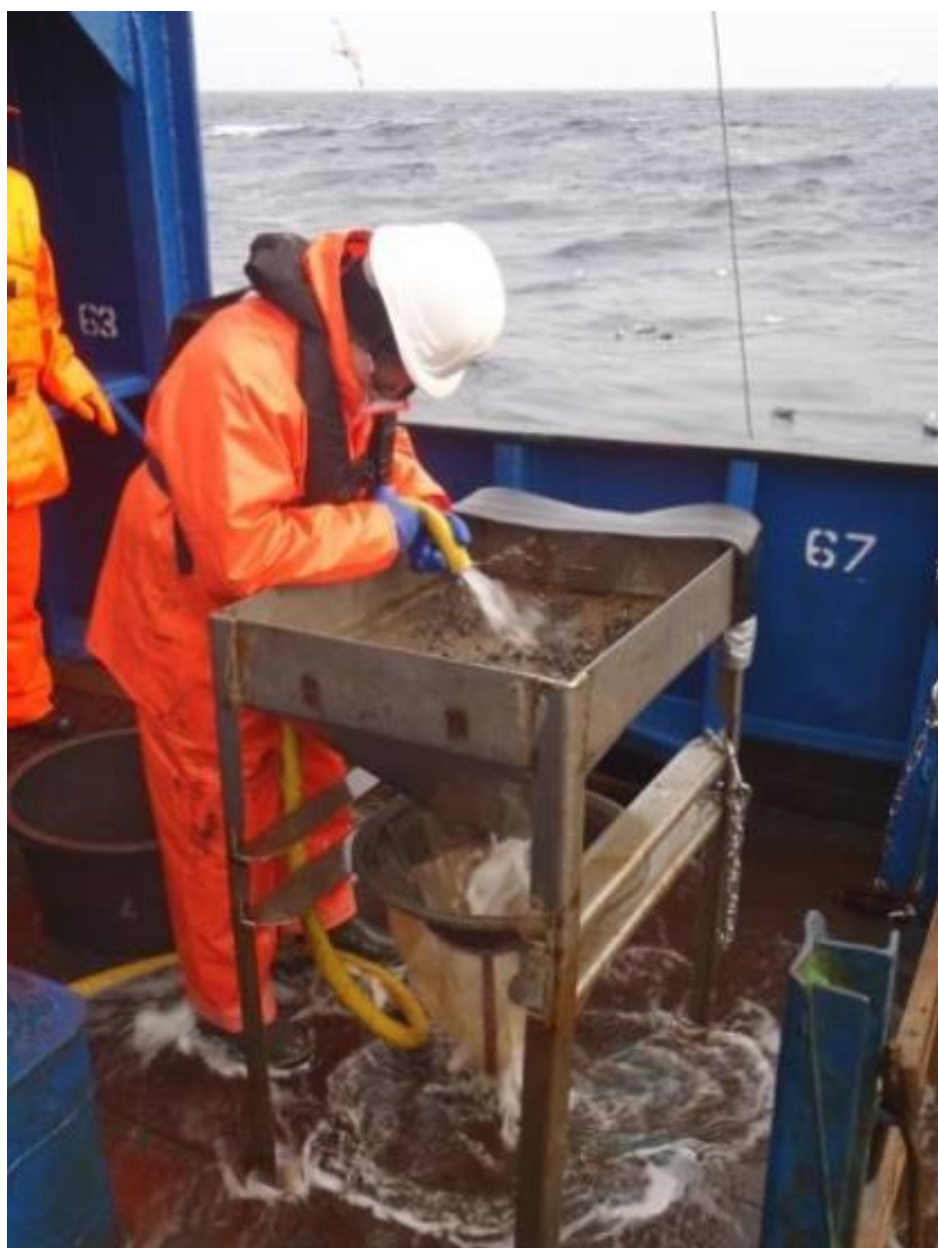


Рисунок 28 – Промывка бентосных проб

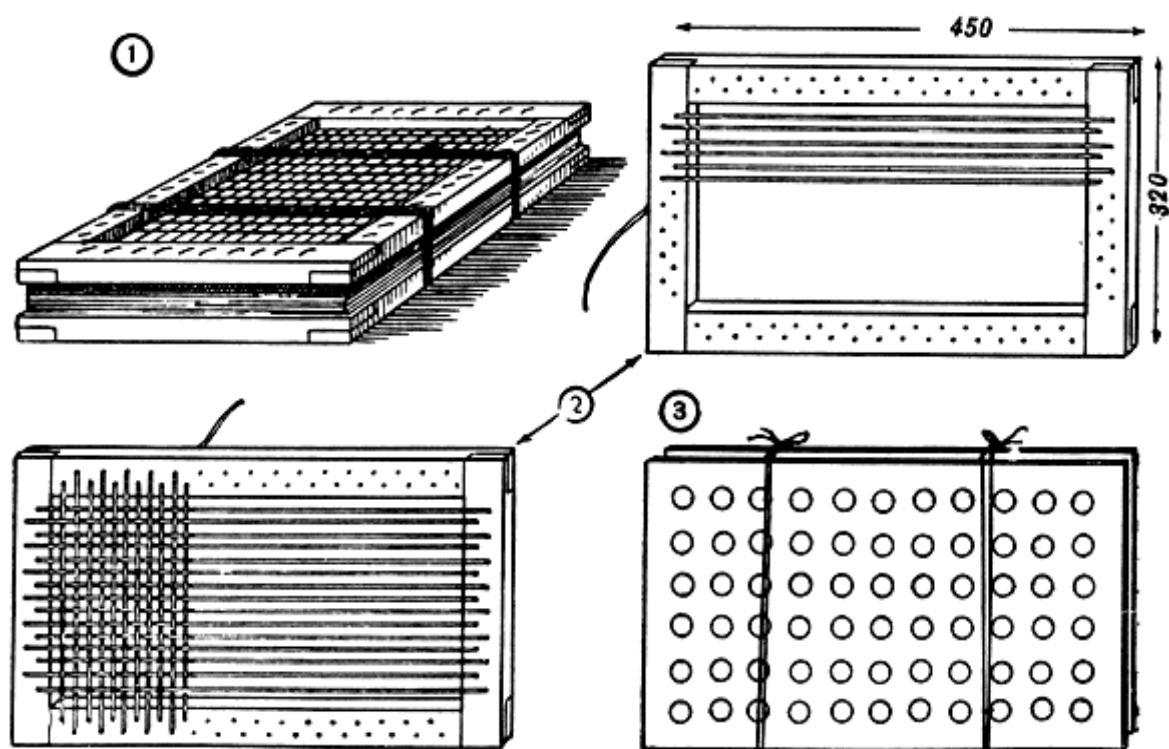
I. Зообентос. Определение систематического положения организмов. Животных из тех групп, которые преобладают в бентосе данной пробы, определяют до вида с помощью различных руководств и определителей.

Подсчет, измерение и взвешивание организмов. В количественных пробах представителей каждой группы просчитывают, измеряют и взвешивают. Просчет количественных проб производят в плоских сосудах с разграфленным на квадраты дном. Измерение организмов необходимо для характеристики возрастного состава каждой систематической группы. Обычно измеряют длину тела (в мм). Взвешивание организмов производят после обсушивания материала фильтровальной бумагой до исчезновения на ней влажных пятен. Крупных животных взвешивают на химикотехнических весах с точностью до 0,01 г, мелких животных – на торсионных весах (навеска не должна превышать 1 г). Результаты определения просчетов и взвешивания организмов приводятся к 1 м² площади дна (экз./м², г/м²) и записываются на карточки или в журнал по следующей форме: водоем, орудие лова, дата, № пробы. Такие карточки с записями результатов обработки проб служат материалом для различных расчленений, сопоставлений и обобщений относительно состава, обилия и распределения донной фауны, роли в ней отдельных видов и групп организмов.

II. Фитобентос. Определение систематического положения растений. Точное определение растений обычно ведут в лаборатории. Поэтому, после того как они извлечены из воды и отмыты от грязи (в тазу или за бортом лодки), их помещают в полиэтиленовые мешочки (разного размера в зависимости от величины растения) или заворачивают в пленку.

В лаборатории растение предварительно сушат. Для этого каждый экземпляр помещают между двойными листами фильтровальной, газетной или оберточной непроклеенной бумаги (так называемая рубашка). В гербарии по возможности должны быть представлены все части растения – корневая система, разные по форме листья, цветки, соцветия, плоды. Мясистые плавающие листья при сушке сильно съеживаются и теряют форму. Поэтому следует на листе тонкой белой бумаги очертить форму свежего листа и приложить его к гербарии. Между рубашками с

заложеными в них растениями вкладывают прокладки из 4-5 пустых рубашек, и пачку с растениями на несколько часов помещают под пресс. Затем растения вынимают из-под пресса, сырые прокладки заменяют сухими, и дальнейшую сушку осуществляют в ботанических прессах (рисунок 29). Тонкие и нежные погруженные растения сразу после извлечения из воды осторожно заворачивают в пленку. Перед раскладкой в гербарий их вновь помещают в таз с водой; пинцетом осторожно выбирают целые экземпляры и закладывают в рубашку. Для того чтобы растения не прилипли к рубашке, следует поверх них положить лист слегка промасленной бумаги (но не кальку и не пергамент). Каждое растение гербария должно быть снабжено этикеткой с указанием названия водоема, глубины и характера грунта, времени сбора.



1 – пресс с проволочными сетками; 2 – как сплести сетку; 3 – фанерный пресс

Рисунок 29 – Гербарный пресс

Количественная обработка собранных растений. Для количественной характеристики изучаемых зарослей пользуются рядом показателей.

Численность определяют пересчетом экземпляров или их побегов на единице площади с помощью рамок на площадках 0,5 и 1 м², или другого размера. Сбор проводят по крайней мере в трех повторностях, из которых вычисляют среднюю численность. Однако в очень густых зарослях на глубине более 1 м подсчет сверху затруднителен, а подчас и невозможен. В этих случаях необходим спуск в воду.

Для определения фитомассы обычно берут 3 пробы-укоса на учетных площадках, ограниченных рамками (площадь 0,25, 0,5 и 1 м², а для растений с плавающими листьями – 4 м²). Для взятия укусов до глубины 2-3 м используют косу. Площадку обкашивают в несколько приемов. Сначала срезают растения посредине площадки, а потом растущие по краям. Скошенные крупные взвешенные в толще и свободно плавающие на поверхности растения вытаскивают руками или водяными грабелями, мелкие вылавливают сачком. Зарослечерпатели, скребки, драги и другие приборы для выборки площадок, отграниченных рамой, не годятся. Они используются как самостоятельные орудия отбора проб, но, так как площадь захвата у них мала (обычно 0,1 м²), следует рассчитать количество опусканий, с тем чтобы была покрыта площадь 0,25 или 0,5 м².

При сборе укусов с лодки растения в определенном порядке складывают на ее дно: нижним концом стеблей в одну сторону, верхушками в другую. Растения помещают на влажную марлю, под которую подкладывают полиэтиленовую пленку. В ней по мере извлечения растений из водоема накапливается вода, которую систематически выливают. В процессе выборки растения отмывают от грязи, очищают от обрастаний. Каждый укус завертывают во влажную материю или пленку и перевязывают веревкой. В эти свертки вкладывают этикетки, на которых указывается название водоема, номер укуса, место и дата сбора, глубина, способ взятия, площадь, с которой взят укус. В таком виде укусы доставляют в лабораторию для дальнейшей обработки, которую следует производить в этот же или на следующий день, так как в дальнейшем растения начинают терять воду. В лаборатории укусы обрабатывают в следующей последовательности: очистка,

разборка, взвешивание в сыром виде (в некоторых случаях биометрическая обработка), сушка, взвешивание в воздушно-сухом и абсолютно сухом состоянии.

1. Укосы вынимают из пакетов, очищают от оставшейся грязи, обсушивают фильтровальной бумагой или раскладывают для просушки в помещении на сетках, бумаге, подвешивают на веревках.

Затем происходит разборка укоса. Растения раскладывают подвидам или группам: погруженные, плавающие и др.

2. Взвешивание в сыром виде производится или в целом всего укоса, или по группам (в зависимости от целей исследования). Взвешивание производится на любых весах — детских, чашечных и др. При подборе весов необходимо учитывать возможную предельную массу укосов и высоту растения (например, в южных районах масса укоса с 1 м² достигает 7-10 кг и более, а высота таких растений, как тростник, — 4-6 м).

Надводные высокие растения перед взвешиванием связывают в снопики, а погруженные и плавающие растения взвешивают в мешках для просушки, предварительно взвешенных.

3. Сушка до воздушно-сухого состояния производится в помещении или на улице под навесами. Для просушивания укосы в целом или по частям помещают в марлевые мешки или раскладывают на бумаге или марле. В мешки вкладывают этикетку, в которой, помимо данных, перечисленных выше, указывают массу сырого вещества. Перед закладкой в мешки длинные стебли переламывают так, чтобы они полностью поместились в мешок, а мясистые, толстые разрезают вдоль на несколько частей для более быстрого высыхания. В процессе сушки мешки неоднократно переворачивают, а растения в них ворошат. Полное просыхание растений устанавливают неоднократным взвешиванием до установления постоянной массы. Крупные растения сохнут около месяца, погруженные и плавающие — значительно быстрее.

Для определения абсолютно сухой массы из укосов берут среднюю пробу (несколько растений или определенную навеску из измельченного укоса), которую высушивают в сушильном шкафу при температуре от 60 до 100 °С.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие орудия используются для качественного сбора бентоса?
2. Какие орудия используются для количественного сбора бентоса?
3. Каковы методы обработки зообентоса?
4. Как проводится сушка водных растений?
5. В чем заключается количественная обработка водных растений?

3 Практическое занятие № 3

Приспособления организмов к обитанию в толще водоемов

Цель: изучить под микроскопом планктонные пробы, найти организмы с приспособлениями к обитанию в толще воды.

Материалы и оборудование: пробы с фиксированным пресноводным планктоном, содержащим представителей разных отделов водорослей и беспозвоночных, микроскоп, лупа, пипетки для взятия проб, предметные и покровные стекла.

Задание:

1. Рассмотреть под микроскопом несколько капель планктонных проб, найти организмы с разнообразными приспособлениями к обитанию в толще воды.
2. Зарисовать общий вид и приспособления организмов к обитанию в толще воды.
3. Законспектировать теоретический материал.

Теоретический материал

Планктон (от греческого слова *πλαγκτόν* – парящий) представляет собой совокупность организмов, обитающих в толще воды и находящихся в состоянии парения. Лишь немногие представители планктона временно используют субстрат в качестве опоры. Характерная черта планктонных организмов – полное отсутствие или незначительное развитие органов движения. Поэтому парящие организмы не способны противостоять движению воды и пассивно увлекаются волнами и течениями.

Планктонные организмы, для того чтобы постоянно удерживаться в толще воды во взвешенном состоянии, имеют ряд приспособлений.

Приспособления планктонтов и нектонтов к пелагическому образу жизни сводятся прежде всего к *обеспечению плавучести* – развитию различных адаптаций, замедляющих погружение организмов, поскольку их плотность

обычно несколько больше единицы. Другой ряд адаптации связан с *активным передвижением*, включая развитие средств распознавания среды и ориентации. Наконец, огромное значение для обитателей пелагиали имеют *адаптации к использованию течений и других средств пассивного передвижения*, которые маневренно осваиваются гидробионтами, особенно мелкими, для обеспечения пребывания в нужных биотопах, расселения, выбора наиболее благоприятного положения в градиентном поле различных факторов и ряда других целей.

Плавучесть. Может рассматриваться как погружение с наименьшей скоростью. Организмы могут увеличивать плавучесть, повышая трение о воду и уменьшая остаточную массу.

Повышение трения о воду. Чем больше удельная поверхность тел, тем медленнее в результате трения они погружаются в воду. Поскольку с уменьшением размера тел их удельная поверхность возрастает, длительное парение организмов в толще воды облегчается. Отсюда наиболее характерная черта планктона - малые и микроскопические размеры образующих его организмов (рисунок 30).

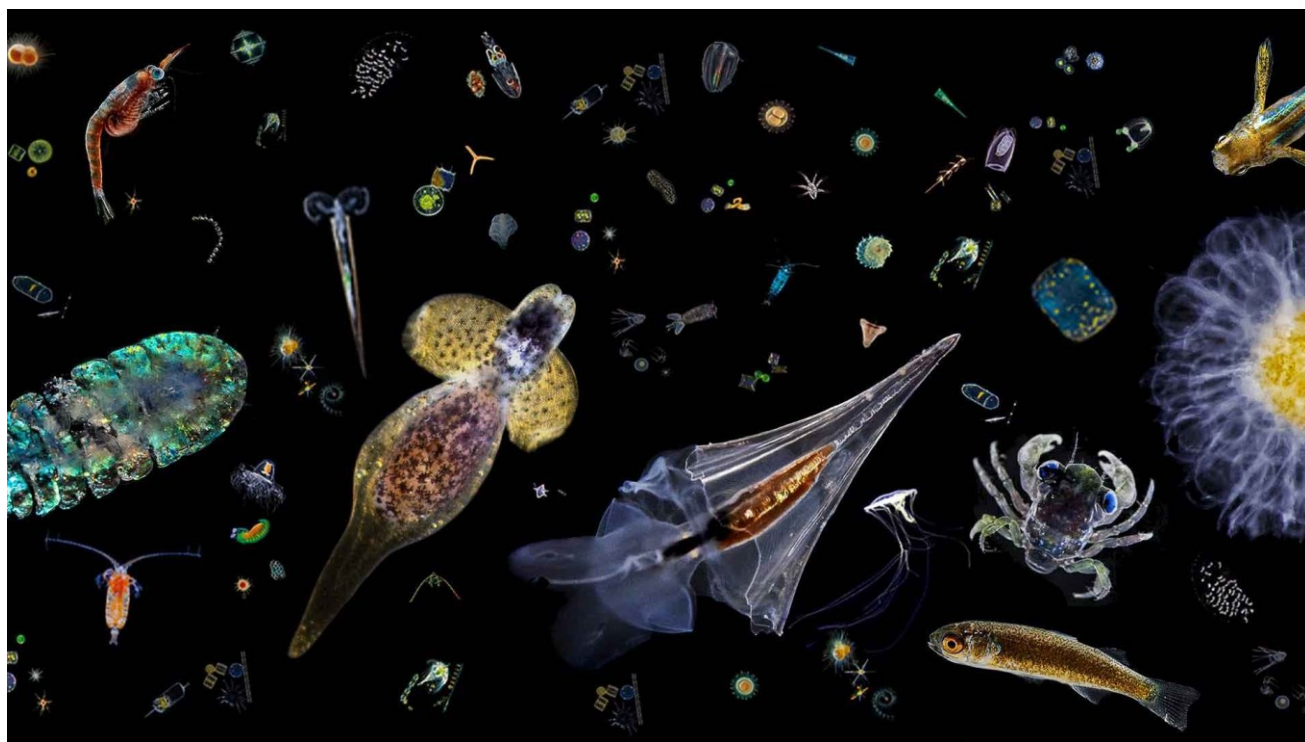
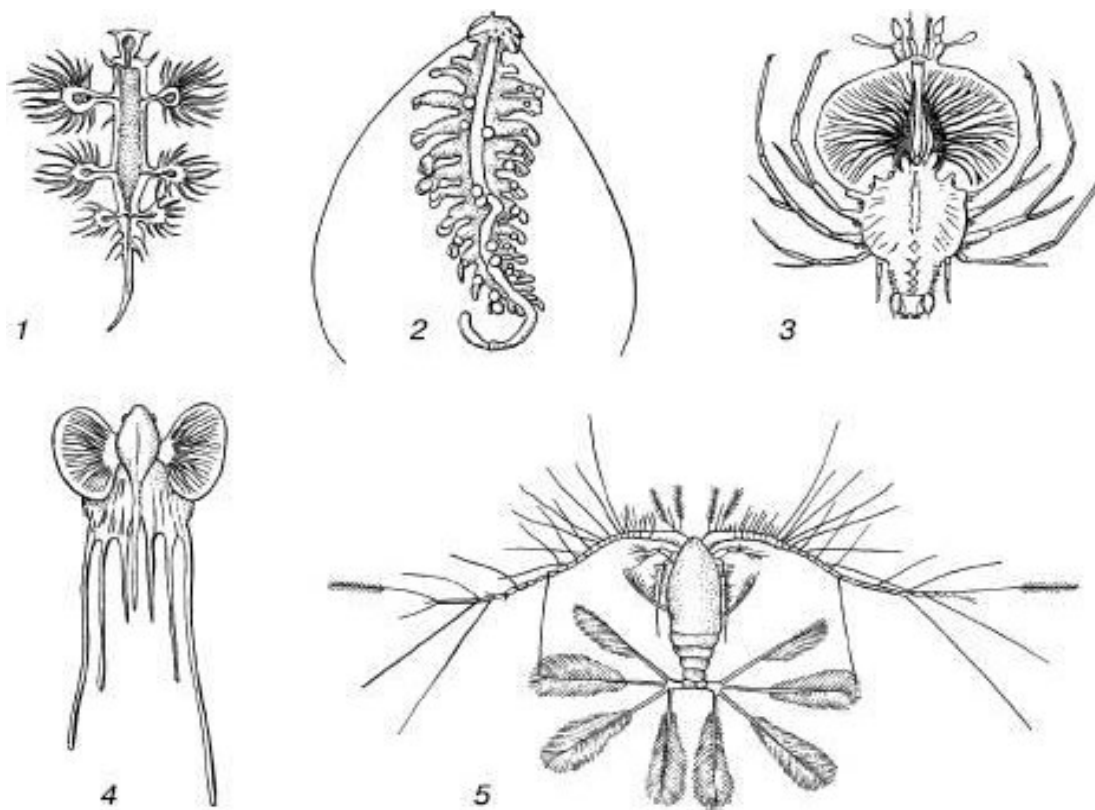


Рисунок 30 – Парение планктонных организмов

Помимо этого, увеличение удельной поверхности организмов достигается их уплощением, сильным расчленением тела, образованием всевозможных выростов, шипов и различных других придатков (рисунок 31).



1 – моллюск *Glaucus atlanticus*; 2 – червь *Tomopetris euchaeta*; 3 – личинка рака *Palinurus*; 4 – личинка рыбы морского черта *Lophius*; 5 – веслоногий рачок *Calocalanus pavo*

Рисунок 31 – Увеличение относительной поверхности тела у планктонных организмов за счет расчленения тела (по С.А. Зернову, 1949)

По-видимому, в какой-то мере с сезонными колебаниями температуры, сопровождающимися изменениями плотности и вязкости воды, связан *цикломорфоз* некоторых планктонтов (рачков, коловраток и др.), когда при потеплении образуются поколения организмов с менее компактной формой тела, а с похолоданием начинается развитие в обратном направлении (рисунок 32).

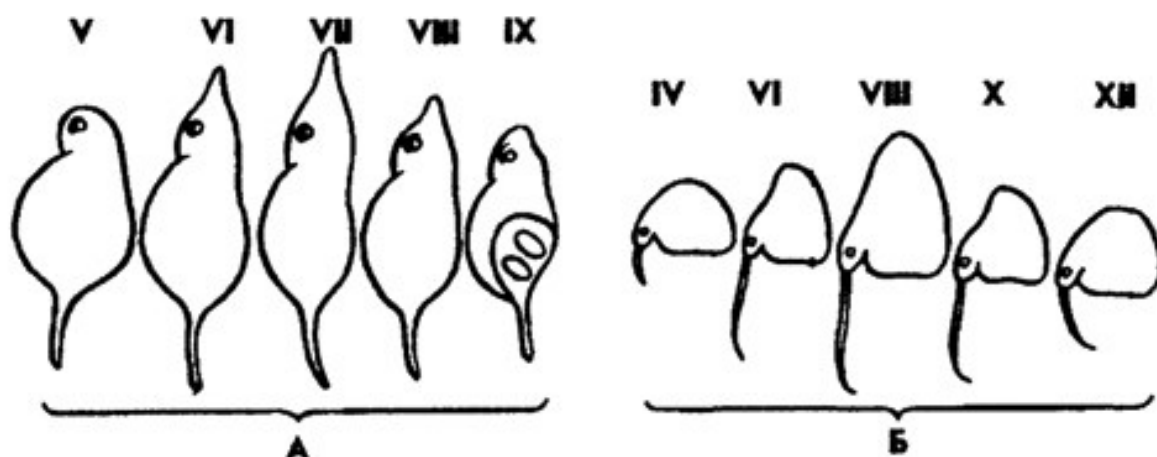


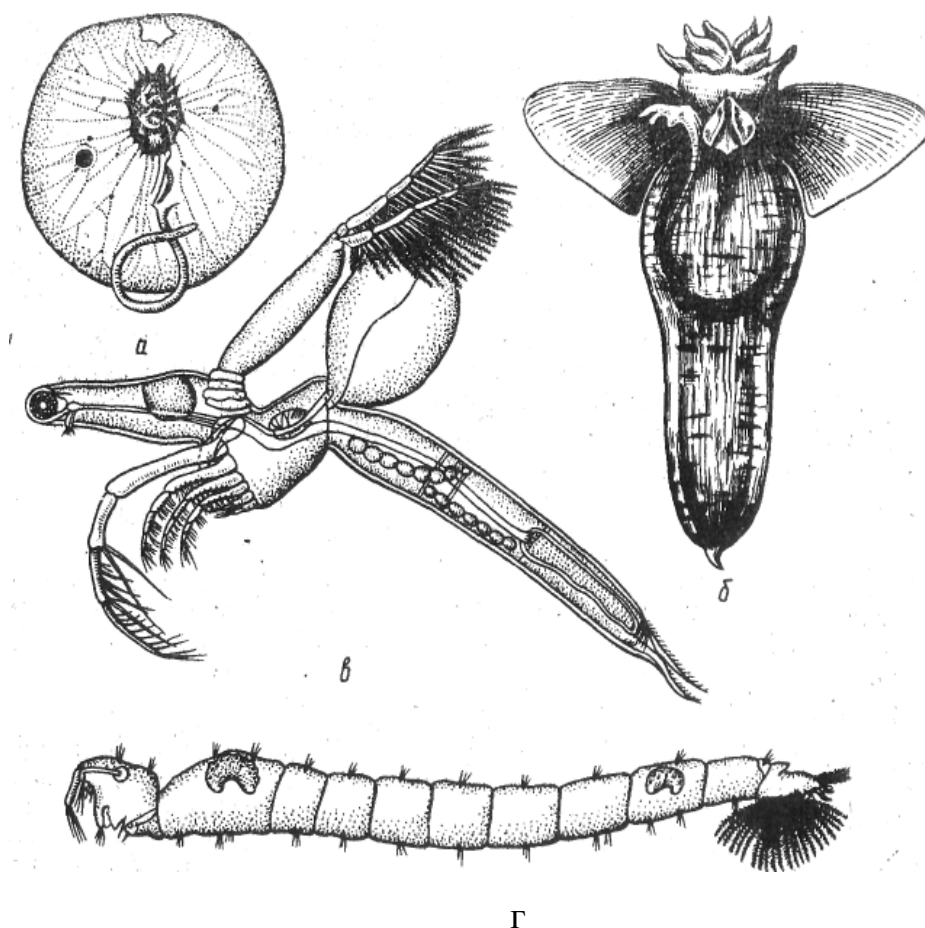
Рисунок 32 – Цикломорфоз у ветвистоусых: А – *Daphnia cucuminata*, В – *Bosmina coregoni*. Римские цифры обозначают месяцы (по А.С. Константинову, 1986)

Снижение остаточной массы. Плотность воды заметно возрастает с понижением температуры, а также с повышением солености и давления, в связи с чем условия плавучести организмов заметно меняются. В соответствии с этим плотность планктонтов регулируется так, что она приближается к плотности воды. Как правило, плотность пресноводных планктонных организмов не превышает 1,01-1,02 г/см³, морских – 1,03-1,06 г/см³, и их плавучесть близка к нейтральной. Если гидробионты совершают вертикальные миграции или перемещаются в участки с иной плотностью воды, они обычно изменяют свою плотность, модулируя состав тела.

Снижение остаточной массы может достигаться уменьшением количества костной ткани, белка в тканях, заменой тяжелых солей более легкими, отложением большого количества жира, заменой более плотного жира менее плотным, образованием полостей, наполненных воздухом.

Редукция тяжелых скелетных образований хорошо прослеживается у пелагических моллюсков (головоногих, крылоногих, килевогих); не имеют скелетных образований плавающие кишечнотелые, у пелагических корненожек раковина более пористая, чем у бентосных (рисунок 33). У многих радиолярий кремниевые иглы становятся полыми. Планктонные диатомовые отличаются от

бентосных более тонкими и слабее окремненными оболочками; у плавающих черепах редуцируются кости панциря. Значительное уменьшение количества белка отмечено у некоторых глубоководных рыб – до 5 % от массы тела вместо обычных 20-25 %.

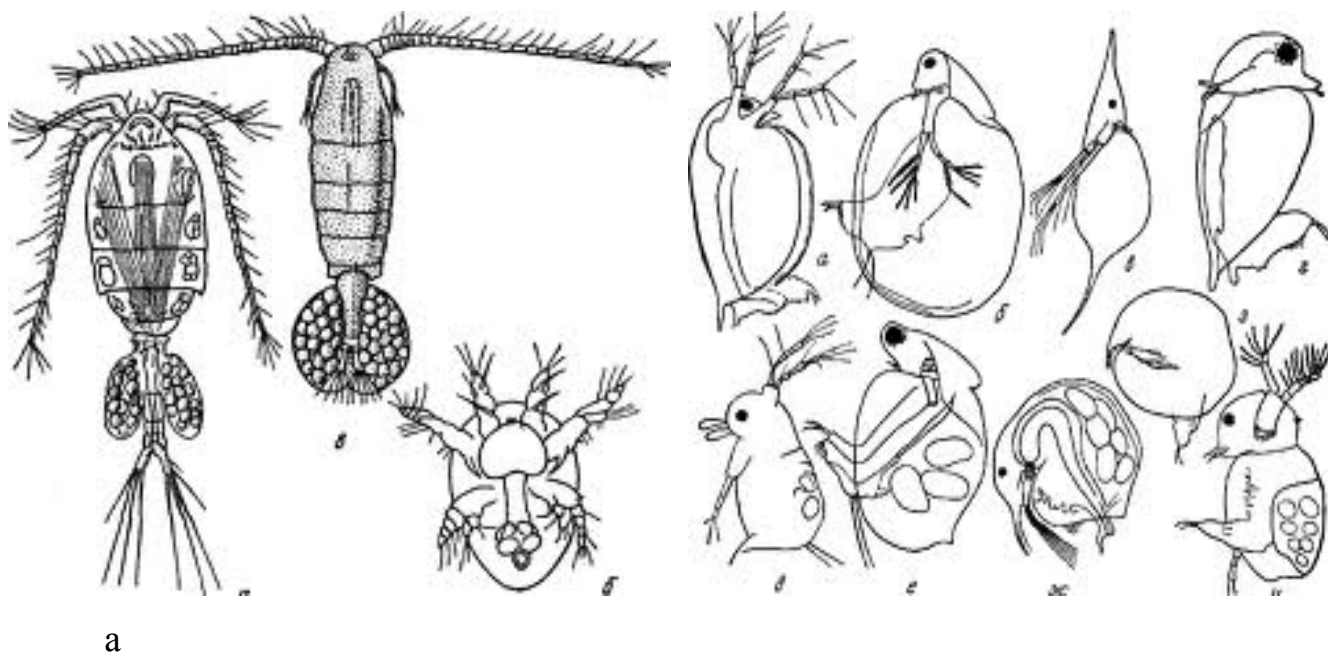


а – ночесветка *Noctiluca miliaris* (1– щупальце); б – крылоногий моллюск *Clione limacine*; в – ветвистоусый рачок *Leptodora kidti* (1 – глаз, 2 – головной щит, 3 – раковина, 4 – каудальные когти); г – личинка малярийного комара *Chaoborus crystallinus* (1 – антенна, 2,3 – трахейные пузыри, 4 – хвостовой плавник)

Рисунок 33 – Приспособления планктона к уменьшению плотности

Наиболее обычный способ снижения плотности у гидробионтов – накопление жира. Богаты им ночесветки *Noctiluca* (рисунок 33), радиолярии *Spumellaria*,

ветвистоусые и веслоногие рачки (рисунок 34). Жировые капли имеются в пелагической икре ряда рыб (кефалевые, камбалы, скумбрия). Жир вместо тяжелого крахмала в качестве запасного питательного вещества отлагается у планктонных, диатомовых и зеленых водорослей.



Веслоногие ракообразные: а – циклоп, б – науплиус циклопа, в – диаптомус. Ветвистоусые ракообразные: а – дафния magna, б – дафния пулекс, в – дафния лонгиспина, г – симоцефалус, д – моина, е – цериодафния, ж – босмина, з – хидорус, и – Сиды

Рисунок 34 – Веслоногие и ветвистоусые ракообразные

Эффективное средство повышения плавучести – газовые включения в цитоплазме или специальные воздушные полости. Газовые вакуоли есть у многих планктонных водорослей, плавательные пузыри – у ряда прикрепленных гидрофитов, например у бурых водорослей р. *Fucus* (помогают им держаться в вертикальном положении) (рисунок 35).



Рисунок 35 – Фукус пузырчатый

Газовый пузырек имеют в своей цитоплазме раковинные амёбы *Diffugia hydrostatica*, *Arcella*, воздухоносные камеры есть в подошве плавающих вниз щупальцами медуз *Munianictae*. Газовые пузырьки имеют личинки комаров *Chaoborus* (рисунок 36), плавательный пузырь, наполненный газом, свойствен очень многим рыбам.

Один из самых распространенных способов снижения остаточной массы – повышение содержания воды в теле. Ее количество у некоторых медуз, гребневиков достигает 99 % (рисунок 37). При таком содержании воды остаточная масса организма приближается к 0 и способность к пассивному флотированию становится практически безграничной. В некоторых случаях плотность снижается путем выделения вокруг организма больших количеств слизи, хотя биологическое значение ее образования значительно шире.



Рисунок 36 – Личинка комара *Chaoborus* (в 7-м сегменте брюшка и в груди видны округлые светлые мешки – это два газовых пузыря)



Рисунок 37 – Медуза-корнерот *Rhizostoma pulmo*

Активное движение. Чаще всего проявляется в форме плавания, значительно реже наблюдаются прыгание и скольжение. Некоторые пелагические животные, разгоняясь в воде, выпрыгивают из нее, совершая планирующий полет в воздухе. Плавание осуществляется с помощью жгутиков и ресничек, изгибанием тела, греблей конечностями и реактивным способом. Вертикальные перемещения в толще воды могут достигаться путем изменения плотности организмов.

Передвижение с помощью ресничек и жгутиков эффективно только при небольших размерах организмов (50-200 мкм) и потому наблюдается лишь у микроскопических организмов. Как локомоторный орган значительно более мощны конечности, которые в связи с функцией плавания приобретают ряд адаптивных черт. Так, у всех плавающих насекомых голени ног относительно укорочены, лапки удлинены, членики ножек сплющены и беспорядочное расположение волосков заменяется упорядоченным, так что они образуют ряды, увеличивающие опорную поверхность конечности (рисунок 38).



Рисунок 38 – Жук-плавунец

Движение путем изгибания тела характерно для более крупных обитателей пелагиали, в частности рыб и млекопитающих. В одних случаях (пиявки, немертину) оно совершается в вертикальной плоскости, в других – в горизонтальной (личинки насекомых, рыбы, змеи, млекопитающие), в третьих – винтообразно (некоторые полихеты) (рисунок 39). При первом типе движения предельные скорости оказываются наименьшими. Винтообразное изгибание тела позволяет достигать значительно больших скоростей. Наибольшие скорости движения достигаются у гидробионтов изгибанием заднего отдела тела в горизонтальной плоскости. Например, меч-рыба способна развивать скорость до 130 км/ч.

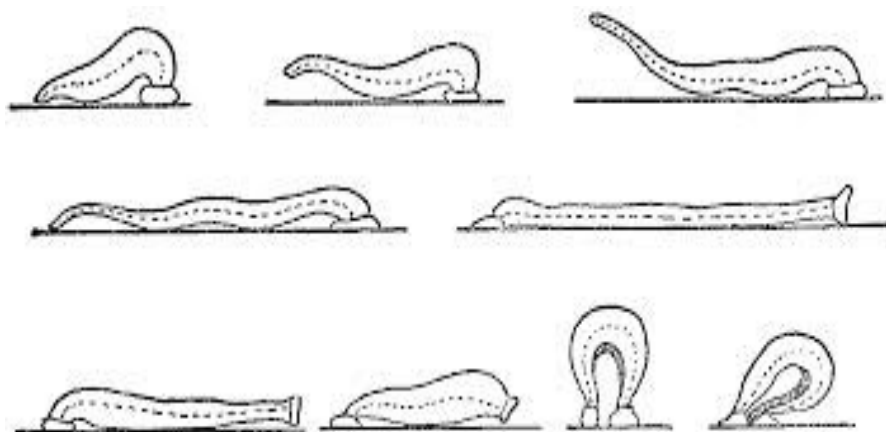


Рисунок 39 – Движение пиявки

Весьма эффективно плавание реактивным способом. Среди простейших оно свойственно некоторым жгутиковым и инфузориям, колоколообразное тело которых, сокращаясь, выбрасывает наполняющую его воду. Сокращая колокол, движутся медузы. Подобно колоколу медуз, работают щупальцы с натянутой между ними перепонкой у голотурии. Особенно совершенно реактивное движение у ряда головоногих моллюсков, которых часто называют «живыми ракетами».

Для обеспечения быстроты движения у гидробионтов вырабатывается обтекаемая форма тела и развиваются «рули», обеспечивающие управление движением тела в горизонтальной и вертикальной плоскостях. У рыб рулями

глубины служат плавники и хвост (рисунок 40). Помимо обтекаемой формы тела, высокой скорости движения способствуют выделение слизи, снижающей трение (рыбы, головоногие), и специфическое строение кожных покровов животных.



Рисунок 40 – Внешнее строение окуня

Плавающие животные, как правило, имеют отрицательную или положительную плавучесть, в соответствии с чем должны иметь приспособления, препятствующие в первом случае погружению, а во втором – выталкиванию из воды. В связи с этим тело животных с отрицательной плавучестью, как правило, более выпукло сверху, чем снизу, в результате чего во время их движения образуется подъемная сила, нейтрализующая силы остаточной массы; у животных с положительной плавучестью тело более выпукло снизу, и во время их движения возникает заглубляющая сила, нейтрализующая действие направленной вверх гидростатической силы. Таким образом, нектонты почти не тратят энергии на обеспечение плавучести. Интересно отметить, что у тюленей, имеющих положительную плавучесть, брюшная сторона не может быть выпуклой, поскольку мешала бы животному лежать на льду или берегу. В связи с этим

тюлени плавают вверх брюхом, и более выпуклая спинная сторона создает нужную заглубляющую силу.

К прыгательным движениям способны многие коловратки, ракообразные, личинки насекомых, рыбы, млекопитающие. Во время прыжка скорость движения во много раз выше, чем при плавании. Например, коловратка *Scardium eudactylotum* плавает со скоростью 0,25 мм/с, а совершая прыжок, проходит 6 мм/с.

К полету способны многие головоногие моллюски и рыбы. Кальмар *Stenoteuthis bartrami* длиной 30-40 см, разогнавшись в воде, может пролетать над ней более 50 м со скоростью около 50 км/ч. К такому полету он прибегает, спасаясь от преследования крупных хищников. Так же спасаются от них летучие рыбы. Выскакивая из воды и планируя на чрезвычайно сильно развитых грудных плавниках, они могут держаться в воздухе около 10 с, пролетая за это время расстояние до 100 м (рисунок 41).



Рисунок 41 – Летучая рыба азиатско-американский короткокрыл

Скольжение среди пелагических организмов наблюдается у мелких форм, например у диатомовых водорослей, и обеспечивается контактом движущейся цитоплазмы с водой.

Активное движение за счет изменения плотности характерно для многих представителей фитопланктона и мелких зоопланктонтов, реже оно встречается у крупных пелагибионтов. Окружая себя микроскопическими пузырьками кислорода, выделяемого при фотосинтезе, водоросли всплывают вверх, а сбросив «поплавки», движутся вниз.

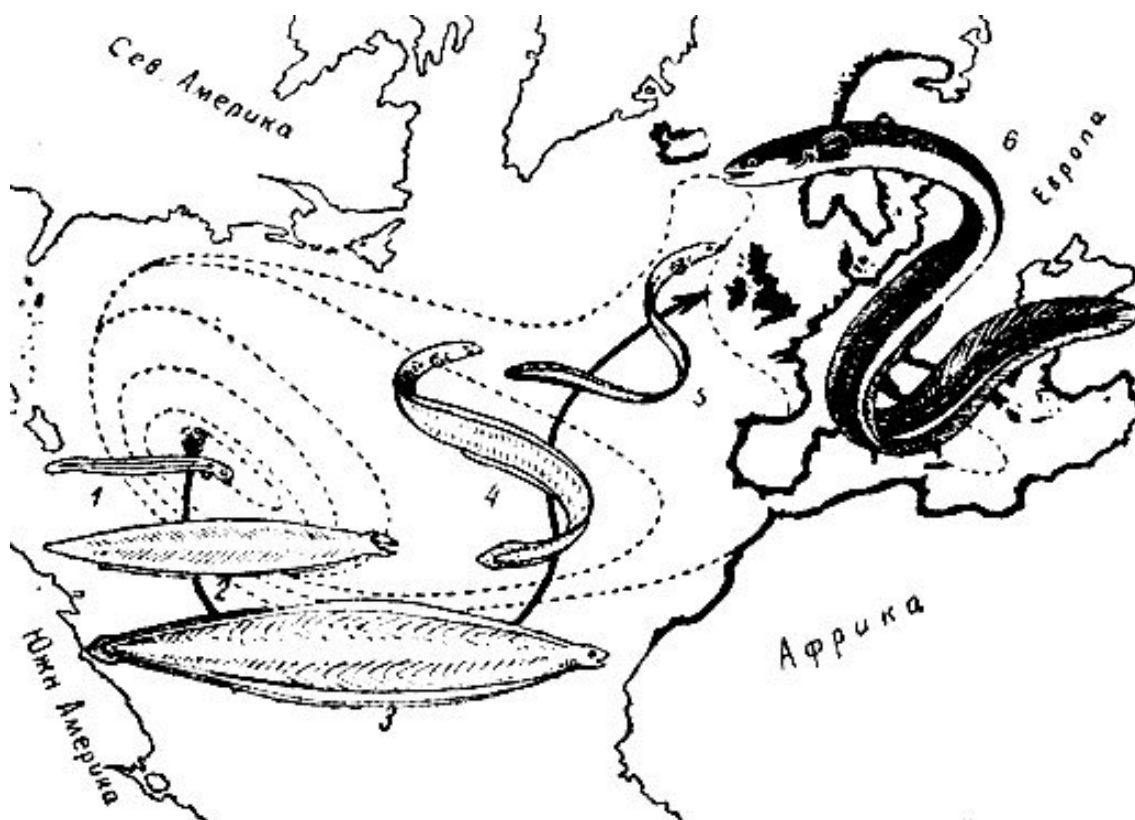
У мелких беспозвоночных изменение плотности и соответствующее перемещение по вертикали достигается образованием временных газовых камер (например, вакуолизация цитоплазмы у многих простейших). Крупные формы, имеющие постоянные газовые камеры, регулируют их объем, и благодаря этому перемещаются вверх или вниз (многие сифонофоры, личинки насекомых). Чрезвычайно распространено и имеет огромное биологическое значение движение по вертикали: вверх – с помощью локомоторных органов, вниз – под действием силы тяжести.

Пассивное движение. Перемещение организмов в воде под действием внешних сил выражено значительно сильнее, чем на суше, вследствие подвижности самого биотопа гидробионтов – водных масс. Из обитателей пелагиали планктонные формы перемещаются за счет внешних сил в большем масштабе, чем nektonные.

Гидробионты необычайно широко и маневренно используют перемещающие природные силы для расселения, смены биотопов, обеспечения питания, размножения и других целей, компенсируя таким путем недостаточность средств активного передвижения или экономя энергию. В ряде случаев малоподвижные формы пользуются различными видами «природного транспорта», достигая с помощью активных передвижений нужных маршрутных линий. Например, рачки, откармливающиеся летом в поверхностном слое антарктических вод, уносятся течением на северо-восток. Осенью, опускаясь в более глубокий теплый слой воды с противоположно

направленным течением, животные перемещаются на юго-запад и таким образом не выходят за пределы своего ареала.

Огромны по своим масштабам перенос гидробионтов токами воды в океане. Морские течения, обладающие большой протяженностью и высокой скоростью, способны перемещать растения и животных на тысячи километров. В качестве примера можно указать на занос тепловодной сифонофоры *Physophora hydrostatica* водами Гольфстрима до Лафотенских островов, а иногда даже до Новой Земли. Личинки угря, вылупляющиеся из икринок в центральной части Атлантического океана (Саргассово море), переносятся Гольфстримом в северо-восточном направлении на 7-8 тыс. км (рисунок 42).



1 – только что вышедшая личинка; 2 – годовалая личинка; 3 – двухгодовалая личинка; 4 – личинка перед началом превращения; 5 – стекловидный угорь;
6 – взрослый угорь

Рисунок 42 – Миграция личинок угря (по И.Ф. Правдину, 1965)

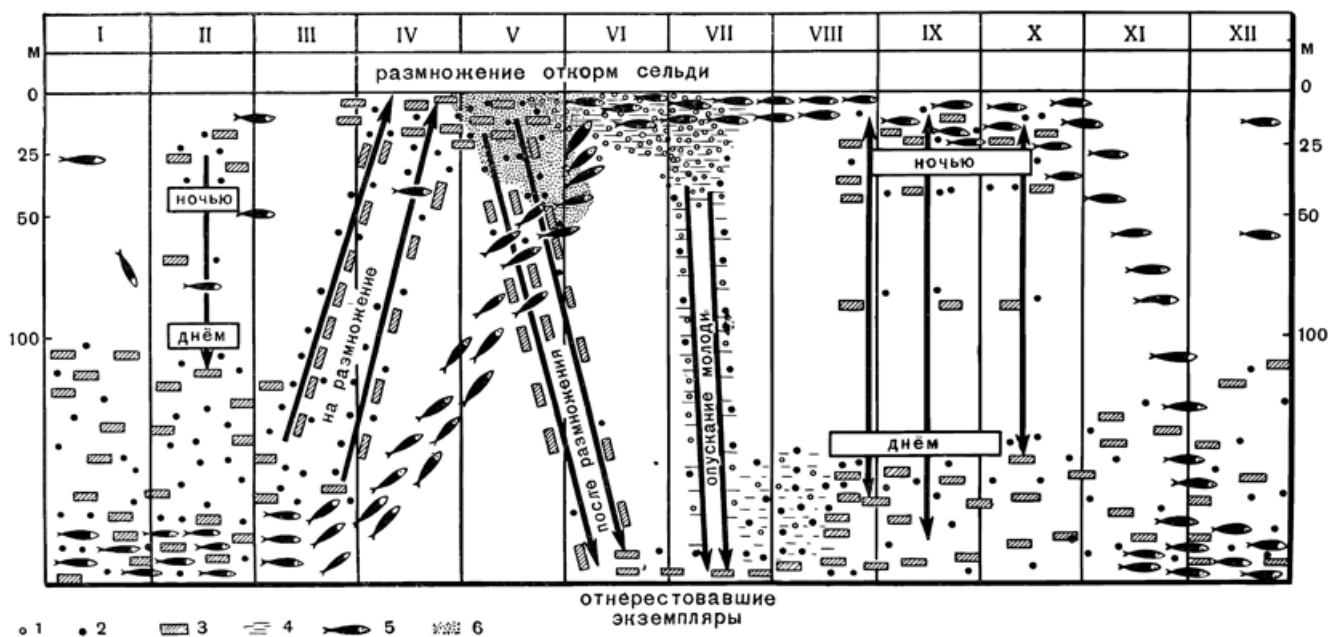
Наряду с горизонтальными перемещениями у гидробионтов существуют и вертикальные, обусловленные выходом глубинных вод на поверхность или погружением поверхностных вод в глубину.

Наибольший размах вертикальных перемещений гидробионтов токами воды наблюдается в умеренных и приполярных водах в зонах дивергенций и конвергенции водных масс. Непрерывное перемещающее воздействие тока воды испытывают на себе планктон и нектон рек. В частности, в значительной степени пассивно скатывается молодь рыб, использующая течение для достижения низовьев рек. Сносится вниз по течению фито- и зоопланктон, хотя и в этом случае организмы могут в какой-то степени регулировать темп перемещения, укрываясь в затонах, зарослях макрофитов или отдаваясь течению (рисунок 43).

Планктонты могут перемещаться и воздушными течениями, например, когда водоемы или их отдельные участки обсыхают. Поднимая пыль с обсохшего грунта, ветер вместе с ней переносит покоящиеся стадии планктонтов, обеспечивая их расселение по другим водоемам. Вмерзая в лед, переносятся вместе с ним многие представители морского и пресноводного планктона. Таким же перемещающим субстратом могут быть днища кораблей и другие плавающие предметы, а также различные гидробионты, к которым временно прикрепляются планктонные организмы.

Вопросы для самопроверки:

1. Благодаря каким приспособлениям обеспечивается плавучесть гидробионтов?
2. Для каких гидробионтов характерно активное движение?
3. Как происходит пассивное движение гидробионтов?
4. Какие приспособления для обитания в толще воды есть у медуз и гребневиков?
5. Перечислите приспособления нектонтов к обитанию в толще воды.



Стрелки показывают сезонные перемещения планктона, двуконечные стрелки показывают миграции: 1 – поздняя личиночная стадия калянуса; 2 – ранняя личиночная стадия калянуса; 3 – взрослые эвфаузииды; 4 – личинки эвфаузиид; 5 – сельдь; 6 – цветение воды

Рисунок 43 – Схема вертикальных перемещений незрелой сельди и её пищи в южной части Баренцева моря (по Б.П. Мантейфелю, 1980)

4 Практическое занятие № 4

Приспособления организмов к обитанию на дне водоемов

Цель: по наборам донных беспозвоночных изучить приспособления организмов к обитанию на дне водоемов.

Материалы и оборудование: набор донных беспозвоночных, фиксированных в сухом виде, пресноводные и морские брюхоногие и двусторчатые моллюски, пресноводные губки, лупы, пинцеты, препаровальные иглы, чашки Петри.

Задание:

1. Изучить по наборам донных беспозвоночных приспособления организмов к обитанию на дне водоемов.
2. Зарисовать организмы, относящиеся к разным биологическим группам бентоса.
3. Законспектировать теоретический материал.

Теоретический материал

Донные организмы (бентос) в зависимости от их отношения к субстрату, т.е. в зависимости от образа жизни, делятся на 5 групп.

1. **Прикрепленные организмы.** К этой группе относится большинство растений (как водорослей, так и высших). Прикрепленный образ жизни широко распространен у представителей зообентоса. Его ведут губки, гидроиды, кораллы, мшанки, многие черви, некоторые двусторчатые моллюски, усоногие раки, некоторые личинки насекомых, морские лилии асцидии и др. (рисунок 44). Одни животные прикреплены постоянно, другие временно, например личинки двукрылых насекомых (мошек) из сем. *Vlepharoceridae*. Морфологически прикрепление бывает пневматическим, в виде сплошного прирастания, и корневидным, с помощью нитей.



Рисунок 44 – Усоногие раки

У прикрепленных животных выработался ряд приспособлений. Почти все они утратили конечности, если же конечности сохранились, то выполняют другую функцию. Например, у усоногих раков они служат для захвата пищи. У большинства прикрепленных форм редуцированы органы зрения и равновесия; вместе с тем хорошо развиты органы осязания. Многие прикрепленные животные для более успешного лова пищи имеют вытянутую форму. Некоторые из них; например, помещаются на стебельке (инфузории, губки, некоторые иглокожие и др.), а на верхнем конце тела образуется ловчая воронка, окруженная венцом щупалец. Более эффективной добыче пищи способствует древовидный облик многих сидячих животных, возникающий в результате колониального образа жизни и размножения почкованием.

Всем прикрепленным к грунту организмам грозит опасность захоронения под слоем осадков вследствие непрерывного оседания на дно взвешенных в воде минеральных и других частиц. Поэтому у всех бентонтов вырабатывается в качестве защитной меры приподнятое над грунтом за счет соответствующей формы тела и вытягивания вверх в процессе роста. Наиболее распространенная форма тела у прикрепленных донных организмов – конусообразная,

воронковидная, грибообразная, во всех случаях более тонкая снизу. Такая форма, в частности, свойственна многим губкам, одиночным кораллам, ряду моллюсков, плеченогих, морским лилиям. Эффективно как приспособление против засыпания взвесью прикрепление с помощью длинного вертикального стебелька, свойственное, например, морским лилиям (рисунок 45). В других случаях таким приспособлением служит столбообразная подставка, на которой находится значительно большее по диаметру остальное тело.



Рисунок 45 – Морские лилии

Наряду с вытягиванием вверх защита от засыпания взвесью у прикрепленных организмов достигается поселением на субстратах, возвышающихся над дном (как живых, так и мертвых). Прирастают к скалам и камням, к различным твердым предметам и организмам усоногие рачки, моллюски дрейссены, мшанки. Растения спасает от засыпания быстрое нарастание стеблей.

2. **Сверлящие организмы.** Они условно делятся на камнеточцев и древоточцев, так как есть животные, которые могут внедряться и в тот и в другой субстрат. Сверлящие организмы – в основном обитатели моря. В пресных водах они встречаются редко. Разнообразен систематический состав камнеточцев. Сверлению подвергаются плотные осадочные породы, скалы, сложенные из известняка, песчаника, сланцев, а также мрамор, бетон, кирпич, раковины моллюсков. Среди камнеточцев встречаются микроскопические водоросли (зеленые, синезеленые), грибы, губки, черви, ракообразные, двустворчатые моллюски, некоторые морские ежи.

Водоросли и грибы в процессе сверления выделяют различные кислоты, растворяющие такие мягкие породы, как известняки и песчаники. Эти организмы протачивают в поверхностном слое пород густую сеть каналов. Животные-камнеточцы сверлят породы как химическим, так и механическим путем. Они внедряются в субстрат на глубину до нескольких сантиметров (рисунок 46).



Рисунок 46 – Раковина камнеточца *Pholas*. Известняк, источенный камнеточцем

К древоточцам относятся некоторые двустворчатые моллюски из сем. *Pholadidae* (большинство фолад сверлят твердые породы). К древоточцам относятся представители рода ксилофага и все *Teredinidae*, а также некоторые высшие ракообразные (*Limnoria*,

Chelura. Sphaeroma). Наибольший вред деревянным гидротехническим сооружениям причиняют моллюски из сем. Teredinidae, так называемый корабельный червь (рисунок 47).

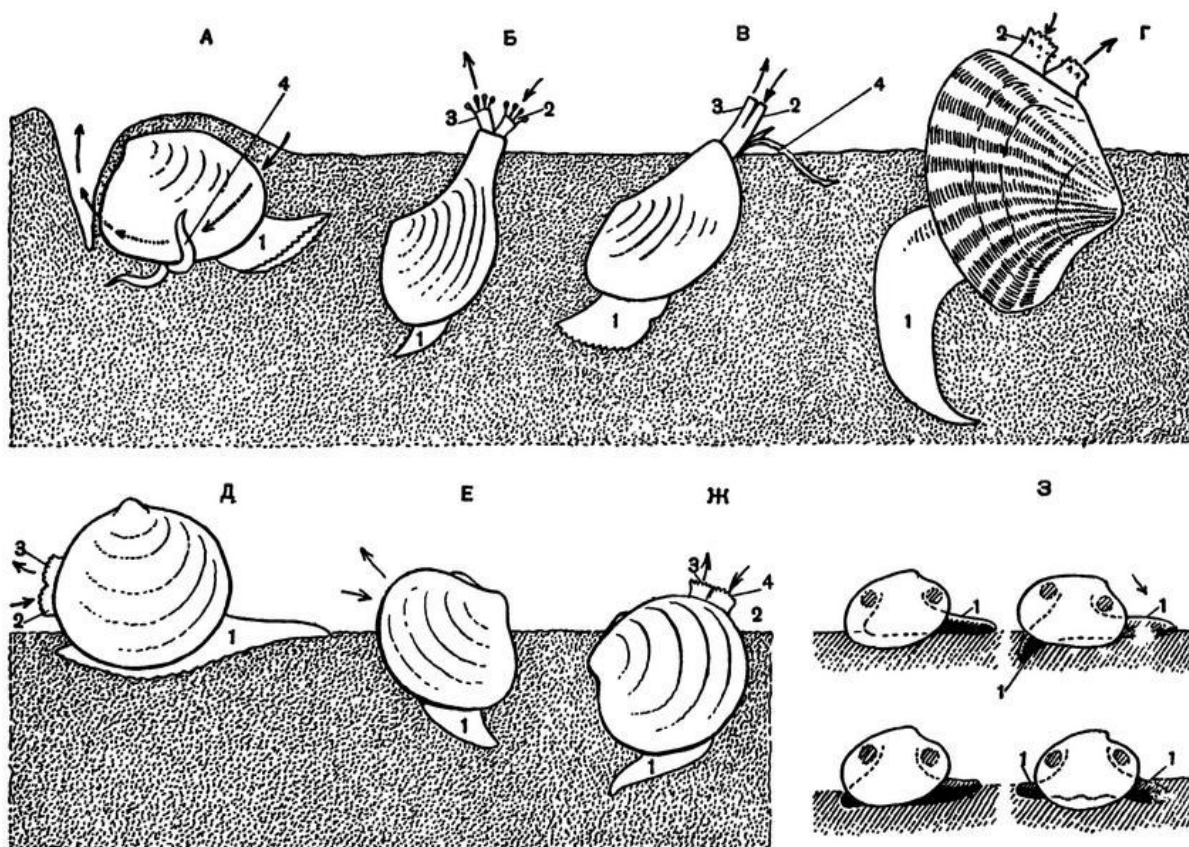


Рисунок 47 – Корабельный червь

Личинки этих моллюсков ведут пелагический образ жизни. Через несколько недель они оседают на деревянный субстрат и внедряются в него. Жизнь взрослых особей проходит в проточенных ими ходах, в толще древесины. Тело моллюсков имеет червеобразную форму. Раковина сохраняется у них лишь на переднем конце тела, створки ее покрыты зубчиками. Нога моллюска превратилась в присоску, которой он прикрепляется к дереву. Наружу выставлены лишь длинные сифоны. Питание терединид происходит за счет сестона, а также мелких опилок, получаемых при сверлении. Для борьбы с терединидами наиболее эффективны химические методы – пропитывание древесины, используемой для гидростроительства и сооружения мелких судов, ядовитыми для моллюсков и нерастворимыми в воде соединениями, например креозотом.

3.Закапывающиеся организмы. Большинство животных погружается в грунт в защитных целях. Они живут в ходах или трубках, обычно укрепляемых различными выделениями. Закапывающиеся формы многочисленны среди червей, личинок насекомых, брюхоногих и двустворчатых моллюсков, ракообразных, морских ежей, голотурий и др. (рисунок 48). В строении закапывающихся животных

имеется ряд изменений. Так, у морских ежей иглы превратились в органы копания. Раковина моллюсков, живущих в грунте, становится тонкой и гладкой, очень хорошо развита нога, а сифоны, служащие для сообщения с внешней средой, становятся очень длинными – нередко превышают длину самого животного.



А – нукула; Б – куспидария; В – йольдия; Г – дидакна; Д – пектункулюс; Е – астарта;
 Ж – циприна; З – тапес (1 – нога; 2 – вводной сифон; 3 – выводной сифон;
 4 – ротовые щупальца и придатки, стрелки показывают направление движения
 воды)

Рисунок 48 – Двустворчатые моллюски, обитающие на поверхности дна и неглубоко
 закапывающиеся (по Л.А. Зенкевич, 1968)

4. Животные, обитающие на поверхности грунта. Они отличаются сильно уплощенным, широким телом. Некоторые из них имеют выросты, расположенные в одной плоскости. Одни представители этой группы плавают в придонных слоях

воды и лишь временами используют субстрат для опоры (камбалы, скаты, бычки, ряд крабов, креветок, некоторые головоногие моллюски и др.), другие постоянно обитают на дне (многие двустворчатые и брюхоногие моллюски, некоторые морские ежи). Для защиты от врагов у организмов, обитающих на дне, выработались различные приспособления: сооружение убежищ в виде чехликов, трубок, раковин; образование на теле шипов, игл; маскировочная окраска под фон окружающей среды (рисунок 49).



Рисунок 49 – Камбала маскируется на дне

5. Организмы, свободно передвигающиеся по дну. По степени подвижности среди бентосных и перифитонных организмов выделяют формы бродячие, или **вагильные** (крабы, осьминоги, морские звезды и др.), **седентарные**, которые лежат на грунте, не делая значительных перемещений (многие моллюски, морские ежи), и прикрепленные, или **сессильные** (губки, мшанки, коралл) (рисунок 50).



Рисунок 50 – Морские губки

Малая подвижность, характерная для многих бентонтов и перифитонтов во взрослом состоянии, обычно компенсируется высокой мобильностью их молоди, ведущей пелагический образ жизни. В ряде случаев в целях смены биотопа всплывают в толщу воды и разносятся ее токами взрослые стадии бентосных форм (моллюски, олигохеты и др.).

Покидая грунт, бентонты могут то или иное время находиться в толще воды, всплывая к ее поверхности или передвигаясь в горизонтальном направлении с помощью гребли конечностями, изгибания тела или иным способом. Уже через несколько часов монолиты грунта, подвешенные над дном затона в толще воды, обильно заселялись олигохетами, моллюсками, крупными личинками хирономид и другими бентосными организмами. Широко используют течения рек для расселения высшие ракообразные.

Движение по поверхности твердого субстрата совершается путем бегания или хождения, ползания, прыганья, лазанья. Бегание и хождение на грунте

свойственно многим ракообразным, водным насекомым и их личинкам, паукообразным и позвоночным. Особенно широко оба способа передвижения используют животные, обитающие на морской литорали.

Ползание происходит с помощью амебоидных движений (корненожки), перистальтических сокращений тела (черви), конечностей (личинки ряда насекомых) и ресничек (инфузории, различные черви и др.). Часто оно осуществляется подтягиванием тела к месту прикрепления с последовательным перенесением его вперед по ходу движения. Например, осьминог присасывается щупальцами к тому или иному субстрату, затем подтягивает к месту прикрепления все тело, после чего щупальцы снова выбрасываются вперед и прикрепляются к субстрату. За счет подтягивания тела передвигаются пиявки, иглокожие и некоторые другие беспозвоночные. Способностью прыгать обладают отдельные виды брюхоногих моллюсков, прыжками путем резкого выпрямления изогнутой ноги спасается от морской звезды двустворка *Garitellinella*. Лазанье характерно для многих насекомых, которые, цепляясь лапками, могут передвигаться даже по совершенно гладким поверхностям.

В грунте животные перемещаются в узких промежутках между частицами, раздвигая их или заглатывая с последующим выбросом через анальное отверстие. Передвижение между частицами грунта возможно только для очень мелких организмов, как правило, обладающих нитевидным телом, — многих инфузорий, коловраток, нематод, личинок двукрылых. В песчанистом грунте с размерами частиц менее 0,1 мм капиллярные ходы очень малы и инфауна обычно отсутствует.

Для многих представителей бентоса характерно явление «хоминга» — возвращения в место постоянного обитания. Покидая свои убежища ради питания или других целей, животные каждый раз возвращаются «домой», руководствуясь работой самых разных органов чувств. Особенно характерен хоминг для моллюсков и высших раков. Например, моллюски *Siphonaria pectinata*, начинающие передвижение тотчас после отлива, возвращаются к исходной точке либо по уже пройденному пути, либо описав замкнутую кривую длиной до 1,5 м.

Органы движения водных животных разнообразны. Ракообразные передвигаются с помощью грудных конечностей, иглокожие пользуются амбулоскральными ножками. У моллюсков органом движения является нога.

Вопросы для самопроверки:

1. Дать характеристику прикрепленных организмов.
2. Дать характеристику сверлящих организмов.
3. Дать характеристику животных, закапывающихся и обитающих на поверхности грунта.
4. Дать определение понятию «хоминг».
5. Какие приспособления есть у организмов, обитающих на поверхности грунта?

5 Практическое занятие № 5

Способы добывания пищи водными животными

Цель: по таблицам и фиксированным препаратам изучить различные группы животных по способам добывания пищи.

Материалы и оборудование: фиксированные пресноводные моллюски, крупные кладоцеры (дафнии, моины), личинки стрекоз, хирономид, микроскоп, пинцет, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, чашки Петри.

Задание:

1. Просмотреть организмы, относящиеся к разным группам по способам добычи пищи. Определить их систематическое положение.
2. Вскрыть кишечники некоторых пресноводных моллюсков, ветвистоусых ракообразных, личинок стрекоз.
3. Законспектировать материал. Зарисовать общий вид и органы добычи пищи водных животных.

Теоретический материал

В зависимости от способов добывания пищи водных животных, преимущественно беспозвоночных, делят на шесть групп.

1. Глотающие животные. Они заглатывают грунт и используют в пищу содержащийся в нем детрит, т.е. остатки организмов, находящиеся в разной степени разложения, а также бактерий, простейших и другие мелкие формы. Глотальщики ведут в основном закапывающийся образ жизни. Это личинки хирономид, многие черви, часть видов морских звезд, морских ежей, голотурий, некоторые моллюски (рисунок 51).



Рисунок 51 – Голотурия

2. Собирающие животные. Они собирают детрит с поверхности грунта с помощью разных приспособлений: сифонов у двустворчатых моллюсков, амбулакральных ножек у большинства офиур (иглокожие), пальп у ряда многощетинковых червей, конечностей у некоторых членистоногих (рисунок 52). К собирающим относятся как закапывающиеся в грунт, так и собирающие на поверхности грунта организмы.

3. Осаждальщики (седиментаторы). Добывание пищи путем осаждения сестона (взвесь, состоящая из детрита, водорослей, бактерий и других мелких организмов) широко распространено у беспозвоночных из разных систематических групп. Так инфузории с помощью ресничек, покрывающих тело, создают водоворот в форме воронки, обращенной узкой частью к цитастому (рисунок 53). Взвешенные частицы, осаждающиеся на дне ее, поедаются. У губок вода поступает по многочисленным каналам, пронизывающим тело, в жгутиковые камеры, где сестон

осаждается на поверхности воротничковых клеток. У коловраток сестон осаждается током воды, создаваемым работой коловращательного аппарата.



Рисунок 52 – Строение многощетинковых червей

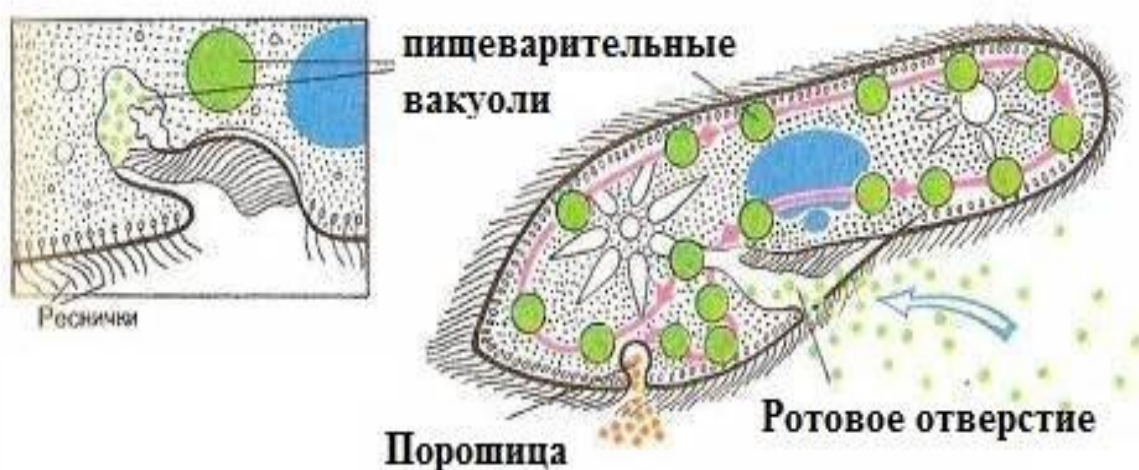


Рисунок 53 – Питание инфузории-туфельки

Многие сидячие черви, а также мшанки, плеченогие осаждают пищевую взвесь движением щупалец. Многочисленны седиментаторы среди личинок хирономид. Многие из них выстилают стенки домиков-трубок, в которых обитают, клейкими паутинными нитями. Совершая волнообразные движения тела, личинки в течение нескольких минут гонят через домик воду, а затем собирают пищевые частицы, прилипшие к клейким стенкам трубки. После этого личинки восстанавливают съеденные паутинные нити.

4. Фильтраторы. Добывание пищи путем фильтрации широко распространено как среди донных, так и среди пелагических животных. Различают активных и пассивных фильтраторов.

Активные фильтраторы создают движение воды путем постоянной работы тех или иных придатков тела и из проносящегося потока отфильтровывают сестон. К активным фильтраторам относятся как подвижные, главным образом пелагические животные (представители высших и низших ракообразных, ряд личинок двукрылых, оболочники, рыбы-планктофаги, усатые киты), так и прикрепленные (кораллы, колониальные актинии, моллюски, личинки некоторых насекомых) (рисунок 54).



Рисунок 54 – Усатый кит

У ветвистоусых ракообразных из семейств Daphnidae, Bosminidae фильтрующим аппаратом служат грудные конечности, действующие подобно насосу. Внутренние ветви (эндоподиты) 3-4-й пары двуветвистых ножек этих рачков представляют собой гребешки тонких щетинок, на которых, как на сите, остается содержащийся в воде сестон. Отфильтрованная таким образом взвесь попадает в брюшной желобок и с помощью 1-й пары конечностей направляется в ротовое отверстие. Веслоногие ракообразные создают ток воды работой 2-й пары антенн и других придатков головы, а фильтрами служат многочисленные щетинки передних челюстей (максилл) и других ротовых придатков (рисунок 55).



Рисунок 55 – *Daphnia pulex*

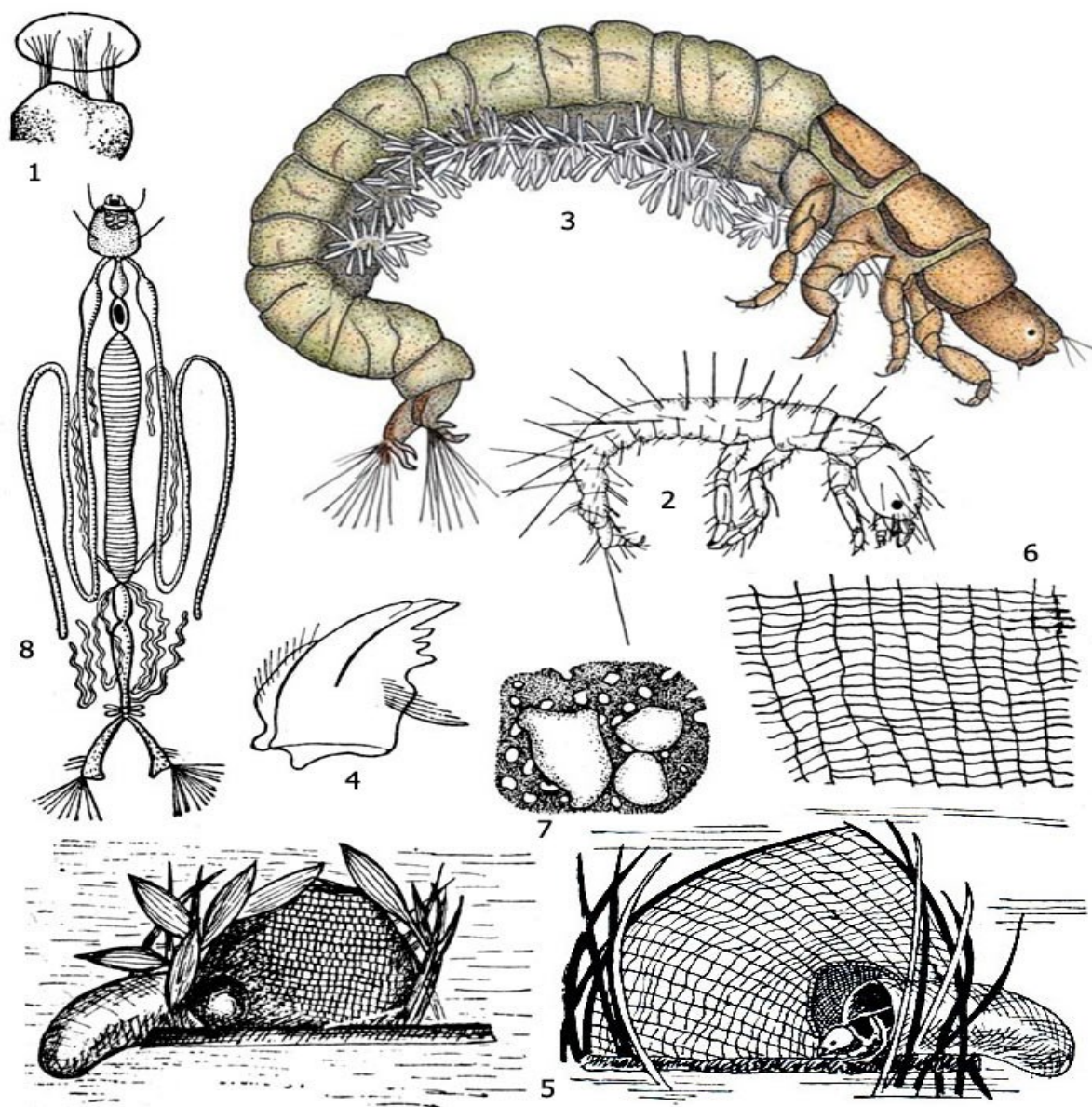
У высших ракообразных – мизид и бокоплавов – фильтрация осуществляется с помощью придатков головы, а у двустворчатых моллюсков и оболочников – с

помощью жабр. У двустворчатых моллюсков пищевая взвесь вместе с током воды через вводной сифон вносится внутрь мантийной полости. Через многочисленные мелкие отверстия жаберных пластинок вода проходит во внутренние жаберные каналы, оставляя пищевые частицы на стенках жабр, покрытых слизью. Отфильтрованные частицы взвеси, склеенные слизью, переносятся движением ресничек покровов мантии к ротовому отверстию. К активным фильтраторам относятся личинки комаров из семейства Culicidae, отфильтровывающие пищевые частицы разных размеров через щетинки ротовых придатков, расположенных на верхней губе.

Пассивные фильтраторы – обитатели текущих вод. Некоторые животные, относящиеся к этой группе, строят специальные ловчие сети из паутины или ловчие камеры. С помощью этих приспособлений улавливают пищевой материал личинки ряда видов ручейников (рисунок 56).

У личинок мошек из семейства Simuliidae, которые прикрепляются к субстрату с помощью присоски, для улавливания пищи служат веерообразные придатки, расположенные на передней части головы и состоящие из короткого основания, несущего по своему краю 40-80 сильно изогнутых щетинок. Эти веерообразные придатки морфологически соответствуют боковым лопастям верхней губы. Раскрытые веера благодаря присутствию добавочных волосков представляют собой весьма совершенный фильтрационный аппарат. Отфильтрованные пищевые частицы счищаются щетинками челюстей, когда сложенные веера вводятся в ротовую полость.

Из морских животных к пассивным фильтраторам относятся морские лилии. Их лучи развертываются веером, а щупальца лучей образуют мелкочаистую сеть, направленную навстречу течению.



1 – яйцо, приклеенное к песчинке, 2 – новорожденная личиночка, 3 – взрослая личинка, 4 – жвала личинки, 5 – ловчие сети личинки, 6 – ткань ловчей сети, 7 – заднее сито домика куколки, 8 – пищеварительный канал и прядильные железы личинки

Рисунок 56 – Ручейник. Ловчая сеть ручейника

5. Хищники. Эти животные добывают пищу или активным способом, преследую добычу, или подкарауливая ее. К охотникам относятся, кальмары, многие крупные ракообразные и личинки насекомых, морские звезды (рисунок 57).

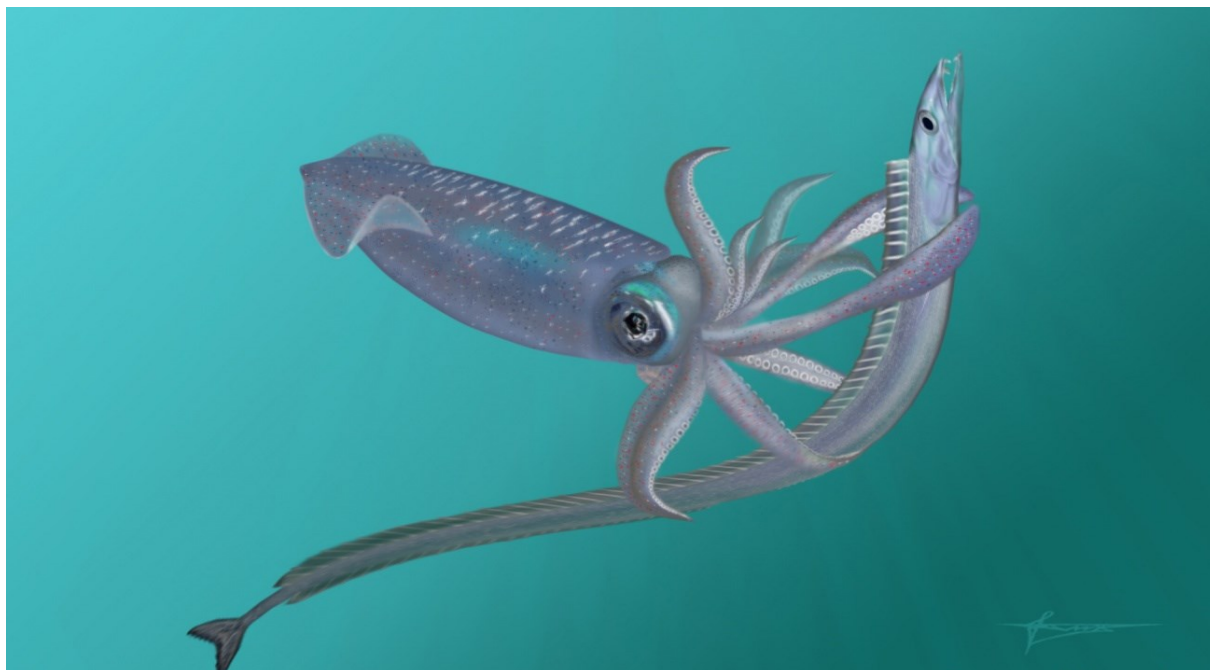


Рисунок 57 – Охота кальмара на рыбу-саблю

Подкарауливают добычу некоторые прикрепленные кишечнотелостные, личинки ряда насекомых, осьминоги.

6. Пасущиеся. Это животные, пищей которым служат водоросли, высшие водные растения, перифитон. Пастыба на скоплениях растительной пищи наблюдается у многих брюхоногих моллюсков, как пресноводных (*Limnea*, *Planorbis*), так и морских (*Patella*, *Acmea*), а также у ряда высших ракообразных (многие гаммариды, равноногие раки) (рисунок 58).

У многих животных наблюдается сочетание различных способов добычи пищи. Например, у двустворчатых моллюсков (*Unio*, *Anodonta*) активная фильтрация комбинируется с седиментацией, причем фильтрация осуществляется через поры жабр, а осаждение пищевых частиц происходит на поверхности жабр и других частей тела благодаря обильному выделению слизи моллюсками. Многие ракообразные (уконогие, веслоногие, эвфаузиевые) в зависимости от наличия тех или других видов пищи добывают ее путем активной фильтрации или ведут хищный образ жизни. Подобное явление наблюдается у многих личинок хирономид, способных изменять способ добывания пищи.



Рисунок 58 – Прудовик обыкновенный

В зависимости от состава добываемой пищи водных животных делят на **стенофагов и эврифагов**. У стенофагов состав пищи однообразен. Стенофагия наблюдается в условиях стабильной кормовой базы. Она характерна для животных с коротким жизненным циклом, причем их питание не зависит от сезонных изменений состава пищи. Стенофагия чаще наблюдается в водоемах низких широт, где кормовая база более устойчива. Эврифаги или полифаги питаются многими объектами. В целом в населении водоемов преобладают эврифаги.

Вопросы для самопроверки:

1. На какие группы делятся водные животные в зависимости от способов добывания пищи?
2. Дать характеристику организмов-седиментаторов.
3. Как добывают пищу активные и пассивные фильтраторы?
4. Дать примеры организмов глотающих, собирающих, пасущихся.
5. Каковы различия между эври- и стенофагами?

6 Практическое занятие № 6

Органы дыхания водных животных

Цель: по таблицам и фиксированным материалам изучить типы и органы дыхания водных животных.

Материалы и оборудование: набор фиксированных организмов: олигохеты, ракообразные – *Leptodora*, *Asellus*, *Astacus*, насекомые и их личинки из отрядов *Trichoptera*, *Ephemeroptera*, *Coleoptera*, *Odonata*, личинки двукрылых из семейств *Syrphidae*, *Stratiomyidae*, *Culicidae*, *Chaoboridae*, микроскоп, пинцеты, препаровальные иглы, чашки Петри, стекла предметные и покровные.

Задание:

1. Познакомиться с особенностями строения органов дыхания водных животных. Определить тип органов дыхания.
2. Зарисовать общий вид и органы дыхания рассматриваемых организмов.
3. Законспектировать материал.

Теоретический материал

Гидробионты дышат растворенным в воде кислородом, за исключением вторичноводных животных, сохранивших воздушный способ дыхания. Некоторые организмы дышат всей поверхностью тела (кожное дыхание), другие при помощи специальных выростов, носящих название жабр (кровяных жабр) и трахейных жабр.

Кожное дыхание. Характерно для малощетинковых червей (олигохеты), личинок двукрылых из семейств *Ceratopogonidae* (мокрецы) и *Chaoboridae*, ветвистоусых ракообразных *Leptodora*, *Polyphemus* (рисунок 59). Кожное дыхание у них осуществляется через головной щит. Для того чтобы рассмотреть его, рачка помещают в раствор перманганата калия слабо-розового цвета. Он окрашивает головной щит в коричневатый цвет.



Рисунок 59 – *Leptodora kindtii*

Кожное дыхание распространено у животных с большой удельной поверхностью тела, т.е. малых размеров и часто имеющих многочисленные выросты, лопасти и другие придатки. Наружные покровы этих организмов очень тонкие, нежные, что способствует повышению их проницаемости. Кожное дыхание свойственно простейшим, кишечнополостным, губкам, коловраткам, ресничным и малощетинковым червям, веслоногим ракообразным, моллюскам и др.

Жабры имеют вид тонкостенных выростов, внутри которых находится сильно разветвленная капиллярная сеть кровеносных сосудов. Кровяные жабры водных организмов, в отличие от органов дыхания наземных животных, представляют собой наружные выросты, приспособленные к получению кислорода из окружающей воды. Могут располагаться на различных участках тела. Жабры имеются у моллюсков двустворчатых и брюхоногих *Anodonta*, *Unio*, *Valvata*, других представителей подкласса переднежаберных, ракообразных (гаммарус, речной рак).

У гаммаруса жабры расположены с внутренней стороны 2-7-й пар грудных конечностей. Они имеют листовидную форму, иногда снабжены 1-2-пальцевидными выростами. У речного рака на препарате или на учебных таблицах следует рассмотреть жабры, которые находятся под головогрудным щитом, при основании грудных ножек, имеют вид кустистых пучков (рисунок 60). У водяного ослика необходимо приподнять крышечку, состоящую из двух половинок и прикрывающую нижнюю поверхность брюшка. Под ней находятся двуветвистые пластинчатые плавательные ножки, служащие органами дыхания.

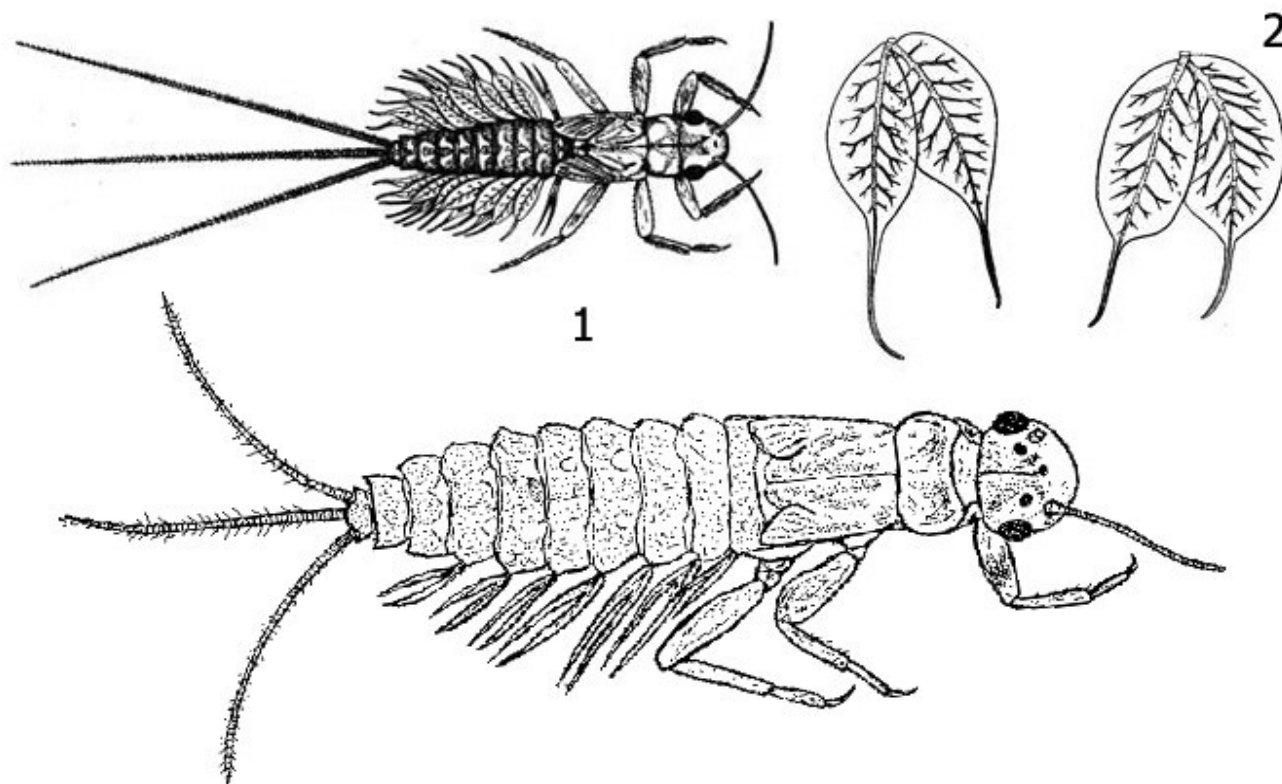


Рисунок 60 – Жабры речного рака

Трахейные жабры (личинки поденок, ручейников и стрекоз из подотряда равнокрылых).

Личинки ряда насекомых, приспособившихся к дыханию кислородом, растворенным в воде, имеют трахейные жабры (поденки, веснянки, стрекозы, ручейники, некоторые двукрылые). Их замкнутая трахейная система сообщается с внешней средой с помощью жабр, представляющих собой тонкостенные наружные или значительно реже внутренние выросты. Внутри жабр проходит сильно

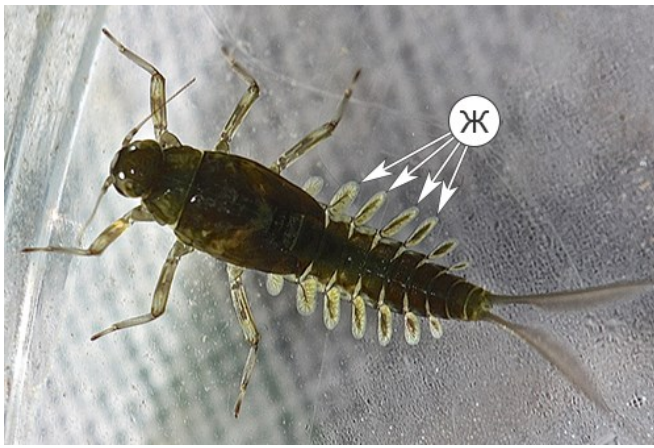
ветвящаяся сеть трахейных капилляров. Трахейные жабры, расположенные на разных участках тела, имеют различную форму – простые пластинчатые, перистые, в виде пучков нитей (рисунки 61, 62).



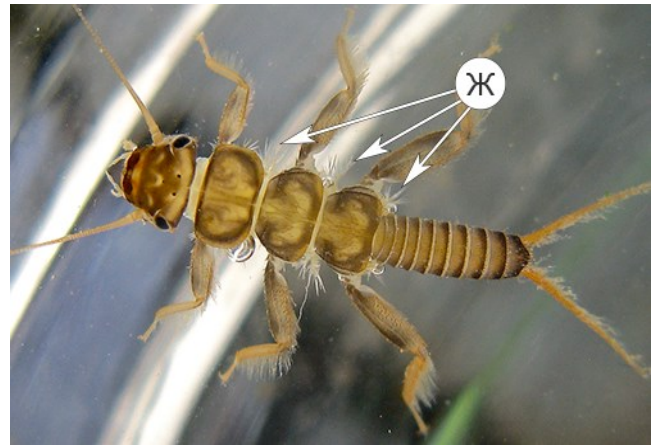
1 – личинка и трахейная жабра *Leptophlebia vespertina*, 2 – трахейная жабра личинки *Leptophlebia marginata*

Рисунок 61 – Личинки подёнки рода *Leptophlebia* и трахейные жабры

У личинок стрекоз из подотряда разнокрылых трахейные жабры находятся в прямой кишке, расширяющейся перед анальным отверстием и образующей объемистый жаберный пузырь, в стенках которого расположены продольными рядами многочисленные тонкостенные выросты кишечного эпителия, являющиеся трахейными жабрами. К каждому выросту подходит веточка трахеи, распадающаяся затем на сеть трахейных капилляров.

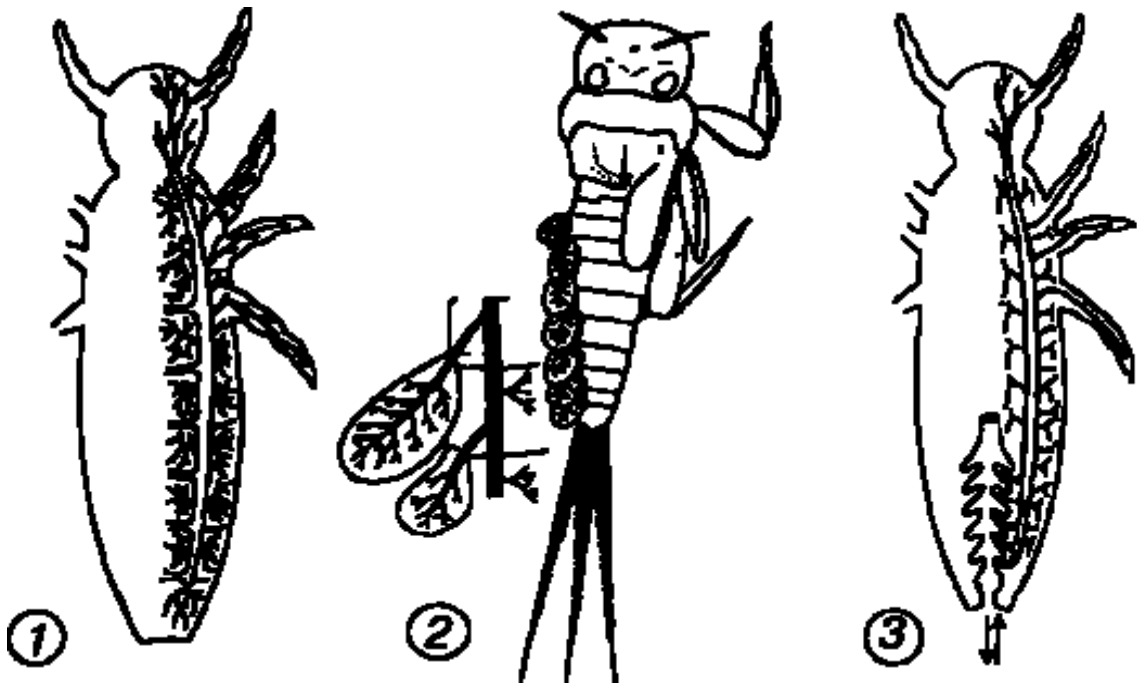


а



б

Рисунок 62 – Трахейные жабры (а – поденки; б – веснянки)



1 – замкнутая, без дыхалец и дополнительных выпячиваний трахейная система – многие мелкие насекомые; 2 – с наружными дополнительными жаберными листками – личинки поденок; 3 – трахейные жабры в полости прямой кишки, газообмен происходит при наборе и выталкивании воды для реактивного движения – личинки стрекоз

Рисунок 63 – Трахейные жабры личинок насекомых

Дыхание атмосферным воздухом (жук-плавунец (имаго и личинки), личинки двукрылых насекомых из семейства Syrphidae – крыски, Stratiomyidae – львинки, Culicidae – кровососущие комары).

Подавляющее большинство вторичноводных животных дышит атмосферным кислородом. Для вентиляции своих органов дыхания они периодически поднимаются к поверхности. Так, например, легочные моллюски подвешиваются к поверхности воды, открывают вход в дыхательную полость, в которой находится запас воздуха на время погружения в воду. Жуки и их личинки через дыхальца, находящиеся обычно на конце тела, забирают свежий воздух в трахеи в количестве, необходимом им для длительного нахождения под водой. Многие личинки насекомых забирают воздух из атмосферы через специальные дыхательные трубки, выставляемые над поверхностью воды.

Некоторые животные, например водяной паук *Argyroneta*, дышат газообразным кислородом и в толще воды. Для этого паук строит под водой колокол и заполняет его воздухом, приносимым на брюшке с поверхности. Колокол находится обычно среди растений (рисунок 64).



Рисунок 64 – Воздушный колокол водяного паука

Многие животные способны к комбинированному воздушному и водному дыханию. Так, способностью забирать кислород из воды и из воздуха обладают многие легочные моллюски, некоторые высшие ракообразные и др. Например, представители рода *Limnea*, обитающие в прибойной зоне побережья, где подъем к поверхности для забора воздуха затруднен, наполняют полость легкого водой и переходят к водному дыханию.

Вопросы для самопроверки:

1. Каковы способы дыхания у гидробионтов?
2. Каковы органы дыхания высших ракообразных?
3. Каково строение трахейных жабр, их форма у личинок разных отрядов насекомых?
4. Привести примеры гидробионтов с кожным дыханием.

7 Практическое занятие № 7

Некоторые методы определения продукции водных организмов

Цель: познакомиться с методами определения первичной и вторичной продукции, а также способами повышения биологической продуктивности водных экосистем.

Материалы и оборудование: наборы фиксированных или живых макрофитов, фиксированные личики хирономид, весы, кюветы, пинцеты, фильтровальная бумага, микроскоп, чашки Петри, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, линейка.

Задание:

1. По наборам макрофитов рассчитать годовую продукцию одного из представителей макрофитов, личинок хирономид.
2. Законспектировать материал.

Теоретический материал

В результате роста и размножения организмов происходит постоянное образование органического вещества, т.е. увеличение их биомассы. Все производимое гидробионтами органическое вещество называется **продукцией (Р)**, выражаемой в единицах массы или эквивалентных им единицах энергии и рассчитываемой на единицу времени (сутки, месяц, год). Различают первичную и вторичную продукцию.

Под **первичной продукцией** понимают органическое вещество, создаваемое фотосинтезирующими растениями.

Вторичную продукцию образуют животные, питающиеся растениями или другими животными.

При определении величины продукции пользуются двумя группами методов: расчетными и прямыми.

При расчетных методах применяют различные сочетания таких данных, как скорость роста и размножения организмов, возрастная структура популяций, динамика численности и биомассы и др. Основываясь на этих исходных данных, рассчитывают продукцию. Продукционные исследования, основанные на расчетных методах, требуют знания многих параметров, кропотливого сбора различных данных и сложных расчетов. Достоинством этих методов является возможность оценки роли в продукционном процессе отдельных видов, составляющих сообщество.

Прямые методы относительно просты. Суть их – в непосредственном измерении скорости синтеза органических веществ. Эти методы используют в настоящее время только при изучении первичной продукции. Расчетные методы применяют для определения продукции животных, обычно по видовым популяциям.

Методы определения первичной продукции. Фитопланктон. Мерой величины продукции фитопланктона служит скорость образования органического вещества в процессе фотосинтеза. Одновременно с фотосинтезом происходит дыхание растений, в процессе которого, органическое вещество разрушается, потребляется кислород и выделяется углекислота (диоксид углерода). В темноте фотосинтез прекращается, т.е. не происходит поглощения диоксида углерода, выделения свободного кислорода и образования органического вещества. Дыхание продолжается и в темноте, с той же скоростью, что и на свету. Поэтому путем сравнения результатов двух процессов жизнедеятельности водных организмов – фотосинтеза и дыхания в дневное и ночное время – можно получить представление о величине первичной продукции.

Различают валовую и чистую первичную продукцию. Под **валовой первичной продукцией** понимают все органическое вещество, образующееся в процессе фотосинтеза.

Чистая продукция равна валовой за вычетом той ее части, которая расходуется на дыхание растений.

Интенсивность фотосинтеза учитывается или по количеству выделенного кислорода, или по количеству синтезированного органического вещества (углерода). На основе этих показателей разработаны два основных метода, которыми пользуются

при изучении первичной продукции, – кислородный и радиоуглеродный. Мы остановимся на описании первого из них, отличающегося простотой и удобством применения в полевых условиях. В изучаемом водоеме батометром берут с разных горизонтов воду. Ее разливают в светлые и темные склянки с притертыми пробками. Объем склянок в зависимости от степени развития фитопланктона, колеблется от 60 до 500 мл. Если в эвтрофных водоемах пользуются склянками объемом 60-100,мл, то в олиготрофных озерах соответственно склянками объемом 250-500 мл. "Темнота" в склянках достигается обертыванием их фольгой, клеенкой, черной плотной материей, можно пользоваться и мешочками с плотными швами из такого же материала.

С помощью различных приспособлений (штативы, кольца и др.) склянки подвешивают на тросе на соответствующих глубинах (рисунок 65).

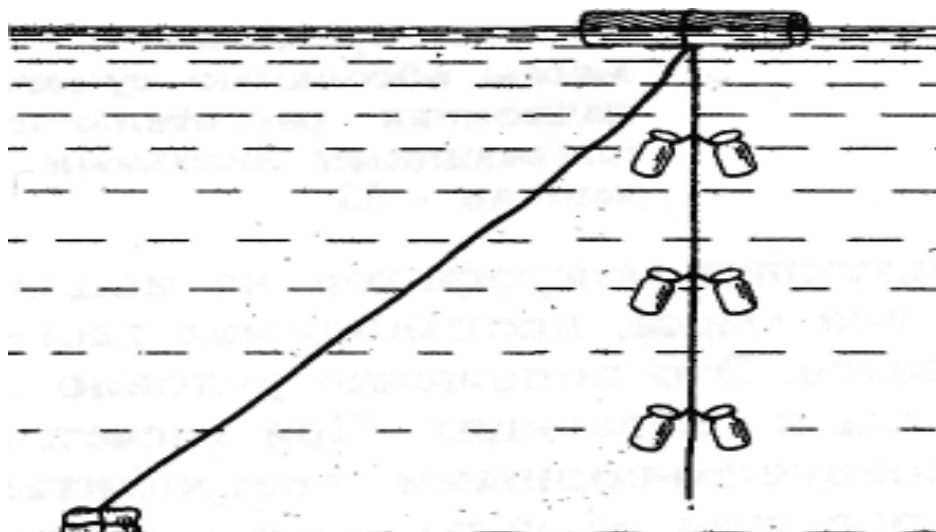


Рисунок 65 – Отбор проб воды на разных горизонтах

Продолжительность пребывания склянок в водоеме обычно равна 24 ч. При этом учитывается то, что на протяжении суток начинаются и заканчиваются циклические изменения освещения и других условий. Однако при сильном "цветении", когда в результате интенсивного фотосинтеза резко подщелачивается среда, уменьшается содержание биогенных элементов и происходят другие

изменения, вызывающие замедление фотосинтетической деятельности фитопланктона, экспонирование склянок не должно превышать 2-6 ч.

Если работа ведется на судне, длительная стоянка которого невозможна, склянки помещают в инкубатор, где для освещения используют солнечный или искусственный свет и применяют различные приспособления для регулирования температуры и освещенности.

Разница в содержании кислорода в светлых и темных склянках после экспозиции показывает величину фотосинтеза фитопланктона. Порядок проведения работы по определению первичной продукции на водоеме следующий.

1. В месте отбора проб измеряют прозрачность воды белым диском и определяют границу фотического (светового) слоя. Принимают, что граница его соответствует утроенной глубине прозрачности по белому диску (пиранометр позволяет точно определить границу фотического слоя – это глубина, куда проникает 1 % поверхностной солнечной радиации). В пределах фотической зоны определяют глубины, на которых помещают склянки. Обычно берут 5-7 горизонтов. Например, в водоемах с относительной прозрачностью около 2 м такими глубинами являются 0; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 м. Более частое расположение первых горизонтов обусловлено необходимостью зафиксировать максимум фотосинтеза, который находится в верхней части фотической зоны, задерживающей около половины проникающего света.

2. Пробы берут батометрами объемом 1 л или более. Из них немедленно заполняют склянки со всеми предосторожностями, необходимыми при анализе кислорода (трубка сифона должна быть опущена до дна склянки; часть воды переливается через край; необходимо следить за тем, чтобы под пробкой не осталось пузырька воздуха). Для каждого горизонта заполняют 5 склянок. В одной склянке кислород фиксируют сразу. Остальные склянки – две светлые и две темные – экспонируют. После экспозиции в течение установленного времени (24 ч или другой период) все пробы фиксируют для определения содержания кислорода методом Винклера. При этом удобно титровать не все содержимое склянки, а некоторый объем, отбираемый пипеткой. При этом способе возможно повторное

титрование и нет необходимости в точной калибровке склянок.

3. Разница между содержанием кислорода в исходной воде в момент заполнения склянок и его содержанием по истечении экспозиции в затемненной склянке соответствует потреблению кислорода на окисление органического вещества. Разность между содержанием кислорода в светлой и затемненной склянках после экспозиции показывает величину фотосинтеза фитопланктона. Количество кислорода ($\text{мг O}_2/\text{л}$), растворенного в воде, рассчитывают по формуле:

$$\text{O}_2 = nNK \times 8 \times 1000 / V - 2, \quad (1)$$

где

n - количество тиосульфата, пошедшего на титрование;

N - нормальность тиосульфата;

K - поправка на нормальность тиосульфата;

8 - эквивалентная масса O_2 ;

V - объем титрованной пробы;

2 - количество утерянной пробы (при титровании всего объема склянки);

1000 - пересчет на 1 л пробы.

Поправочный коэффициент K нормальности тиосульфата определяют следующим образом.

В коническую колбу объемом 100-150 мл добавляют 10 мл 10 % йодистого калия, 35-50 мл дистиллированной воды, 15 мл 0,02 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и 10 мл HCl , тщательно перемешивают и дают постоять в течение 2-3 мин. Затем раствор титруют тиосульфатом до соломенно-желтой окраски, добавляют 1 мл раствора крахмала и титруют до полного обесцвечивания. Поправочный коэффициент на нормальность тиосульфата рассчитывают по формуле:

$$K = V_1 \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 / V_2 \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, \quad (2)$$

где V_1 и V_2 соответственно объемы тиосульфата и двуххромовокислого калия.

Поправочный коэффициент следует рассчитывать перед каждой серией определений.

4. При расчете первичной продукции принимают следующие обозначения:

V^H_C - начальное содержание O_2 в склянке перед экспонированием;

V_c - количество O_2 в светлой склянке после экспонирования;

V_T - количество O_2 в темной склянке после экспонирования;

t - время экспозиции в часах.

Первичную продукцию [$mgO_2 (л \times ч)$] рассчитывают по следующим формулам:

$$\text{Валовая продукция } P_{\text{вал}} = V_c - V_T / t \quad (3)$$

$$\text{Чистая продукция } P_{\text{чист}} = V_c - V_c^H / t \quad (4)$$

$$\text{Деструкция } D = V_c^H - V_T / t \quad (5)$$

Высшая водная растительность. Продукцию высших водных растений устанавливают путем определения весовым методом их надземной растительной массы. Учет этот производится в период массового цветения растений, когда фитомасса оказывается максимальной для всего вегетационного периода. Ряд исследователей условно приравнивают эту максимальную величину к годовой продукции растений. Однако было установлено, что обе эти величины не всегда совпадают. У некоторых видов годовая продукция превышает максимальную фитомассу, а у других растений может быть меньше ее. Поэтому при определении продукции высших водных растений по максимальной фитомассе необходимо учитывать поправки, т.е. надбавку к найденной фитомассе в 10-20 %.

Определение надземной фитомассы производится на учетных площадках площадью 0,25; 0,5; 1 m^2 .

Годовую продукцию высшей водной растительности выражают в единицах массы воздушно-сухого, абсолютно сухого, органического вещества, углерода (C) с единицы площади и в энергетических единицах. Годовую продукцию вычисляют по следующим формулам:

$$\text{Для надводных и погруженных растений } P = 1,2 V_{\text{макс}}, \quad (6)$$

где

P - годовая продукция;

$V_{\text{макс}}$ - максимальная надземная фитомасса.

$$\text{Для растений с плавающими на поверхности листьями } P = 1,2B + Wn, \quad (7)$$

где

Р - годовая продукция;

В - фитомасса;

W - средняя масса листа;

n - число мутовок, лишенных листьев.

За среднюю массу разрушающегося листа принимают среднюю массу неповрежденного листа.

При расчете годовой продукции макрофитов на водоем в целом обычно исходят из того, что вся масса, производимая растительностью водоема, целиком в нем остается. Это положение условно можно принять для растений погруженных и плавающих. При расчетах же растительной массы, вносимой воздушно-водными макрофитами, нужно принимать во внимание, что известная ее часть изымается из водоема: выбрасывается на берег, остается на обмелевших участках в виде сухостоя, выкашивается. Однако учесть это количество очень трудно, так как эти процессы в водоемах различных типов и различных климатических зонах развиваются неодинаково. Общая фитопродукция (Р): сырая, воздушно-сухая, абсолютно сухая (ц, т) определяется по формуле:

$$P=1,2B \text{ и } P=1,2B+Wn, \quad (8)$$

где

Р - общая фитопродукция;

В - фитомасса; W – средняя масса листа;

n - число мутовок, лишенных листьев.

Методы определения вторичной продукции. Вторичную продукцию обычно рассчитывают на единицу площади или объема за те или иные сроки. Величина продукции выражается в единицах массы сырого, сухого вещества, в энергетических единицах или в количестве образующихся белков, жиров, углеводов.

Для определения вторичной продукции существует много различных методов, основанных на использовании данных о росте особей различного возраста и пола, возрастной структуре популяции, ее средней биомассе и др. Эти материалы

могут быть получены в результате проведения длительных наблюдений на водоеме и экспериментов в лаборатории.

Все существующие методы расчета продукции можно сгруппировать в три основные схемы: 1) продукция оценивается как изменение наличной биомассы плюс биомасса изъятая (элиминированная) за период наблюдений в результате различных процессов (естественная смертность, выедание другими животными, вылет имаго); 2) для расчета продукции используют данные по росту, размножению особей и возрастной структуре популяции; 3) для расчета используют данные по динамике численности популяции. Во избежание анализа роста особей и возрастной структуры для всех особей принимается некоторая средняя масса. Продукцию определяют по скорости размножения. Этот способ расчета наиболее часто используется для определения продукции бактерий и простейших, размножающихся делением надвое.

Ознакомимся с методом определения продукции личинок хирономид, разработанным Боруцким (1939). Этот метод основан на первой из указанных выше схем.

Хирономиды в личиночной стадии представляют важнейшую часть бентоса внутренних водоемов. В европейской части России у хирономид в течение вегетационного периода наблюдается два срока размножения и рождения молоди и соответственно наличие двух генераций (поколений). Первый вылет имаго перезимовавшего поколения и откладка яиц происходят в мае-июне. В водоемах появляется масса молоди, которая в последующие месяцы интенсивно растет. В конце июля — начале августа происходит окукливание и вылет имаго этого поколения. В конце августа или в начале сентября появляется молодь осеннего поколения. Таким образом, весь цикл развития хирономид летом завершается в зависимости от метеорологических условий за 1-1,5-месяца.

Цикл развития осеннего поколения растягивается на 8-9 месяцев. Хирономиды проходят 4 личиночные стадии, причем на первой ведут преимущественно планктонный образ жизни. Переход в следующую возрастную стадию совершается в результате линьки, но личинки растут и в межличинный

период, благодаря чему их размеры в пределах каждой возрастной стадии сильно варьируют. Наиболее надежным критерием для различения возрастных стадий служит диаметр головной капсулы, который при линьке увеличивается скачкообразно в 1,6-1,8 раза.

Для личинок, близких к окукливанию, характерна темно-красная окраска, грудной сегмент заметно утолщен. Для расчета продукции хирономид производится отдельный количественный учет всех фаз метаморфоза вида.

1. С помощью тщательных количественных сборов бентоса (дночерпателем) в водоеме устанавливают область распространения изучаемого вида. На разных глубинах и грунтах выбирают постоянные пункты (станции) для отбора проб.

2. Промежутки между повторными наблюдениями устанавливают в зависимости от сезонных особенностей биологии и местообитания вида. Чем короче жизненный цикл, тем чаще следует брать пробы! Летом – еженедельно, весной и осенью – 2 раза в месяц, зимой – 2-3 раза. Необходимо отметить, что наибольший прирост массы наблюдается незадолго до окукливания, т.е. на последней личиночной стадии. Для расчета продукции необходимо, тщательно учитывать этот период.

3. При анализе дночерпательных проб необходимо отдельно учитывать мертвых личинок и куколок; их легко отличить от живых особей по слабой эластичности покровов.

4. Количество вылетающих насекомых определяют с помощью различных ловушек (рисунок 66). Она имеет вид пирамиды, сделанной из нержавеющей металлической сетки с широким открытым основанием площадью 0,1 м². К верхнему концу пирамиды прикрепляют металлическую трубку, на которую надевают стеклянную банку объемом 200-500 мл. Ловушки ставят в воду по несколько штук. Ловушки помещают над дном, под поверхностью, а иногда на половине глубины изучаемого водоема. В банки наливают некоторое количество воды так, чтобы при опускании прибора направленная вверх часть банки сохранила воздух. Куколки, поднявшись через пирамиду в банку, превращаются в имаго. Установку для сбора

насекомых осматривают не реже одного раза в два дня. Собранных имаго подсчитывают и взвешивают. В тех случаях, когда взвешивание имаго осуществить не удастся, для определения их биомассы пользуются массой личинок длиной более 21 мм, т.е. прошедших все линьки. Среднюю массу этих личинок умножают на количество учтенных имаго.

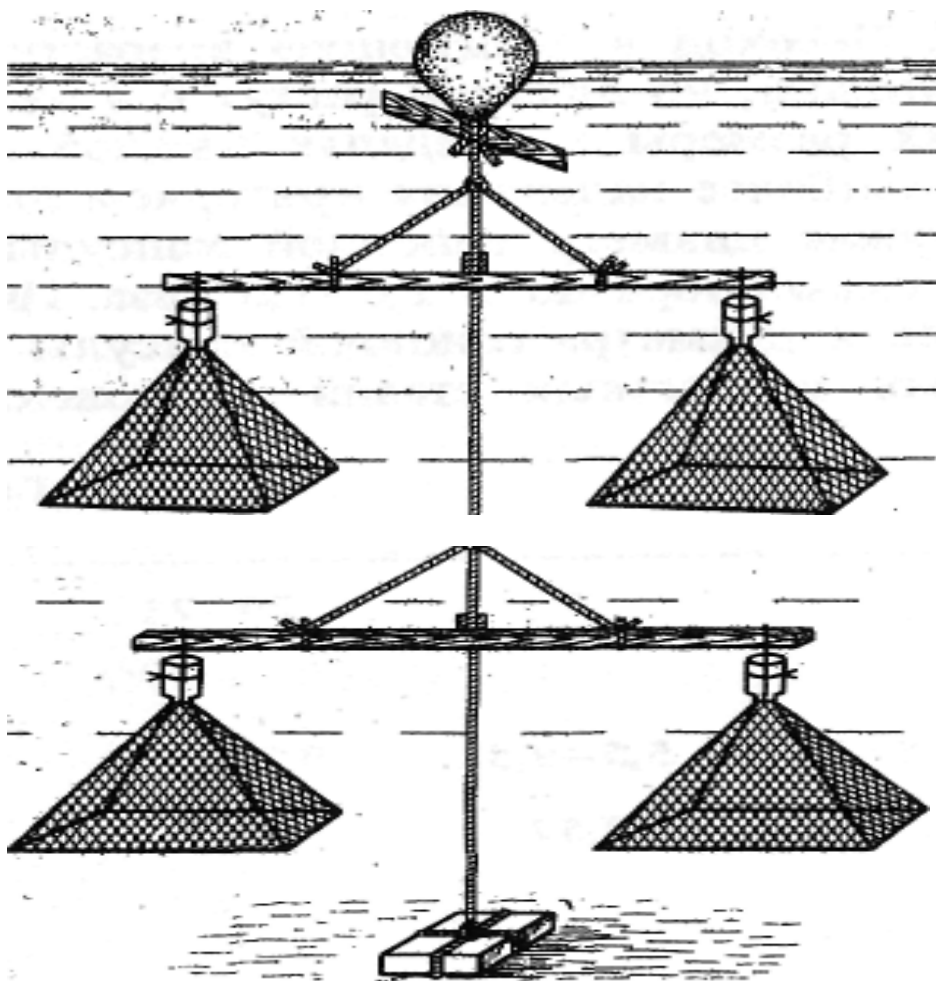


Рисунок 66 – Установка для учета вылетающих насекомых

5. Путем наблюдения за динамикой численности и биомассы популяции определяют момент ее максимальной численности при появлении нового поколения. Эту величину берут для начала расчетов, так как в дальнейшем происходит уменьшение численности личинок, увеличение их средней массы.

6. В каждой пробе личинок измеряют, подсчитывают по размерным группам и взвешивают на аналитических или торсионных весах. Параллельно с живой массой

определяют массу сухого вещества (при температуре 60 °С по достижении постоянной массы).

В результате обработки проб, собранных до вылета исследуемого поколения хирономид, рассчитывают общее количество мертвых личинок и куколок N_m , количество вылетевших имаго N_i и количество личинок, оставшихся к концу периода наблюдений N_r . Таким образом, численность личинок одного поколения, когда нет размножения, может быть представлена следующим равенством:

$$N_{\max} - N_r = N_m + N_i + N_f \quad (9)$$

где

$N_{\max}$ - начальное общее число личинок во время максимальной численности молоди;

N_f - количество личинок, съеденных хищными беспозвоночными и рыбой.

Очевидно, что: $N_f = N_{\max} - (N_m + N_i - N_k)$.

7. Для перехода от численности к биомассе, а затем к расчету продукции пользуются данными средних масс личинок каждой возрастной стадии. Среднюю массу отмерших личинок (W_m) приравнивают к массе живых хирономид соответствующего размера. Массу личинок, уничтоженных различными бентофагами (W_f), определяют по средней массе личинок за весь рассматриваемый период, так как размеры и возрастные стадии съеденных личинок учету не поддаются. Средние массы личинок в начале ($W_{\max}$) и в конце (W_r) наблюдений рассчитывают по данным непосредственного взвешивания личинок из собранных проб.

Определив средние массы личинок в исследуемых пробах, рассчитывают их биомассу: $B_1 = W N$ и вычисляют продукцию по уравнению:

$$P = B_m + B_i + B_f + B_d + (B_2 - B_1), \quad (10)$$

где

B_m - биомасса отмерших личинок и куколок;

B_i - биомасса вылетевших имаго;

B_f - биомасса съеденных личинок и куколок;

B_d - потеря вещества при метаморфозе; она принимается равной 30-35 % массы личинок перед окукливанием;

B_2 -конечная и B_1 - начальная биомасса.

Рассмотренный метод Боруцкого расчета продукции личинок хирономид может быть применен и для других групп насекомых в тех случаях, когда вид имеет небольшое число хорошо различающихся поколений со сравнительно кратковременными периодами вылета и рождения молоди.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое продукция, в каких единицах она выражается, каковы ее категории?
2. Описать методы определения продукции – расчетные и прямые.
3. Охарактеризовать кислородный метод определения первичной продукции.
4. Дать определение продукции макрофитов.
5. Описать методы расчета вторичной продукции.
6. Охарактеризовать метод Боруцкого расчета продукции личинок хирономид.
7. Дать характеристику циклов развития хирономид.

8 Практическое занятие № 8

Флора и фауна морских водоемов

Цель: изучить и зарисовать типичных представителей флоры и фауны морских водоемов.

Материалы и оборудование: наборы беспозвоночных и рыб, гербарные образцы водных растений Каспийского моря, микроскоп, пинцеты, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, чашки Петри.

Задание:

1. По таблицам и фиксированным препаратам изучить и зарисовать типичных представителей флоры и фауны Каспийского моря.
2. По таблицам определить систематическое положение беспозвоночных животных Каспийского моря.
3. Законспектировать материал.

Теоретический материал

Каспийское море – море-озеро, внутренний, или замкнутый, водоем. Это своеобразный водный объект нашей планеты, сочетающий в себе признаки, свойственные и морю, и озеру. Непосредственная связь с Мировым океаном утрачена в начале четвертичного периода (таблица 1).

Каспийское море – самое большое на Земле солоноватоводное озеро (рисунки 67, 68). Сегодня Россия имеет выход только к Северному Каспию и дагестанской части западного побережья Среднего Каспия. Воды Каспийского моря омывают берега таких стран, как Азербайджан, Иран, Туркмения, Казахстан.

Каспийское море имеет обширный водосборный бассейн, с площадью – около 3,5 млн. км². Характер ландшафтов, климатические условия и типы рек различны. Несмотря на обширность водосборного бассейна, только 62,6 % его площади

приходится на сточные области; около 26,1 % – на бессточные. Площадь самого Каспийского моря – 11,3 %.

Таблица 1 – Некоторые морфометрические характеристики Каспийского моря

Море	Площадь поверхно- сти воды, км ²	Объем, км ³	Сред- няя глубина, м	Наиболь- шая глубина, м	Продолжительность ледостава	
					Средние сроки	
					замерзания	вскрытия
Каспийское море	371.000	78.000	209	1.025	Северная часть	
					Декабрь- январь	Март- апрель
					Южная часть не замерзает	

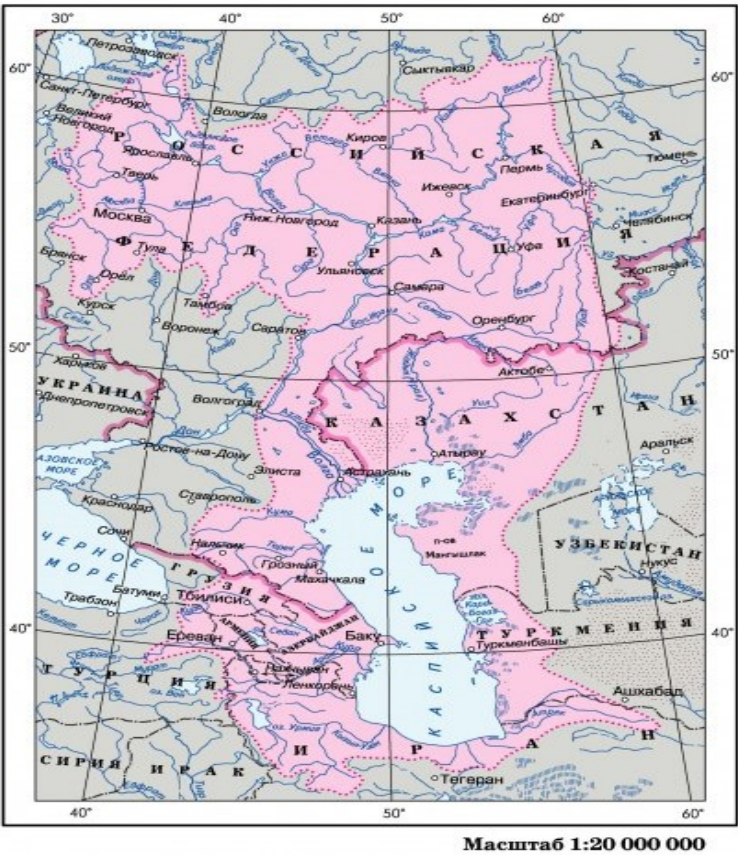


Рисунок 67 – Бассейн Каспийского моря

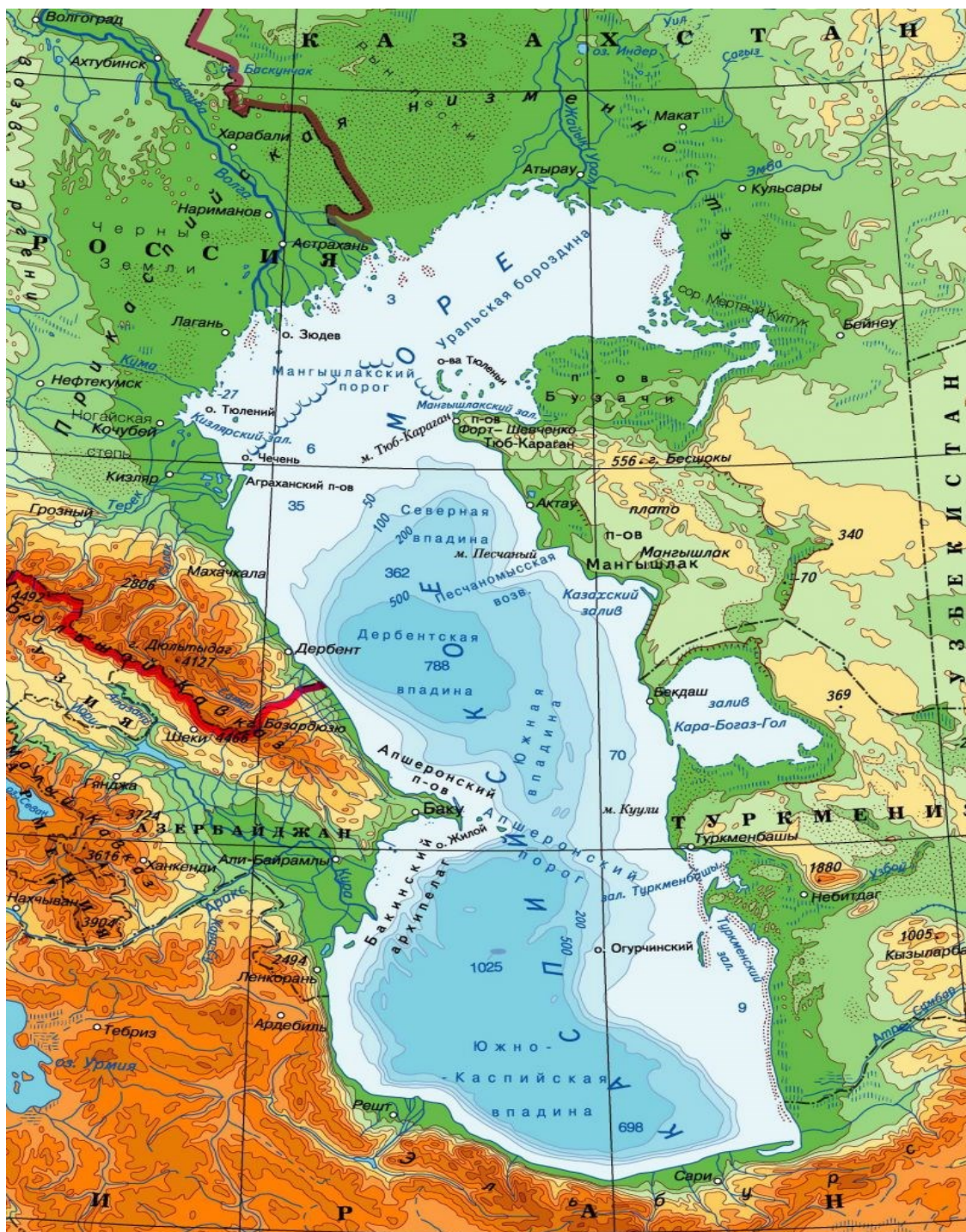


Рисунок 68 – Каспийское море-озеро на карте

Озеро почти на 10° вытянуто в меридиональном направлении. Из-за большой меридиональной протяженности море находится в пределах разных климатических зон. Северный Каспий – в умеренном континентальном климате, юго-западное и Южное побережье – в субтропическом. У восточного побережья господствует

климат пустынь. Неравномерно распределена речная сеть. В Каспийское море впадают 130 рек, но почти все они расположены на севере и западе (а восточный берег вообще не имеет ни одной реки, достигающей моря). Более 90 % всего пресного стока приходится на Северный Каспий (реки Волга, Урал, Терек), 9 % – на западную часть моря, примерно 1 % стекает с территории Ирана; на востоке нет ни одного постоянного водотока. Эти причины формируют большое разнообразие гидрологических условий, которые изменяются не только с севера на юг, но и с запада на восток (рисунок 69).



Рисунок 69 – Реки, впадающие в Каспийское море

Котловина моря резко разделяется на три части: северную мелководную с глубинами менее 26 м, среднюю – с глубинами до 788 м и Южную глубоководную котловину с глубинами до 1.025 м. Средний и Южный Каспий разделены между собой высоким порогом, глубина над которым не превышает 100 м.

Берега моря довольно изрезаны, образуют несколько достаточно крупных заливов. Самый большой из них – залив Кара-Богаз-Гол, соединяющийся с морем очень узким проливом с тем же названием (рисунок 70). К югу от Апшеронского полуострова много банок и островов с грязевыми вулканами. В Северном Каспии много банок и кос, сложенных песком и ракушечником и часто меняющих свои очертания.



Рисунок 70 – Залив Кара-Богаз-Гол

Распределение донных осадков связано с морфологическими особенностями моря, циркуляцией вод, климатическими особенностями, материковым стоком (рисунок 71).



Рисунок 71 – Донные осадки Каспийского моря

Благодаря мелководности, незначительным уклонам дна, большой динамичности вод в северной части Каспия отлагаются главным образом крупнозернистые терригенные и биогенные осадки (песок, илистый песок) с примесью ракушки. Лишь кое-где в понижениях встречаются илы и песчаные илы. Большое испарение приводит к образованию у восточных берегов оолитовых зерен. В центральной котловине характер осадков меняется с запада на восток. На западном склоне преобладает обломочный терригенный материал, на восточном из-за отсутствия стока – грунты биогенного происхождения, особенно ракушечник. Дно центральной глубоководной части покрыто тонкими илами. В Южном Каспии характер распределения грунтов примерно такой же. Местами на дне обнажаются коренные породы – древние известняки и глины, в понижениях дна – илистый песок, песчаный ил, ил. У Южного побережья почти параллельно берегу лежат кварцевые пески.

Прозрачность вод сравнительно небольшая: от одного метра у устьев рек и 4 м в Северном Каспии до 12-17 м в открытых частях Южного Каспия. Цвет воды зеленоватый (до бурого у впадения рек).

Каспийское море лежит ниже уровня океана. Ему характерны многолетние (вековые) колебания уровня, которые вызываются разнообразными причинами. В двадцатом столетии самый низкий уровень, минус 29 м, отмечен в 1977 г. Это самая низкая отметка за последние 400-500 лет. В 1978 г. началось повышение уровня, и в 1990 г. отметка уровня составила – 27,5 м. Хорошо выражены сезонные колебания уровня (с амплитудой до 30 см и более) с минимумом в декабре-феврале и максимумом в июне-августе, связанные с сезонностью в ходе основных элементов водного баланса. Больших величин достигают стгонно-нагонные колебания уровня, амплитуда которых в Северном Каспии достигает 5 м. Наблюдаются сейши. Приливные колебания не превышают 3 см (рисунок 72).

Масштаб 1:4 000 000

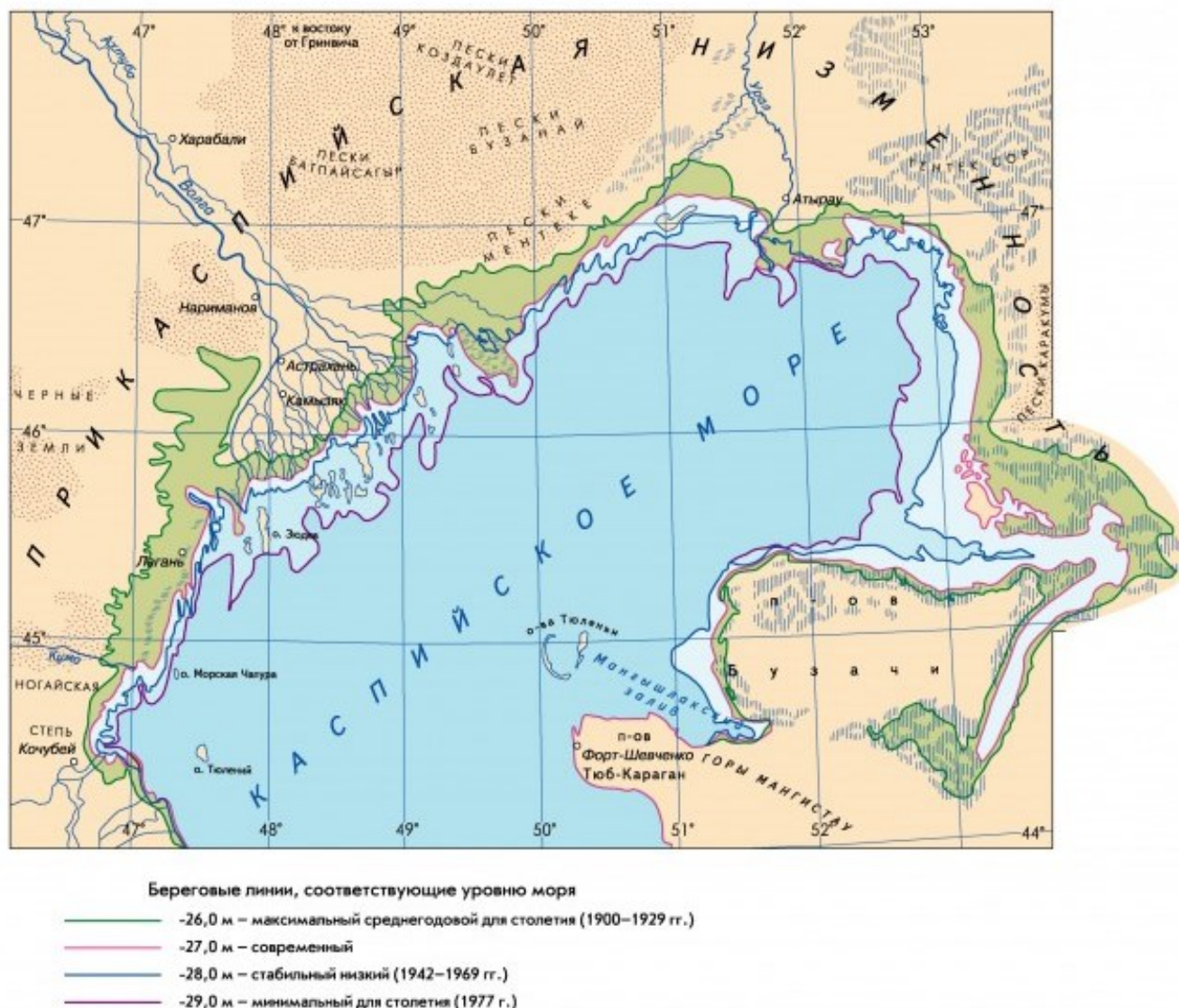


Рисунок 72 – Динамика береговой линии Северного Каспия

Циркуляция вод в Каспийском море, в отличие от многих морей, не образует единой системы, охватывающей все море, а разбивается на несколько более мелких.

Преобладают ветровые течения, направленные вдоль западного берега моря с севера на юг. В Среднем и Южном Каспии под влиянием очертаний берегов и рельефа дна образуются обособленные циклональные и антициклонические круговороты. В мелководных районах Северного Каспия течения неустойчивы и изменяют свое направление в зависимости от ветра.

Волнение наиболее сильное на западе, где высота волн может достигать 11-12 м при длине до 200 м (рисунок 73).

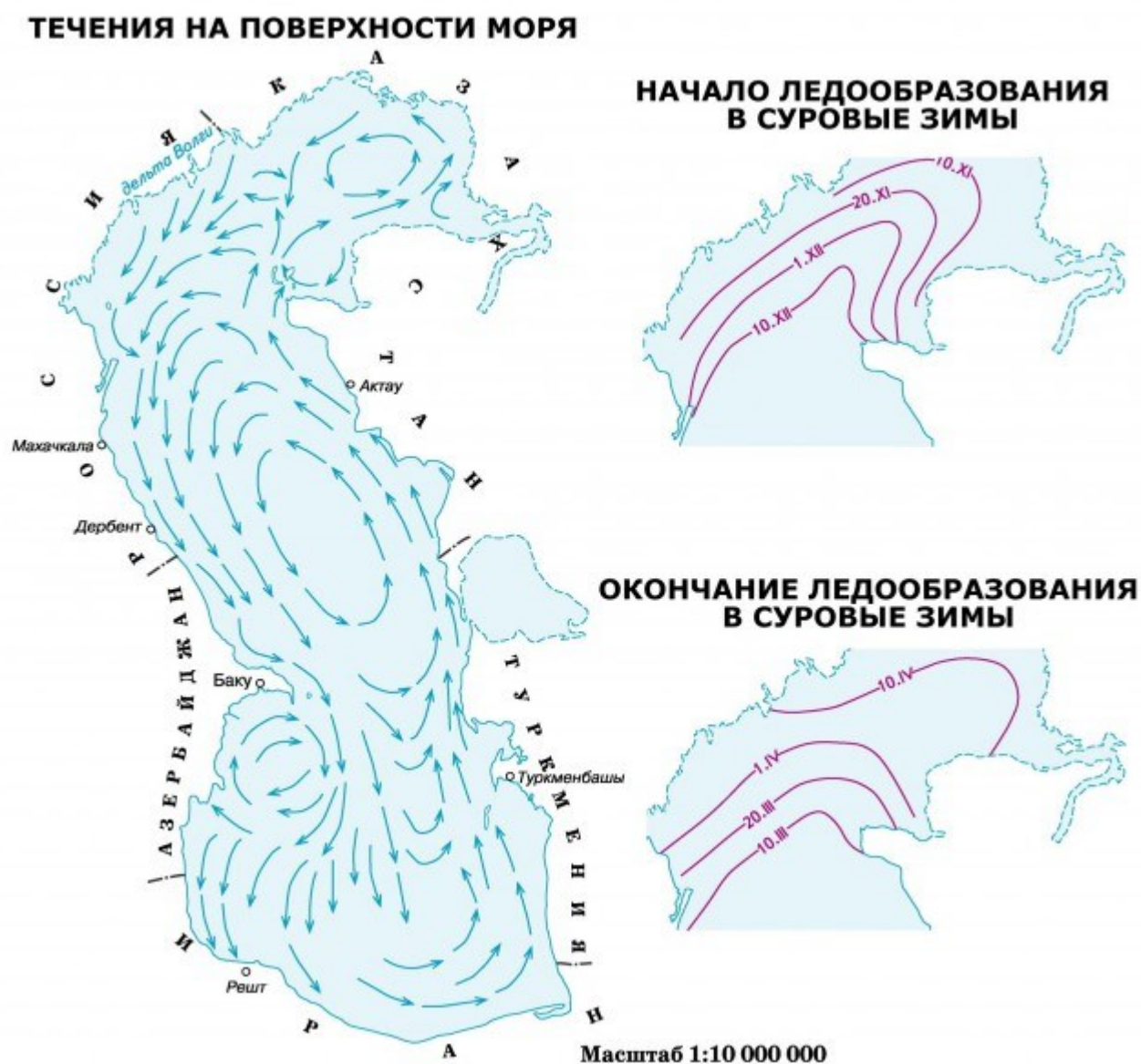


Рисунок 73 – Циркуляция вод в Каспийском море

Температурные условия определяются особенностями климата, взаимодействием моря и атмосферы, системой течений, распределением глубин, сильной меридиональной вытянутостью Каспия. Среднегодовая температура возрастает с севера на юг примерно на $0,8^{\circ}\text{C}$ на каждый градус широты.

Наибольшие зональные различия наблюдаются зимой, наименьшие летом, когда вследствие прогрева температура воды во всем Каспии выравнивается. Температура воды на поверхности изменяется на севере от 0 °С (и ниже) зимой до 24 °С и выше (на мелководье) летом; в открытом море на юге - от значений не более 10 °С зимой до 28,5 °С (рисунок 74).

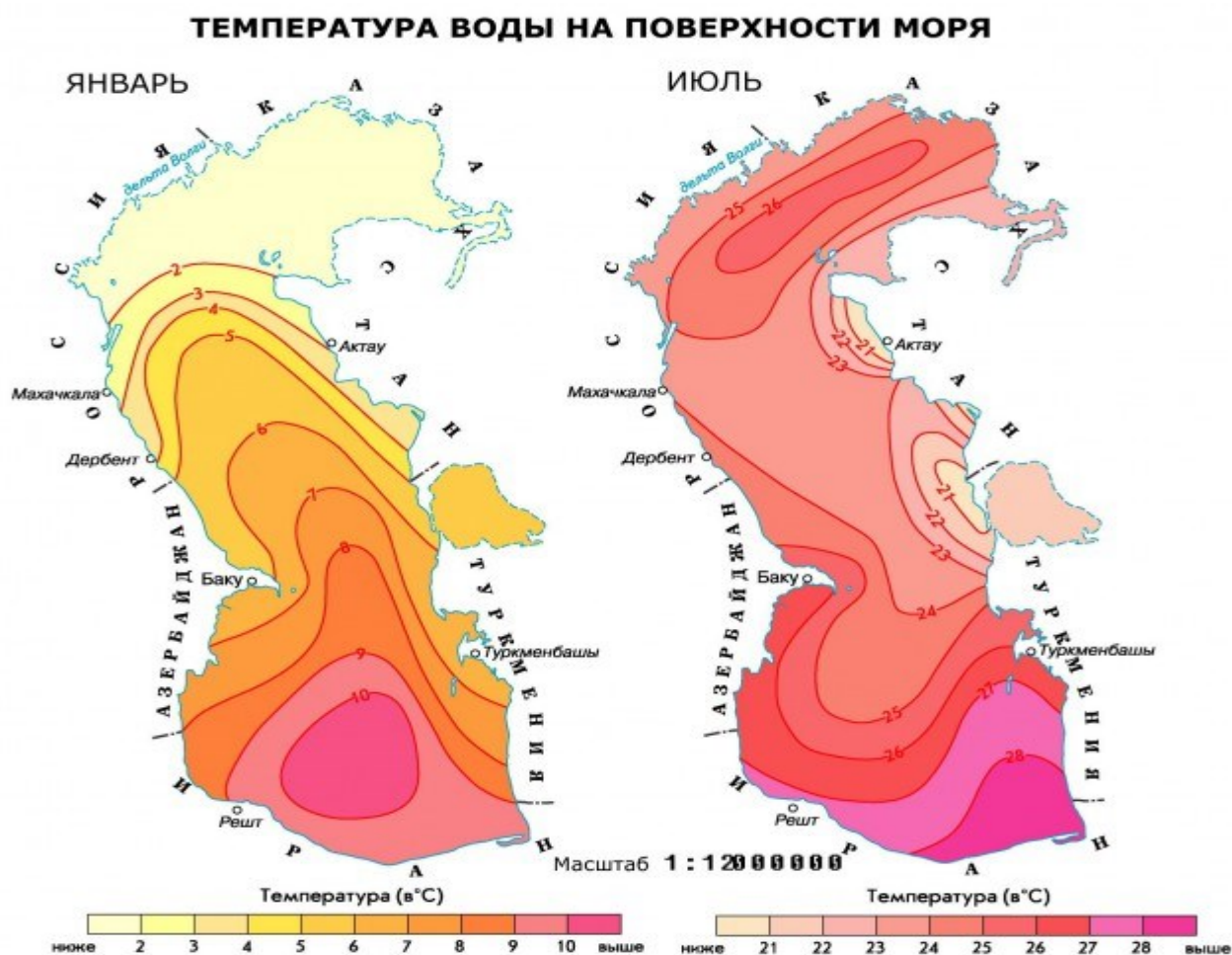


Рисунок 74 – Температурный режим Каспийского моря

Замерзает в основном только Северный Каспий. У восточных и северных берегов образуется припай, у западных преобладают плавучие льды. В Среднем Каспии плавучие льды могут появляться лишь в западной части. Мягкие и суровые зимы заметно отличаются от средних по срокам ледовых процессов и площади распространения льда. Попеременное вторжение теплых и холодных воздушных

масс приводит к большому разрыву между сроками появления первого льда и установления сплошного ледяного покрова. Толщина льда в Северном Каспии изменяется от 20-30 см в открытом море до 50-60 см на северо-востоке. Возможны торосы высотой до 1-1,5 м и больше. Южный Каспий не замерзает.

Соленость вод обусловлена связью моря в геологическом прошлом с океаном, пресным стоком в Северный Каспий и очень большим испарением в заливе Кара-Богаз-Гол, вызывающим выпадение солей в осадок, и в Южном Каспии. Состав вод близок к океаническому, но содержание хлоридов понижено, а количество карбонатов повышено. Соленость поверхностных вод изменяется от 0 (вблизи устья Волги) до 12 ‰ на границе со Средним Каспием. При встрече речных и морских вод образуется фронтальная зона. В Среднем и Южном Каспии соленость меняется в пределах 12,5-13,4 ‰ (рисунок 75).

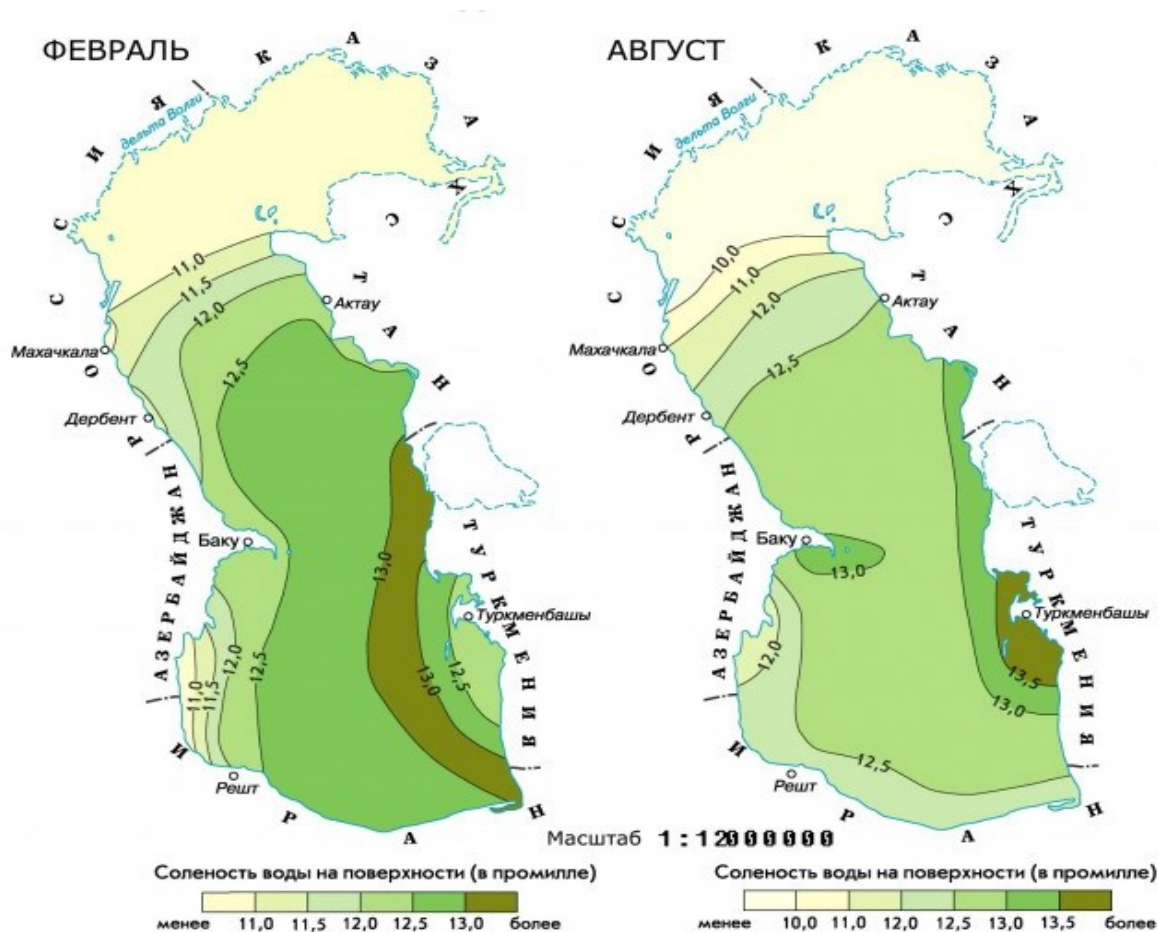


Рисунок 75 – Соленость воды на поверхности Каспийского моря

Содержание кислорода в деятельном слое, подверженном конвективному и ветровому перемешиванию, довольно высокое (5,0-6,0 мгО/дм³). В годовом ходе наблюдается максимум весной и минимум летом, когда наиболее интенсивно протекают окислительные процессы с большим потреблением кислорода. Нередко максимум в содержании кислорода наблюдается на глубине 25-50 м. В целом с глубиной количество кислорода уменьшается и глубже нижней границы конвективного слоя (150-200 м и более) становится равным 3,0-3,5 мгО/дм³ (около 30% насыщения). Большие сезонные колебания плотности в различных частях бассейна (увеличение ее при испарении, при уменьшении речного стока) сопровождаются сползанием богатых кислородом поверхностных вод в глубины Среднего и Южного Каспия, что приводит к обогащению придонных слоев кислородом (рисунок 76).

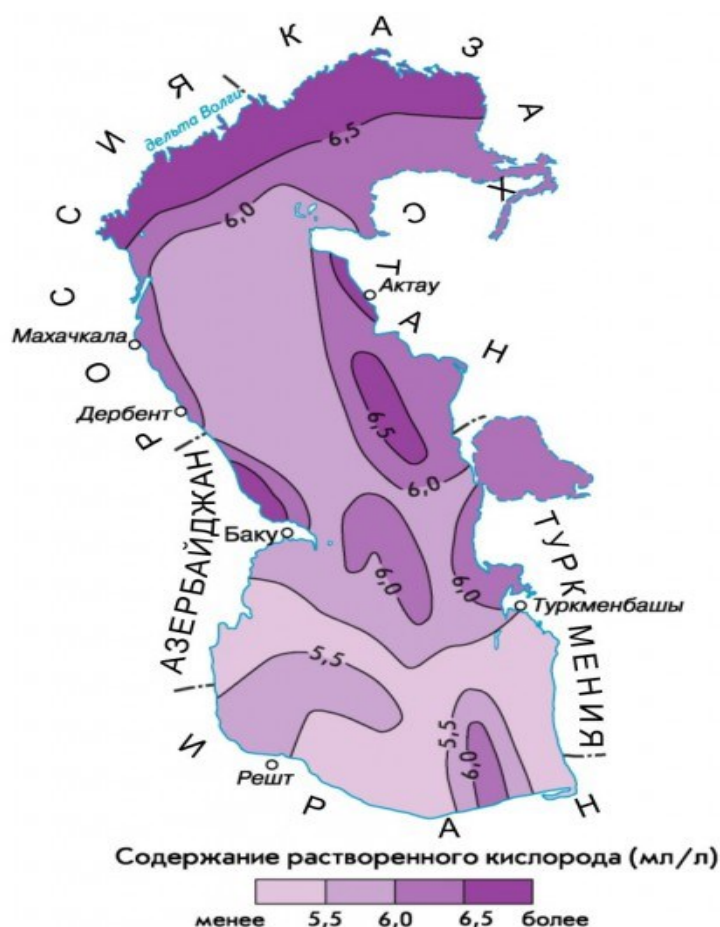


Рисунок 76 – Содержание растворенного кислорода в Каспийском море

Содержание биогенных элементов находится под влиянием речного стока, фотосинтеза и вертикальной циркуляции вод, поэтому в их количестве четко прослеживается сезонность. Под влиянием речного стока количество биогенных элементов возрастает. Особенно это проявляется в осенне-зимний период, когда меньшее влияние оказывает фотосинтез.

Зарегулирование Волги в результате создания каскада водохранилищ и вызванное этим уменьшение пресного стока оказало большое влияние на гидрологический режим Каспия. В 30-40-е гг. уменьшился речной сток. Увеличилась соленость Северного Каспия. Вследствие этого возросло перемешивание вод, в том числе в Среднем и Южном Каспии, улучшилась аэрация глубин. Это привело к улучшению газовых условий в глубинных слоях, исчезли сероводородные зоны.

Формирование флоры и фауны Каспия тесно связано с геологическим прошлым водоема. В зависимости от происхождения в населении Каспия различают 4 группы.

1. Каспийская реликтовая фауна, или эндемики. Они составляют около 60 % общего числа видов. Это потомки населения древнего солоноватоводного Понтического бассейна, покрывавшего в третичном периоде своими водами всю территорию современных Черного, Азовского и Каспийского морей. Большинство представителей этой группы нигде, кроме Каспия, не встречаются.

Cordylophora caspia (тип кишечнополостных, класс гидроидных – Hydrozoa, подкласс гидроиды – Hydroidea, отряд Leptilida (рисунок 77) образует небольшие нежные колонии в виде кустиков высотой до 10 см. Полипы имеют веретенообразную форму. Каждый полип несет 12-15 щупалец, расположенных в срединной части тела. Свободноплавающих медуз у кордилофоры нет. Особи медузоидного поколения – гонофоры – прикрепляются рядом с каждым питающим полипом. Кордилофора – эвригалинная и эвритермная форма. Благодаря этим свойствам она пассивно расселилась по всему свету и стала космополитом.

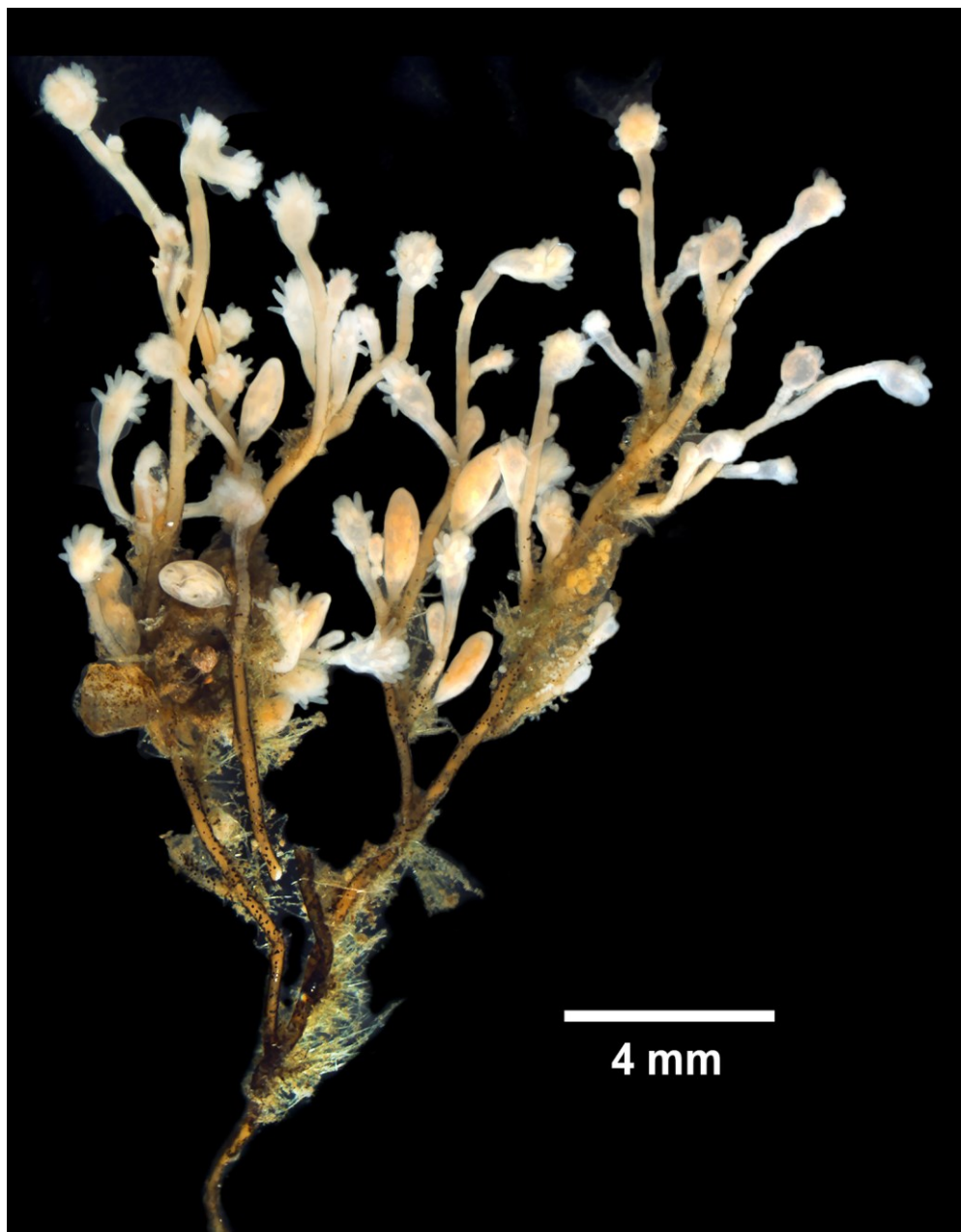
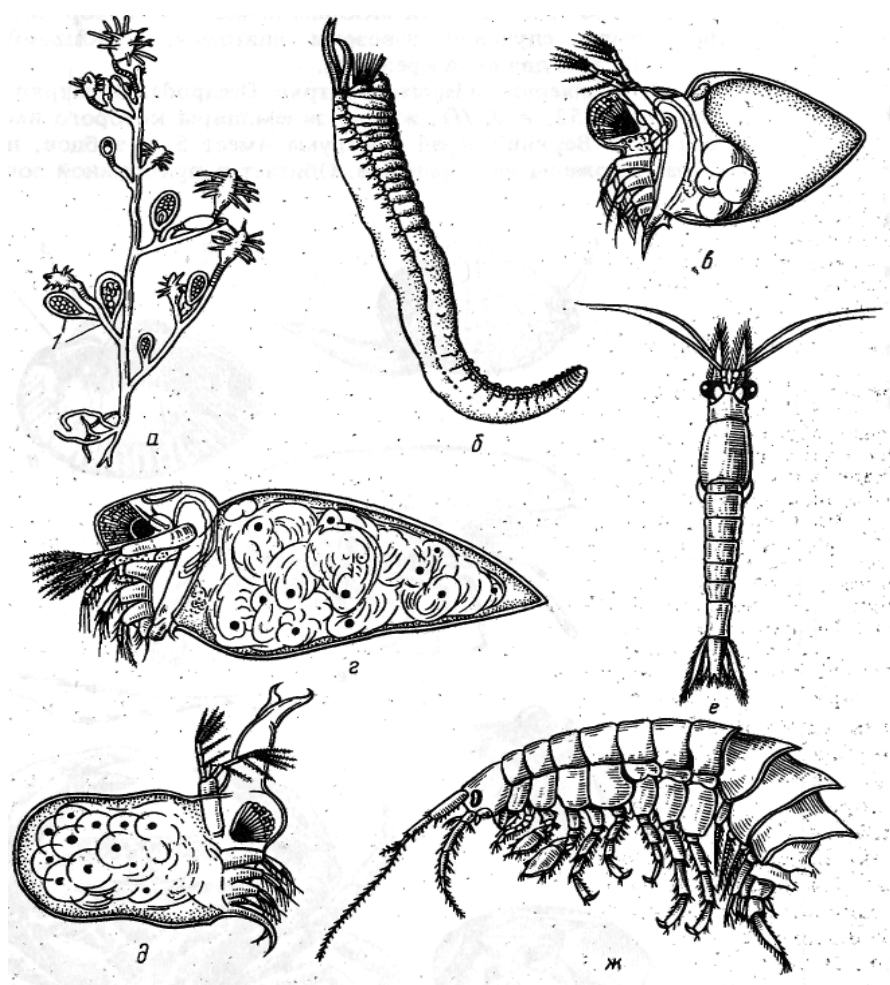


Рисунок 77 – *Cordylophora caspia*

Nuonia invalida (тип кольчатые черви – Annelides, класс многощетинковые кольчецы – Polychaeta), обитает в плотных трубках из ила. Помимо Каспия, обитает в лиманах Черного и Азовского морей.

Ветвистоусые ракообразные из сем. Polyphemidae представлены в Каспии 24 видами, из них 16 являются эндемиками, остальные встречаются и в других южных морях. Для них характерны четыре пары грудных нелистовидных конечностей, раковинка или отсутствует, или покрывает только спинную сторону, оставляя

конечности открытыми. Однако она бывает сильно развита и иногда по величине превосходит туловище, голова хорошо отграничена от туловища, очень сильно развит сложный фасеточный глаз. Полефимиды сосредоточены в основном в Среднем и Южном Каспии, где обитают в прибрежных районах, редко опускаясь глубже 50 м, наиболее благоприятная для них соленость 12-13 ‰. К числу массовых видов относятся *Podonevadne trigona*, *Podonevadne anonyx*, *Cornigerius maeoticus*. Особенно многочислен *Polyphemus exiguus*, встречающийся в центральных частях водоема и избегающий опреснения (рисунок 78).



а – гидроид *Cordylophora caspia* (гонофоры); б – полихета *Hypania invalida*;
в – *Podonevadne trigona* (самка); г – *P. anonyx* (самка); д – *Cornigerius maeoticus*
(самка); е – *Mysis caspia* (самка); ж – *Dikerogammarus caspius*

Рисунок 78 – Реликты Каспийского моря

Амфиподы (отр. Amphipoda) – разноногие ракообразные, или бокоплав, подотряд Gammaridae – представляют собой самую большую группу среди каспийских реликтов. Более 40 видов бокоплавов обитают только в Каспии, например *Dikerogammarus caspius*. Около 30 видов амфипод встречаются также в Черном и Азовском морях. Многие из них проникли в реки и распространились по ним на сотни километров, например *Corophium*.

Из мизид к группе каспийских реликтов относится 16 видов, из них 9 видов являются эндемиками Каспия, а остальные 7 видов встречаются также в Черном и Азовском морях. Представитель реликтовых мизид – *Mysis caspia* – обитает в Среднем и Южном Каспии (рисунок 79). Это довольно крупный рачок, длиной 30-32 мм, распространенный до глубины 390 м, но обычно сосредоточенный в горизонтах 70-150 м. Ведет придонный образ жизни и совершает вертикальные миграции.



Рисунок 79 – Мизида *Mysis caspia*

Рачки из отряда Cumacea относятся к подклассу высших ракообразных. Для них характерен длинный абдомен, который значительно уже вздутой головогруды.

Карапакс срастается лишь с тремя первыми грудными сегментами, остальные пять остаются свободными, обычно имеется один непарный сидячий глаз, в редких случаях глаза раздельны, прыгательные ножки (уроподы) хорошо развиты, двуветвистые. Кумовые – донные животные, зарывающиеся в поверхностный слой грунта, который, легко покидают и ночью часто поднимаются к поверхности. В Каспии обитают 17 видов кумовых, из них, 6 эндемики, например *Stenocuma gracilis* (рисунок 80).



Рисунок 80 – *Stenocuma gracilis*

Из моллюсков к реликтовой группе относятся дрейсены (сем. Dreissenidae, 4 вида). Из них *Dreissena polymorpha* – эвригалинная форма, благодаря пассивному переносу заселившая все реки, впадающие в южные моря. Этот вид проник в другие речные системы, распространен в бассейне Балтийского моря, обитает во многих озерах и водохранилищах (рисунок 81).

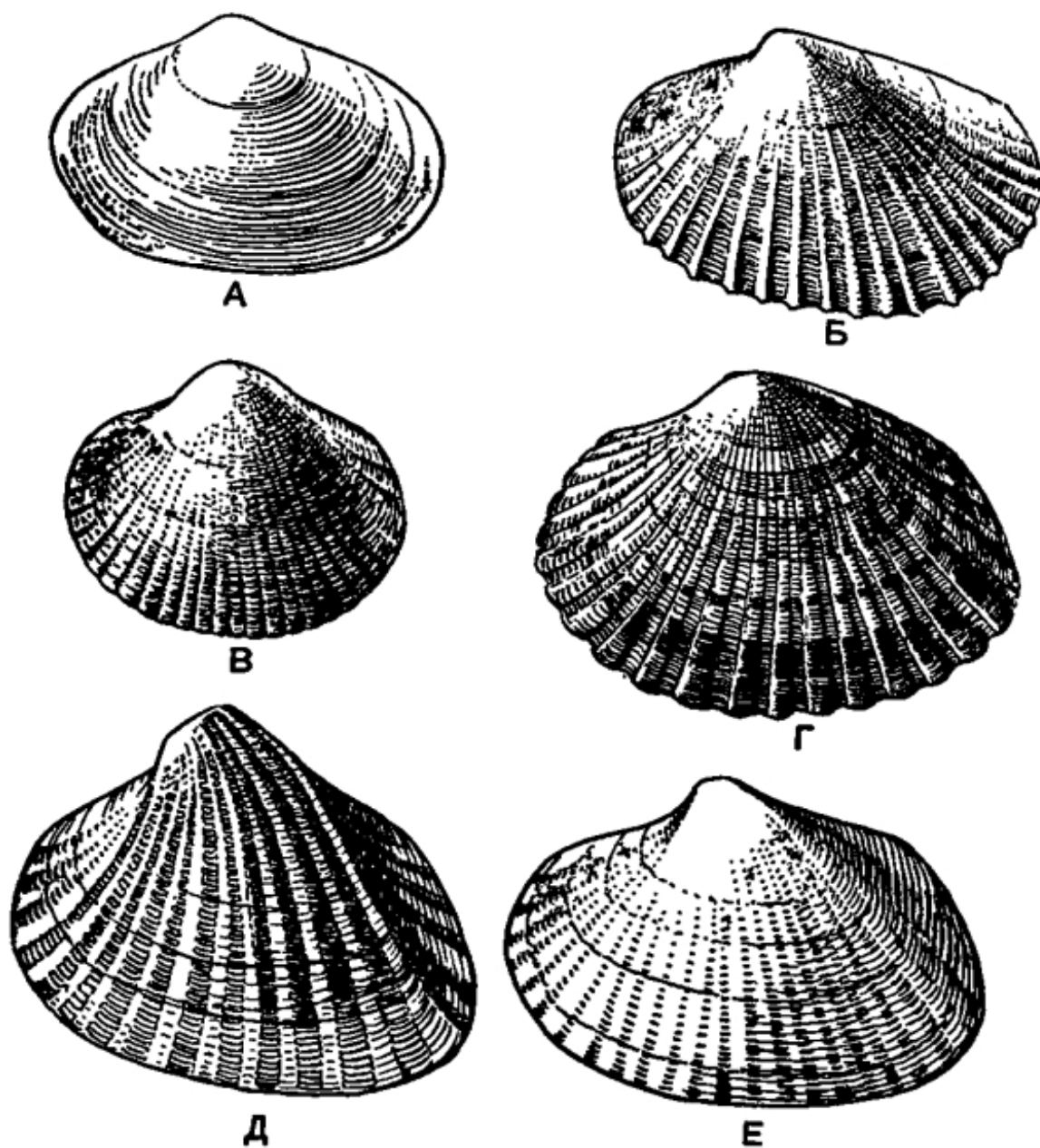


Рисунок 81 – *Dreissena polymorpha*

Двустворчатые моллюски, относящиеся к родам *Adaena*, *Monodacna*, *Didacna*, не выходят за пределы Понто-Арало-Каспийской области и наряду с дрейссенами являются типичными представителями реликтовой каспийской фауны. Все восемь видов *Didacna* – эндемики Каспия. Среди *Monodacna* два вида обитают в Каспии, один – в Азово-Черноморском бассейне, виды *Adacna* распространены в Каспии, некоторые же подвиды в других южных морях (рисунок 82).

2. Группа видов арктического происхождения. В Каспийское море эти организмы проникли в послеледниковое время по озорным и речным системам, когда на некоторое время установилась связь с Северным Ледовитым океаном. Это холодолюбивые формы, обитающие на глубинах 26-300 м. Большая часть их сосредоточена в Среднем Каспии. В состав группы арктических вселенцев входят

полихета *Manayunkia caspia*, 8 видов ракообразных, лосось, белорыбица, и также каспийский тюлень и некоторые другие организмы.



А – *Adacna vitrea*; Б – *A. plicata*; В – *Monodacna caspia*; Г – *Monodacna colorata*;
Д – *Didacna trigonoides*; Е – *Didacna protracta*

Рисунок 82 – Солоноватоводные сердцевидки южных морей России (по Л.А. Зенкевич, 1968)

Limnocalanus grimaldii (подотряд Calanoida) отличается сильно удлинённым телом. Длина фуркальных ветвей почти равна двум последним сегментам брюшка. По наружному краю они вооружены шипиками. Вид обитает в открытых частях Среднего и Южного Каспия, где развивается в больших количествах, совершает интенсивные суточные миграции (рисунок 83).



Рисунок 83 – *Limnocalanus grimaldii*

Mesidothea entomon glacialis caspia (отряд Isopoda) обитает в Среднем и Южном Каспии на глубинах 20-300 м (рисунок 84).

Gammaracanthus loricatus caspius (отряд Amphipoda, подотряд Gammaridae) распространен в Среднем и Южном Каспии, главным образом у западных побережий, на глубинах 50-200 м, на мягких грунтах (рисунок 85).



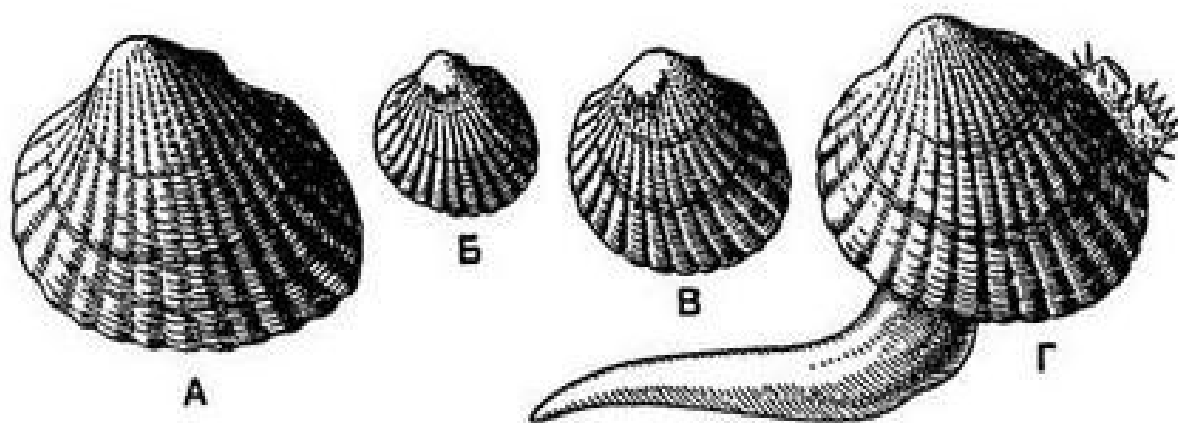
Рисунок 84 – *Mesidothea entomon glacialis caspia*



Рисунок 85 – *Gammaracanthus loricatus caspius*

3. Средиземноморские вселенцы. В настоящее время в Каспийском море обитают свыше 40 видов средиземноморского происхождения. Появление их в водоеме происходило различными путями.

7 видов проникли в Каспийское море еще в послеледниковую эпоху через пролив, находившийся в области Кумо-Манычской впадины. Среди этих видов особенно широко распространен в настоящее время двустворчатый моллюск *Cerastoderma lamarcki* (рисунок 86). В 1919 г. в Каспий случайно был завезен двустворчатый моллюск *Mytilaster lineatus*, ведущий прикрепленный образ жизни. В Среднем и Южном Каспии он является массовой формой на глубинах до 35-50 м.



А, Б и В – сердцевидка Ламарка *Cerastoderma lamarcki* (А – из Черного моря; Б – из Каспийского моря; В – из Азовского моря), Г – съедобная сердцевидка

Рисунок 86 – Сердцевидки (по Л.А. Зенкевич, 1968)

В 1930-1934 гг. при акклиматизации черноморской кефали в Каспий были случайно завезены диатомея – *Rhizosolenia calcar-avis* и два вида креветок.

Это *Palaemon adspersus* (отряд Decapoda, подотряд Macrura natantia), живые экземпляры которого имеют пятнистую окраску. Верхний край рострума имеет 5-6 зубцов, из которых 1-2 расположены на карапаксе. Обитает в прибрежной зоне, на

песчаных или илисто-песчаных грунтах, но иногда встречается у каменистых побережий. Длина креветок до 50 мм (рисунок 87).



Рисунок 87 – Креветка *Palaemon adspersus*

Palaemon elegans имеет рострум с 7-10 зубцами сверху, из которых 2-3 находятся на карапаксе. Длина его до 50 мм. Места обитания те же, что и у предыдущего вида.

В 1939-1948 гг. были проведены работы по реконструкции кормовой фауны Каспия, в результате которых были акклиматизированы два вида беспозвоночных, широко расселившихся в водоеме.

Nereis diversicolor (тип *Annelides* класс *Polychaeta*) обитает в иле в У-образных ходах. Крупные формы достигают длины до 150 мм. Окраска – от коричневой до зеленой. Плотность поселения на Мелководьях Каспия до 9000 экз/м² при биомассе около 900 г/м². Это эвригалинная форма – выдерживает изменения солености от 5 до 15,5 ‰ (рисунок 88).



Рисунок 88 – *Nereis diversicolor*

Abra (Syndesmya) ovata (класс Bivalvia) имеет тонкую, почти равностворчатую уплощенную раковину с поверхностью, покрытой тонкими линиями нарастания. Длина до 25 мм. Распространена на юге Северного, в Среднем и Южном Каспии на глубинах до 50-70 м (рисунок 89).



Рисунок 89 – Абра овальная (*Abra (Syndesmya) ovate*)

Со времени открытия движения по Волго-Донскому каналу в 1952 г. в Каспий проникают как водоросли, так и беспозвоночные. Они переносятся из Азовского моря на корпусе судов. Значительная часть этих организмов – прикрепленные формы. Эти новые вселенцы, число которых продолжает возрастать, совершенно изменили за последние десятилетие облик населения Каспия. По количеству видов по-прежнему преобладает эндемичная фауна, но по численности и биомассе господствуют средиземноморские вселенцы. В южных районах они составляют около 75 % бентоса. К средиземноморским организмам, появившимся в этот период, относятся, например, следующие.

Podon polyphemoides (отряд Phyllopoda, подотряд, Cladocera) характеризуется короткой округлой раковиной, крупной головой. Хвостовые коготки имеют форму треугольного заостренного выступа. Подон – космополит, заселяет все открытые моря. В Каспийском море появился в 1957 г., распространен по всему водоему.

Balanus improvisus (подкласс Maxillopoda, отряд Cirripedia усоногие ракообразные) имеет домик белого цвета, конической формы. Однако в густых поселениях он может быть палочковидным и другой формы. Этот вид широко распространен – обитает вдоль побережий Европы, на атлантическом побережье Америки, в Японии. В Каспийском море впервые был обнаружен в 1955 г. Распространен по всему водоему. Является основной формой в обрастаниях (рисунок 90).

Rhithopanopeus harrisii (подкласс Malacostraca, отряд Decapoda, подотряд Brachyura) отличается почти прямым лобным краем. Боковые края карапакса вооружены тремя зубцами, клешни короткие, мощно развитые. Длина карапакса 1,7-2,0 см. Родина краба – атлантическое побережье Северной и Южной Америки, где он обитает в морской и солоноватой воде. Был завезен судами в Европу, где распространился в Северном, Балтийском, а затем в Черном и Азовском морях. В Каспии появился в 1958 г. (рисунок 91).



Рисунок 90 – Усоногие раки *Balanus improvisus*



Рисунок 91 – Краб ритропанопеус черноморский (*Rhithoranopeus harrisii*)

4. Организмы пресноводного происхождения. Они обитают в слабосоленых районах Северного Каспия и обычно не встречаются при солености более 4-5 ‰. К этой группе относятся многие виды водорослей, главным образом представители зеленых и синезеленых, коловратки (виды родов *Brachionus*, *Keratella* и др.), ветвистоусые ракообразные из семейств *Sididae*, *Daphnidae*, *Bosminidae*, представители родов *Diaptomus*, *Cyclops* из веслоногих, такие брюхоногие и двустворчатые моллюски, как *Viviparus*, *Limnaea*, *Unio*, личинки хирономид.

Ихтиофауна. В состав ихтиофауны Каспийского моря входит около 70 видов. К проходным рыбам относятся осетровые, белорыбица (рисунок 92), волжская сельдь (рисунок 93), сельдь-черноспинка и др. Многие из проходных рыб совершали до зарегулирования рек длительные нерестовые, миграции. Например, белорыбица, поднимаясь к местам нереста, проходила по Волге и ее притокам путь около 3000 км.

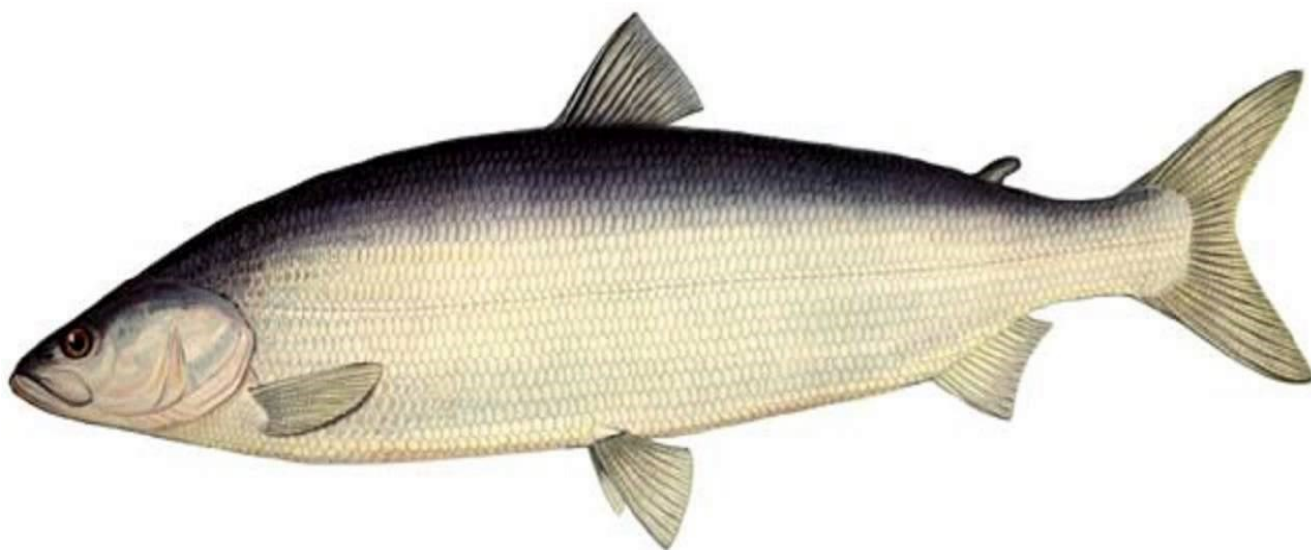


Рисунок 92 – Белорыбица

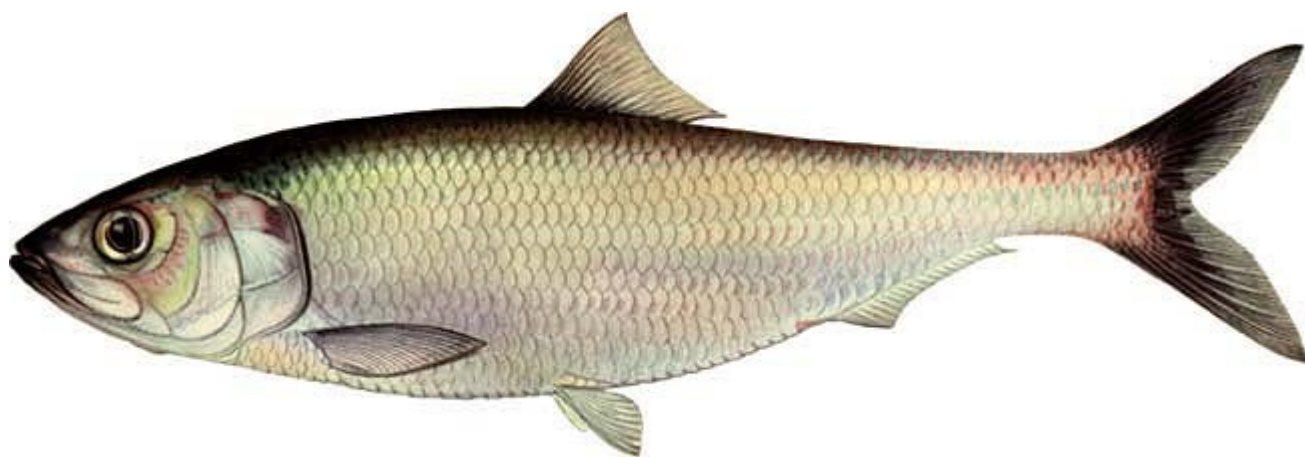


Рисунок 93 – Волжская сельдь

К полупроходным рыбам относятся лещ, сазан, судак, вобла (рисунок 94) и некоторые др. Нерест полупроходных рыб происходит в дельтах и низовьях рек, нагул же — в пределах северного Каспия.

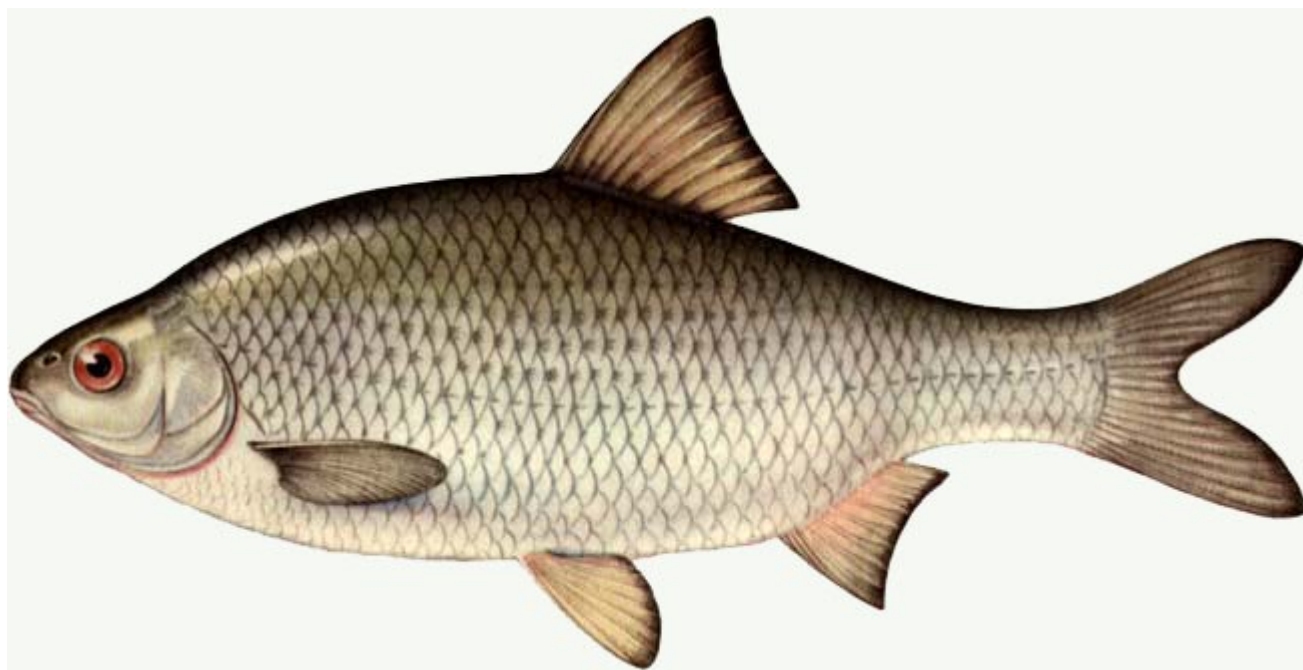


Рисунок 94 – Вобла

К группе морских рыб принадлежат морской судак, сингиль (кефалевые) (рисунок 95), ряд сельдей, кильки, некоторые виды бычков и пуголовок.

Большинство рыб этой группы совершает регулярные миграции в пределах моря. Например, сельди зимой концентрируются в среднем в южном Каспии, а летом мигрируют в северный Каспий, где нерестятся и откармливаются. Кефаль в осенне-зимний период держится в южной части моря, весной же и летом сосредоточивается в среднем Каспии.

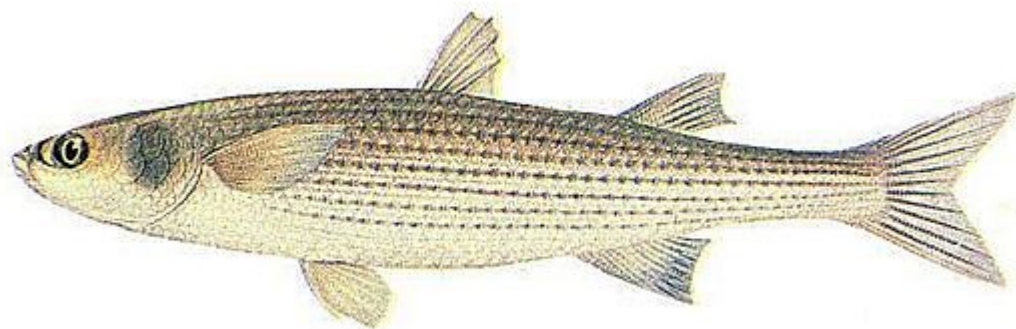


Рисунок 95 – Сингиль

Пресноводные рыбы лишь изредка встречаются в наиболее опресненных участках моря. Эта группа включает линя, стерлядь и некоторых др.

Промысел. Каспийское море имеет большое промысловое значение для нашей страны. В северном Каспии важнейшие объекты промысла — вобла и сельди. В среднем и южном Каспии очень большое значение имеет промысел кильки (рисунок 96).

Каспийское море – водоем, в котором обитают уникальные и весьма ценные виды рыб. Море дает до 80 % мирового улова осетровых рыб, большую часть из них – Северный Каспий. Зарегулирование Волги (плотины гидроэлектростанций преградили путь к нерестилищам) нарушило естественные условия воспроизводства осетровых и других ценных рыб (например, белорыбицы). Изменился режим весеннего половодья – нарушились условия нереста рыб. В конце 70-х гг. наметилось увеличение стока, понизилась соленость (в среднем на 0,5-1 ‰),

увеличился вынос в море биогенных веществ, увеличилась биологическая продуктивность моря.



Рисунок 96 – Промысел кильки в Каспийском море

В последние годы принимаются меры по охране моря, в частности, по предотвращению его загрязнения. Необходимо осуществление комплекса мероприятий, представляющего собой единую систему, направленную на повышение биологической продуктивности и увеличение запасов ценных видов рыб. Введен полный запрет вылова осетровых в море и регулирование его в реках, предпринимаются меры по существенному увеличению искусственного воспроизводства осетровых, ведется борьба с браконьерством.

Вопросы для самопроверки:

1. Дать гидрологическую характеристику различных районов Каспия.
2. Каков состав Каспия по происхождению?
3. Дать примеры реликтовых моллюсков.
4. Описать арктические организмы, их распространение в Каспии.
5. Каковы пути проникновения средиземноморских организмов в Каспий?

9 Практическое занятие № 9

Флора и фауна рек

Цель: изучить и зарисовать типичных представителей флоры и фауны рек.

Материалы и оборудование: наборы беспозвоночных и рыб, гербарные образцы водных растений рек Оренбургской области, микроскоп, пинцеты, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, чашки Петри.

Задание:

1. По таблицам и фиксированным препаратам изучить и зарисовать типичных представителей флоры и фауны рек.
2. По таблицам определить систематическое положение беспозвоночных животных рек.
3. Законспектировать материал.

Теоретический материал

Водные массы рек находятся в постоянном движении в направлении от истоков к устью. Реку на всем ее протяжении можно, разделить на три части: верхнее течение, среднее течение и нижнее течение (рисунок 97). Разница в высоте над уровнем моря между истоком и устьем реки, разделенная на длину реки, называется ее уклоном. Величина уклона трех участков реки не одинакова, поэтому и скорость течения различна, а, следовательно, различны характер грунтов и другие факторы среды.

Существенны также различия в водности всех трех отрезков реки. Верхнее течение характеризуется, как правило, значительной крутизной уклона, небольшим количеством воды, большой скоростью течения. Процесс размывания (эрозии) русла наиболее значителен в верхнем течении. Ложе реки здесь каменистое, так как более легкий материал увлекается течением ниже, где постепенно и осаждается.



Рисунок 97 – Схема реки

В среднем течении уклон уменьшается, в связи с чем скорость движения речных вод замедляется – это способствует усилению отложения наносов. Водность реки постепенно возрастает благодаря впадению многочисленных притоков.

Наиболее медленным течением характеризуется нижний участок. Благодаря этому здесь отлагается наибольшая часть речных осадков. Особенно велико накопление наносов в устьях рек, где вследствие этого очень часто образуются обширные дельты. Река в районе дельты разбивается на многочисленные рукава, которые прокладывают себе путь среди наносов. Дельты могут занимать огромные пространства. Например, дельта Лены 45 тыс. км²: В устьях некоторых рек (например, Оби, Енисея) образуются так называемые эстуарии. Они представляют воронкообразные заливы, глубоко вдающиеся в материк. Эстуарии обычно обязаны своим происхождением совместному действию течения рек и морских приливов (рисунок 98).



Рисунок 98 – Эстуарий реки

Грунты. К основным типам грунтов в реке относятся каменистые, песчаные, глинистые. В горных реках преобладают каменистые грунты. В равнинных реках

большая часть всей площади дна покрыта песками с той или другой примесью ила. Глинистые осадки встречаются обычно редко. Лишь в некоторых реках они занимают большую площадь, например, в Иртыше. На речные осадки большое влияние оказывает течение. Легкие, мелкие продукты эрозии (частицы песка, ила, глины, детрит) постоянно содержатся в речной воде во взвешенном состоянии. Более крупный материал перемещается потоком по дну реки.

Температура, кислородный режим. Благодаря тому, что речные воды находятся в непрерывном движении, вся толща от поверхности до дна в коренном русле реки непрерывно перемешивается. Поэтому для рек характерно в отличие от стоячих водоемов равномерное распределение температуры по вертикали. Зимой большинство рек России покрывается льдом, который в зависимости от их географического положения держится больший или меньший период. Северные реки покрыты льдом в течение почти полугода, реки средней полосы Европейской части России – в течение трех-четырех месяцев, реки Средней Азии, например Аму-Дарья, замерзают всего на один месяц.

Вертикальное распределение кислорода характеризуется так же, как и распределение температуры, относительной равномерностью, что обусловлено действием течения. В летний период воды коренного русла реки насыщены кислородом; во многих случаях наблюдается значительное пересыщение. Например, в Волге, Оке, Днепре летом содержание кислорода нередко достигает 150 % насыщения. В осенне-зимний период количество кислорода в речной воде уменьшается, и обычно в начале весны (март-апрель) наблюдается минимум его содержания – 50-70 %. В ряде рек имеют место зимние заморы. Они возникают в результате влияния ряда природных факторов (Обь с притоками) или вследствие загрязнения рек промышленными и бытовыми стоками.

Фауна и флора рек. Благодаря текучести вод в реке наблюдается подвижность не только водной массы, но и грунта, постоянно размываемого и сносимого речными водами. Таким образом, в реке создаются совершенно особые условия существования, отличные от тех, которые наблюдаются в стоячих водоемах.

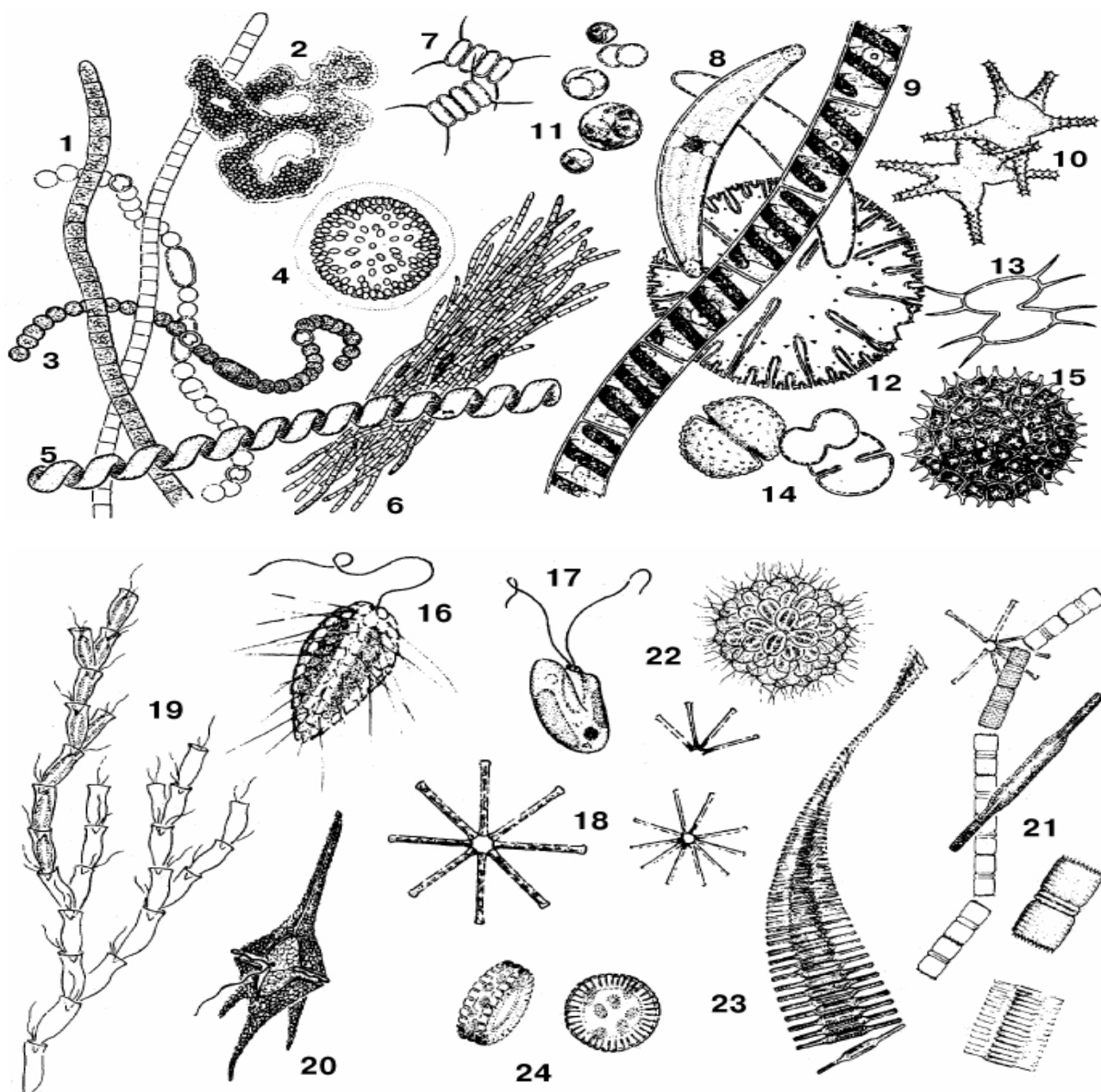
Планктон. Состав речного планктона характеризуется следующими чертами: в фитопланктоне господствуют диатомовые водоросли (рисунок 99), а в зоопланктоне коловратки преобладают над ракообразными.

Для ракообразных условия обитания в реке мало благоприятны. Ветвистоусым, которые по характеру питания относятся к активным фильтраторам, трудно добывать пищу в воде, богатой неорганической взвесью. У веслоногих же в текучей воде, по-видимому, нарушаются процессы размножения: течение затрудняет встречу самцов и самок, а партеногенез у представителей этого отряда отсутствует.

Речной зоопланктон по числу особей значительно беднее зоопланктона стоячих водоемов. Наиболее богат как по числу видов, так и по числу особей зоопланктон равнинных рек. В горных реках он нередко почти отсутствует.

Для ракообразных условия обитания в реке мало благоприятны. Ветвистоусым, которые по характеру питания относятся к активным фильтраторам, трудно добывать пищу в воде, богатой неорганической взвесью. У веслоногих же в текучей воде, по-видимому, нарушаются процессы размножения: течение затрудняет встречу самцов и самок, а партеногенез у представителей этого отряда отсутствует.

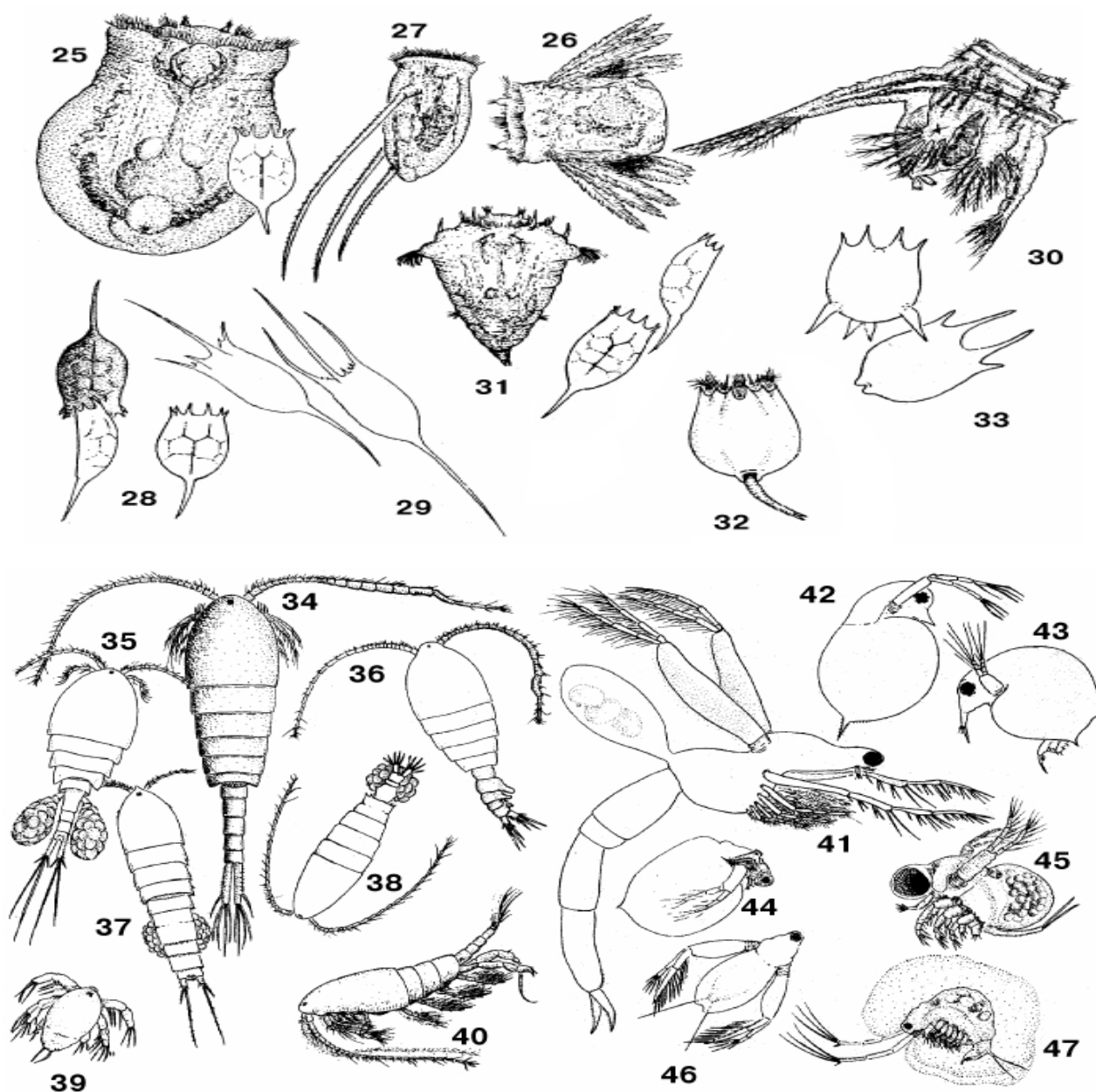
Речной зоопланктон по числу особей значительно беднее зоопланктона стоячих водоемов. Наиболее богат как по числу видов, так и по числу особей зоопланктон равнинных рек. В горных реках он нередко почти отсутствует (рисунок 100).



Синезеленые водоросли: 1 – *Oscillatoria*, 2 – *Microcystis aeruginosa*, 3 – *Anabaena*, 4 – *Coelosphaerium*, 5 – *Spirulina*, 6 – *Aphanizomenon flos-aquae*.

Зеленые водоросли: 7 – *Scenedesmus*, 8 – *Closterium*, 9 – *Spirogyra*, 10 – *Staurostrum*, 11 – *Chlorella*, 12 – *Micrasterias*, 13 – *Xanthidium*, 14 – *Cosmarium*, 15 – *Pediastrum*. **Диатомовые водоросли:** 16 – *Mallomonas*, 17 – *Cryptomonas*, 18 – *Asterionella*, 19 – *Dinobryon*, 20 – *Ceratium hirundinella*, 21 – *Melosira*, 22 – *Synura*, 23 – *Fragilaria*, 24 – *Cyclotella*

Рисунок 99 – Фитопланктон рек



Коловратки: 25 - *Asplanchna sieboldi*, 26 - *Polyarthra*, 27 - *Filinia*, 28 - *Keratella cochlearis*, 29 - *Kellicottia*, 30 - *Hexarthra*, 31 - *Synchaeta*, 32 - *Brachionus plicatilis*, 33 - *Brachionus calyciflorus*. **Веслоногие рачки:** 34 - *Limnocalanus macrurus*, самец; 35 - *Eucyclops serratulus*, самка; 36 - *Epischura lacustris*, самец; 37 - *Canthocamptus*, самка; 38 - *Diaptomus siciloides*, самка; 39 - *Diaptomus siciloides*, личинка; 40 - *Senecella calanoides*, самец. **Ветвистоусые рачки:** 41 - *Leptodora kindtii*, 42 - *Daphnia rosea*, 43 - *Bosmina longirostris*, 44 - *Ceriodaphnia lacustris*, 45 - *Polyphemus pediculus*, 46 - *Diaphanosoma*, 47 - *Holopedium gibberum*

Рисунок 100 – Зоопланктон рек

Бентос. Размещение и состав донных комплексов реки определяется двумя основными факторами: скоростью течения и характером грунтов. Для распределения растений большое значение имеют также глубина и прозрачность воды. Остальные факторы: температура, химический состав воды, содержание кислорода и др. существенного значения не имеют, так как благодаря перемешиванию всей толщи воды они распределяются более или менее равномерно. В реке обычно выделяют пять основных донных комплексов, которые названы в соответствии с субстратом.

Комплексы песка, или псаммореофильные. В равнинных реках эти комплексы занимают огромные площади. Население песков представлено ограниченным числом видов. К наиболее характерным обитателям песчаных грунтов относятся хищные личинки хирономид, малощетинковые черви, некоторые закапывающиеся ракообразные (мизиды, гаммариды) (рисунок 101). У организмов, населяющих песчаные грунты, выработались приспособления, позволяющие им существовать в условиях постоянно перемещающегося субстрата. Они имеют прочные наружные покровы, способны быстро закапываться в грунт, имеют различные приспособления для прикрепления.



Рисунок 101 – Гаммарус (гаммариды)

Комплексы камней, или литореофильные. Состав населения этих комплексов разнообразен. Среди растений наиболее распространены мох, зеленые и синезеленые нитчатые водоросли (рисунок 102). Микроскопические диатомеи, покрывают толстым слоем поверхность камней. Очень, разнообразна фауна комплексов камней. Здесь обитают многие прикрепленные животные: губки, мшанки, моллюск дрейссена (рисунок 103). Из подвижных форм встречаются различные насекомые и их личинки (личинки двукрылых, стрекоз, поденок, веснянок и др.), из моллюсков *Ancylus*, *Neritina*.



Рисунок 102 – Мох ключевой

У всех представителей этого комплекса имеется ряд приспособлений для обитания на твердых грунтах. Растения очень прочно прикрепляются к субстрату и имеют удлинённую форму. У животных наблюдается уплощение тела, имеются специальные органы прикрепления, например, крючки у личинок мошек, присасывание с помощью клейких клеток у планарий, приклеивание биссусом у дрейссен. Многие животные имеют подвижные или неподвижные домики из мелких камешков, песчинок.



Рисунок 103 – Моллюск дрейссена речная

Комплексы глинистых грунтов. Глинистые грунты обычно располагаются неширокой полосой вдоль размываемого глинистого берега. В состав этого комплекса входит значительное число роющих животных. Они проделывают в грунте многочисленные ходы, норы. Таковы личинки поденок, хирономид, речной рак (рисунок 104). На поверхности грунта поселяются различные прикрепленные формы: мшанки, личинки мошек и др.



Рисунок 104 – Личинка поденки

Комплексы илов, или пелореофильные, развиваются в прибрежных участках с замедленным течением, на широких и глубоких плесах и в речных рукавах. Наиболее развиты пелореофильные комплексы в равнинных реках. Фауна и флора комплекса илов значительно превосходит население других биоценозов реки как по числу видов, так и по количеству особей. Очень велико здесь количество бактерий. Обильно развиваются донные водоросли; диатомовые, синезеленые и др. В илах обитает большое число видов роющих животных: олигохет, личинок хирономид, моллюсков. В районах, занятых комплексами илов, откармливаются почти все речные рыбы (рисунок 105).



Рисунок 105 – Речной окунь

Комплексы зарослей, или фитофильные. Заросли различных макрофитов образуются обычно в рукавах, а также в отдельных участках коренной реки, где развиты каменистые или илистые грунты, дающие возможность растениям прочно укрепиться. Обычно, однако, макрофиты не получают большого развития в реках

(рисунок 106). Их распространение находится в прямой зависимости от колебаний уровня и прозрачности воды.



Рисунок 106 – Заросли тростника обыкновенного в пойме реки

Население зарослей по составу близко к фауне комплекса камней. Районы зарослей макрофитов имеют большое значение для большинства речных рыб: здесь происходит нерест окуня, плотвы, судака, выкармливаются молодь.

В связи со слабым развитием в реке планктона основное значение в питании речных рыб имеет бентос. Подавляющее большинство рыб питается преимущественно личинками насекомых (хирономид, мошек, поденок, ручейников), меньшее значение имеют моллюски и черви.

Вопросы для самопроверки:

1. Чем отличаются верхнее, среднее и нижнее течения реки?

2. Опишите состав фито- и зоопланктона рек.
3. Каков состав макрофитов в реках?
4. Каков состав бентоса в реке?
5. Какие донные комплексы выделяют в реке?

Список использованных источников

1. Алимов, А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф. Алимов. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
2. Алимов, А.Ф. Продукционная гидробиология / А.Ф. Алимов, В.В. Богатов, С.М. Голубков. – СПб.: Изд-во «Наука», 2013. – 342 с.
3. Березина, Н.А. Гидробиология / Н.А. Березина. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1984. – 360 с.
4. Берникова, Т.А. Гидрология с основами метеорологии и климатологии: учебник / Т.А. Берникова. – М.: Моркнига, 2011. – 600 с.
5. Долгин, В.Н. Гидробиология: учеб. пособие / В.Н. Долгин, В.И. Романов. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2014. – 236 с.
6. Жизнь животных. Том 1. Беспозвоночные / Под редакцией члена-корреспондента АН СССР профессора Л.А. Зенкевича. – М.: Просвещение, 1968 – 576 с.
7. Зданович, В.В. Гидробиология и общая экология. Словарь терминов / В.В. Зданович, Е.А. Криксунов. – М.: Дрофа, 2004. – 192 с.
8. Зернов, С.А. Общая гидробиология 2 изд./ С.А. Зернов. – М.: Биомедгиз, 1949. – 566 с.
9. Калайда, М.Л. Гидробиология: учебное пособие для студентов высших аграрных учебных заведений, обучающихся по направлению 111400.62 «Водные биоресурсы и аквакультура» / М.Л. Калайда, М.Ф. Хамитова. – СПб.: Проспект науки, 2013. – 192 с.
10. Килякова, Ю. В. Водные растения [Текст]: практикум / Ю.В. Килякова – Оренбург: ИПК Университет, 2013. – 202 с.
11. Килякова, Ю. В. Гидробиология [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / Ю. В. Килякова, А. Е. Аринжанов; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования

"Оренбург. гос. ун-т". – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 145 Мб). – Оренбург : ОГУ, 2018. – 5 с. – Загл. с тит. экрана. – Архиватор 7-Zip

12. Константинов, А.С. Общая гидробиология / А.С. Константинов. – М.: Высшая школа, 1986. – 472 с.

13. Кузьмина, И.А. Малый практикум по гидробиологии / И.А. Кузьмина. – М.: Колос, 2007. – 232 с.

14. Мантейфель, Б.П. Экология поведения животных / Б.П. Мантейфель. – М.: Наука, 1980. – 220 с.

15. Мирошникова, Е.П. Общая биология (с основами биологии гидробионтов): учебное пособие / Е.П. Мирошникова, С.В. Лебедев, Г.В. Карпова; Оренбургский гос.ун-т. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. – 623 с.

16. Морузи, И.В. Гидробиология рыбохозяйственных водоёмов / И.В. Морузи. – Новосибирск: Издат.центр НГАУ, 1997. – 102 с.

17. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 246 с.

18. Протасов А. А. Жизнь в гидросфере. Очерки по общей гидробиологии [Электронный ресурс] / А.А. Протасов. – Академперериодика, 2011.

19. Яшнов, В.А. Малый практикум по гидробиологии / В.А. Яшнов. – М.: Советская наука, 1952. – 267 с.