

## Изучение зоопланктона

© А.С.Боголюбов, А.А.Котов

© «Экосистема», 1999



Данное методическое пособие включает в себя описание методик проведения исследований мезо- и микрозоопланктона пресноводных водоемов, включая общую схему и технику отбора проб с помощью планктонной сети, консервации и этикетирования проб, их качественного и количественного анализа проб. Приводятся также возможные варианты использования методик изучения зоопланктона в учебно-исследовательской деятельности школьников.

### Введение

Одним из основных звеньев биоценоза любого обитаемого водоема является зоопланктонное сообщество.

Название «*планктон*» происходит от греческого слова «парить». Таким образом, зоопланктон - это группа достаточно мелких животных, **парящих** в толще воды, т.е. неспособных самостоятельно передвигаться на значительные расстояния. Обилие планктон в озерах, прудах и водохранилищах, то есть в малопроточных водоемах. В реках его биомасса и численность значительно меньше.

Зоопланктонное сообщество, как и любое сообщество экосистемы, при нормальных условиях характеризуется относительным постоянством видового состава, динамической устойчивостью, определенной присущей ему организацией.

Изменение условий в водоеме приводит к изменению соотношения как отдельных групп животных, так и отдельных видов. По этим изменениям можно в некоторых случаях сделать вывод об их возможной причине: чрезмерном увеличении численности рыб, изменении химического состава воды (например закислении) и т.д.

Поэтому, наибольший интерес при экологических исследованиях представляют **многолетние и неоднократные в течение года** наблюдения за планктоном.

Большинство методов оценки каких-либо показателей водоемов (например, качества воды) по единовременной серии проб, неполноценны. Например, если приехать в пустыню Сахара весной, и провести там разовое обследование, то можно будет сделать предположение, что природные условия этого региона крайне благоприятны для выращивания фруктов: весной там тепло и достаточно влаги. Однако, через месяц наступит сухой сезон и пустыня станет безжизненной.

Поэтому, выполненные за одну неделю исследования планктона не представляют, вообще говоря, какого-либо интереса для ученых: они дают информацию только об этой неделе этого года, а не о строении и функциях сообщества в целом.

Долговременные исследования должны проводиться в течение **длительного периода времени** и по **одной и той же методике** (даже если она потом покажется не очень удачной или несвоевременной), - иначе нельзя будет сопоставить результаты за разные годы и определить тенденции изменчивости.

## Методы сбора планктона

Конечно, идеально было бы собрать и учесть всех животных планктона. Однако, это весьма сложно из-за гигантской разницы в их размерах: от 20 мкм до нескольких миллиметров. В данном методическом пособии описаны методы учета **мезозoopланктона** (1 мм и более), это - *Daphnia*, *Polyphemus* и др., и **микрoоpланктона** (50-1000 мкм) - личинки веслоногих рачков (наутилусы и копеподиты), ветвистоусые рачки *Bosmina*, *Diaphanosoma*, коловратки и др.

Метод отбора проб зависит от типа водоема, его глубины и размера.

### Отбор проб с помощью планктонной сети

#### Устройство планктонной сети.

Планктонная сеть представляет собой **сачок**, изготовленный из специальной ткани, пропускающей воду и задерживающей планктон - так называемого "**планктонного газа**", с резервуаром для сбора накапливающихся во время траления (процеживания) животных (рис. 1 а).

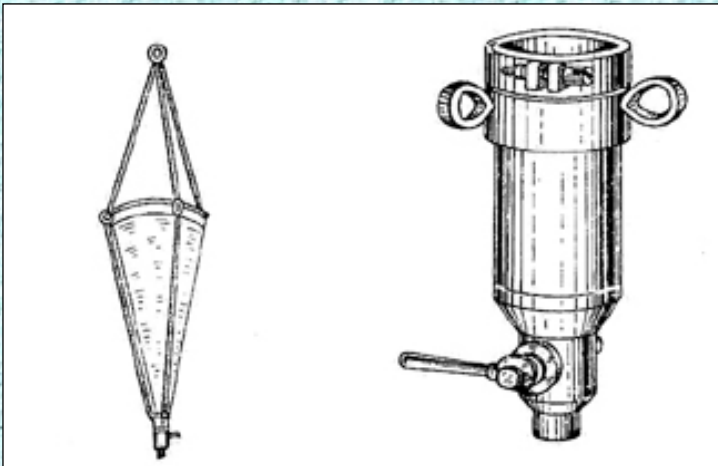


Рис. 1: а - планктонная сеть, б - планктонный стакан

Имеющийся в наличии материал выкраивается **в виде конуса** и пришивается к металлическому обручу в верхней части и к планктонному стакану в нижней. В обоих случаях, пришивать газ следует не непосредственно к обручу или стакану, а к **полоске ткани** (льна, бязи, х/б), иначе он быстро прорвется в местах соединения с металлом.

В гидробиологическом мониторинге приняты два **стандартных размера** планктонной сети - с диаметром входного отверстия 25 или 40 см и длиной конуса 55 или 100 см соответственно.



Фирменный **планктонный стакан** можно также заменить любым стеклянным или пластмассовым сосудом (например пузырьком из-под силикатного конторского клея с вырезанным дном) с устройством для слива пробы через дно (например, на горлышко пузырька надевается резиновая трубка с аптекарским зажимом, или просто отверстие затыкается резиновой пробкой). Место соединения стакана и сети обшивается тканью (благо пластмассу можно прошить).

Основные формы использования планктонной сети - траление и процеживание.

### Траление

При тралении планктонную сеть привязывают к длинной веревке и тянут ее поперек водоема (с берега на берег или за движущейся лодкой). Это называется **горизонтальным тралением**.

**Вертикальное траление** – протягивание планктонной сети снизу вверх – от дна водоема до поверхности. Вертикальное траление дает более полные результаты о населении планктона исследуемого водоема. Производят его с лодки, облавливая горизонт от 0 до 10 м. Если глубина водоема менее 10 м, то траление следует проводить от дна до поверхности, стараясь не опускать сеть на дно, так как при этом туда попадет много мути и донных животных, не относящихся к планктону.

При тралении, зная диаметр обруча, можно рассчитать объем обловленного столба воды ( $V = R h$ ).

Для определения глубины отбора проб на веревке, за которую ведется вертикальное траление, нужно сделать отметки через каждый метр (например навязать узелки или нашить цветные ленточки или тесьму).

### Процеживание

Процеживание является более доступным для школьников методом отбора проб. Фактически – это зачерпывание воды из водоема и ее процеживание через планктонную сеть.



Зачерпывание производят сосудом определенного, заранее известного объема (например, **ведром**). Пробы воды "сгущают", выливая воду в горло планктонной сети. При этом вся вода из ведра выливается через стенки конуса планктонной сети, а искомый зоопланктон оседает в планктонном стакане.

Зная объем одного ведра и количество зачерпнутых ведер, определяют объем процеженной воды.

**Объем** процеживаемой («облавливаемой») **воды** зависит от численности зоопланктона и колеблется в пределах от 10 (в богатых водоемах летом) до 300 (зимой) литров. В любом случае, количественные пробы, при подсчете, приводятся к одному стандартному объему (например 1 литру).

Метод процеживания особенно важен и чаще всего используется для изучения **прибрежного планктона**, видовой состав которого отличается от такового в центре водоема.

### Послойный отбор проб с помощью батометра

Батометры - приборы различной конструкции для взятия проб воды с разных глубин. В классическом виде это цилиндр, который можно опустить на определенную глубину, там закрыть и извлечь вместе с содержимым.

К сожалению, сделать классический батометр не так просто.

Однако в качестве простейшего батометра можно использовать стеклянную бутылку (чем большего объема, тем лучше) с узким горлышком, с деревянной пробкой, утяжеленную каким-либо грузом. К бутылке привязано две веревки - одна за горлышко бутылки, вторая - за пробку (рис. 2).

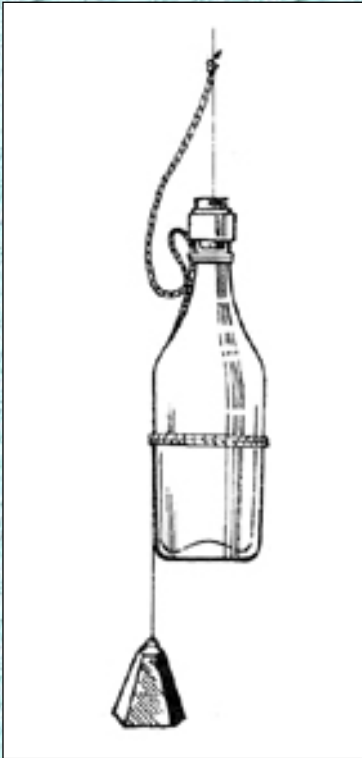


Рис. 2. Самодельный батометр

Опустив бутылку на нужную глубину (главное, чтобы она тонула, для этого и груз), необходимо резко выдернуть пробку (затыкать ее туго, поэтому, не следует) и через минуту-две как можно быстрее вытащить на поверхность. При большой скорости подъема и узком горлышке вода из вышележащих слоев практически не попадет внутрь.

Пробы, поднятые на поверхность с помощью батометра, также следует "сгустить", пролив воду через **планктонную сеть**, рассчитав объем процеженной воды.

Поскольку объем "процеживаемой" воды должен быть, по возможности, большим, батометр следует сделать **как можно большего размера**, - например использовать 2-х литровую стеклянную или пластиковую бутылку, или какой-либо сосуд еще большего размера с узким горлом.

На веревке, к которой привязана бутылка, также следует сделать отметки через каждый метр для определения глубины отбора проб.

При наличии батометра или прибора его заменяющего, можно проследить суточные миграции зоопланктона из глубины к поверхности и обратно.

### Общая схема отбора проб

При проведении серьезных гидробиологических исследований, отборы проб следует осуществлять регулярно в течение года – обычно 2 раза в месяц. Однако, для приблизительных результатов можно предложить такой **график отбора проб** (для средней полосы):

- 1 отбор: начало мая (начало подъема численности различных животных);
- 2 отбор: конец мая (пик численности веслоногих ракообразных и их личинок);
- 3 отбор: начало-середина июня (пик численности дафний);
- 4 отбор: конец июня ("цветение" водоема, угнетенное состояние зоопланктона, развитие мелких форм);
- 5, 6, 7 отборы: по одной пробе в июле, августе, сентябре;
- 8 отбор: октябрь (в это время можно обнаружить самцов ветвистоусых ракообразных, по которым зачастую легче определить их до вида).

**Распределение точек**, в которых отбираются пробы за одну дату, обычно производится по некоей оси. Одна проба берется в центре водоема, другая - примерно на полпути к берегу, третья - в прибрежье.

Обычно пробы берут **утром**, когда на водоеме нет ветра и волнения, препятствующих работе.

Численность планктонных животных **зимой** весьма мала, особенно в подледный период до самого таяния льда. Ранней **весной** происходят весьма интересные события, но отбирать пробы следует осторожно: лед уже непрочен, чтобы по нему выйти на озеро, но в то же время еще невозможно использовать лодку.

**В реках** численность зоопланктона весьма низка, поэтому лучше всего отбирать пробы в заводях, где он многочисленнее.

## Консервирование и этикетирование проб

### Временное хранение проб

По окончании траления или процеживания воду, скопившуюся в планктонном стакане, вместе с осевшим там зоопланктоном (что собственно и является "пробой") аккуратно сливают в чистый (дважды сполоснуть "местной" водой) сосуд подходящего объема. В качестве сосуда для временного хранения проб можно использовать любые стеклянные и пластмассовые пузырьки, маленькие бутылочки и т.п. (объемом 50-200 мл.) с герметически заворачивающимися крышками.



Пузырек с временно хранящейся пробой (до прихода в лабораторию) заворачивают в бумагу, на которой делают пометки о месте и времени отбора пробы (см. ниже).

В лаборатории, в зависимости от целей исследования, отобранные пробы сразу же исследуют (в живом виде), или фиксируют.

Перед фиксацией пробы можно **разбавить** или наоборот **сгустить** - откачать лишнюю воду, пользуясь "**закрытой пипеткой**", т.е. пипеткой, в которой всасывающее отверстие перекрыто планктонным газом.

**Фиксируют** пробы обычно формалином из такого расчета, чтобы в результате получился 4% раствор. Обычно формалин имеется в виде 40% раствора, так что нужна 1 часть формалина на 9 частей водной пробы. Однако, при такой фиксации пробы должны храниться в теплом месте, т.к. при отрицательных температурах формалин дает сильный осадок.

Другой фиксатор - спирт, из расчета, чтобы получить 70% раствор. Для непродолжительного хранения можно в пробу добавить водки.

Каждая проба, оставляемая на хранение, или для дальнейшей транспортировки, должна быть снабжена **этикеткой** на которой необходимо указать (пример):

Номер пробы:	18/1
Водоем:	Клязьминское водохранилище (Московская обл., Мытищинский р-н, окр. пос.Пирогово)
Дата:	03.06.1996
Место сбора:	Центр озера
Глубина (горизонт):	0 -10 м
Орудие лова :	Планктонная сеть

Этикетку нужно писать **тушью** на пергаментной бумаге или кальке и вложить внутрь пузырька, в котором пробы будут храниться.

Необходимо организовать учет всех проб в специальном **полевом журнале**, в который записывать **время** взятия пробы, ее **порядковый номер**, а также всю **информацию, указанную на этикетке**. Желательно также снабжать записи информацией о **чase** отбора проб (поскольку у организмов в планктоне наблюдаются суточные миграции), а также **метеорологическими данными**: температура воздуха и воды у поверхности, облачность, сила ветра и т.д.

## Обработка проб

### Качественная обработка

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

Обязательно следует **разделять посуду**, используемую для работы с **живыми и фиксированными пробами**, поскольку даже незначительные следы формалина или спирта могут убить животных.



Часть пробы из пузырька, куда была собрана вода с планктоном после траления (процеживания), 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, которое

должно быть на пластилиновых "**ножках**" (маленьких шариках пластилина), чтобы не раздавить нежное животное. Отметим, что под покровным стеклом движение живого животного весьма замедляется или вообще прекращается, что удобно при определении. Конечно, нужно следить за тем, чтобы не раздавить объект. Для очень мелких объектов стекло можно не снабжать ножками. 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 водноиммерсионные 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 индивидуумы 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.

## Количественная обработка проб

Задачей количественной обработки является оценка **численности** различных видов животных в пробе и во всем водоеме. Если в пробе содержится малое количество животных - она просчитывается целиком ("малое", это когда потенциально можно пересчитать все особи, примерно в пределах одной сотни). Для этого ее содержимое сгущается и выливается в специальную счетную камеру.

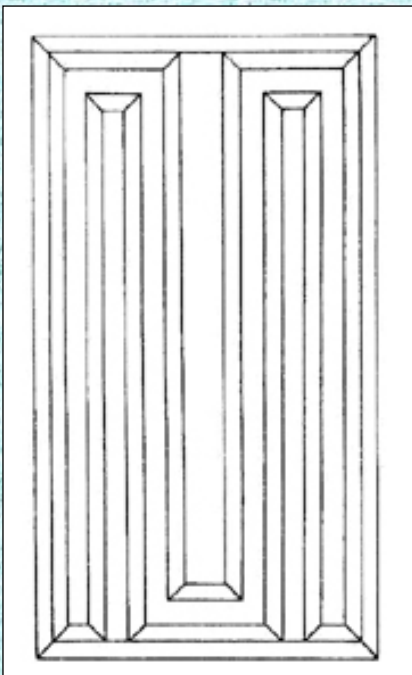
Наиболее употребительны два типа камер.

**1. Камера Горяева** - небольшой сосуд, на дне которого имеются насечки в виде квадратов с определенной длиной стороны (например, 1 см). Вся проба или ее часть известного объема (использовать мерную пипетку – см. ниже) выливается в камеру, после чего камера перемещается под бинокуляром.



Достаточно просто изготовить камеру **самостоятельно** - взять пластмассовую (одноцветную) чашку Петри и расчертить (процарапать) на ней сетку со стороной квадрата 1 см. На стеклянной чашке царапины можно нанести кончиком скальпеля, препаровальной иглой и т.п. С обратной стороны чашки Петри квадраты следует пронумеровать. Чтобы сетка квадратов и цифры были лучше видны, дно чашки заливают тушью или закрашивают фломастером. Потом краску стирают, но в царапинах она остается.

Подсчитав число особей каждого вида в нескольких квадратах (или даже во всех), можно определить **общее число особей** каждого вида **в пробе**. Поскольку объем воды, обловленный планктонной сетью, известен (см. выше), можно легко вычислить **численность особей вида в литре** воды:  $M_{cp} = M_{сумм} \setminus V_{обл}$ , где  $M_{cp}$  - средняя численность вида в литре воды водоема,  $M_{сумм}$  - численность вида в пробе,  $V_{обл}$  - объем обловленной воды в литрах.



**2. Камера Богорова** - гораздо более удобна для подсчета "густых" проб, содержащих много особей. Она представляет собой толстую пластинку из стекла или оргстекла с выемкой в виде **лабиринта** (рис. 3).

Изготовить камеру Богорова также можно **самостоятельно**. Идеальный способ изготовления - из толстого (1 см) оргстекла с помощью фрезы (до 0,5 см). При отсутствии фрезы можно склеить лабиринт из полосок оргстекла. Ширина выемок лабиринта должна быть не более 0,5 см - для того, чтобы вся вода с животными умещалась в поле зрения бинокля при 20-30-кратном увеличении (обычно этого бывает достаточно для проведения количественных учетов).

Глубина выемок в лабиринте должна быть в пределах 0,5 - 1 см. Длина лабиринта значения не имеет и обычно составляет 40-44 см (четыре "изгиба" по 10 см).

Рис. 3. Камера Богорова

Проба целиком выливается в камеру, после чего камера перемещается под биноклем, так что поле зрения следует по всему лабиринту от его начала до конца. При этом производится подсчет всех попадающих в поле зрения животных. Расчет производится на объем обловленной воды.

В большинстве случаев невозможно подсчитать всех особей массового вида в пробе. В таком случае производится **относительный подсчет**. Вся проба выливается в мерный сосуд (стакан, цилиндр), после чего ее объем доводится до определенного стандарта (например 100 мл) путем доливания воды или наоборот откачивания ее "закрытой" пипеткой. После чего из этого сосуда отбирается некий малый, точно известный, объем воды с организмами – например, с помощью мерной пипетки. Для этой цели можно также использовать обычный шприц без иглы. Содержимое пипетки выливают в счетную камеру. Таким образом, просчитывается лишь часть всей пойманной пробы.

Например: пусть объем пробы доведен до 100 мл, отобрано 5 пипеток по 5 мл, то есть 25 мл, таким образом, будет просчитана 1/4 часть объема всей пробы. Перед каждым отбором пипеткой воду в мерном сосуде необходимо взбалтывать.

Таким образом должны быть получены данные по численности массовых видов для каждой точки и каждой даты **в течение сезона**. Особенно наглядно изменения численности могут быть отражены на графиках.

### **Возможные варианты использования методик**

Цели проведения исследований и варианты работ по изучению зоопланктона весьма разнообразны.

Достаточно наглядно **сопоставление видового состава в аналогичных загрязненных и незагрязненных водоемах**. Например, если имеются два схожих пруда примерно одного размера, один из которых расположен вблизи крупного предприятия, то вполне возможно выявить в видовом составе и в динамике численности отдельных видов последствия химического загрязнения. Совершенно не обязательно, при этом, что численность животных в водоеме, подвергающемся загрязнению, ниже, чем в чистом. Однако, видовой состав загрязненного водоема почти всегда **обеднен**. В нем встречаются обычно лишь отдельные виды, приспособленные к перенесению неблагоприятных условий. В некоторой степени большее число видов является прямым показателем благоприятной ситуации в водоеме. Однако, число видов - это свойство конкретного водоема и нельзя сказать, что если в водоеме 25 видов - то он обеднен, а 50 видов - богат. Только в результате сопоставления аналогичных водоемов можно делать какие-либо выводы.

Весьма продуктивно в таком случае **сопоставление фауны в реке до некоего предприятия и после него по течению**.



Пробы при этом надо отбирать **в заводях** со стоячей водой. Такое сравнение может прямо указать на неблагоприятное влияние загрязнения.

При обычных условиях в открытой части озер и водохранилищ из ветвистоусых рачков наиболее многочисленны (доминируют) крупные дафнии (*D.galeata*, *D.lonyispina*, *D.hyalina*) и крупные босмины (*B.coregoni*, *B.longispina*). В случае, если в планктоне изобилуют более мелкие формы (*D.cucullatf*, *B.loryirostris*, *Diaphanosoma bruchiurum*) мож-



но предположить, что в озере живет большое число рыб, мальки которых выедают в первую очередь именно относительно крупных планктонных животных. **Сопоставляя данные о доминантах** за разные годы, можно уловить тенденцию к увеличению или уменьшению поголовья рыб в водоеме.

Однако, на смену доминантов могут влиять и другие факторы. Например, в последнее время во многих озерах наблюдается увеличение интенсивности "цветения", то есть развитие летом гигантского числа одноклеточных и колониальных водорослей. Это связано с так называемой **"антропогенной эвтрофикацией"**, т.е. увеличением содержания в водоеме минеральных солей и органических веществ, необходимых для развития водорослей за счет смыва удобрений с полей, сбросов отходов органической природы и т.д. "Цветение" **по-разному переносится разными животными**, некоторые подавляются им, другие наоборот развиваются в большом числе, что может также привести к смене доминантов в водоеме. В таком случае, в середине лета будут доминировать одни виды, а весной и в начале лета, а также в конце лета и осенью - другие.