

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра зоологии**

О. Ю. Круглова

**КЛАСС *CRUSTACEA* –
РАКООБРАЗНЫЕ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ
ПО СПЕЦПРАКТИКУМУ**

В двух частях

Часть 1

НИЗШИЕ РАКООБРАЗНЫЕ

**Для студентов IV курса биологического факультета
специальности 1-31 01 01 «Биология»
специализации 1-31 01 01-02 01 «Зоология»**

**МИНСК
2014**

УДК 595.31(075.8)
ББК 28.691.8я 73
К84

Рекомендовано
советом биологического факультета
27 ноября 2013 г., протокол № 4

Р е ц е н з е н т
доктор биологических наук, профессор Л. В. Камлюк

Круглова, О. Ю.
К84 Класс *Crustacea* – Ракообразные : метод. рекомендации. В 2 ч.
Ч. 1. Низшие ракообразные / О. Ю. Круглова. – Минск : БГУ, 2014. –
41 с.

Представлена краткая характеристика особенностей организации представителей основных отрядов низших ракообразных. Даны рекомендации по изучению этих животных в рамках практикума по специализации «Зоология».

Предназначено для студентов IV курса биологического факультета БГУ.

УДК 595.31 (075.8)
ББК 28.691.8я 73

© БГУ, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Класс Crustacea (Ракообразные) относится к типу *Arthropoda* (Членистоногие), подтипу *Branchiata* (Жабродышащие). Ракообразные населяют любые существующие на Земном шаре водоемы: морские и пресноводные, подземные воды и предельные глубины Мирового океана, живут на дне и в толще воды. Подавляющее количество видов ракообразных – это обитатели морей, где они являются доминирующей среди членистоногих группой. Отдельные виды, такие как мокрицы и сухопутные крабы, приспособились к жизни на суше. Среди ракообразных достаточно много видов, являющихся паразитами.

Класс Ракообразные включает около 40 тысяч видов, чрезвычайно разнообразных по образу жизни, морфологии и внутренней организации животных. В связи с этим изучение этого раздела спецпрактикума предполагает ознакомление с достаточно большим числом представителей класса *Crustacea*.

Размеры ракообразных колеблются в достаточно широком диапазоне: от 0,1 мм (представители отряда *Ostracoda*) до 80 см в длину (*Hommarus hommarus* – европейский омар) и 3–4 м в размахе средних ног (гигантский японский краб *Macrocheira kaempferi*).

Сегментация тела ракообразных отличается самым большим разнообразием среди других членистоногих. Количество сегментов, входящих в состав их тела, колеблется от 5–8 до 50. Сегменты могут частично срастаться друг с другом. У некоторых примитивных форм сегментация тела настолько гомономная, что грудной и брюшной отделы практически неотличимы друг от друга. Как правило, сегменты тела ракообразных группируются в три тагмы (отдела): голову (цефалон), грудь (торакс) и брюшко (абдомен, или плеон – у *Malacostraca*). Брюшко заканчивается тельсоном, гомологичным пигидиуму (анальной лопасти) кольчатых червей. В процессе эволюции происходила олигомеризация – уменьшение числа туловищных сегментов ракообразных: у примитивных форм тело более расчлененное по сравнению с высокоорганизованными и специализированными видами.

В состав головного отдела ракообразных входят акрон и 4 сегмента. Акрон несет антеннулы и гомологичен простому (предротовой лопасти) кольчатых червей. Сегменты головы несут соответственно антенны, мандибулы (верхние челюсти) и две пары максилл (нижних челюстей). У примитивных форм сохраняется древнее расчленение головного отдела. Количество сегментов, входящих в состав грудного и брюшного отделов, различны у представителей разных подклассов. У

высших раков наблюдается постоянство числа сегментов в составе этих тагм: 8 – в грудном отделе и 6 (7 – исключение) в брюшном.

Тело ракообразных покрыто кутикулой, состоящей из двух слоев: экзокутикулы и эндокутикулы. Головной и грудной отделы некоторых ракообразных могут быть покрыты так называемым головогрудным щитом или карапаксом. Его рассматривают как головной или спинной щит, который покрывает спинную сторону типичной личинки ракообразных – науплиуса. В дальнейшем карапакс может закрывать только голову, а может разрастаться назад, прикрывая в виде крыши некоторые сегменты груди, а иногда охватывая все тело ракообразного в виде двухстворчатой раковины.

Конечности ракообразных зачастую сохраняют примитивное двуветвистое строение, чем напоминают пароподии кольчатых червей. Такая двуветвистая конечность имеет расчлененное основание – протоподит (рис. 1), состоящий из коксоподита и базиподита. К протоподиту при

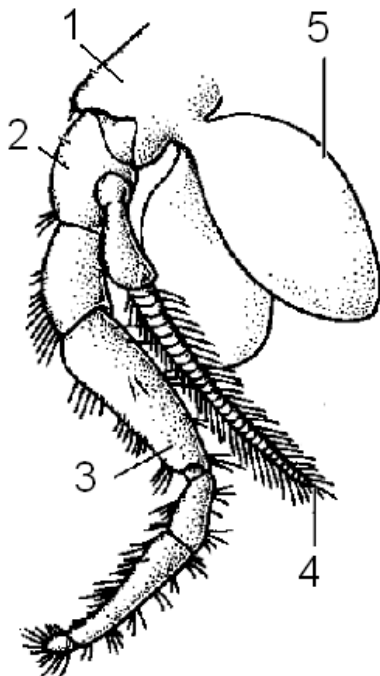


Рис. 1. Схема двуветвистой конечности ракообразных:
1 – коксоподит; 2 – базиподит; 3 – эндоподит; 4 – экзоподит; 5 – эиподит

членяются две ветви: наружная – экзоподит и внутренняя – эндоподит. Кроме того, протоподит может нести особые выросты – эиподиты, выполняющие функцию жабр. В связи с дифференциацией выполняемых функций конечности, расположенные в разных отделах тела, могут видоизменяться и сильно отличаться друг от друга.

Органами дыхания у ракообразных, как у истинных водных животных, являются жабры. Они представляют собой тонкостенные выросты протоподита конечности – эиподиты (рис.1). Чаще всего дыхательную функцию

выполняют эиподиты грудных ног, но у некоторых раков – брюшных. Часть ракообразных (веслоногие, уконогие, ракушковые и др.) дышат всей поверхностью тела.

Кровеносная система ракообразных, как и у всех членистоногих, незамкнутого типа.

Сердце расположено в грудном отделе. Исключение составляют те ракообразные, у которых жабры находятся на брюшных ножках. У них сердце лежит в брюшном отделе. Кровеносные сосуды есть только у

высших раков, у остальных кровь течет по лакунам – пространствам между внутренними органами.

Органы экскреции у ракообразных представлены коксальными железами. Они являются видоизмененными целомодуктами кольчатых червей. Коксальные железы расположены в головном отделе. Их протоки открываются у основания (кокс) конечностей. Первоначально у ракообразных было две пары коксальных желез: первые – антеннальные, протоки которых открывались у основания антенн, вторые – максиллярные, их протоки открывались у основания максилл II. Такой исходный вариант сохранился у некоторых морских *Ostracoda* и у тонкопанцирных раков *Leptostraca*. У большинства высших раков имеются только антеннальные железы, а у низших и некоторых высших ракообразных – максиллярные железы.

Нервная система ракообразных состоит из подглоточного ганглия (мозга), соединенного окологлоточными коннективами с подглоточным ганглием. От последнего у низших раков отходят два нервных ствола с ганглиями в каждом сегменте. Таким образом, формируется нервная система типа брюшной нервной лестницы. У большинства ракообразных нервная система представлена брюшной нервной цепочкой. При этом в результате слияния отдельных туловищных сегментов или укорочения тела (например, у крабов) ганглии нервной цепочки могут сливаться между собой, вплоть до образования одного нервного узла.

Надглоточный ганглий большинства ракообразных состоит из трех отделов: протоцеребрума, иннервирующего глаза, дейтоцеребрума, который иннервирует антеннулы, и тритоцеребрума, иннервирующего антенны. У низших ракообразных нервы к антеннам отходят от окологлоточных коннективов. В состав ганглиев входят нервные клетки, вырабатывающие нейрогомоны. Они поступают в гемолимфу и влияют на процессы роста, линьки, развития, размножения и т.п.

Почти у всех ракообразных развиты глаза. Это может быть простой, науплиальный, глаз, образованный в результате слияния 3–4 бокаловидных глазков. Науплиальный глаз является единственным органом зрения личинки ракообразных – науплиуса, а также веслоногих и некоторых других раков. Фасеточные глаза – это сложные глаза, состоящие из большого количества отдельных глазков – омматидиев. Такие глаза характерны для высших раков. У некоторых ракообразных (например, ветвистоусых) имеются и науплиальный глаз и 1–2 фасеточных.

Органами осязания и обоняния ракообразных являются многочисленные волоски и щетинки, расположенные на антеннах, ногах и фурке,

а также особые обонятельные мешочки – эстетаски. У ракообразных есть статоцисты – органы равновесия.

Ракообразные, как правило, раздельнополы. Гермафродитизм встречается у усоногих и некоторых десятиногих раков. Оплодотворение сперматофорное или внутреннее. Развитие чаще всего с метаморфозом. У многих ракообразных из яйца выходит планктонная личинка – науплиус. У некоторых раков развитие прямое.

1. ПОДКЛАСС *BRANCHIOPODA* – ЖАБРОНОГИЕ РАКИ

Жаброногие раки считаются самыми примитивными ракообразными. Для них характерны непостоянное число сегментов, гомономная сегментация, листовидные мультифункциональные конечности. Головные сегменты не срастаются с грудными.

Отряд *Anostraca* – Жаброноги

Материал. В качестве объектов для занятий можно взять достаточно крупных представителей этого отряда *Branchipus schaefferi* (= *stagnalis*) и *Chirocephalus shadini*. Эти жаброноги встречаются сравнительно редко в немногих временных водоемах лесостепной и степной зон Восточной Европы, а в Беларуси – лишь в Полесье. При отсутствии живого материала стоит использовать фиксированных жаброногов или их тотальные препараты.

Внешнее строение. Длина слегка сжатого с боков тела *B. schaefferi* достигает 12–25 мм. Покровы полупрозрачные, что делает этих рачков незаметными для хищников. Жаброноги постоянно находятся в движении, плавая спинной стороной тела вниз.

Тело жаброногов четко разделяется на три отдела: головной, грудной и брюшной (рис. 2). Голова сохраняет примитивный характер расчленения: хорошо заметный шов разделяет ее на две части. Передняя часть представляет собой результат слияния акрона и первого головного сегмента, несущего антенны. Этот участок называется *протоцефалон*. Второй участок состоит из слившихся последующих сегментов головы, несущих мандибулы и две пары максилл. Этот участок называется *гнатоцефалон*.

Грудной отдел жабронога состоит из 11 гомономных сегментов, несущих листовидные плавательные конечности (рис. 2). Брюшко длинное, цилиндрическое. Оно лишено конечностей и состоит из 9 сегментов. Первые два сегмента сливаются в генитальный (половой) сегмент. На ге-

нитальном сегменте у самцов находятся два направленных вперед копулятивных органа. У самок к генитальному сегменту прикрепляется яйцевой мешок. Брюшной отдел заканчивается тельсоном, с которым сочленены ветви фурки (вилочки). Они покрыты многочисленными волосками.

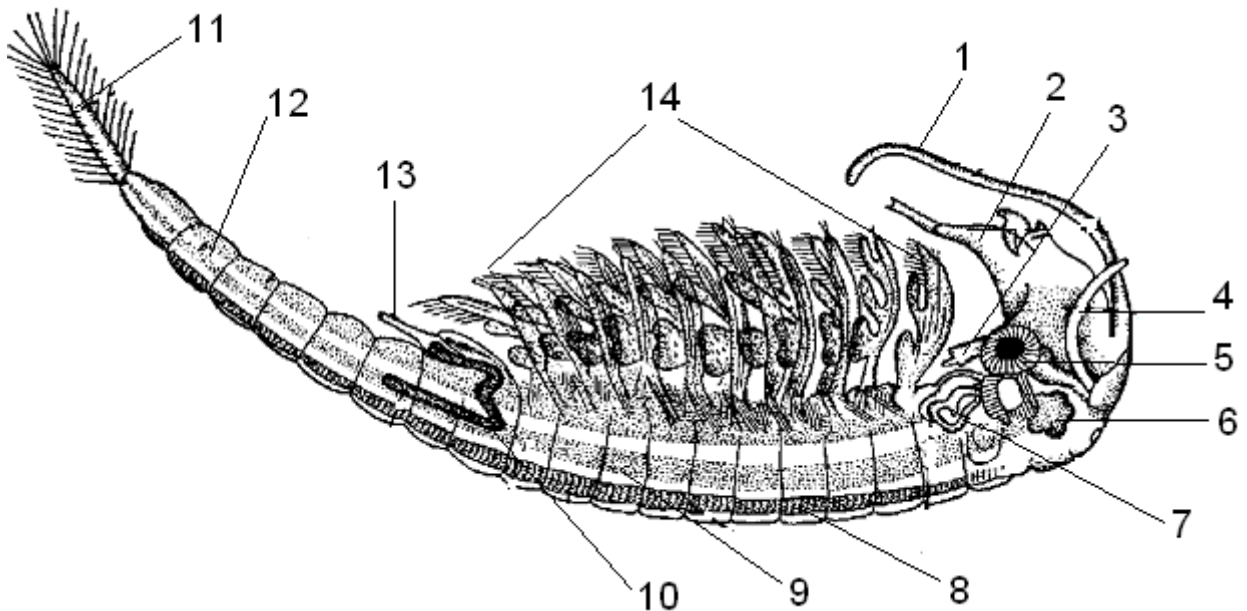


Рис. 2. Самец *Branchipus schaefferi*: 1 – головной придаток; 2 – антенны; 3 – мандибулы; 4 – антеннулы; 5 – фасеточный глаз; 6 – печеночный вырост; 7 – максиллярная железа; 8 – сердце; 9 – кишечник; 10 – семенник; 11 – фурка; 12 – брюшко; 13 – копулятивный орган; 14 – грудные конечности

Придатки и конечности. Акрон несет пару одноветвистых нитевидных антеннул (рис. 2). На них расположены эстетаски, играющие роль хеморецепторов. Антенны одноветвистые, гораздо более мощные, чем антеннулы. У самок они крючковидные. У самцов антенны служат для удержания самок во время копуляции. К основным членикам антенн прикрепляются особые нитевидные придатки, которые, предположительно, экранируют ротовые части рачков и улучшают гидродинамические свойства их тела. Мандибулы представляют собой хитиновые пластины, зазубренные по внутреннему краю. Две пары максилл развиты слабее мандибул. Ротовые конечности прикрыты верхней губой.

Грудных конечностей 11 пар. Они имеют листовидную форму и отличаются друг от друга только размерами (рис. 3). Каждая ножка сплющена в передне-заднем направлении и не расчленена. По краям расположены лопастевидные выросты: по внутреннему краю – пять эндитов, покрытых волосками и способствующих плаванию, по наружному – три тонкостенных эпиподита (экзита), являющихся жабрами (рис. 3).

Строение грудных конечностей *B. schaefferi* следует рассмотреть при малом увеличении микроскопа на тотальных препаратах.

Движение ножек жаброногов последовательное. Двигаясь назад, конечности толкают тело рачка, а загибаясь вниз, создают ток воды с пищевыми частицами, который направляется по глубокой бороздке на брюшной стороне тела ко рту. Таким образом, грудные конечности жаброногов выполняют три функции: двигательную, дыхательную и продвижение воды с пищевыми частицами ко рту.

На голове жабронога расположена пара фасеточных глаз на длинных подвижных стебельках. На передней части головы находится непарный науплиальный глазок.

Внутреннее строение. На живых объектах и на тотальных препаратах можно рассмотреть особенности пищеварительной системы жаброногов. Ротовое отверстие, расположенное на нижней стороне головы и прикрытое верхней губой, ведет в короткий пищевод. За ним следует средняя кишка, которая в виде длинной трубки тянется через все тело рачка и на заднем конце брюшка переходит в заднюю кишку. Анальное отверстие находится на тельсоне. В голове расположены два небольших печеночных выроста, которые видны на препарате (рис. 2). Они открываются в передний отдел средней кишки. Питаются жаброноги, отфильтровывая через щетинки эндитов микроскопические водоросли и мелкие органические частицы.

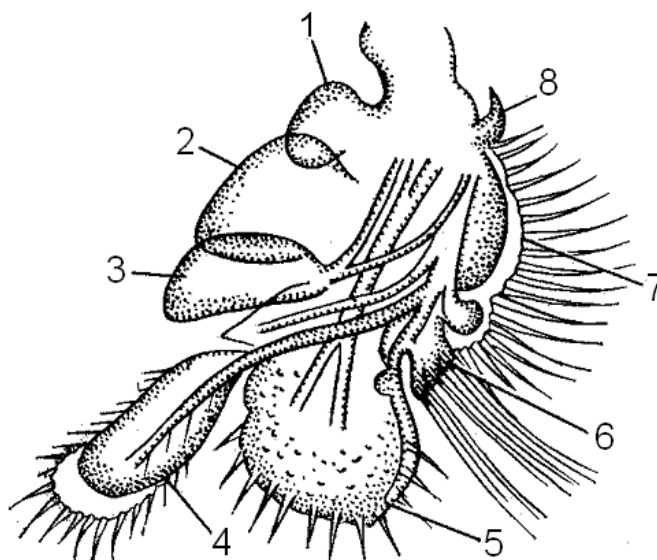


Рис. 3. Пятая грудная конечность *Brancipus schaefferi*:

1–3 – экзиты (эпиподиальные жабры); 4–8 – эндиты с плавательными волосками

Над кишечником через все тело тянется длинное трубковидное сердце с парой остий в каждом сегменте. Кровеносные сосуды отсутствуют.

Выделительная система представлена парой максиллярных желез, которые видны при малом увеличении микроскопа на живых объектах.

У самцов пара трубковидных семенников тянется от конца брюшка по бокам кишечника. Семяпроводы открываются на вершине парных копулятивных органов, расположенных на генитальном сегменте.

У самок два трубковидных яичника занимают то же положение, что и гонады самцов. Яйцеводы в генитальном сегменте образуют петлю и открываются в непарную матку. Брюшная стенка генитального сегмента образует выпячивание – яйцевой мешок.

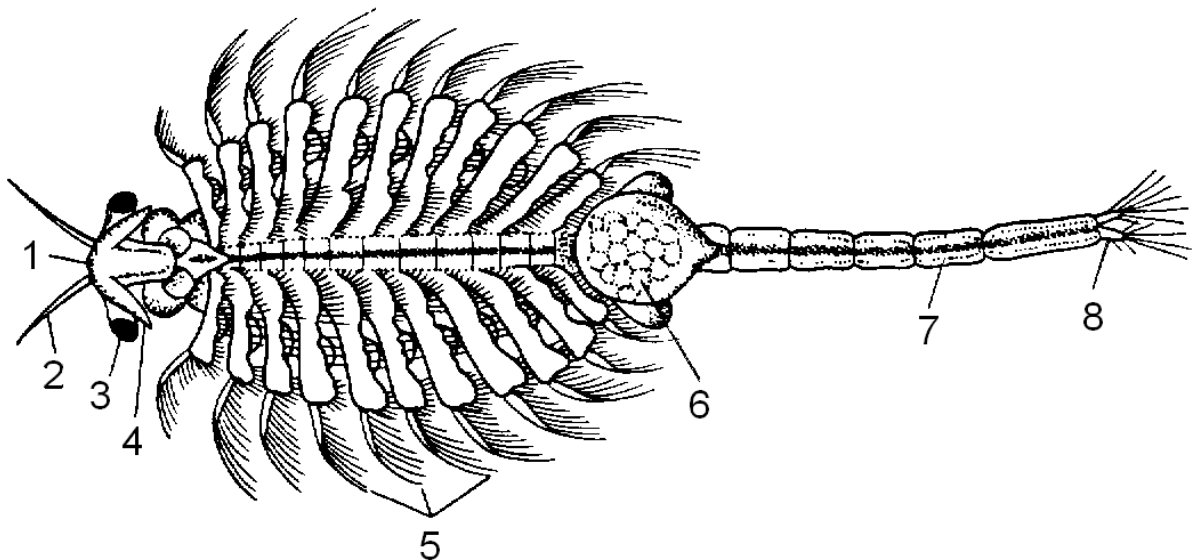


Рис. 4. Самка *Artemia salina*: 1 – непарный глаз; 2 – антеннулы; 3 – фасеточный глаз; 4 – антенны; 5 – грудные конечности; 6 – яйцевой мешок; 7 – брюшко; 8 – фурка

Близки по строению к *B. schaefferi Artemia salina* – обитатели мелких солоноватоводных водоемов степной и полупустынной зон Евразии (рис. 4). В таких водоемах они могут достигать достаточно высокой численности. Ранее *A. salina* считалась космополитом. Однако хромосомный анализ позволил выявить комплекс более чем из шести видов. Артемии легко разводятся в аквариумах и находят применение в качестве корма для декоративных и промысловых видов рыб. При отсутствии живого материала на занятиях можно использовать тотальные препараты артемий.

Строение Artemia salina. Тело *A. salina* более широкое, чем у *Branchipus* (рис. 4). В зависимости от степени солености воды артемии, живущие в разных водоемах, отличаются по внешнему виду. Чем выше концентрация солей в воде, тем менее выражены у рачков ветви фурки. Кроме того, уровень солености влияет на соотношение длин грудного и брюшного отделов тела и степень развития антенн.

Артемии питаются микроскопическими водорослями. При недостатке водорослей рачки взмучивают донный осадок и отфильтровывают из него бактерий. Для этих ракообразных помимо обоеполого размножения характерен также и партеногенез.

Отряд *Phyllopoda* (= *Notostraca*) – Листоногие раки

Материал. В качестве объектов на занятиях можно использовать достаточно крупных, длиной до 5–6 см, представителей этого отряда – весеннего *Lepidurus apus* и летнего *Triops cancriformis* щитней. Первый встречается во временных водоемах весной после таяния снега, второй – спорадически летом и осенью в мелких водоемах и даже лужах, образующихся после дождей, внезапно появляясь и также неожиданно исчезая. Связано это с тем, что яйца щитней способны длительное время находиться без воды, а при наступлении благоприятных условий из них выводятся личинки, очень быстро осуществляющие свое развитие.

Строение щитней. Щитни резко отличаются по своему строению от жаброногов (рис. 5). Их тело уплощено в спинно-брюшном направлении. Голова, грудь и часть брюшка покрыты плоским широким карапаксом. Незакрытыми остаются лишь несколько брюшных сегментов и тельсон с двумя длинными членистыми ветвями фурки. Протоцефалон и гнатоцефалон у щитней тесно сливаются. Граница между ними видна лишь на спинной стороне головогрудного щита. В передней части щита расположен глазной бугорок, по бокам которого находится по одному сидячему фасеточному глазу, а между ними – непарный науплиальный глаз. Его глазной бокал направлен вниз. Под ним находится прозрачный соединительнотканый столбик, который заканчивается на брюшной стороне участком покровов, лишенным пигмента. Благодаря этому щитни могут воспринимать свет, направленный как снизу, так и сверху.

При рассмотрении щитня с брюшной стороны видно, что карапакс загибается спереди на брюшную сторону. К нему причленяется квадратная верхняя губа, представляющая собой складку покровов. Антеннулы короткие, нитевидные. Антенны рудиментарны. Мандибулы мощные,

крупные, зазубренные по внутреннему краю. Позади них лежат две пары небольших пластинчатых максилл (рис. 5).

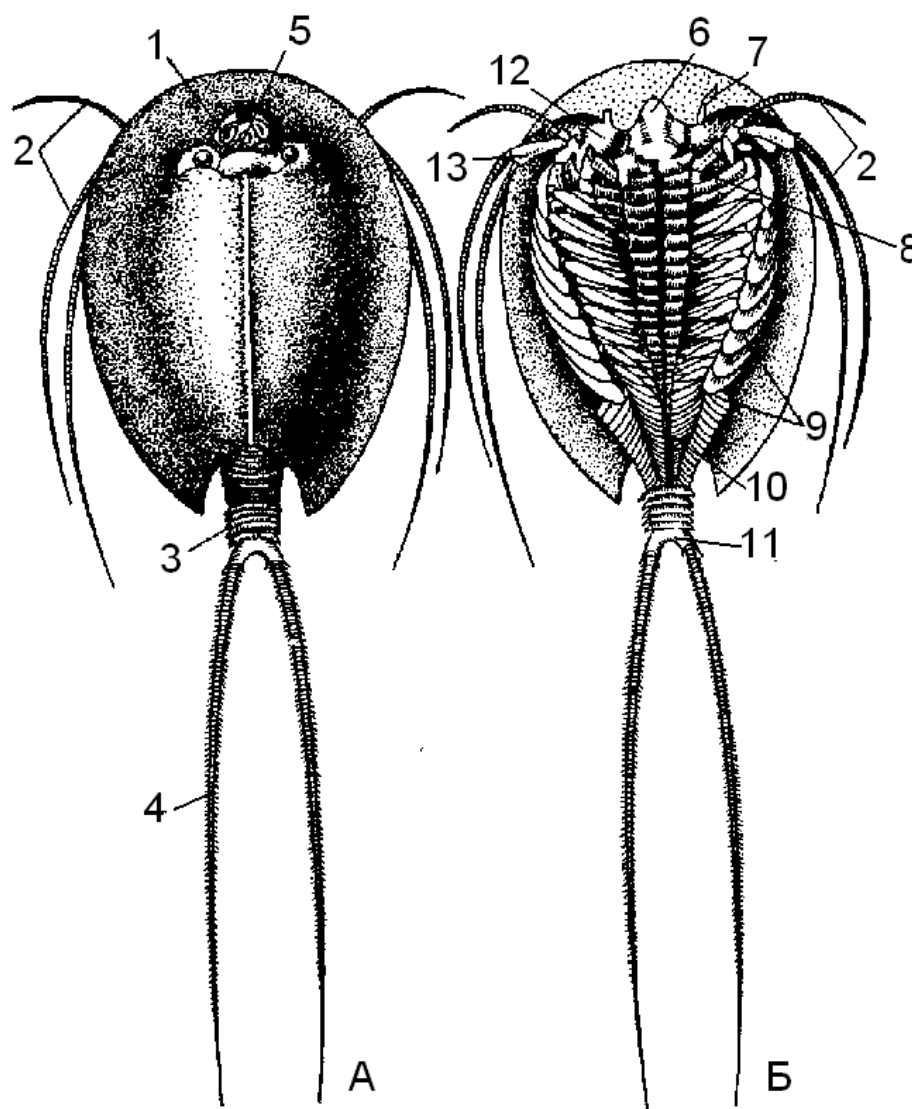


Рис. 5. *Triops cancriformis*: А – вид со спинной стороны; Б – вид с брюшной стороны. 1 – фасеточный глаз; 2 – нитевидные придатки первой пары грудных конечностей; 3 – брюшко; 4 – фурка; 5 – науплиальный глаз; 6 – верхняя губа; 7 – антеннула; 8 – максилла I; 9 – грудные конечности; 10 – брюшная бороздка; 11 – тельсон; 12 – мандибула, 13 – первая пара грудных конечностей

За головой следует грудной отдел, в состав которого входит до сорока сегментов (рис. 5). Первые десять грудных сегментов несут по паре листовидных ножек. Для изучения их особенностей следует рассмотреть

тотальные препараты грудных конечностей щитня. По строению они напоминают грудные ножки жаброногов (рис. 6). По внутреннему краю такая листовидная ножка несет шесть лопастей – эндитов, покрытых волосками. Эндиты служат для транспортировки пищи ко рту. С наружной стороны конечности расположены два экзита. Один крупный, в виде пластинки, представляет собой плавательную лопасть, играющую важную роль при передвижении щитней. Другой экзит представляет собой эпиподит и является мешковидной жаброй. Таким образом, грудные конечности щитней, как и жаброногов, выполняют три функции. Отличительной особенностью грудных ног щитней является наличие жевательных отростков. Питаются щитни крупными частицами грунта, растениями, мелкими животными.

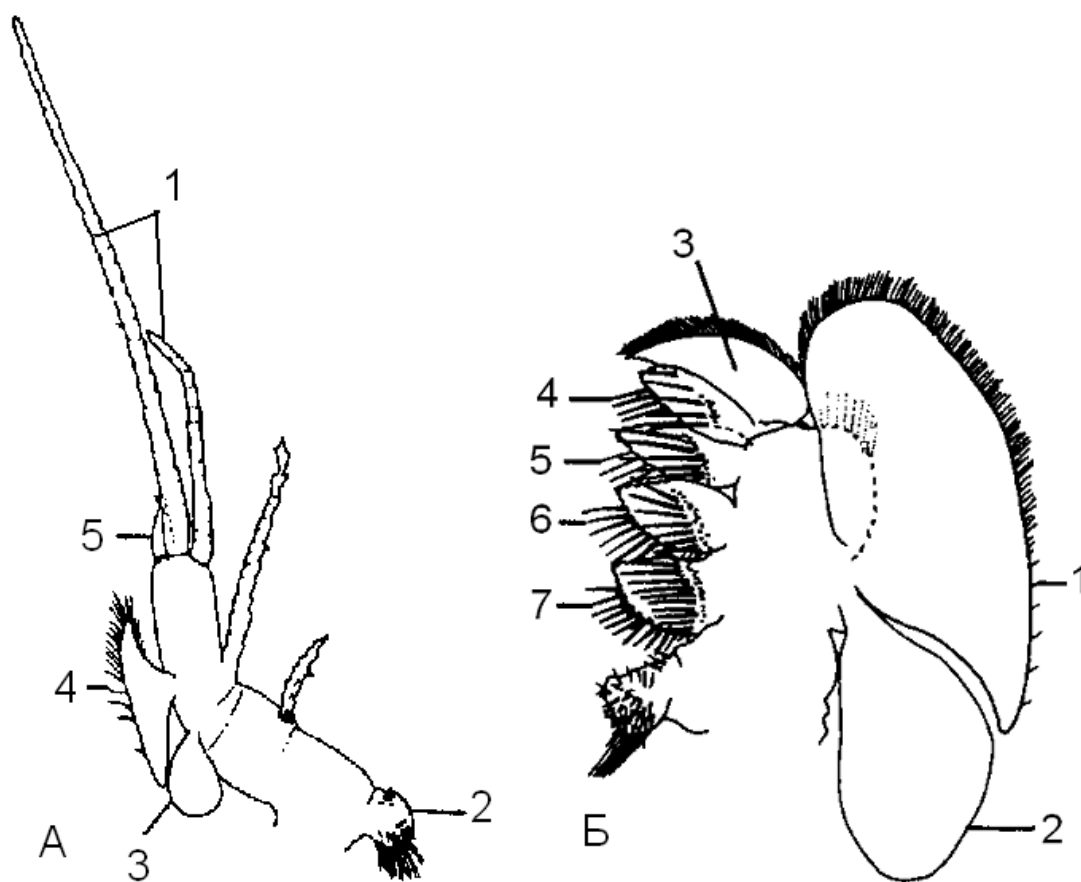


Рис. 6. Грудные конечности *Triops cancriformis*: А – первая грудная конечность (1 – нитевидные придатки – эндиты; 2 – гнатобаза; 3 – эпиподит; 4 – экзоподит; 5 – эндоподит); Б – десятая грудная конечность (1 – экзоподит; 2 – эпиподит; 3 – эндоподит; 4 – 7 – эндиты)

Пищевые частицы захватываются внутренними лопастями грудных ножек и по желобку между ногами транспортируются вперед, передаваясь

от одной ножки к другой. При плавании щитня его конечности последовательно сгибаются и разгибаются, будто по ним пробегает волна.

Первая пара грудных конечностей несет три нитевидных расчлененных придатка, являющихся удлинненными эндитами (рис. 6). Они выступают наружу из-за головогрудного щита и в связи с редукцией антенн выполняют функцию органов чувств. На одиннадцатом сегменте груди располагаются парные половые отверстия. У самок наружные лопасти конечностей этого сегмента видоизменяются, и за их счет образуется яйцевая капсула, в которой вынашиваются яйца. У самцов одиннадцатый сегмент не отличается от остальных. Начиная с тринадцатого, на каждом грудном сегменте располагается не одна, а 4–6 пар ног. В связи с этим общее число конечностей у щитней может достигать 70 пар. При этом их размеры уменьшаются спереди к задним сегментам.

Отряд *Conchostraca* – Раковинные листоногие раки

Материал. *Conchostraca* – это мелкие ракообразные, обитающие в пресных водоемах, часто – пересыхающих. Для изучения на практикуме можно использовать фиксированный в 4% – ом растворе формалина материал, например, крупных *Limnadia* (около 17 мм) или относительно мелких *Linceus brachiurus* (6,5 мм) с шаровидной раковиной.

Limnadia leticularis в водоемах лежат на грунте на боку и фильтруют планктон или частицы детрита с помощью грудных конечностей. *Linceus brachiurus* обычно также держатся на дне водоемов, иногда плавают спиной вниз с помощью антенн и листовидных грудных конечностей. При плавании они собирают корм (планктон).

Строение конхострак. Тело конхострак покрыто карапаксом в виде двустворчатой раковины, состоящей из хитина и пропитанной известью. Эта раковина напоминает раковину двустворчатых моллюсков. После каждой линьки на ней остаются концентрические полосы прироста. Створки соединены между собой одним поперечным мускулом – замыкателем, расположенным в области максилл (рис. 7). Сокращение мускула приводит к смыканию створок раковины. Раковина полностью покрывает тело рачка, поэтому для изучения его строения одну из створок необходимо аккуратно удалить с помощью препаровальной иглы и пинцета.

Голова конхострак уплощенная и направлена вниз. Впереди на голове имеется небольшой выступ – рострум. Фасеточные глаза очень сближены и у некоторых видов даже соединяются в один непарный глаз.

Перед ним расположен науплиальный глазок. Антеннулы одноветвистые, нерасчлененные и слабо развитые. Антенны длинные, двуветвистые. Их ветви покрыты многочисленными волосками. За счет веслообразных взмахов антенн рачки плавают в воде (рис. 7).

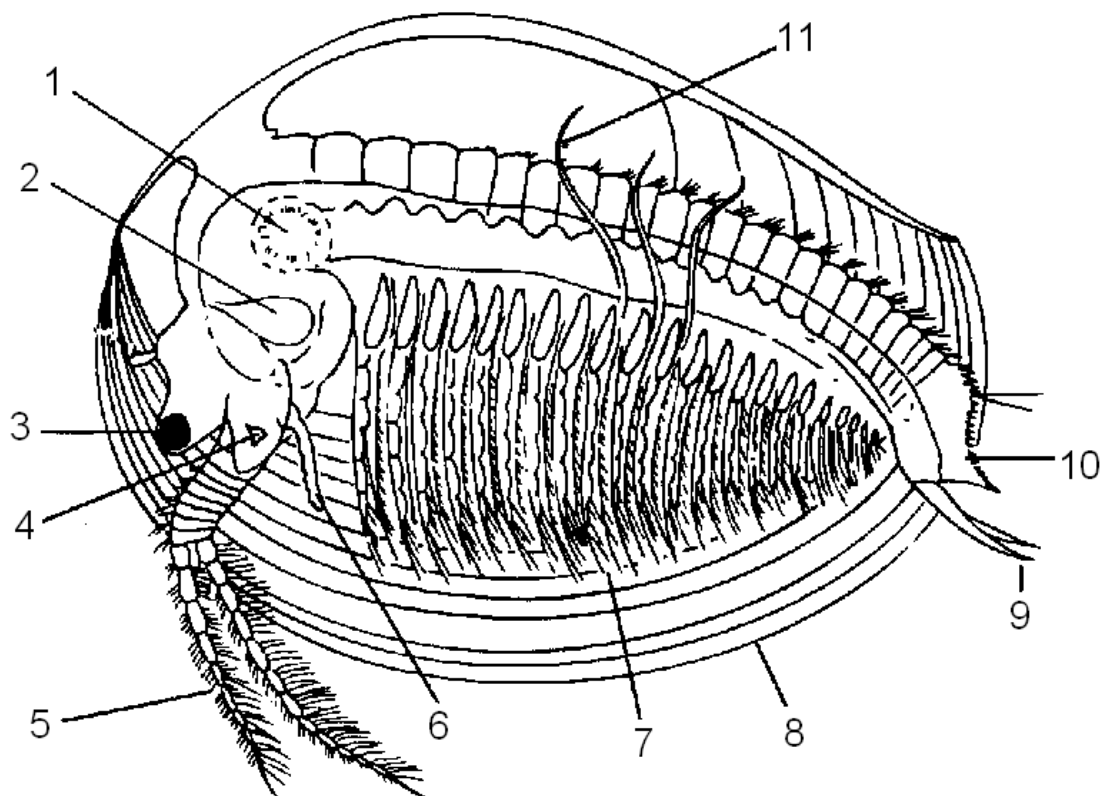


Рис. 7. Самка *Limnadia leticularis*: 1 – мускул - замыкатель; 2 – мандибула; 3 – фасеточный глаз; 4 – науплиальный глаз; 5 – антенна; 6 – антеннула; 7 – грудные конечности с эпиподитами; 8 – карапакс (раковина); 9 – фурка; 10 – тельсон; 11 – нитевидные придатки 9–11-ой пар грудных конечностей

В состав грудного отдела у разных видов конхострак входит от 10 до 32 сегментов, несущих листовидные ножки. У самцов часть эндитов первой, а иногда и второй пары грудных конечностей видоизменены в крючковидные придатки, которые служат для удержания самки при спаривании. Остальные конечности похожи по строению на листовидные ножки щитней. На них имеется пять эндитов, один экзит и мешковидная эпиподиальная жабра. Грудные конечности служат для транспортировки пищи ко рту и дыхания. В связи с этим ножки находятся в постоянном движении. У самок экзиты 9 – 11-ой пар конечностей видоизменены в

длинные нитевидные придатки, служащие для направления яиц в выводковую камеру на спинной стороне раковины и удерживания их там (рис. 7).

Брюшко конхострак короткое и заканчивается тельсоном, сжатым с боков или в дорзо-вентральном направлении и несущим коготки.

Отряд *Anomopoda* (= *Cladocera*) – Ветвистоусые раки

Свое название отряд получил благодаря наличию у этих ракообразных длинных двуветвистых антенн, служащих для передвижения.

К ветвистоусым относятся мелкие планктонные рачки, тело которых покрыто карапаксом в виде двустворчатой раковины. Обитают они в основном в пресных водоемах, реже – в морях.

Материал. Типичным представителем отряда является обычный, встречающийся в небольших стоячих водоемах, вид *Daphnia pulex* (семейство *Daphniidae*). Дафнии легко разводятся в аквариумах в лабораторных условиях, и при комнатной температуре и хорошем питании культура может поддерживаться в течение всего года. Питаются дафнии бактериями и микроскопическими водорослями, такими, например, как *Chlorella*. В таких благоприятных условиях рачки размножаются партеногенетическим способом.

Наблюдения за движением дафний. Для наблюдения за особенностями локомоции дафний следует поместить в высокую энтомологическую пробирку, цилиндр или химический стакан. Как уже было сказано ранее, дафнии являются планктонными рачками. Благодаря коротким и сильным взмахам антенн они совершают поступательные скачкообразные движения вверх и вперед, за что, собственно, они и получили свое название – «водяная блоха». Центр тяжести тела дафнии находится ниже основания антенн, поэтому в момент опускания антенн тело рачка наклоняется, а в момент взмаха снова выпрямляется. После совершенного скачка дафния некоторое время парит в толще воды, при этом расправленные антенны играют роль парашюта, препятствуя быстрому погружению рачка.

Строение дафнии. Для изучения особенностей строения живых дафний необходимо отловить пипеткой и поместить в каплю воды на предметное стекло с лункой. Чтобы ограничить подвижность рачков, излишки воды следует убрать, воспользовавшись фильтровальной бумагой. Препарат рассматривают под биноклем в проходящем свете. В случае отсутствия живых объектов можно использовать тотальные препараты.

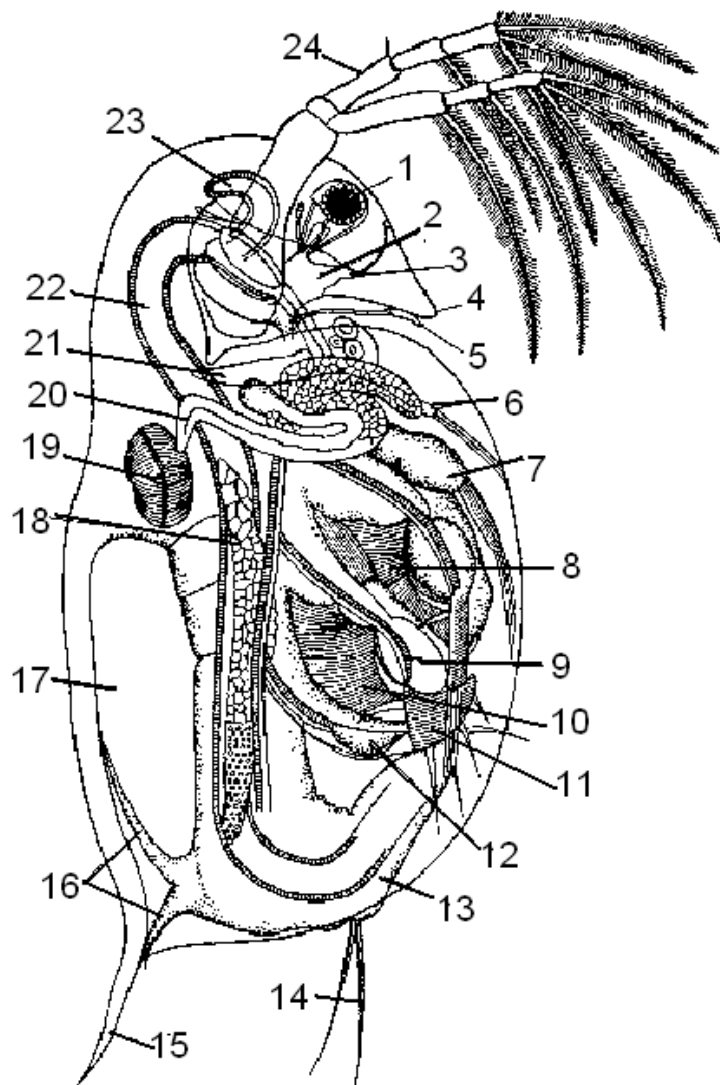


Рис. 8. *Daphnia pulex*: 1 – фасеточный глаз; 2 – мозг; 3 – науплиальный глаз; 4 – рострум; 5 – антеннула; 6 – 1-ая пара грудных конечностей; 7 – 2-ая пара грудных конечностей; 8 – щетинки 3-ей пары грудных конечностей; 9 – эпиподит 4-ой пары грудных конечностей; 10 – щетинки 4-ой пары грудных конечностей; 11 – экзоподит 4-ой пары грудных конечностей; 12 – 5-ая пара грудных конечностей; 13 – брюшко; 14 – брюшные щетинки; 15 – задний вырост карапакса; 16 – спинные выросты брюшка, закрывающие выход в выводковую камеру; 17 – выводковая камера; 18 – яичник; 19 – сердце; 20 – максиллярная железа; 21 – мандибула; 22 – кишечник; 23 – печеночный вырост; 24 – антенны

Тело дафнии, кроме головного отдела, заключено в карапакс, имеющий вид двустворчатой хитиновой раковины (рис. 8). Ее поверхность мелко скульптурирована. Между створками на брюшной стороне имеется небольшая продольная щель, через которую внутрь раковины попада-

ет вода. Задний конец карапакса вытянут в острый каудальный шип. Он увеличивает общую площадь поверхности тела рачка, что, помимо прочего, способствует парению в толще воды, а также служит для защиты, затрудняя проглатывание дафний хищниками.

Голова дафнии вытянута в клювообразный вырост – рострум (рис. 8). На голове расположен непарный фасеточный глаз, образовавшийся в результате слияния двух глаз. Он находится в постоянном движении, благодаря специальным мышцам. Это хорошо заметно у живых дафний. Ниже лежит непарный науплиальный глазок. Под рострумом прикрепляются едва заметные антеннулы. Антенны по сравнению с ними мощные, двуветвистые. Каждая антенна состоит из протоподита, к которому причленяются четырехчленистый экзоподит (наружная ветвь) и трехчленистый эндоподит (внутренняя ветвь), несущие плавательные щетинки. Мандибулы дафнии имеют вид мощных нерасчлененных пластинок. Максиллы развиты слабо.

Грудной отдел дафнии не имеет следов сегментации, и о числе входящих в его состав сегментов можно судить по количеству грудных конечностей. У дафнии их пять пар (рис. 8). Они имеют листовидную форму, но отличаются по строению в связи со специализацией в выполнении разных функций (рис. 9).

Все конечности несут наружные (экзиты) и внутренние (эндиты) выросты. Ближайшие к основанию экзиты – эпиподиты, выполняют функцию жабр. Наименьшие размеры имеет первая пара грудных ножек. Они несут длинные перистые волоски. Вторая пара конечностей имеет в основании особый максиллярный вырост со щетинками. Эти ножки являются хватательными. Третья и четвертая пары конечностей отличаются наиболее

крупными размерами и имеют вид пластинок, несущих с внутренней стороны множество щетинок.

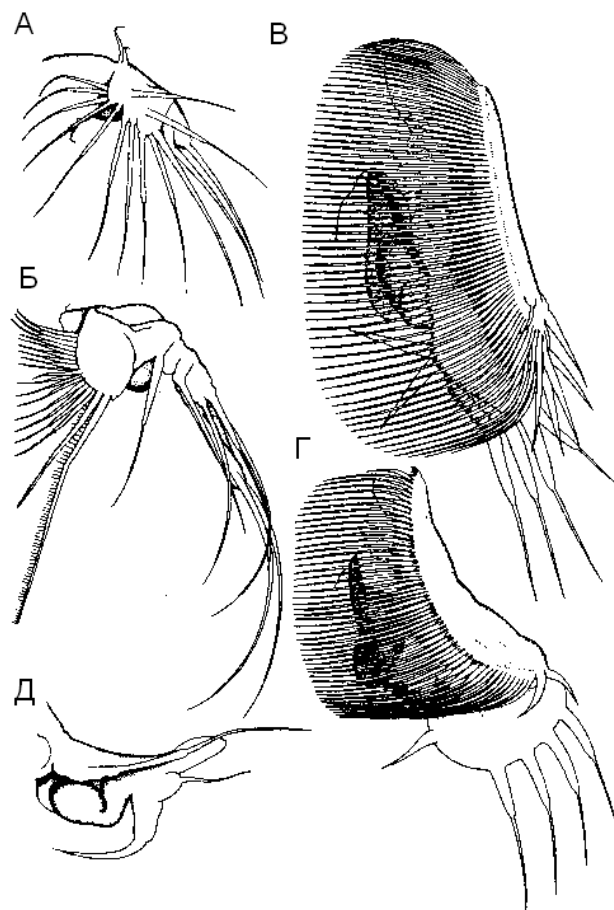


Рис. 9. 1–5-ая пары грудных конечностей *Daphnia magna* (вид сбоку)

Прилегая друг к другу, эти щетинки образуют фильтрующий аппарат, удерживающий взвешенные в воде частицы. Пятая пара ножек отличается наличием длинной крючковидной щетинки, загнутой назад (рис. 9).

Грудные конечности работают в непрерывном режиме, обеспечивая процесс питания и дыхания. Вода попадает внутрь раковины сквозь щель между створками, фильтруется через фильтр, образованный щетинками третьей и четвертой пар ножек. Пищевые частицы поступают в брюшной желобок и склеиваются в пищевой комок. С помощью максиллярных выростов второй пары конечностей он продвигается к головному отделу, где измельчается при помощи мандибул. Пятая пара ног ограничивает фильтрующую камеру и вместе с четвертой парой направляет ток воды из раковины.

Брюшной отдел тела дафнии короткий, не разделен на сегменты и лишен конечностей. Он загибается на брюшную сторону и заканчивается двумя коготками (рис. 8). На спинной стороне брюшко несет две длинные щетинки. Между спинным краем раковины и спинной поверхностью тела самок дафний имеется особая полость. Сюда поступают яйца, и здесь же происходит развитие эмбрионов. Эта полость носит название выводковая камера. Она замыкается на заднем конце особыми спинными выростами. При подгибании брюшка спинные выросты открывают выход из камеры, и молодые дафнии, готовые к самостоятельной жизни, покидают материнский организм.

Пищеварительная система дафний хорошо заметна благодаря пище, заполняющей кишечник. Кишечник имеет вид трубки, тянущейся через все тело. В месте соединения энтодермальной средней кишки с эктодермальным пищеводом открываются два печеночных выроста. Анальное отверстие находится на конце брюшка между каудальными коготками.

На спинной стороне тела расположено сердце, имеющее вид небольшого мешочка (рис. 8). Под микроскопом хорошо заметны отдельные клетки, из которых состоит стенка сердца, они прилегают друг к другу как дольки апельсина. Сердце несет пару остий по бокам и отверстие на переднем конце. Настоящие кровеносные сосуды отсутствуют. Благодаря пульсации сердца, которая хорошо заметна при малом увеличении микроскопа на живых объектах, гемолимфа циркулирует по лакунам тела. Гемолимфа бесцветна, но содержит растворенный гемоглобин. При недостатке кислорода в водоемах, в которых живут дафнии, их гемолимфа приобретает розовую окраску вследствие увеличения содержания гемоглобина. Выделительная система дафний представлена парой

хорошо развитых максиллярных желез, которые расположены в сегменте максилл II. Они трудно различимы.

У живых дафний при малом увеличении микроскопа хорошо виден головной мозг, расположенный впереди оснований антенн. От него отходят нервы к глазам и окологлоточные коннективы, огибающие пищевод и идущие к подглоточному ганглию. Последний иннервирует антенны. Для ветвистоусых раков характерна примитивная нервная система лестничного типа.

Половая система самок дафний представлена парными яичниками, которые лежат по бокам кишечника ниже уровня сердца. Короткие яйцеводы открываются в выводковую камеру. Здесь развиваются летние партеногенетические яйца или зимние яйца, развитие которых происходит только после оплодотворения. Летние яйца мельче по размерам, чем зимние.

Следует рассмотреть временные препараты живых дафний с летними яйцами и эмбрионами в выводковой камере или использовать тотальные препараты.

Оплодотворенные яйца образуются при наступлении неблагоприятных условий (например, осенью, при увеличении плотности населения ветвистоусых рачков в водоеме, недостатке корма и т.п.). Зимних яиц в выводковой камере редко бывает больше двух. Эти яйца покрыты защитной оболочкой, в образовании которой принимает участие материнский карапакс: на спинной стороне дафнии вокруг выводковой камеры формируется эфиппиум, или седлышко, темно-коричневого цвета (рис. 10).

После линьки эфиппиум сбрасывается и парит в толще воды за счет многочисленных камер в его стенке, наполненных воздухом. Благодаря этим камерам при рассмотрении эфиппиума под микроскопом его стенки кажутся мелкочаеистыми.

Дафний с эфиппиумами или отдельно эфиппиумы необходимо рассмотреть на тотальных препаратах.

Самцы *Daphnia pulex* появляются в естественных водоемах обычно осенью. Они имеют гораздо меньшие по сравнению с самками размеры. В связи с отсутствием выводковой камеры спинной край карапакса сам-

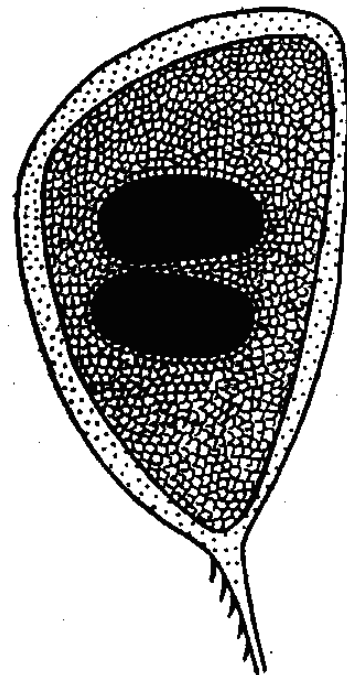


Рис. 10. Эфиппиум *Daphnia pulex*

цов не выпуклый. На голове нет рострума, а антенны более развиты в отличие от самок. Особые крючковидные придатки антеннул и первой пары грудных конечностей способствуют удержанию самки во время спаривания. Семенники располагаются по бокам кишечника, так же как и яичники самок. Половые отверстия открываются на конце брюшка рядом с анальным отверстием.

РАЗНООБРАЗИЕ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКОВ

Для изучения видового разнообразия отряда *Anomopoda* можно использовать фиксированные в растворе формалина пробы пресноводного планктона.

Семейство *Daphniidae*

Daphnia cucullata и *Daphnia cristata* обитают в пелагической зоне озер и водохранилищ (рис. 11). Эти рачки имеют высокую конусообразную голову. У первого вида рострум короткий, закругленный, у второго – заостренный и удлинённый. *Daphnia longispina* является обычным обитателем водоемов всех типов (рис. 11).

Виды рода *Simoccephalus* обычны в зарослях прибрежной и литоральной зон стоячих и медленнотекучих водоемов. Это крупные рачки (длина до 4 мм) с маленькой головой и плоским телом, часто окрашенным в розоватый цвет (рис. 12). Спинной край их карапакса выпуклый, не имеет заднего шипа. Симоцефалы способны цепляться за растения щетинками задних антенн и плавать вентральной стороной вверх.

Виды рода *Ceriodapnia* не имеют рострума, их голова отчетливо отделена от туловищного отдела дорсальной выемкой. Тело овально-яйцевидное. Брюшной край карапакса выпуклый (рис. 12).

В прибрежной зоне озер, прудов, водохранилищ и луж обычен *Scapholeberis mucronata*, имеющий длину 1,5 мм. Вентральный край створки его карапакса прямой и переходит в вырост (рис. 12). *Scapholeberis* имеет на нижнем крае раковины несмачиваемые щетинки, благодаря которым способен прикрепляться к поверхностной пленке воды и скользить по ней спинной стороной вниз.

Семейство *Bosminidae*

Мелкие формы, имеющие укороченное, более или менее овальное тело. У представителей этого семейства антеннулы крупные и срастаются с рострумом в виде клювовидного придатка. Антенны небольшие.

Задне-нижний край створок обычно шилообразно удлинен, образуя вырост.

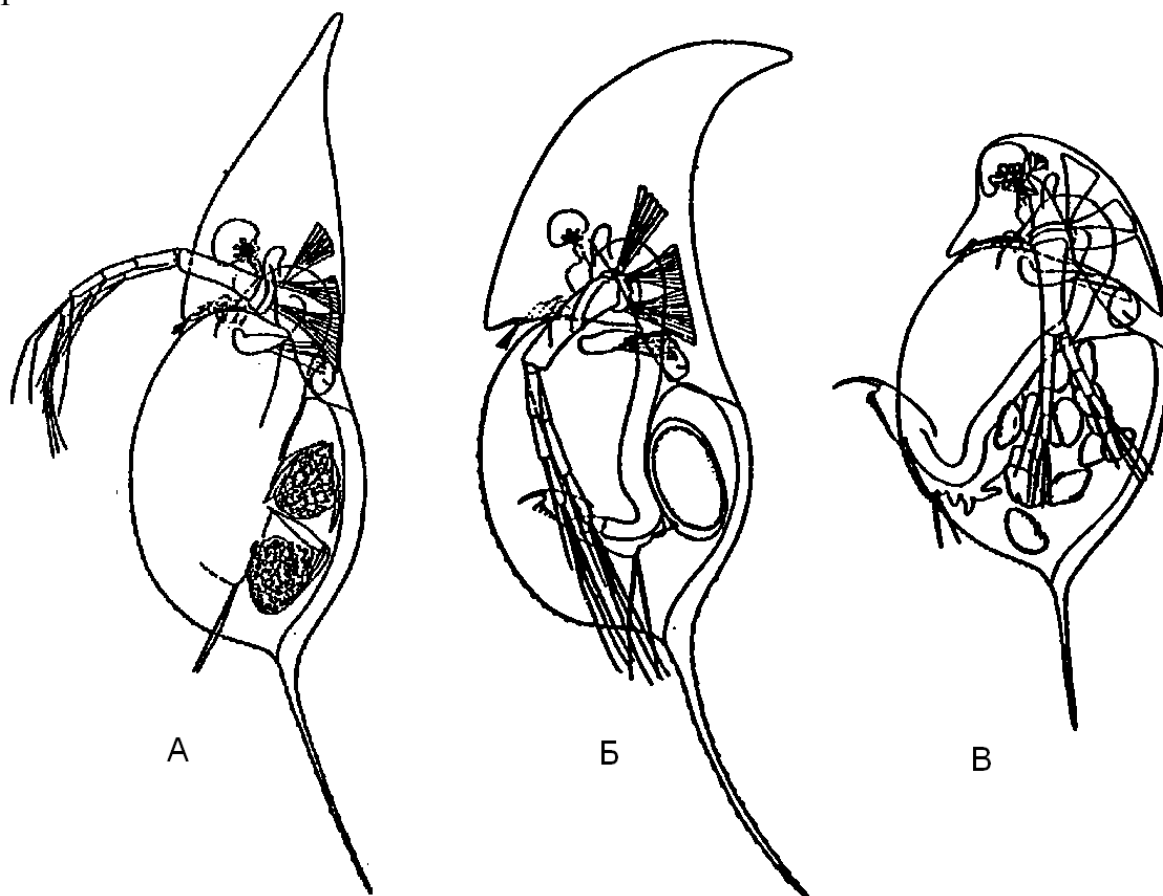


Рис. 11. А – *Daphnia cucullata*; Б – *D. cristata*; В – *D. longispina*

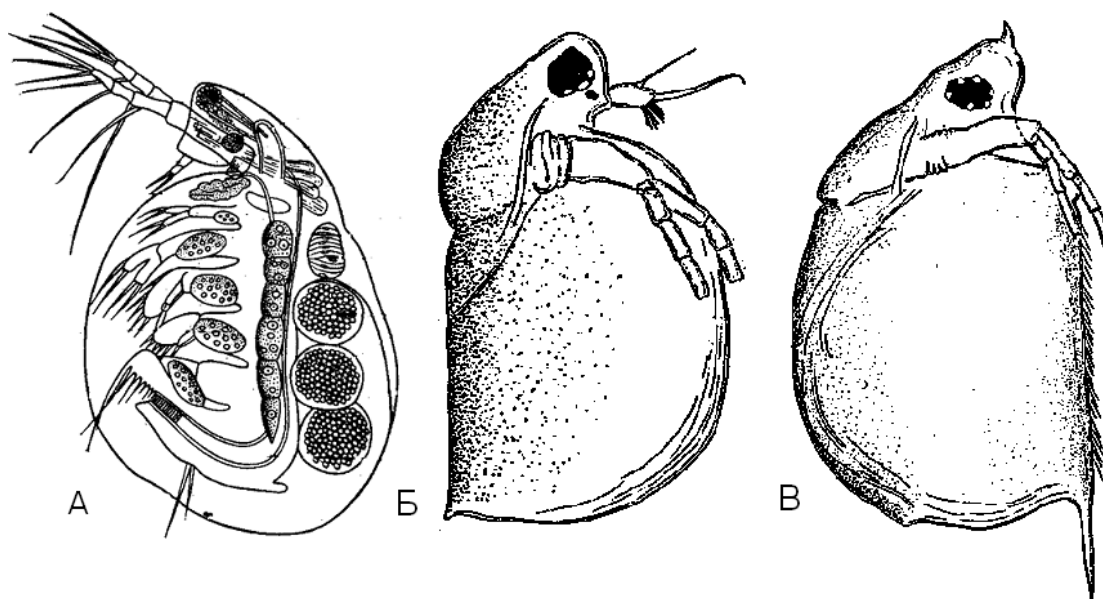
Обычными видами являются *Bosmina longirostris* (длина 0,6 мм), плавающий в толще воды, *B. coregoni*, *B. longispina* и *B. crassicornis* (рис. 13).

Семейство *Sididae*

Diaphanosoma brachiurum – мелкий рачок, типичный для пресноводного планктона. Обитает в водоемах всех типов. Имеет узкую прямоугольную голову и длинные постабдоминальные щетинки (рис. 13).

Семейство *Chydoridae*

В прибрежной и литоральной зонах небольших водоемов обычны *Chydorus sphaericus*, мелкие рачки с шаровидным телом длиной 0,4 мм (рис. 14).



**Рис. 12. А – *Simocephalus vetulus*; Б – *Ceriodapnia reticulata*;
В – *Scapholeberis mucronata***

Круглая форма карапакса служит защитой от врагов, например, веслоногих раков. Хидорусы могут, поплавав немного, садиться на водоросли и ползать по ним, удерживаясь щетинками края раковины и отталкиваясь второй парой грудных ног и брюшком. В зоне зарослей встречаются виды рода *Alona* и близких к нему родов – мелкие рачки, имеющие овальную раковину со спрямленными по брюшному краю створками (рис. 14).

Семейство *Polyphemidae*

Polyphemus pediculus – это хищные ветвистоусые рачки, длиной 1,2 мм (рис. 15). Обитают в литоральной зоне крупных водоемов. Раковина сильно редуцирована и не закрывает грудные конечности. Имеют крупные фасеточные глаза на крупной голове, хорошо обособленной от остальной части тела. 4 пары очень подвижных грудных ножек не несут фильтрационного аппарата, снабжены крепкими шипами и служат для захвата и удерживания добычи. Задний конец брюшка вытянут в виде хвостового придатка с плавательными щетинками.

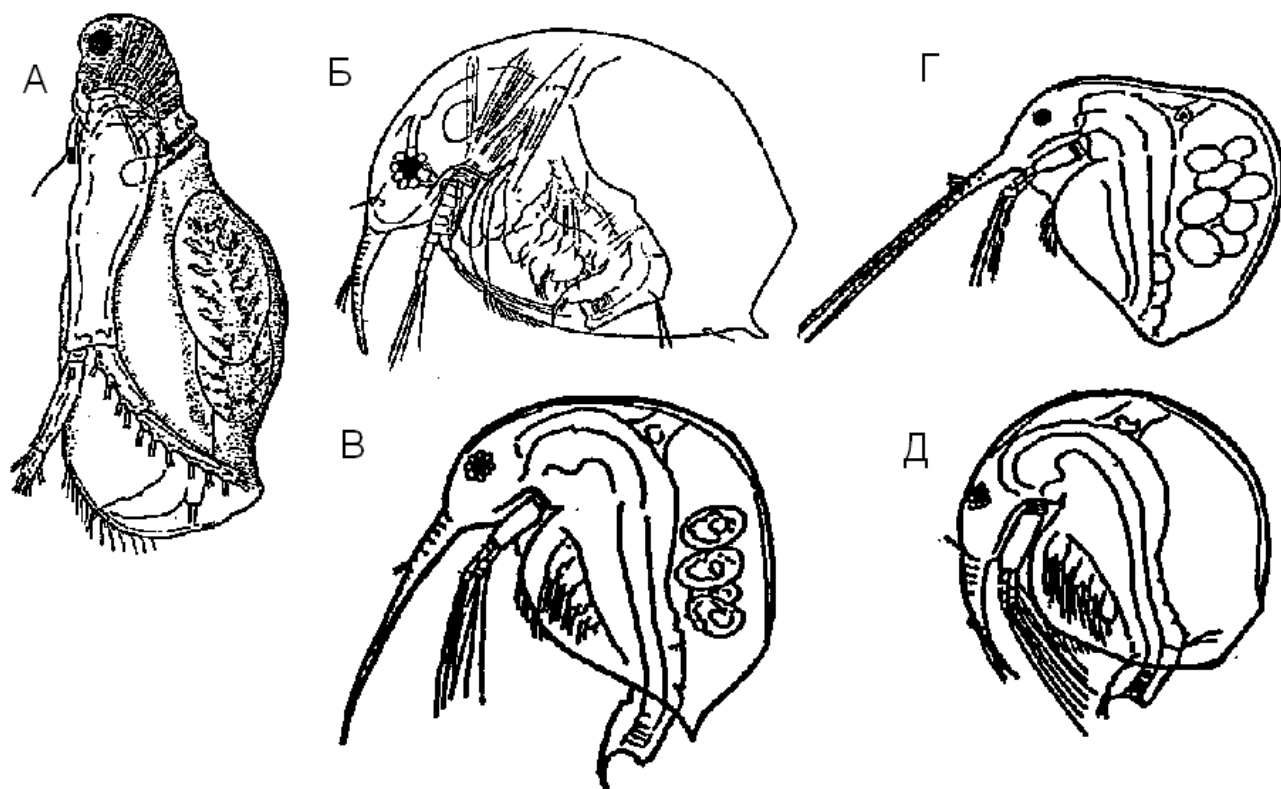


Рис. 13. А – *Diaphanosoma brachiurum*; Б – *Bosmina longirostris*;
В – *B. longispina*; Г – *B. coregoni*; Д – *B. crassicornis*

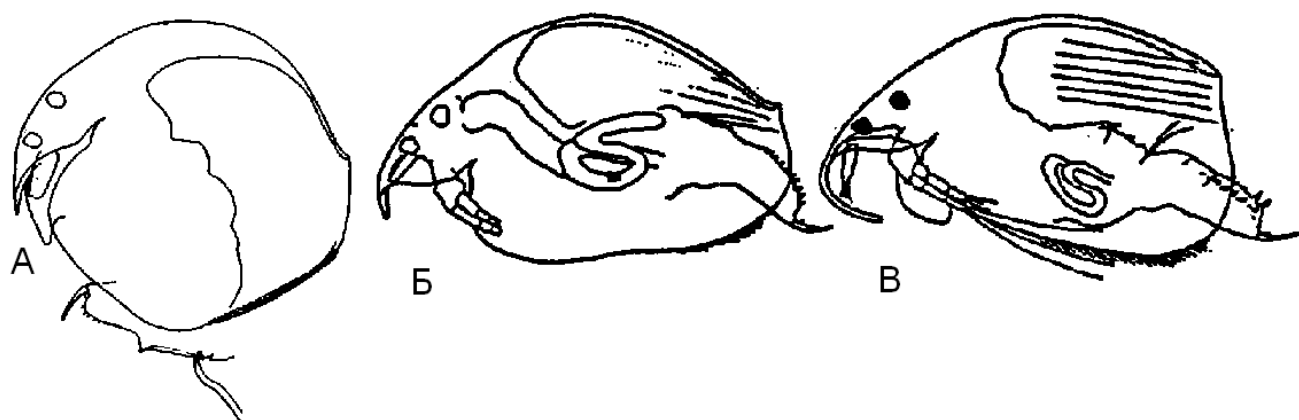


Рис. 14. А – *Chydorus sphaericus*; Б – *Disparalona rostrata*;
В – *Rhynchotalona falcate*

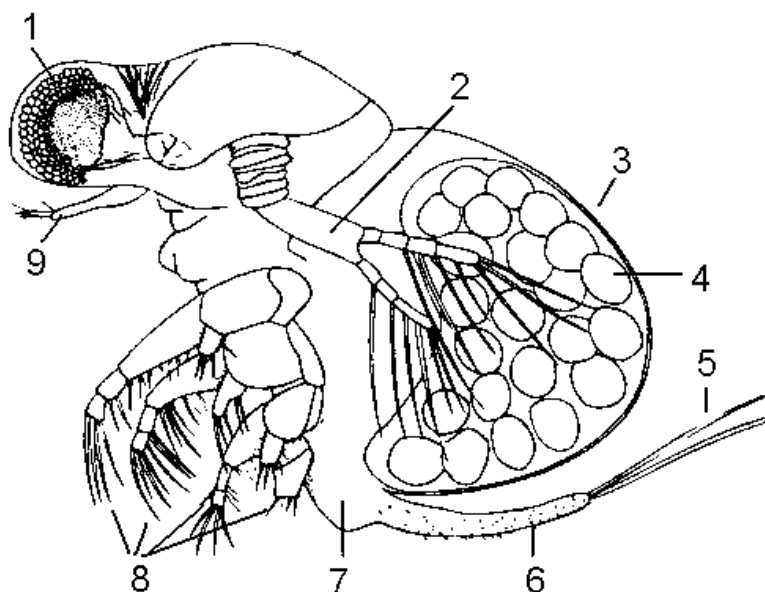


Рис.15. *Polyphemus pediculus*: 1 – фасеточный глаз; 2 – антенна; 3 – выводковая камера; 4 – яйца; 5 – рулевая щетинка; 6 – придасток хвоста; 7 – брюшко; 8 – грудные конечности; 9 – антеннула

2. ПОДКЛАСС MAXILLORODA – МАКСИЛЛОПОДЫ (ЧЕЛЮСТЕНОГИЕ)

Представители этого подкласса отличаются тем, что голова у них сливается с первым грудным сегментом и образует синцефалон. В состав грудного отдела входит шесть (реже пять или четыре) сегментов. Первая пара грудных ног превращена в ногочелюсти – *максиллопеды* (отсюда и название подкласса – Челюстеногие). Остальные грудные конечности выполняют двигательную функцию или создают ток воды, приносящий пищевые частицы. Брюшко не несет конечностей и заканчивается фуркой.

Отряд *Copepoda* – Веслоногие

К этому отряду относятся ракообразные, входящие в состав морского и пресноводного планктона или бентосные формы. Немало среди веслоногих раков и паразитических видов.

Материал. Удобным объектом для изучения организации копепод являются широко распространенные в различных типах водоемов виды рода *Cyclops* и других близких родов, а также *Diaptomus*. Их размеры невелики и колеблются в пределах 1–5 мм. Добыть материал можно в лю-

бом водоеме вплоть до зимних месяцев. Достаточно хорошо содержатся циклопы в культуре в аквариуме.

Cyclops sp. (подотряд *Cyclopoida*, семейство *Cyclopidae*)

Строение циклопов. Циклопы имеют гетерономно сегментированное тело, состоящее из трех отделов (рис. 16). Карапакс отсутствует. Головной отдел представляет собой синцефалон (сложную голову), образованный в результате слияния сегментов головы и первого грудного сегмента. На голове расположен непарный науплиальный глаз. Грудной отдел состоит из четырех свободных грудных сегментов. Далее следует брюшко, слагающееся у самок из четырех, а у самцов из пяти сегментов, диаметр которых меньше, чем грудных. Различия в количестве брюшных сегментов, связаны с тем, что передние два сегмента брюшка у самок сливаются с образованием генитального сегмента. Здесь открываются половые отверстия. Брюшко заканчивается тельсоном, который несет фурку со щетинками.

Далее для рассмотрения конечностей циклопа следует изучить временные препараты, на которых рачки располагаются на брюшной, спинной стороне и лежат на боку.

Антеннулы циклопа хорошо развитые, одноветвистые. Они выполняют локомоторную функцию: участвуют в плавании и парении в толще воды. У циклопа они играют роль весел и обеспечивают движение рывками. У самцов вершины антеннул крючкообразно загнуты и обеспечивают удерживание самок во время копуляции, в связи с чем они получили название «*геникулирующие* антенны». Кроме того, на антеннулах располагаются чувствительные щетинки. Антенны двуветвистые, покрыты щетинками и значительно короче антеннул. Остальные конечности видны при рассмотрении циклопа с брюшной стороны. Мандибулы мощные, нерасчлененные, зазубренные по внутреннему краю. Они служат для измельчения пищи. Две пары одноветвистых максилл снабжены многочисленными щетинками и выполняют функцию отфильтровывания пищи. Ногочелюсти (максиллопеды) одноветвистые, состоят из четырех члеников и также покрыты щетинками. Они предназначены для захвата пищи (рис. 16).

Свободные грудные сегменты (кроме последнего) несут хорошо развитые двуветвистые конечности. Они не имеют жаберных придатков и выполняют только локомоторную функцию. Для изучения их строения следует рассмотреть тотальные препараты. Грудные ножки циклопа совершают одновременные взмахи, действуя как весла (отсюда и название

отряда – Веслоногие) и отталкивая тело рачка от воды. Пятая пара грудных ножек рудиментарна и состоит из двух члеников (рис. 17).

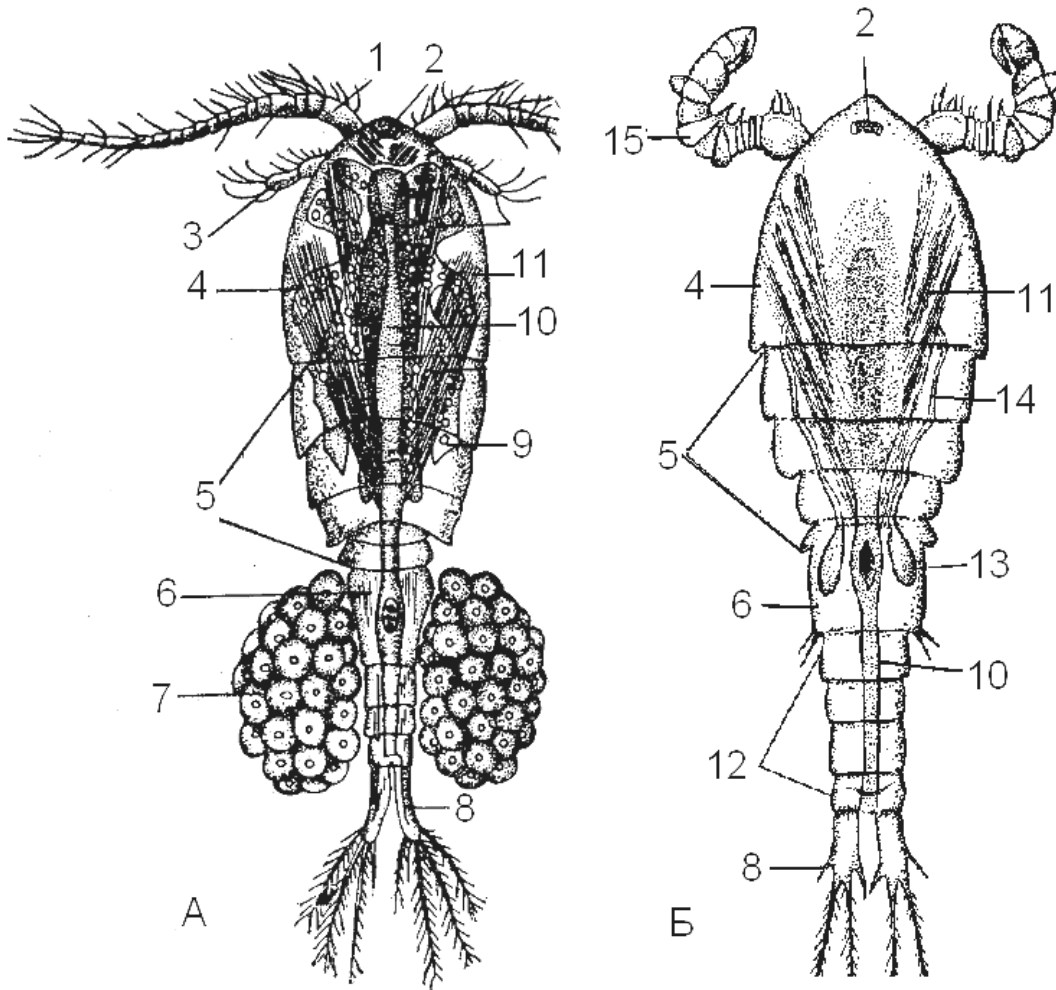


Рис. 16. *Cyclops strenuus*: А – самка; Б – самец. 1 – антеннула; 2 – науплиальный глаз; 3 – антенна; 4 – синцефалон; 5 – четыре свободных грудных сегмента; 6 – генитальный сегмент; 7 – яйцевые мешки; 8 – фурка; 9 – яичник; 10 – кишечник; 11 – продольные мышцы груди; 12 – 2–5-ый сегменты брюшка; 13 – сперматофорные карманы; 14 – семяпровод; 15 – геникулирующие антенны

Брюшной отдел циклопа, как и всех максиллопод, лишен конечностей. Щетинки фурки увеличивают общую поверхность тела циклопа и способствуют парению в толще воды (рис. 16).

У живых циклопов кишечник виден лучше, чем все остальные внутренние органы, благодаря тому, что он заполнен пищей. Он имеет вид трубки без всяких выростов. Лишь в грудном отделе кишечник не-

много расширен, и этот его участок часто называют желудком. Анальное отверстие открывается на заднем конце брюшка.

Кровеносная система у циклопа отсутствует. Движение гемолимфы в полости тела осуществляется благодаря ритмичным движениям передней части кишечника, которые происходят благодаря сокращениям особых мышц.

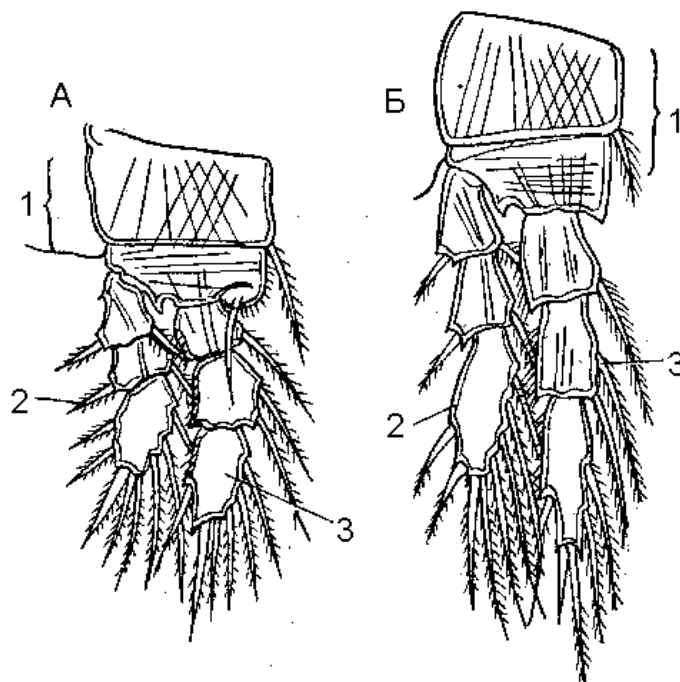


Рис. 17. *Cyclops strenuus*: А – первая грудная конечность; Б – пятая грудная конечность: 1 – протоподит; 2 – экзоподит; 3 – эндоподит

Органы дыхания у циклопа, как и у всех максиллопод, отсутствуют. Дыхание осуществляется всей поверхностью тела.

Выделительная система представлена максиллярными железами, которые на препаратах не видны.

Гонады хорошо заметны у живых циклопов. По бокам от кишечника в передней части тела у самок расположен непарный лопастевидный яичник, от которого тянутся яйцеводы. Они открываются наружу половыми отверстиями на генитальном сегменте брюшка. Семенник у самцов также непарный и также расположен по бокам от кишечника. Семяпроводы образуют в генитальном сегменте по сперматофорному карману, каждый из которых открывается собственным выводным отверстием.

Оплодотворение сперматофорное. Оплодотворенные яйца склеиваются секретом специальных кожных желез в два яйцевых мешка. Самка носит их прикрепленными к генитальному сегменту до выхода личинок.

Diaptomus sp. (подотряд *Calanoida*, семейство *Diaptomidae*)

Виды рода *Diaptomus* и близких нему родов являются наиболее распространенными веслоногими пресноводного планктона. *Eudiaptomus graciloides* – вероятно, самый массовый представитель семейства *Diaptomidae* в Европе. Обычными видами являются *Diaptomus castor* и *D. coeruleus*.

Строение диаптомусов. Расчленение тела диаптомуса такое же, как и у циклопа. Однако головной и грудной отделы у первого относительно длиннее. Свободных грудных сегментов может быть четыре, и тогда последний из них несет следы слияния двух сегментов, или пять, и тогда четвертый и пятый сегменты свободны (рис. 18).

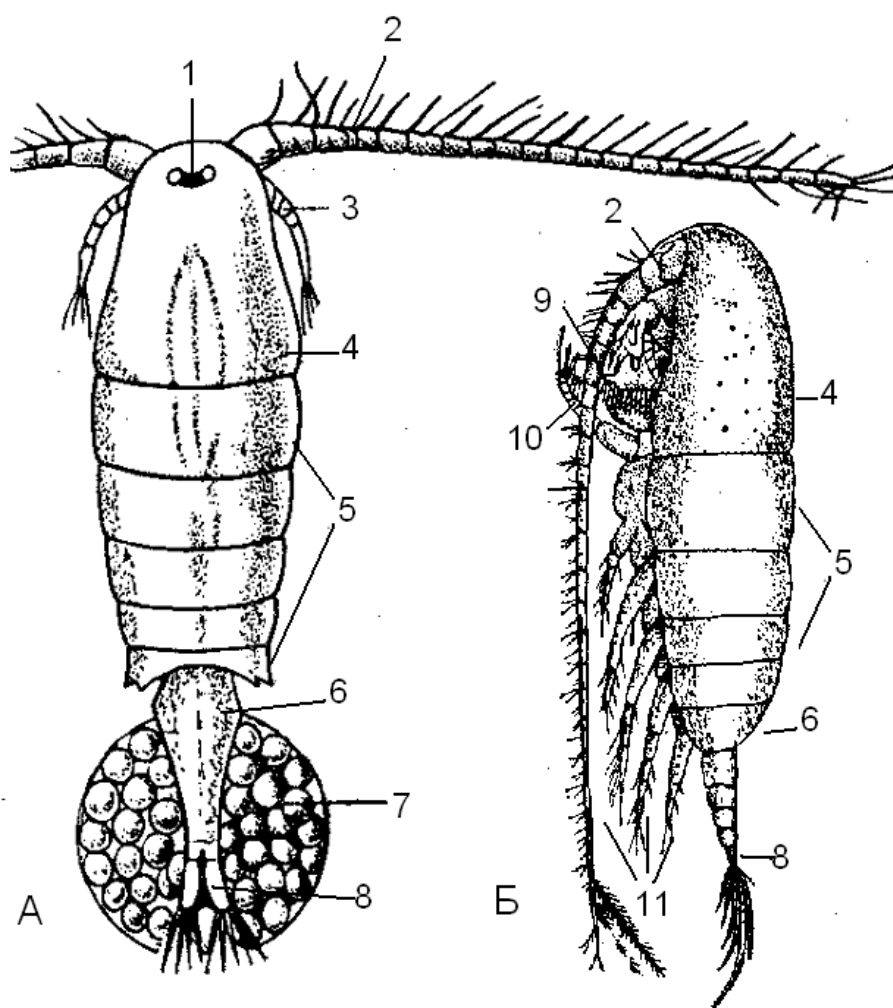


Рис. 18. *Diaptomus* sp.: А – вид со спинной стороны; Б – вид сбоку. 1 – науплиальный глаз; 2 – антеннула; 3 – антенна; 4 – синцефалон; 5 – свободные грудные сегменты; 6 – генитальный сегмент; 7 – яйцевой мешок; 8 – фурка; 9 – максилла II; 10 – ногочелюсть; 11 – грудные конечности

Диаптомусы имеют более короткое, чем у циклопа брюшко, состоящее у самок из трех, а у самцов из пяти сегментов. Уменьшение числа брюшных сегментов у самок происходит в результате их слияния. Первый сегмент брюшка самок – генитальный. Он длиннее остальных и обычно имеет два боковых шипа. К генитальному сегменту самок диаптомуса прикрепляется, в отличие от самок циклопа, один яйцевой мешок (рис. 18). Брюшко заканчивается тельсоном с короткой фуркой, ветви которой несут по пять перистых щетинок.

Антеннулы диаптомусов имеют значительную длину, превосходящую у некоторых видов длину тела (рис. 18). Число члеников в них доходит до 24–25 (для сравнения до 17 – у циклопов). Антеннулы служат прежде всего для плавания. У самцов некоторые членики антеннул утолщены и несут крючковидные шипики, которые способствуют удерживанию самок при копуляции. Их строение у самцов служит важным диагностическим признаком для определения видов. Антенны небольшие, двуветвистые. Мандибулы имеют в отличие от циклопов двуветвистое строение. Их основной членик представляет жевательную пластинку. Ток воды, создаваемый в результате постоянного движения антенн, мандибул и дистальных члеников максилл, обеспечивает медленное скользящее движение рачка, а также поступление пищи к ротовому отверстию. Пищевые частицы при этом задерживаются щетинками ротовых конечностей.

Конечности передних грудных сегментов имеют типичное двуветвистое строение и выполняют локомоторную функцию. У самок последняя пара грудных ножек имеет одинаковое строение. У самцов правая ножка значительно крупнее левой. Ее экзоподит несет особый коготок, который вместе с геникулирующими антеннами служит для фиксации самки во время копуляции. Левая же ножка предназначена для введения сперматофора в половые пути самки. Строение последней пары грудных ног диаптомусов является важным систематическим признаком.

Особенности строения личиночных стадий циклопа

Развитие веслоногих, как и большинства низших раков, происходит с метаморфозом и сопровождается сменой нескольких личиночных стадий. При этом при переходе из одной личиночной стадии в другую осуществляется линька, возрастают размеры тела и число сегментов и конечностей.

Для изучения личиночных стадий циклопид следует воспользоваться фиксированными в растворе формалина пробами пресноводного

планктона. На приготовленных временных препаратах необходимо найти разные личиночные стадии, рассмотреть и зарисовать их.

Из яйца циклопа выходит личинка науплиус, характерная для ракообразных. Первая науплиальная стадия носит название *ортонауплиус* (рис. 19). Он имеет овальное тело без видимой сегментации. Ротовое отверстие окружено одноветвистыми антеннулами и двуветвистыми антеннами и мандибулами. Все они выполняют функции движения и захвата пищи. На голове также расположен непарный науплиальный глаз. В результате линьки науплиус проходит четыре последовательные *метанауплиальные* стадии.

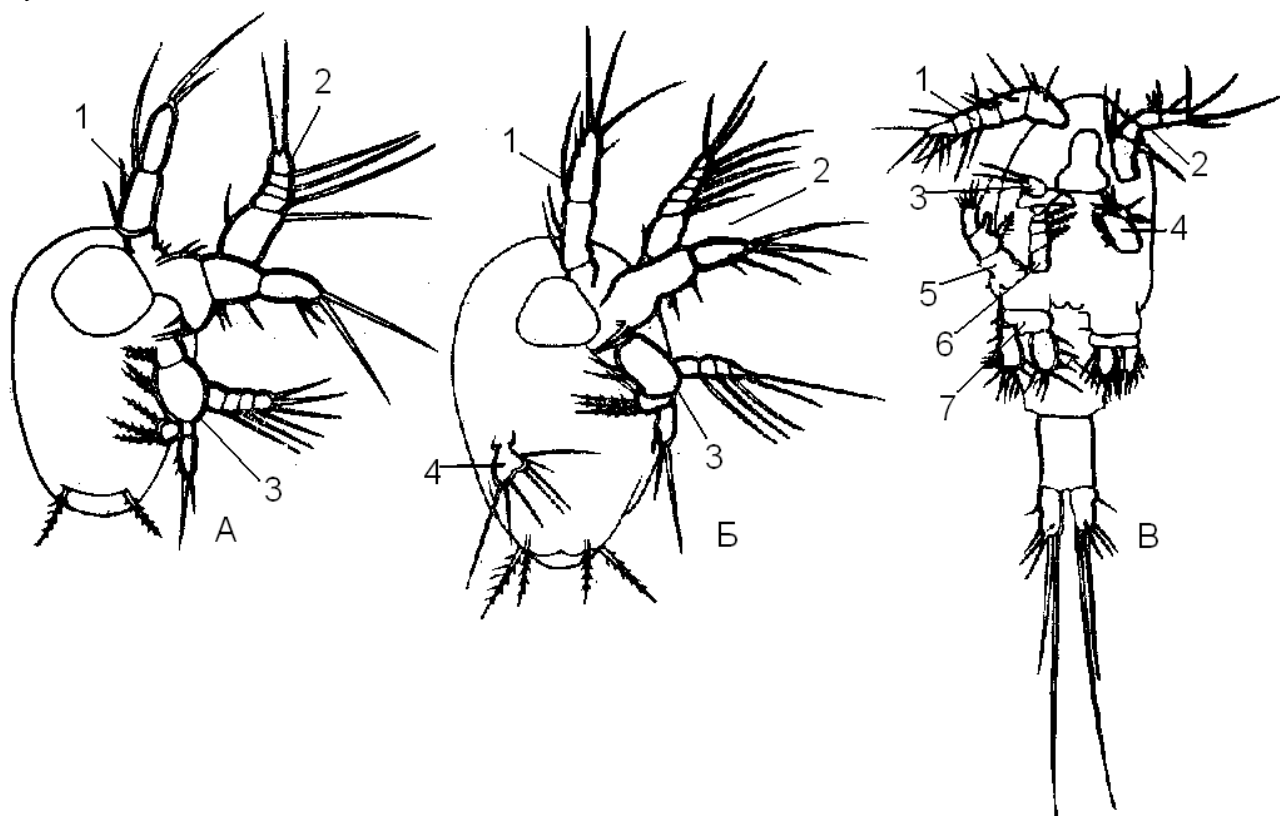


Рис. 19. Личиночные стадии *Cyclops strenuus*: А – ортонауплиус; Б – четвертый метанауплиус; В – первая копеподитная личинка. 1 – антеннулы; 2 – антенны; 3 – мандибулы; 4 – максиллы I; 5 – максиллы II; 6 – ногочелюсти; 7 – плавательные ножки

Первый метанауплиус отличается от ортонауплиуса появлением нерасчлененных максилл I. Второй имеет более крупные по сравнению с первым размеры. У третьего метанауплиуса максиллы I становятся двучленистыми и снабжены многочисленными щетинками. Четвертая метанауплиальная стадия отличается от предыдущей более удлиненным те-

лом и появлением зачатков максилл II, ногочелюстей и двух пар еще не расчлененных, но уже двуветвистых грудных конечностей (рис. 19). На заднем конце тела появляется выемка и по три щетинки с каждой стороны, намечающие образование фурки. Четвертый метанауплиус после линьки превращается в *копеподитную* личинку (рис. 19). Конечности, имевшиеся у последнего метанауплиуса, на этой стадии становятся более расчлененными, и ясно выражено разделение брюшка на два сегмента.

Фурка уже приобретает форму, характерную для взрослого циклопа. За первой копеподитной личинкой следуют еще четыре последовательные стадии копеподитных личинок. Они отличаются друг от друга постепенным развитием грудных конечностей и числом сегментов. Последняя копеподитная стадия после линьки превращается во взрослого циклопа.

У *Cyclops strenuus* IV копеподитная стадия является покоящейся и служит для переживания засухи в периодически высыхающих водоемах.

Отряд *Ostracoda* – Ракушковые раки

К отряду *Ostracoda* относятся мелкие ракообразные, размеры которых не превышают 1 мм. Их тело покрыто двустворчатой раковиной. Ракушковые раки являются обитателями всех типов водоемов.

Материал. В качестве объекта для занятий можно использовать наиболее распространенные виды рода *Cypris* или близких к нему родов, например, *Heterocypris* (подотряд *Podocopa*, семейство *Cypridae*). Живой материал можно собрать в любом пресном водоеме, даже лужах и канавах, используя мелкочаеистый водный сачок. Ракушковые рачки могут достаточно длительное время содержаться в аквариуме в лабораторных условиях. При отсутствии живого материала можно использовать тотальные микроскопические препараты циприсов.

Строение Cypris. Чтобы рассмотреть конечности и некоторые детали внутреннего строения, у живых остракод необходимо осторожно раскрыть и снять одну створку.

Тело остракод покрыто двустворчатой раковиной, пропитанной карбонатом кальция. Поверхность раковины покрыта волосками. Ее створки соединены на спинной стороне эластичной связкой. У многих видов здесь имеются зубчики, образующие в совокупности замок, аналогичный таковому у двустворчатых моллюсков. Посередине раковины поперек створок располагается один мускул – замыкатель, сокращение которого приводит к смыканию створок. Через узкую щель между створ-

ками у *Cypris* выдаются антеннулы, антенны и вторая пара грудных конечностей, а иногда и задний конец фурки.

Тело остракод укорочено и не несет следов сегментации (рис. 20). На голове расположены антеннулы, антенны, мандибулы и две пары максилл. Антеннулы и антенны одноветвисты, покрыты волосками и служат для плавания, а антенны еще и для ползания и копания. Антеннулы совершают частые взмахи вперед и вверх, а антенны – вперед и вниз, таким образом, за счет их совместной работы рачок движется вперед. Помимо движения, антеннулы и антенны выполняют чувствительную функцию: на антеннулах расположены осязательные волоски, на антеннах – хеморецепторы.

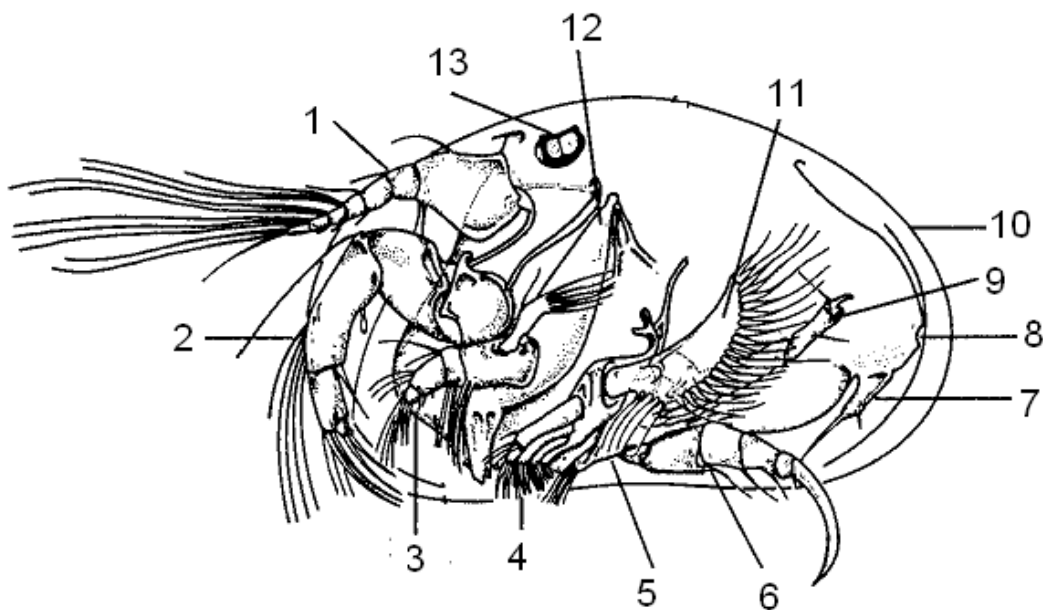


Рис. 20. *Cypridopsis vidua*. Вид сбоку, левая створка удалена: 1 – антеннула; 2 – антенна; 3 – верхняя губа; 4 – максилла I; 5 – 1-ая грудная конечность; 6 – 2-ая грудная конечность; 7 – фурка; 8 – анус; 9 – 2-ая грудная конечность; 10 – раковина; 11 – экзоподит 1-ой грудной конечности; 12 – мандибула; 13 – науплиальный глаз

В месте прикрепления антеннул расположен непарный науплиальный глаз, а у некоторых видов и пара фасеточных глаз. Участки раковины, которые находятся перед глазами, прозрачны.

Мандибулы у ракушковых рачков хорошо развиты (рис. 20). Максиллы I выполняют функцию захвата пищи. Они несут три осязательные лопасти и трехчленистый щупик, а их основание имеет вид большой пластинки, движение которой обеспечивает ток воды через полость раковины. Это способствует процессу дыхания, которое осуществляется через

всю поверхность тела. Максиллы II, по мнению большинства исследователей, отсутствуют. Первая пара грудных ножек превращена в ногочелюсти. Они несут жевательную лопасть. Вторая пара грудных конечностей несет коготки и является ходильными. Вместе с антеннами они служат для передвижения по субстрату. При помощи этих конечностей рачки могут перемещаться между водными растениями. Третья пара грудных ножек видоизменяется в «чистилки», которые удаляют посторонние мелкие частицы, попавшие на внутреннюю поверхность раковины.

Брюшной отдел циприса заканчивается хорошо развитой фуркой, которая принимает участие в передвижении рачка. *Cypris* может плавать с помощью двух пар антенн и ползать по субстрату.

Из внутренних органов после удаления одной из створок раковины у циприса можно рассмотреть лишь некоторые детали половой и пищеварительной систем. Размножаются *Cypris* партеногенетическим путем.

Отряд *Branchiura* – Карповые вши, или Карпоеды

Материал. Типичным представителем отряда *Branchiura* является *Argulus foliaceus* – обыкновенный карпоед, который, являясь гематофагом паразитирует на теле пресноводных рыб, а также головастиков и взрослых амфибий. При внимательном осмотре пойманной рыбы карпоедов можно обнаружить за жаберными крышками и грудными плавниками. Эти эктопаразиты предпочитают прикрепляться в местах, менее всего омываемых водой и имеющих относительно тонкие покровы.

Строение Argulus foliaceus. Для изучения особенностей строения обыкновенного карпоеда следует рассмотреть тотальные микроскопические препараты.

В связи с адаптацией к эктопаразитическому образу жизни карпоеды существенно отличаются по своему строению от свободноживущих максиллопод. Они имеют уплощенное в дорзо–вентральном направлении тело, которое по форме напоминает тело скатов (рис. 21). Визуально можно различить более широкий передний отдел тела, который прикрыт разросшимся карапаксом, и свободный задний конец. Карапакс прикрывает голову и переднюю часть грудного отдела. На его спинной стороне расположены два крупных фасеточных глаза, а между ними три науплиальных. Но при поиске хозяина глаза не играют важной роли. Первоочередное значение имеют хеморецепторы, расположенные по всей поверхности тела. Брюшной отдел карпоедов сильно укорочен, не имеет сегментации и сливается с широкими лопастями фурки.

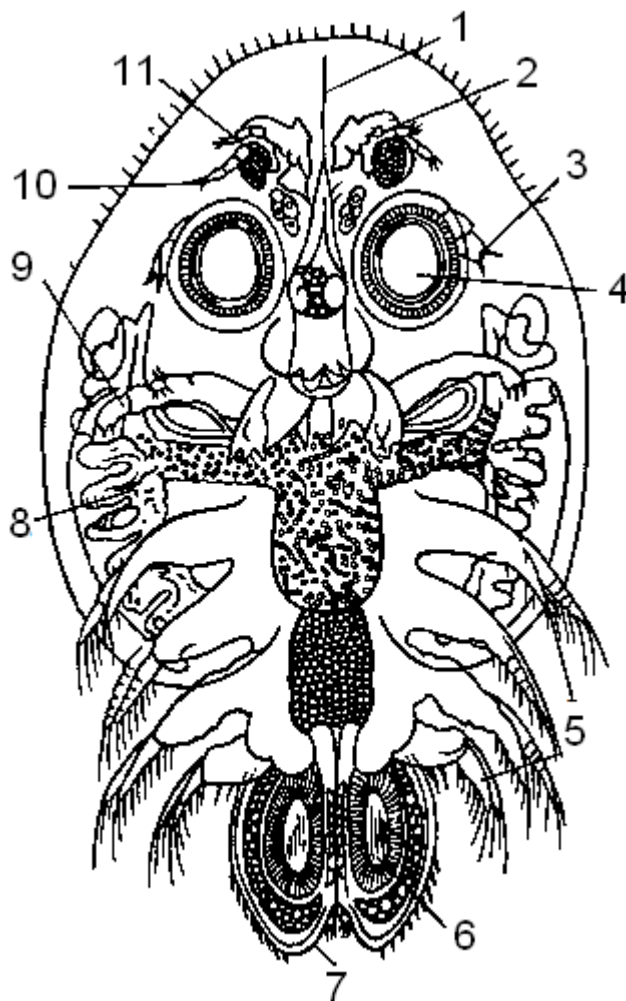


Рис. 21. Самец карпоеда *Argulus foliaceus*: 1 – стилет; 2 – антеннула; 3 – максилла I; 4 – присоска; 5 – грудные конечности; 6 – семенник; 7 – фурка; 8 – печень; 9 – максилла II; 10 – антенна, 11 – глаз

Придатки и конечности переднего отдела тела карпоеда приспособлены к паразитическому существованию, а заднего отдела – к активному плаванию. Они хорошо видны при рассмотрении рачка с брюшной стороны (рис. 21). Антеннулы и антенны укорочены и имеют вид крючков, служащих для прикрепления к телу хозяина. Мандибулы преобразованы в хоботок, вытянутый в виде стилета. Являясь гематофагами, карпоеды прокалывают покровы жертвы стилетом и сосут кровь. Максиллы I имеют вид крупных присосок и расположены по бокам хоботка. Максиллы II одноветвистые и используются как дополнительные органы фиксации на теле хозяина. На грудном отделе расположены четыре пары хорошо развитых двуветвистых грудных конечностей, несущих пери-

стые щетинки. Совершая мощные взмахи грудными ножками, карпоеды хорошо плавают спинной стороной вверх. Присосавшись к рыбе, рачки продолжают совершать движения плавательными ножками, обеспечивая циркуляцию воды вокруг тела, благодаря чему осуществляется газообмен через тонкие участки покровов.

На тотальных препаратах хорошо видны просвечивающие через кожу разветвленные слепые отростки среднего отдела кишечника. Они являются резервуарами для запасаания высосанной крови, благодаря чему карпоеды могут голодать до трех недель.

Сердце и кровеносные сосуды у карпоедов отсутствуют. Циркуляция гемолимфы происходит благодаря сокращению кишечника и мускулатуры брюшного отдела.

Развитие карпоедов происходит с метаморфозом. Из яиц выходят личинки с недоразвитыми конечностями.

Отряд *Cirripedia* – Усоногие раки

К этому отряду относятся морские ракообразные, ведущие прикрепленный образ жизни. Они образуют скопления на различных подводных предметах, поселяясь также на карапаксах десятиногих ракообразных, раковинах двустворчатых моллюсков.

Материал. Для изучения на лабораторных занятиях по спецпрактикуму можно использовать фиксированный в 4% – ом растворе формалина материал – морских желудей *Balanus* и *Chtamalus*, обитающих в прибрежной зоне на скальных породах в Черном, Белом, Баренцевом и дальневосточных морях. Кроме того, по возможности следует рассмотреть влажные препараты морских уточек *Lepas*.

Строение Balanus sp. (подотряд *Toracica*, семейство *Balanidae*)

Тело морских желудей покрыто наружным известковым скелетом, который состоит из отдельных известковых пластинок. Пластинки образуются как продукт выделения боковых (мантийных) складок кожных покровов. По периферии располагаются шесть неподвижных пластинок – две непарные (передняя – *роstrum*, задняя – *карина*) и четыре парные (*латералиа* и *карино латералиа*). Они образуют стенку раковины. Сверху находятся четыре подвижные пластинки, образующие крышечку (передние – *скутум*, задние – *тергум*). Так формируется сложная раковина, или домик. Створки крышечки могут раскрываться и смыкаться благодаря особым мускулам – аддукторам и депрессорам (рис. 22).

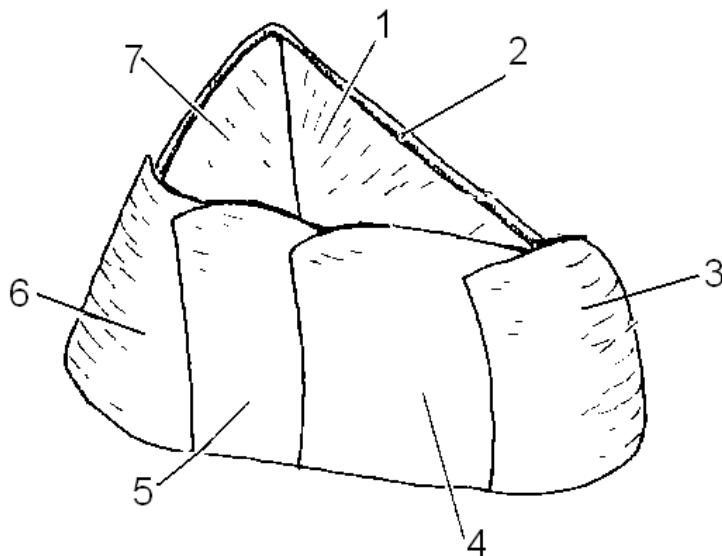


Рис. 22. Схема расположения известковых пластинок в домике морского желудя *Balanus sp.*: 1 – скutum; 2 – апертюра; 3 – слитые рострум и рострум-латералия; 4 – латералия; 5 – карино-латералия; 6 – карина; 7 – тергум

Морские желуди прикрепляются к субстрату с помощью широкой подошвы. Она формируется из передней части головы и антеннул рачка. Это связано с тем, что подвижная *циприсовидная* личинка морских желудей (напоминающая по строению ракушковых рачков *Cypris*) перед метаморфозом прикрепляется к субстрату головным концом с помощью расположенных на антеннулах цементных желез. Таким образом, взрослый рачок оказывается лежащим на дне раковины спинной стороной тела вниз, а его конечности направлены вверх. Складка покровов – мантия, окружающая тело, формируется как вырост подошвы.

Если аккуратно удалить стенки раковины и складку покровов с одной стороны тела, можно рассмотреть особенности морфологии морского желудя. На теле рачка видны отдельные мышцы, служащие для смыкания створок крышечки. Антенны у морских желудей атрофированы в связи с прикрепленным образом жизни. Задняя часть головы рачка вздута. На ней, на вершине небольшого хоботка, расположено ротовое отверстие, окруженное верхней губой, мандибулами, максиллами I и сросшимися максиллами II. Строение ротовых частей упрощено, так как они не служат для захвата пищи (рис.23).

Грудной отдел морского желудя несет шесть пар двуветвистых конечностей, размеры которых увеличиваются спереди назад. Они удлинены, покрыты длинными щетинками со стороны, обращенной ко рту. Конечности имеют вид «усиков», из-за чего отряд получил свое название

(рис. 24). Особенности строения грудных конечностей *Balanus* можно рассмотреть, используя тотальные микроскопические препараты. Ножки высовываются из домика между раскрытыми створками крышки и совершают характерные движения, веерообразно расправляясь и снова складываясь. Благодаря этому создается ток воды со взвешенными в ней частицами, направленный внутрь раковины. С помощью щетинок, покрывающих грудные конечности, пищевые частицы отфильтровываются и направляются к ротовому отверстию. Пищей морских желудей являются планктонные организмы – главным образом, веслоногие раки, а также водоросли и даже бактерии. Помимо фильтрации благодаря движению грудных ножек происходит обновление воды в полости домика, что необходимо для газообмена и удаления продуктов жизнедеятельности. Дыхание осуществляется через покровы. Сердце у усоногих отсутствует, и движение крови по полости тела происходит за счет сокращения мышц.

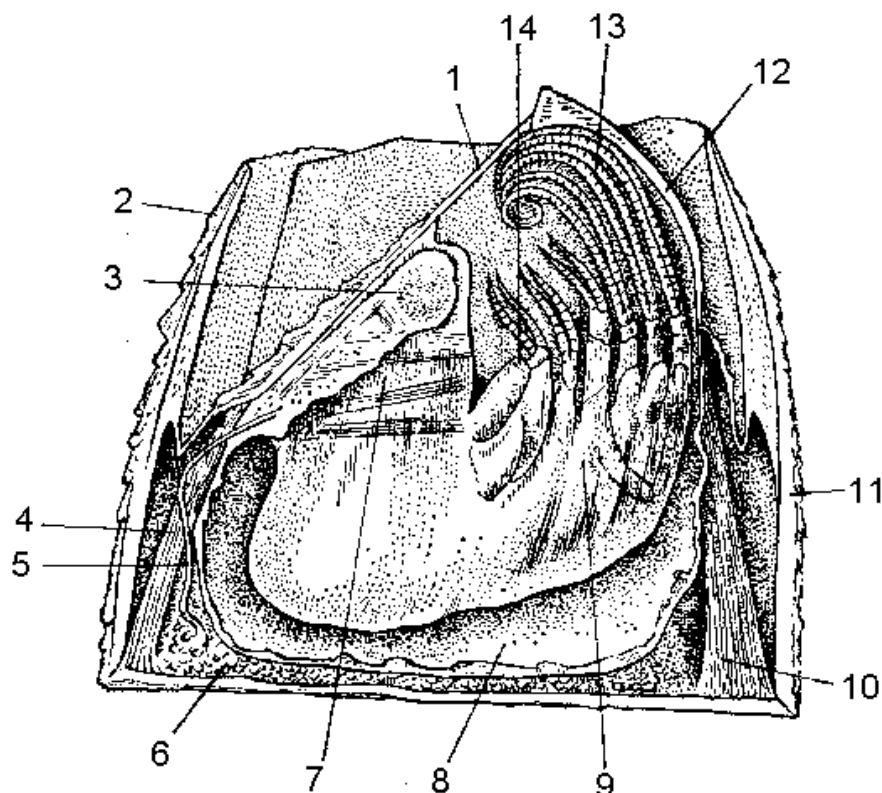


Рис. 23. *Balanus* sp. (боковая часть стенки удалена): 1 – скutum; 2 – рoструм; 3 – мышца - аддуктор скutum; 4 – мышца-депрессор скutum; 5 – яйцевод; 6 – яичник; 7 – просома; 8 – полость мантии; 9 – грудной отдел; 10 – мышца-депрессор карины; 11 – карины; 12 – тергум; 13 – грудные конечности; 14 – ротовое отверстие

Морские желуди имеют гермафродитную половую систему. В толще складки покровов, прилегающей к подошве, просвечивает парный яичник. Яйцеводы открываются в основании передней пары грудных ножек. Оплодотворение внутреннее, перекрестное и осуществляется путем введения пениса в полость раковины соседней особи. Пенис представляет собой вырост редуцированного брюшного отдела и помещается позади последней пары грудных конечностей.

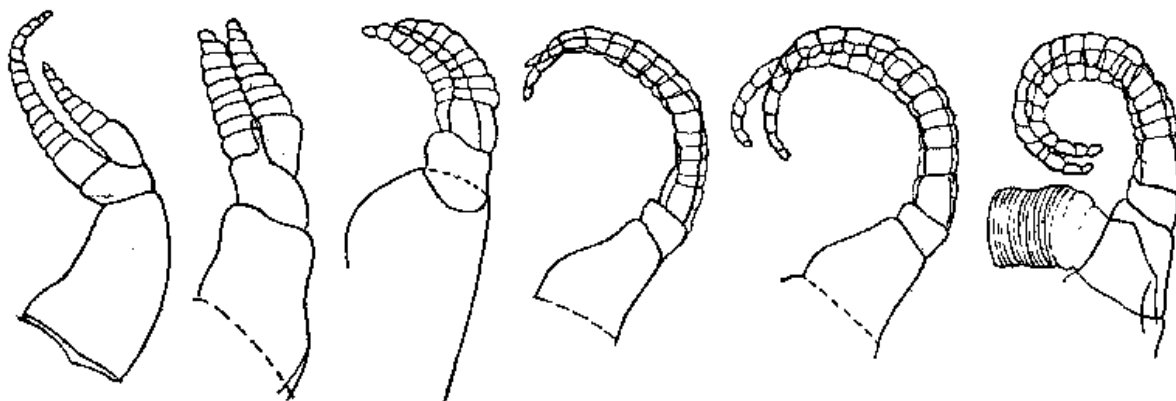


Рис. 24. Грудные конечности *Balanus balanoides*

Строение Lepas sp. (подотряд Toracica, семейство Lepadidae)

Морские уточки отличаются от морских желудей наличием длинного мясистого стебелька, с помощью которого они прикрепляются к субстрату (рис. 25). Стебелек так же, как и подошва у морских желудей, является видоизмененной передней частью головы рачка, на конце которого расположены остатки антеннул. На стебельке расположено тело морской уточки, защищенное овальной, слегка закругленной раковиной.

В отличие от *Balanus* раковина морских уточек образована пятью — шестью более тонкими известковыми створками. Иногда у фиксированных морских уточек между раскрытыми створками раковины видны вытянутые длинные грудные ножки.

Аккуратно удалив створки с одной стороны раковины, можно рассмотреть тело морской уточки, лежащей спинной стороной вниз на дне раковины. Так же, как и у морского желудя, на задней части головы *Lepas* можно заметить обращенный вверх рот, расположенный на конце ротового стебелька. На брюшной стороне грудного отдела находятся шесть пар более длинных, чем у морского желудя, грудных конечностей, снабженных длинными щетинками. Сразу за последней парой ножек можно заметить короткое редуцированное брюшко. На теле морской

уточки видны мускулы, обеспечивающие смыкание створок раковины (рис. 25).

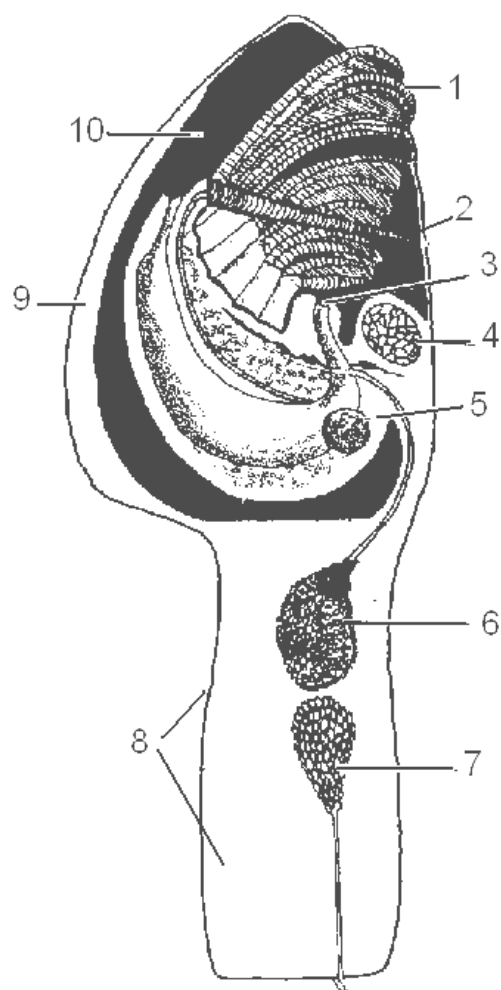


Рис. 25. Строение морской уточки *Lepas sp.* (саггитальный разрез, вид слева): 1 – грудные конечности; 2 – пенис; 3 – рот; 4 – мышца; 5 – слепой вырост кишечника; 6 – яичник; 7 – цементная железа; 8 – стебелек; 9 – карина; 10 – мантийная полость

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов, А. В.* Большой практикум по зоологии беспозвоночных. Типы: Кольчатые черви, Членистоногие: учеб. пособие для студентов биол. спец. ун-тов. / А. В. Иванов, А. С. Мончадский, Ю. И. Полянский, А. А. Стрелков – М.: Высш. школа, 1981. – Ч.2. – 504 с.
2. Жизнь животных. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1988. – Т.2. – 447 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 510 с.
4. Определитель беспозвоночных России и сопредельных территорий.– СПб.: ЗИН РАН, 1995. – Т.2. – 630 с.
5. *Шалапенок, Е. С.* Практикум по зоологии беспозвоночных / Е. С.Шалапенок, С. В.Буга. – Минск: Новое знание , 2002. – 272 с.
6. Зоология беспозвоночных: в 2 т. под ред. В. Вестхайде и Р. Ригера. – М.: Т-во науч. изданий КМК. – 2008. – Т. 2. – С. 513 – 935
7. *Рупперт, Э.Э.* Зоология беспозвоночных: Функциональные и эволюционные аспекты: учебник для студентов вузов: в 4 т. / Э. Э. Рупперт, Р. С. Фокс, Р. Д. Барнс. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – Т.3. – 496 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Подкласс <i>Branchiopoda</i> – Жаброногие раки	6
Отряд <i>Anostraca</i> – Жаброноги	6
Отряд <i>Phyllopoda</i> (= <i>Notostraca</i>) – Листоногие раки	10
Отряд <i>Conchostraca</i> – Раковинные листоногие раки	13
Отряд <i>Anomopoda</i> (= <i>Cladocera</i>) – Ветвистоусые раки	15
Разнообразие ветвистоусых раков	20
Семейство <i>Daphniidae</i>	20
Семейство <i>Bosminidae</i>	20
Семейство <i>Sididae</i>	21
Семейство <i>Chydoridae</i>	21
Семейство <i>Polyphemidae</i>	22
2. Подкласс <i>Maxillopoda</i> – Максиллоподы (Челюстеногие)	24
Отряд <i>Copepoda</i> – Веслоногие раки	24
Особенности строения личиночных стадий циклопа	29
Отряд <i>Ostracoda</i> – Ракушковые раки	31
Отряд <i>Branchiura</i> – Карповые вши, или Карпоеды	33
Отряд <i>Cirripedia</i> – Усоногие раки	35
Литература	40

Учебное издание

Круглова Оксана Юрьевна

КЛАСС *CRUSTACEA* – РАКООБРАЗНЫЕ

Методические рекомендации
к лабораторным занятиям по
спецпрактикуму

В двух частях

Часть 1

НИЗШИЕ РАКООБРАЗНЫЕ

Для студентов IV курса биологического факультета
специальности 1-31 01 01 «Биология»
специализации 1-31 01 01-02 01 «Зоология»

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *О. Ю. Круглова*

Подписано в печать 11.03.2014. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 50 экз. Заказ.

Белорусский государственный университет.
ЛИ № 02330/0494425 от 08.04.2009.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
на копировально-множительной технике
биологического факультета
Белорусского государственного университета.
Ул. Курчатова, 10, 220064, Минск.