

ПРОВ 68

ПРОВ 1580

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

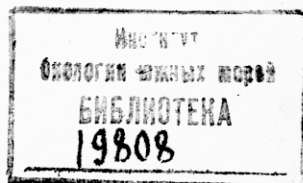
СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

ИМ. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

ТРУДЫ
СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ
СТАНЦИИ

Том IX



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА. 1957

Т. С. ПЕТИПА

О СРЕДНЕМ ВЕСЕ ОСНОВНЫХ ФОРМ ЗООПЛАНКТОНА ЧЕРНОГО МОРЯ

Необходимость исследований по среднему весу планктонных организмов в настоящее время уже достаточно очевидна. Следует, однако, отметить, что знание веса планктонтов нужно не только для количественных исследований при изучении распределения его биомассы, вопросов питания, дыхания и других, но также еще и потому, что в последнее время все чаще вес организмов планктона принимается за столь же равноценный биометрический признак, как и размер.

Для Черного моря имеются сведения о весе организмов зоопланктона в работах Л. М. Баркаловой (1940) и К. В. Ключарева (1948). Однако оба автора не дают размеров организмов, которым соответствовали бы представленные средние веса, и не везде указывают методику определения среднего веса исследуемых животных.

Поэтому при изучении количественного распределения зоопланктона, его миграций и питания нам предварительно пришлось заняться установлением среднего веса отдельных форм зоопланктона.

Существует два наиболее распространенных способа определения среднего веса: геометрический и непосредственное взвешивание. Геометрический способ заключается в определении веса организмов по объему такого геометрического тела, которое по форме приближается к данному организму, причем удельный вес организмов планктона принимается равным единице. Хотя этот способ относительно прост, но часто мало точен. Способ непосредственного взвешивания дает более удовлетворительные данные, хотя он сложнее геометрического.

Как геометрический, так и метод непосредственного взвешивания имеют каждый свои ошибки: например, при геометрическом способе определения среднего веса трудно найти объем, который полностью соответствовал бы форме тела; нельзя также учесть такие плотные образования, как известковые створки раковин. При непосредственном взвешивании могут получаться разнящиеся величины веса в зависимости, во-первых, от методики взвешивания и способа предварительной подготовки организмов к взвешиванию и, во-вторых, от различного состояния организма: его половозрелости, упитанности и места обитания — в том случае, если не происходит изменения размеров тела.

Таким образом, оба эти способа верны только относительно, однако метод непосредственного взвешивания, как отражающий с некоторыми колебаниями истинный вес животного, можно считать более правильным. Поэтому для получения более точных результатов предпочтительно при расчетах исходить из непосредственного взвешивания.

В настоящее время принято определять сырой формалиновый вес, а уже это одно тоже дает ошибки, так как формалиновый вес может отличаться от истинного живого веса, как это показал Е. В. Боруцкий (1934, 1934а), от $-1,56\%$ до $+20,51\%$. Наиболее устойчивым весом, по данным Боруцкого (1934а), является вес организмов, выдержанных в достаточно крепком (4—10%) формалине не менее четырех месяцев. В этом случае колебания веса очень незначительны. Кроме того, определение формалинового веса считается более удобным, так как большинство исследователей чаще всего имеет дело именно с формалиновым материалом. До последнего времени самым точным методом определения живого веса мелких организмов является метод Н. С. Гаевской (1938) при помощи раствора глюкозы.

МЕТОДИКА

В данной работе определялся средний сырой формалиновый вес зоопланктонов по методу Боруцкого (1934, 1934а) и Ф. Д. Мордухай-Болтовского (1954) при кратковременном (1 минута) подсушивании организмов на фильтровальной бумаге и последующем взвешивании их в течение возможно более короткого времени (в пределах 1 мин.)¹.

Одновременно определялся объем взвешенных организмов. Затем из объема и веса вычислялся по пропорции вес и более молодых стадий, построенных по тому же типу, что и взрослые животные.

Вес самых молодых личиночных стадий определялся только геометрическим путем. Там же, где нельзя было сколько-нибудь точно определить объем организма, использовалась известная закономерность изменения веса пропорционально кубу линейной длины.

Эта закономерность не всегда правильно отражает действительную зависимость между ростом организма и его весом. Вес изменяется пропорционально объему животного, а не кубу его линейной длины. Однако в некоторых случаях, когда с возрастом организма не происходит изменения формы тела, этой зависимостью между весом и длиной, как показал Мордухай-Болтовской (1954), можно пользоваться при расчетах определений веса. Ведь и более точное соотношение между весом и объемом также не всегда отображает действительную картину. Часто, например, при более сильном уплотнении покровов вес возрастает быстрее объема.

При взвешивании на аналитических весах был использован несколько упрощенный метод «абсолютно точного взвешивания» по Менделееву. Но при этом не учитывались некоторые поправки, дающие отклонения в четвертом, иногда в третьем знаке после запятой. Кроме того, этот метод предполагает вообще использование лишь очень незначительного количества поправок на некоторые погрешности, тогда как большинство остальных погрешностей исключается самим методом. Для проверки полученных результатов всегда проводилось дополнительное взвешивание на торзионных весах.

Для взвешивания отбирались хорошо сохранившиеся, неповрежденные организмы по определенным размерным и возрастным группам. В каждую размерную группу входили животные одного или нескольких близких возрастов или одинакового пола. При отборе организмов, особенно копецод, по возможности учитывались природные группировки, т. е. живот-

¹ Подсушивание можно производить и по другому методу при помощи спирта и эфира, как это было предложено В. Г. Богоровым (Bogorow, 1934). Однако по этому методу веса оказываются несколько меньшей величины, так как спирт экстрагирует часть веществ из тканей животного.

ные выбирались не только по возрасту, но и по принадлежности их к той или иной природной популяции. Например, учитывались отдельно зимовавшие половозрелые особи и весенние молодые формы, также достигшие половозрелости, или отдельно определялся вес по стадиям для летних генераций *Acartia clausi* «малой» и *Acartia clausi* «большой». Кроме того, обычно использовались те организмы, которые были собраны в период их массового развития.

Колебания размеров в пределах одной размерной группы для животных длиной менее 1 мм не превышали 0,1—0,37 мм, для животных свыше 1 мм колебания размеров составляли 0,3—0,7 мм. Вообще, чем мельче организмы, тем меньше разница их размеров в пределах одной размерной группы.

Для взвешивания на аналитических весах отбиралось такое количество планктонтов, которое дало бы вес не менее 0,6—1,0 мг. Для этого требовалось набрать от нескольких десятков до нескольких сотен организмов в зависимости от их размеров. К сожалению, некоторых форм, например *Pontella*, *Labidocera*, в наших материалах в достаточном количестве не оказалось, поэтому пришлось взвешивать единичные экземпляры. Вес, полученный таким образом, конечно, неточен, но о порядке его величины судить можно.

Вся работа по определению веса производилась на материале Севастопольской бухты и частично открытого моря.

В результате произведенной работы составлены таблицы среднего веса основных форм зоопланктона, которые и представлены ниже. Эти таблицы еще далеко не полны. К сожалению, в них не удалось включить вес многих организмов и даже групп. Так, в таблицы не вошла большая группа простейших — колокольчиковых инфузорий, которые, однако, составляют значительную долю планктонного, особенно летнего, сообщества. Вес не был определен также для некоторых ракообразных: *Evadne* — из кладоцер, *Cypris*, *Balanus* — из *Cirripedia*. Кроме того, для некоторых копепод был определен вес только для взрослых форм.

Для удобства и простоты выражения исследуемого взаимоотношения между весом, вычисленным по объему геометрическим способом, и весом, установленным путем непосредственного взвешивания, принимаются следующие обозначения: вес, вычисленный геометрическим путем, приравниваемый к объему, когда удельный вес принимается равным единице, обозначается как вес P_v , вес, полученный непосредственным взвешиванием, — как вес P .

1. ЛИЧИНКИ МОЛЛЮСКОВ

1. Личинки брюхоногих моллюсков

(табл. 2, А)

Личинки брюхоногих условно разделены на четыре группы. Первые три группы, отличающиеся только по размерам, имеют раковину, состоящую из двух или трех завитков. Тело таких моллюсков по форме можно приравнять к усеченному конусу, объем которого равен $\frac{1}{3}\pi h(r^2 + rR + R^2)$. Величины h , r и R , необходимые для вычисления объема, обозначены на рис. 1.

Четвертая группа моллюсков отличается от первых трех формой раковины, имеющей только один завиток с одинаковым диаметром по всей своей длине. Такую раковину по форме можно приравнять к кольцу, не

имеющему внутреннего просвета. Его объем равен $2\pi^2 r^3$, где r — диаметр завитка (рис. 2).

Непосредственным взвешиванием определялся вес моллюсков второй группы, как наиболее распространенной и встречающейся в планктоне более продолжительное время. Для всех остальных групп вес находился путем вычисления.

Между весом P_v и весом P брюхоногих обнаруживается следующая зависимость: вес P превышает вес P_v в одну с четвертью раза.

По-видимому, у личинок брюхоногих вес возрастает значительно быстрее объема.

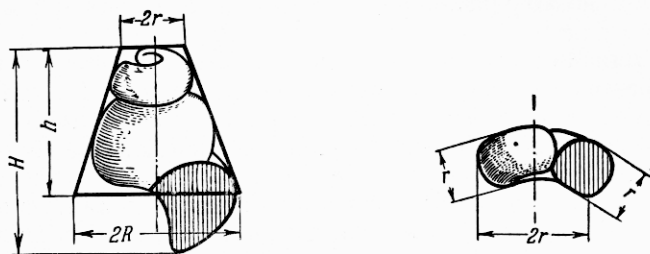


Рис. 1—2. Схемы измерения раковины моллюска

2. Личинки пластинчатожаберных моллюсков

(табл. 2, Б)

Для определения веса пластинчатожаберных моллюсков было отобрано пять размерных групп с тремя различными типами строения, достаточно часто встречающимися в планктоне. Первые три группы включают наиболее распространенных моллюсков одинаковой формы, но отличающихся размерами.

Две последние группы, менее распространенные, обладали несколько иным строением.

В первые три размерные группы были отобраны *Mytilus*, *Mytilaster*, *Pecten* и довольно редкие формы из семейства *Erycinidae* (Kellya). По форме тела их можно сравнить с эллипсоидом, у которого все три оси разные. Объем таких моллюсков можно определить по формуле

$$\frac{1}{6} \pi l h t,$$

где l , h и t — соответственно длина, высота и ширина раковины¹.

Моллюски четвертой группы имеют форму эллипсоида вращения, объем которого в данном случае равен

$$\frac{1}{6} \pi h l^2,$$

где h — высота, а l — длина или ширина раковины. К этой группе принадлежат личинки корабельного червя *Teredo navalis*.

И, наконец, к последней группе были отнесены личинки фолад, которые по форме напоминают чечевицу или два одинаковых шаровых сегмента, сложенных основаниями. Их объем определяется по формуле

$$\frac{1}{24} \pi t (t^2 + 3l^2),$$

где t — ширина раковины, а l — ее длина или высота.

¹ Для пластинчатожаберных моллюсков принимаются следующие обозначения: длина раковины — расстояние от переднего до заднего края раковины; высота — наибольшее расстояние между спинным и свободным брюшным краем раковины; ширина — расстояние между наиболее выпуклыми частями обеих створок раковины.

При сравнении веса P_v и веса P двустворчатых обнаруживается та же зависимость, что и у брюхоногих, но выраженная еще более резко: вес P превышает вес P_v в семь раз. Такое значительное увеличение веса по сравнению с объемом наблюдается обычно у всех групп организмов, тело которых имеет какие-либо плотные образования — скелет, раковину и т. д. Это обстоятельство всегда надо иметь в виду при вычислении веса по объему.

Непосредственным взвешиванием определялся вес только смешанной группы моллюсков, в состав которой были включены формы со всеми условно принятыми типами строения, затем для каждой группы в отдельности вес был уточнен по их объему.

Полученные таким образом веса пластинчатожаберных и брюхоногих моллюсков оказались значительно выше, чем вес соответствующих моллюсков по данным Баркаловой (1940), определенный также непосредственным взвешиванием.

Наши данные по весу моллюсков, к сожалению, не сравнимы с результатами аналогичных исследований по другим морям из-за отсутствия размерных показателей моллюсков из этих морей.

II. ЛИЧИНКИ ПОЛИХЕТ

(табл. 3)

Для полихет были выбраны две группы, отличающиеся только длиной. Вес более крупных личинок определен непосредственным взвешиванием. Форму тела личинок полихет можно свести к цилиндру, высота которого равна длине туловища, а диаметр основания равен ширине личинки, включая базальную часть паранодий.

В результате вычислений оказалось, что вес P личинок многощетинковых червей немногим больше их веса P_v и почти совпадает с определением веса по объему и удельному весу¹.

По полученным нами результатам вес личинок полихет в шесть с лишним раз больше, чем их вес по данным Баркаловой (1940) и только в полтора раза превышает вес дальневосточных полихет по материалам Е. А. Лубны-Герцык (1953).

III. ЛИЧИНКИ ДЕСЯТИНОГИХ РАКОВ

1. Личинки креветок

(табл. 4, А)

(*Leander*, *Lysmata*, *Athanas*, *Alpheus*)

Определить объем личинок креветок значительно труднее, чем многих других организмов. Поэтому для вычисления веса пришлось пользоваться кубической пропорцией. Были выделены две размерные группы. Более мелкие организмы взвешивались непосредственно. Длина измерялась от конца рострума до заднего края тельсона.

2. Личинки *Porcellanus*

(табл. 4, Б)

Были взвешены две группы организмов, отличающихся размерами. Длина личинки измерялась двояко: во-первых, от конца рострума до заднего края тельсона и, во-вторых, от основания рострума до заднего

¹ Удельный вес личинок полихет указан в работе Г. Н. Миронова (1940).

края тельсона. При сравнении длины и веса личинок *Porcellanus* обнаружилось, что с ростом личинок вес возрастает в 2,3 раза быстрее длины.

3. Личинки крабов

(табл. 4, В)

Для личинок двух видов крабов *Xantho* и *Pilumnus* вес определялся по смешанной группе, так как эти личинки по форме и размерам близки между собой. Молодые и более поздние стадии, встречающиеся в планктоне относительно продолжительное время, взвешивались отдельно.

Таким образом, были выделены две размерные группы, в каждую из которых входили личинки обоих видов, но одинаковых размеров. Длина измерялась так же, как и у *Porcellanus*.

Увеличение веса личинок *Xantho* и *Pilumnus* идет почти в $1\frac{3}{4}$ раза быстрее роста в длину, но немного медленнее, чем у *Porcellanus*. Несколько большее увеличение веса у *Porcellanus* можно объяснить наличием у этой личинки длинных выростов на панцире.

Кроме того, сокращенное число возрастных стадий и ранняя закладка торакальных ног и клешней *Porcellanus* способствует, по-видимому, также некоторому увеличению веса (Долгопольская, 1949).

Сравнить вес личинок декапод из Черного моря и других морей, к сожалению, совершенно невозможно из-за отсутствия достаточных данных.

IV. ЛИЧИНКИ УСОНОГИХ (*BALANUS*)

(табл. 5)

Для установления веса личинок баянусов были отобраны две размерные группы: одна из них состояла из нескольких ранних науплиальных стадий развития, другая — из более поздних стадий, приближающихся к ципрсовидной. Взвешивалась только вторая группа, состоящая из поздних науплиальных стадий. По форме тела науплиев баянусов можно приравнять к полусферу, объем которого равен

$$\frac{1}{12} \pi l^3,$$

где l — длина панциря без шипов. При сравнении веса P_v и веса P последних науплиальных стадий оказалось, что вес P в полтора раза превышает вес P_v .

Такое значительное возрастание веса по сравнению с объемом, по-видимому, связано с уплотнением покровов животного в связи с приближением его перехода к донному образу жизни.

Еще более быстрое увеличение веса по сравнению с объемом можно предполагать при переходе личинки от науплиальной стадии к ципрсовидной. Значительное увеличение удельного веса в этом случае связано именно с приближением срока оседания (Миронов, 1940).

По нашим данным, вес науплиев *Balanus* в два раза больше, чем по данным Баркаловой (1940). По дальневосточным морям личинки *Balanus* имеют лишь немногим меньший вес, чем черноморские.

V. КЛАДОЦЕРА

(табл. 6, А, Б)

Из ветвистоусых рачков был установлен средний вес *Penilia avirostris* и *Podon polyphemoides*.

1. Для определения веса *Penilia* были отобраны только половозрелые самцы и самки, размеры которых колебались от 0,586 до 0,96 мм. Средняя длина одного экземпляра составляет 0,77 мм, а его средний вес 0,035 мг. Самки *Penilia* были большей частью с зародышами, но на самых ранних стадиях развития.

Если сравнить *Penilia* с некоторыми пресноводными кладоцерами, которые по своей форме ближе всего подходят к *Penilia*, то оказывается, что вес и тех и других почти одинаков.

Так, *Macrothrix* с размерами от 0,7 до 0,9 мм, по данным Мордухай-Болтовского (1954), весит 0,030 мг и, таким образом, мало отличается от *Penilia* тех же размеров.

2. Для *Podon polyphemoides*, так же как и для *Penilia*, вес был определен только для наиболее часто встречающихся взрослых форм, размерами от 0,26 до 0,407 мм при среднем размере 0,33 мм. Средний вес этих форм равен 0,009 мг.

Из работы Мордухай-Болтовского (1954) подобные подону пресноводные полифемусы при размерах от 0,3 до 0,5 мм имеют точно такой же вес — 0,009 мг, такой же вес имеют подоны и по данным Баркаловой (1940).

VI. КОПЕПОДА

(табл. 7, А, Б, В)

Веслоногие раки, их яйца и личинки составляют наиболее значительную часть черноморского зоопланктона и играют в пищевых взаимоотношениях между фитопланктоном, зоопланктоном и планктоноядными рыбами наиболее важную роль. Поэтому для данной группы животных следует более детально определить вес не только взрослых форм, но и молодых личиночных стадий и яиц, хотя, к сожалению, еще не для всех яиц и науплиев установлена их видовая принадлежность.

Непосредственным взвешиванием определялся вес только половозрелых форм и изредка последних копеподитных стадий. Вес всех остальных копеподитных стадий вычислялся из пропорции между объемом и весом, полученным для взрослых форм.

Форму тела всех копепод, кроме *Harpacticoida*, можно приравнять к двум геометрическим фигурам: головогрудь — к эллипсоиду вращения, брюшко — к цилиндру. Тогда объем всего рачка равен

$$\frac{1}{6} \pi L T^2 + \frac{1}{4} \pi l t^2,$$

где L и T — длина и наибольшая ширина головогруды, а l и t — длина и средняя ширина брюшка.

Форма тела исследуемых гарпактицид, принадлежащих к виду *Thoracosphaera inflata*, напоминает полуэллипсоид и усеченный конус, сложенные основаниями. Объем такой гарпактициды равен

$$\frac{1}{12} \pi L [T^2 + \frac{1}{2} (T^2 + t^2 + T \cdot t)].$$

Здесь L — общая длина рачка, T — наибольшая ширина головогруды и t — ширина фурки¹.

Вес яиц и науплиев *Copepoda* определялся только геометрическим способом, т. е. вычисленный объем принимался за вес, считая удельный вес равным единице. По форме тела яйца приравнивались к шару, науплии — к эллипсоиду вращения. Объем яйца — $\frac{1}{6} \pi D^3$, где D — диаметр яйца. Объем науплиуса — $\frac{1}{6} \pi L T^2$, где L — длина, а T — наибольшая ширина науплиуса.

¹ В настоящей работе представлен только вес одной группы гарпактицид, пойманных в лимане Бургас северо-западной части Черного моря, которые имели характерное строение с очень плотными покровами.

На основании анализа веса P_v и веса P можно сказать, что у всех копепод, в том числе и гарпактицид, за исключением лишь одного *Paracalanus*, вес P превышает вес P_v в среднем в 1,7 раза (в 1,2—2 раза), причем характерной особенностью можно считать увеличение веса при том или ином уплотнении организма. Например, у рачков старой («зимней») популяции с более плотными тканями или у некоторых гарпактицид вес P может быть в два раза больше веса P_v ¹. Наоборот, наиболее прозрачные, относящиеся к молодой («весенней») популяции рачки, содержащие в кишечнике или полости тела капли жира, имеют вес P , менее отличающийся от веса P_v (в 1,2—1,3 раза). В данном случае это самки *Pseudocalanus* и *Centropages*, и только самки и самцы *Paracalanus*, которые оказались совсем светлыми, полупрозрачными и часто с жировыми каплями, имели вес P , даже немногим меньше веса P_v . Вероятно, большое количество жира и тонкие хитиновые покровы молодых форм способствовали такому сильному уменьшению веса P .

Для Черного моря, как уже упоминалось, опубликованы данные Баркаловой (1940) и Ключарева (1948). По нашим материалам вес взрослых животных *Centropages kröyeri*, *Pseudocalanus elongatus*, *Paracalanus parvus* и *Oithona minuta* почти совпадает с данными Баркаловой. То же в общем можно сказать и о науплиях копепод. Однако вес других взрослых копепод, *Acartia clausi* и *Harpacticoida*, резко разнится. Так, вес *Acartia clausi*, по нашим данным, был больше полученного Баркаловой почти в семь раз.

При сопоставлении полученных нами весовых показателей для копепод с материалами Ключарева оказалось, что средний вес *Calanus*, *Centropages*, *Pseudocalanus*, а также зимних и ранневесенних форм *Acartia clausi* из открытого моря был несколько выше, чем у Ключарева. Летние формы *Acartia clausi* из Севастопольской бухты имели почти такой же вес, и только копеподитные стадии и взрослые животные *Paracalanus* обладали несколько меньшим весом по сравнению с тем, который представлен Ключаревым. Средний вес соответствующих копепод из Охотского и Берингова морей, по данным Е. А. Лубны-Герцык (1953), в основном превышает вес черноморских рачков. Но в этом случае правильную оценку соотношению весов дать трудно, так как автор не указывает размеров дальневосточных веслоногих, а это дает право предполагать, что дальневосточные рачки были более крупными. Кроме того, некоторые организмы приравнивались к фигурам, крайне приближенно отражающим их форму тела. Копеподы из Баренцова моря, *Pseudocalanus elongatus* и *Calanus finmarchicus*, взвешенные непосредственно (Яшнов, 1934; Богоров, 1933, 1934), оказались также более крупными, чем черноморские, и потому имели больший вес. Однако большим весом обладали и те из веслоногих, например *Acartia clausi*, которые имеют и в Черном, и в Баренцовом морях одинаковые размеры. Причиной расхождения весов в данном случае могут быть специфические условия роста и развития данного вида в Баренцовом море².

¹ У гарпактицид вообще можно предполагать более быстрое увеличение веса по сравнению с объемом, чем у других копепод, так как большинство их не парящие, а ползающие формы.

² Как показал Богоров (1934), такие значительные колебания веса могут наблюдаться даже у одного и того же вида, обитающего в различных районах моря. Особенно сильное влияние оказывает температура окружающей среды. В общем, как правило, нужно считать, что организмы, развивающиеся при более низкой температуре, обычно крупнее и тяжелее тех, которые развиваются при более высокой температуре. Некоторую роль в этом случае, вероятно, играет и вязкость среды, которая тесно связана с температурой.

Наоборот, *Calanus finmarchicus* из Атлантического океана в районе Плимута, по данным Богорова (Bogorow, 1934) и Харвея (Harvey, 1950), имеющий почти те же среднегодовые размеры, что и черноморский калианус, весит меньше черноморских рачков. Однако более крупные весенние формы по размеру и весу приближаются к черноморским (средние зимние температуры вод у Плимута выше, чем в Черном море).

Следует еще заметить, что вес, вычисленный при помощи удельного веса (Миронов, 1940; Gross and Raymont, 1942) и объема для некоторых планктонных организмов, в том числе и копепод, часто хорошо совпадает с величинами, полученными непосредственным взвешиванием.

Интересна формула М. М. Камшилова (1951) для определения порядка величины веса любого веслоногого по материалам Баренцова моря. Вычисленные по этой формуле веса для черноморских копепод оказались более низкими, чем обнаруженные непосредственным взвешиванием, но порядок величин был тот же. Аналогичная формула существует и для пресноводных копепод (Щербаков, 1952). Вообще сравнение с пресноводными рачками показывает, что веслоногие одинаковой формы и размеров, независимо от того, пресноводные это формы или морские, имеют очень сходные средние веса. [Сравни *Diaptomus*, *Heterocope* и др. по данным Ф. Д. Мордухай-Болтовского (1954), А. П. Щербакова (1935), С. Н. Уломского (1951)].

VII. АППЕНДИКУЛЯРИИ — *OICOPLEURA DIOICA*

Для *Oicopleura dioica* (табл. 1) были выбраны три размерные группы, наиболее часто встречающиеся в естественных условиях. Путем непосредственного взвешивания был определен вес только первой группы, состоящей из самых крупных организмов. Вес двух других групп найден вычислением. Вес P_v , соответствующий среднему общему объему тела, составленному из объема туловища, которое приравнивалось к цилиндру, и объема хвоста, напоминающего ленту, оказался почти в 4,5 раза больше его среднего веса P . Такое сильное расхождение между весовым и объемным показателем, вероятно, связано с потерей значительного количества воды при взвешивании, так как при этом целостность тканей была нарушена. В результате полученный нами вес всех трех групп *Oicopleura* оказался заниженным. Содержание большого количества воды и наличие незначительного количества животной ткани позволяет думать, что истинный вес *Oicopleura* очень мало отличается от объемного веса животного, т. е. удельный вес почти равен единице.

Интересно, что средняя величина веса P трех исследуемых нами групп соответствует весу *Oicopleura*, найденному путем вычисления, из работы Баркаловой (1940), а средняя величина веса P_v черноморских аппендикулярий равна весу соответствующих баренцовоморских *Oicopleura* по данным В. А. Яшнова (1934), также найденному вычислением.

Весы дальневосточных и черноморских аппендикулярий не сравнимы, так как автор по Дальнему Востоку не приводит ни размеров, ни объема животных.

VIII. ПРОЧИЕ ОРГАНИЗМЫ

Кроме перечисленных организмов, в прилагаемую таблицу включен вес коловратки *Synchaeta* (табл. 8), вычисленный по формуле цилиндра, а также средний вес сагитты (табл. 9), определенный непосредственным взвешиванием Г. Н. Мироновым. При использовании веса синхет нужно

иметь в виду, что все измерения производились на формалиновом материале, в результате чего средние размеры оказались несколько уменьшенными, так как при фиксации колоوراتки сильно сжимаются, втягивая в себя коловоращательный аппарат и ногу.

IX. НЕКОРМОВОЙ ЗООПЛАНКТОН

(табл. 10, А, Б, В)

Рассмотренные до сих пор организмы составляют так называемый кормовой зоопланктон, который служит пищей для других животных. Очень важно знать также вес и тех представителей планктона, которые, часто сами являясь хищниками и уничтожая громадное количество кормовых объектов, не употребляются в качестве пищи другими гидробионтами. К ним относятся гидромедузы, гребневники и из простейших *Noctiluca*. В Черном море все эти три группы животных достигают значительного развития.

Определение среднего веса для некоторых гидромедуз и гребневников производилось сотрудником Севастопольской биологической станции Г. Н. Мироновым¹. Сравнение веса P_v , полученного вычислением объема, с весом P , обнаруженным непосредственным взвешиванием, показало, что удельный вес этих животных, содержащих большое количество воды, почти равен единице, т. е. вес P_v и вес P почти равны. Поэтому для определения веса гидромедуз, гребневников, а, вероятно, и ноктилюки, также содержащей большое количество воды, вполне достаточно вычислить только объем. Форма тела гребневника и ноктилюки близка к шару, объем которого $\frac{1}{6} \pi D^3$, где D — средний диаметр животного.

Для гребневников необходимый диаметр будет равен средней величине из двух чисел, высоты и толщины.

Объем гидромедуз вычислялся по разнице объемов внешнего шара, диаметр которого равен диаметру животного, и мнимого внутреннего шара, заключенного под колоколом медузы.

В работе Яшнова (1934) вес содержащих много воды *Coelenterata*, найденный вычислением объема, т. е. вес P_v , уменьшался вдвое для получения более сравнимых величин с весом других животных. Нам кажется, что правильнее будет учитывать «абсолютный» вес самого животного, так как в процессе обмена веществ и во взаимоотношениях животных друг с другом обычно участвует весь организм, целиком со всей своей массой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сравнивая и анализируя результаты определений различными авторами средних весов планктонных организмов, мы видим, что в общем получаются величины одного порядка, однако чем точнее и чище произведено само определение веса и детальнее определено биологическое состояние организмов, тем правильнее и ближе к действительности получаемые результаты.

Стандартная формула определения веса, особенно основанная на геометрическом способе, хотя и дает возможность получить один и тот же порядок величин, однако очень часто не отражает действительности, так как при этом затушевываются особенности того или иного моря или специфичность организмов, находящихся в различных условиях.

¹ Я очень благодарна Г. Н. Миронову за любезно предоставленную им возможность включить в таблицу материалы по среднему весу планктонных хищников.

Точнее же определение веса особенно важно при монографическом изучении вида и главным образом его биологии.

Так, при изучении смены генераций и годового цикла необходимо учитывать вес организмов по сезонам, который может сильно колебаться. Также важны точные данные по весу при исследовании вопросов питания, дыхания и т. п.

2. Мы полагаем, что для получения более точных весовых величин недостаточно определить только объем организма, или вес P_v , а всегда, наряду с вычислением объема (веса P_v), необходимо производить непосредственное взвешивание (вес P). Промежуточные веса следует получать из этих двух величин.

3. Соотношение между весом P и весом P_v у различных животных весьма различно:

1) вес P почти равен весу P_v у всех тех животных, которые содержат в своих тканях очень много воды (например, гидромедузы и гребневники);

2) вес P часто незначительно отличается от веса P_v (в 1,05—1,3 раза) у молодых планктонных форм с тонкими полупрозрачными покровами, а если эти формы содержат капельки жира, может быть даже меньше веса P_v (в 0,95 раза) (весенние и летние популяции копепод, полихет);

3) вес P может более значительно превышать вес P_v (в 1,3—7 раз): а) у животных, обитающих в более холодных морях; б) у зимних форм отдельных видов, обитающих в одном и том же море (в 1,4—1,5 раза); в) у организмов, имеющих скелетные образования—плотный панцирь, раковину (в 1,3—7 раз); г) у животных, переходящих от планктонного образа жизни к донному (в 1,54 раза); д) у ползающих форм, как, например, некоторые гарпактииды (в 2 раза).

Во всех этих случаях различное соотношение между весом P и весом P_v , по-видимому, зависит не только от различных условий окружающей среды — температуры, плотности и т. д., но и от биологии самих организмов.

4. Интересно отметить заметное сходство веса близких организмов с одинаковыми размерами из пресных и морских вод.

ТАБЛИЦЫ СРЕДНЕГО ВЕСА ОСНОВНЫХ ЗООПЛАНКТОННЫХ ФОРМ ЧЕРНОГО МОРЯ

(все размеры даны в миллиметрах)

Таблица 1

Аппендикулярии (*Oicopleura dioica*)

(июль. Севастопольская бухта)

Группы	I	II	III
Длина туловища	0,586	0,340	0,147
Диаметр »	0,350	0,218	0,065
Длина хвоста	1,900	0,980	0,537
Ширина »	0,200	0,130	0,049
Толщина »	0,016	0,012	0,008
Общий объем, мм ³	0,062	0,014	0,00069
Вес, мг	0,014	0,0032	0,00016

Таблица 2

Личинки моллюсков — *Larvae Mollusca*

(лето. Севастопольская бухта)

А. Личинки брюхоногих моллюсков

Группы	I	II	III	IV
Общая высота H	0,326	0,234	0,196	0,098
Высота, необходимая для вычисления h	0,244	0,180	0,130	0,065*
Диаметр у вершины ($2r$) d . .	0,147	0,130	0,114	} 0,130
Диаметр у основания ($2R$) D	0,277	0,228	0,196	
Объем, мм ³	0,0088	0,0046	0,0025	0,0054
Вес, мг	0,0109	0,0057	0,0031	0,0067

* Дан диаметр завитка — 2 r .

Б. Личинки пластинчатожаберных моллюсков

Группы	Смешанная	I	II	III	IV	V
Длина раковины	0,203	0,163	0,114	0,098	0,185	0,196
Высота »	0,183	0,130	0,080	0,080	0,220	0,196
Толщина »	0,150	0,080	0,065	0,050	0,185	0,122
Объем, мм ³ . .	0,0028	0,00088	0,0003	0,0002	0,0039	0,0021
Вес, мг	0,005	0,0016	0,00053	0,00036	0,007	0,004

Таблица 3

Личинки полихет — *Larvae polychaeta*

(весна и лето. Севастопольская бухта)

Группы	I	II
Длина тела	1,450	0,660
Ширина »	0,236	0,136
Объем, мм ³	0,063	0,0095
Вес, мг	0,066	0,010

Таблица 4

Личинки десятиногих — *Larvae Decapoda*

(лето. Севастопольская бухта)

А. Личинки креветок

(Leander, Lysmata, Athanas, Alpheus)

Группы	I	II
Длина	2,430	1,740
Вес, мг	0,170	0,062

Б. *Zoëa Porcellanus*

Группы	I	II
Длина с рострумом	6,376	4,352
Длина без рострума	2,261	1,710
Вес, мг	0,4	0,13

В. Личинки крабов

Zoëa, Xantho и Pilumnus

Группы	I	II
Длина с рострумом	3,265	1,840
Длина без рострума	2,408	1,360
Вес, мг	0,3	0,097

Таблица 5

Личинки усоногих (*Nauplius, Balanus*)

Группы	I	II
Длина без шипов	0,397	0,179
Объем, мм ³	0,016	0,0015
Вес, мг	0,025	0,0023

Таблица 6

Ветвистоусые рачки — *Cladocera*

(лето. Севастопольская бухта)

А. *Penilia avirostris*

Длина	0,77
Вес, мг	0,035

Б. *Podon polyphemoides*

Длина	0,329
Вес, мг	0,009

Таблица 7

Веслоногие рачки — *Copepoda*
A. Harpacticoida (Thoracosphaera inflata)
 (северо-западная часть Черного моря. Лето)

Группы	I	Nauplii	
Общая длина <i>L</i>	0,479	<i>L</i> —0,08	0,13
Наибольшая ширина головогруды <i>T</i>	0,239	<i>T</i> —0,08	0,13
Ширина фурки <i>t</i>	0,05	Высота <i>H</i> —0,04	0,065
Объем, мм ³	0,012	0,00013	0,00057
Вес, мг	0,023	0,00013	0,00057

Б. *Cyclopoida*а) *Oithona minuta* (лето. Открытое море и Севастопольская бухта)б) *Oithona similis* (зима. Открытое море)

Группы (стадии)	♀ и ♂	V	IV	III	II	I	Nauplii		Ova		♀	♂	Ova
							I—III	V—VI					
Длина головогруды	0,293	0,259	0,226	0,205	0,189	0,150	<i>L</i> 0,098	0,130	<i>D</i> 0,033	0,048	0,387	0,387	<i>D</i> 0,064
Диаметр »	0,138	0,120	0,114	0,100	0,083	0,076	<i>T</i> 0,050	0,065			0,138	0,165	
Длина брюшка	0,212	0,179	0,156	0,116	0,095	0,081					0,285	0,226	
Диаметр »	0,027	0,025	0,024	0,023	0,023	0,023					0,030	0,030	
Объем, мм ³	0,003	0,002	0,0016	0,0011	0,00074	0,00048	0,00012	0,00038	0,00002	0,00006	0,004	0,0056	0,00014
Вес, мг	0,0039	0,0026	0,0021	0,0014	0,00096	0,00062	0,00012	0,0004	0,00002	0,00006	0,0052	0,0073	0,00014

B. Calanoida

а) *Paracalanus parvus* (молодые весенние формы. Севастопольская бухта и открытое море)

Группы (стадии)	♀	♂	V	IV	III	II	I	Nauplii	
								I	IV-VI
Длина головогруды	0,537	0,537	0,460	0,396	0,344	0,297	0,245	0,072	0,190
Диаметр »	0,212	0,228	0,171	0,150	0,124	0,104	0,097	0,059	0,083
Длина брюшка	0,130	0,179	0,139	0,124	0,102	0,091	0,075	—	—
Диаметр »	0,048	0,048	0,040	0,036	0,033	0,033	0,033	—	—
Объем, мм ³	0,0127	0,0145	0,009	0,0048	0,0029	0,0018	0,0013	0,00013	0,0007
Вес, мг	0,012	0,014	0,0086	0,0046	0,0028	0,0017	0,0012	0,00013	0,0007

б) *Acartia clausi* («малая») (лето. Севастопольская бухта)

Группы (стадии)	♀	♂	V	IV	III	II	I
Длина головогруды	0,528	0,483	0,457	0,402	0,382	0,319	0,253
Диаметр »	0,194	0,175	0,163	0,144	0,133	0,102	0,100
Длина брюшка	0,180	0,170	0,140	0,113	0,099	0,090	0,073
Диаметр »	0,044	0,041	0,039	0,035	0,033	0,031	0,029
Объем, мм ³	0,011	0,008	0,0066	0,0044	0,0036	0,0018	0,00134
Вес, мг	0,013	0,009	0,0075	0,005	0,004	0,002	0,0015

в) *Acartia clausi* («большая») (разные сезоны. Открытое море и Севастопольская бухта)

Группы (стадии)	♀	♀	♂	♂	VI ♀	VI ♂	V	IV	III	Nauplii		Ova
	Зима и весна, открытое море				Лето, Севастопольская бухта					I—IV	V—VI	
Длина головогруды	0,905	0,873	0,855	0,823	0,760	0,733	0,625	0,564	0,439	L 0,150	0,196	D 0,064
Диаметр »	0,306	0,300	0,300	0,293	0,255	0,244	0,203	0,201	0,154	T 0,091	0,106	
Длина брюшка	0,295	0,284	0,277	0,261	0,248	0,228	0,192	0,168	0,114			
Диаметр »	0,070	0,069	0,065	0,065	0,065	0,064	0,051	0,047	0,038			
Объем, мм ³	0,045	0,042	0,041	0,038	0,027	0,024	0,014	0,012	0,0056	0,0006	0,0011	0,00014
Вес, мг	0,054	0,048	0,047	0,040	0,031	0,027	0,016	0,014	0,0064	0,0006	0,0011	0,00014

г) *Centropages kroeyeri* (раннее лето. Севастопольская бухта)д) *Pseudocalanus elongatus* (весна. Севастопольская бухта)

Группы (стадии)	♀	♂	Nauplii		Ova	Группы (стадии)	♀	♂	V	Ova
	Поздне-весенние	Ранне-весенние	I—III	IV—VI			Весенние	Зимние	♀ — весенние ♂ — зимние	
Длина головогруды	0,815	0,685	L 0,085	0,2	D 0,068	Длина головогруды	0,872	0,700	0,730	D 0,105
Диаметр »	0,310	0,261	T 0,04	0,097		Диаметр »	0,300	0,277	0,255	
Длина брюшка	0,326	0,293				Длина брюшка	0,356	0,293	0,269	
Диаметр »	0,080	0,065				Диаметр »	0,065	0,049	0,056	
Объем, мм ³	0,042	0,025	0,00007	0,00098	0,00016	Объем, мм ³	0,042	0,029	0,026	0,0006
Вес, мг	0,050	0,048	0,00007	0,00098	0,00016	Вес, мг	0,055	0,040	0,035	0,0006

в) *Acartia latisetosa* (лето.
Севастопольская бухта)

ж) *Labidocera brunescens*
(весна. Севастопольская бухта)

з) *Pontella mediterranea*
(август. Открытое море)

Группы (стадии)	♀	♂	Ova	Группы (стадии)	VI ♂	♂	♀
Длина головогруды	0,807	0,707	D 0,075	Длина головогруды	1,63	1,715	1,860
Диаметр »	0,258	0,248		Диаметр »	0,57	0,603	0,652
Длина брюшка	0,212	0,239		Длина брюшка	0,359	0,489	0,570
Диаметр »	0,086	0,064		Диаметр »	0,098	0,130	0,163
Объем, мм³	0,029	0,024	0,00022	Объем, мм³	0,280	0,330	0,425
Вес, мг	0,033	0,027	0,00022	Вес, мг	0,500	0,463	0,580

и) *Calanus helgolandicus* (ранняя весна. Открытое море)

Группы (стадии)	♀	♂	V	IV	III	II	I	Nauplii		Ova
								I—IV	V—VI	
Длина головогруды	2,604	2,428	2,222	1,689	1,240	0,931	0,708	L 0,196	0,316	D 0,120
Диаметр »	0,837	0,791	0,700	0,515	0,382	0,270	0,222	T 0,114	0,150	
Длина брюшка	0,697	0,726	0,581	0,448	0,328	0,253	0,194			
Диаметр »	0,196	0,175	0,157	0,130	0,104	0,090	0,081			
Объем, мм³	0,840	0,813	0,580	0,240	0,098	0,037	0,019	0,0013	0,0040	0,0009
Вес, мг	1,120	1,080	0,770	0,320	0,130	0,049	0,025	0,0013	0,0040	0,0009

Таблица 8

Synchaeta

(зима. Севастопольская бухта)

Длина	0,163
Ширина	0,145
Объем, мм ³ . .	0,0027
Вес, мг	0,0027

Таблица 9

Sagitta

Длина	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—13	13—14
Вес, мг	0,20	0,50	0,75	1,20	1,50	1,90	2,70	3,10	3,90

Таблица 10

Некормовой зоопланктон

A. Noctiluca miliaris

(весна. Севастопольская бухта и открытое море)

Диаметр	0,7	0,6	0,5
Объем, мм ³	0,18	0,11	0,065
Вес, мг	0,18	0,11	0,065

Б. *Pleurobrachia pileus* (весна. Севастопольская бухта и открытое море)

Диаметр	0,34	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	12,00
Объем, мм ³	0,02	0,06	0,50	1,76	4,00	8,20	13,50	22,40	33,50	67,50	113,00	905,00
Вес, мг	0,02	0,06	0,50	1,76	4,00	8,20	13,50	22,40	33,50	67,50	113,00	905,00

В. *Hydromedusae*

(ранняя весна. Севастопольская бухта)

Высота	1—2	2—3	3—4	4—5	7—8
Вес, мг	0,5	3,8	12,0	24,0	104,0

ЛИТЕРАТУРА

- Баркалова Л. М. Зоопланктон Черного моря у берегов Крыма. Зоолог. журн., 1940, т. XIX, вып. 1.
- Богоров В. Г. Изменение биомассы с возрастом у *Calanus finmarchicus*. Бюлл. Гос. океаногр. ин-та, 1933, вып. 8.
- Богоров В. Г. и Преображенская Е. Н. Весовая характеристика планктеров Баренцова моря. II. Copepoda. Бюллетень ВНИРО, 1934, № 2.
- Боруцкий Е. В. К вопросу о технике количественного учета донной фауны. II. Тр. Лимнол. ст. в Косино, 1934, 17.
- Боруцкий Е. В. То же. III. Там же, 1934а, 18.
- Гаевская Н. С. О некоторых новых методах в изучении питания водных организмов. Зоол. журн., 1938, т. XVII, вып. 1.
- Долгопольская М. А. Метаморфоз черноморских Decapoda. Тр. Севаст. биол. ст., 1949, т. VII.
- Камшилов М. М. Определение веса *Calanus finmarchicus* Gunnér на основании измерений длины тела. Докл. АН СССР, 1951, т. LXXVI, вып. 6.
- Ключарев К. В. До питання про розмноження та розвиток деяких веслоногих раків (Copepoda) Чорного моря. Доповіді Академії наук УРСР, 1948, № 1.
- Лубны-Герцык Е. А. Весовая характеристика основных представителей зоопланктона Охотского и Берингова морей. Докл. АН СССР, 1953, т. XCI, № 4.
- Миронов Г. Н. Определение удельного веса. Сборник авторефератов АН СССР, 1940.
- Мордухай-Болтовской Ф. Д. Материалы по среднему весу водных беспозвоночных бассейна Дона. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. II. Проблемы гидробиологии внутренних вод, 1954.
- Уломский С. Н. Роль ракообразных в общей биомассе планктона озер. Тр. пробл. и темат. совещ. ЗИН, вып. 1, 1951.
- Щербаков А. П. О поглощении O_2 некоторыми планктонными ракообразными. Тр. Лимнол. ст. в Косино, 1935, 19.
- Щербаков А. П. Соотношение размеров и веса у пресноводных планктонных рачков. Докл. АН СССР, 1952, т. LXXXIV, № 1.
- Яшинов В. А. Инструкция по сбору и обработке планктона. Инструкции ВНИРО, 1934.
- Vogorow B. G. Seasonal changes in Biomass of *Calanus finmarchicus* in the Plymouth Area in 1930. Jour. Mar. Biol. Ass., 1934, № 2.
- Gross F. and Raymond J. E. The specific gravity of *Calanus finmarchicus*. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, p. III, vol. LXI, 1942.
- Harvey H. W. On the production of living matter in the sea of Plymouth. Jour. Mar. Biol. Ass., 1950, vol. XXIX, No 1.