

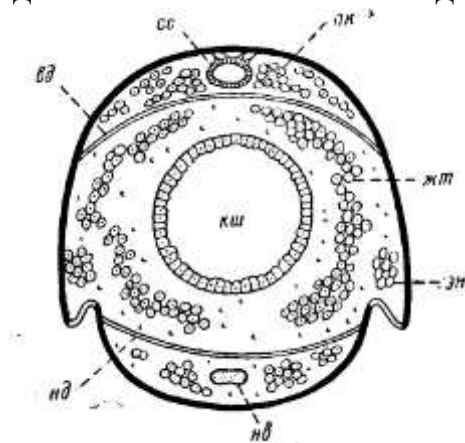
## Внутренние органы насекомых

### Задание:

1. Ознакомиться с теоретической частью.
2. Вклеить рисунок строения пищеварительной системы и раскрасить различными цветами основные отделы пищеварительной системы.
3. Вклеить рисунок строения дыхательной системы
4. Зарисовать строение трахеи (рисунок обязательно подписать).
5. Зарисовать строение спинного сосуда (рисунок обязательно подписать).
6. Составить схему выделительной системы.
7. Зарисовать рефлекторную дугу насекомых
8. Зарисовать схематический разрез сложного глаза
9. Вклеить рисунок половой системы самца
10. Вклеить рисунок половой системы самки

### *Полость тела. Расположение внутренних органов*

Полость тела двумя диафрагмами разделена на три расположенных друг над другом отдела, или *синуса*. В верхнем, *перикардиальном синусе*, находится спинной сосуд; в среднем, или *висцеральном синусе*, расположены жировое тело, пищеварительная, выделительная и половая системы; в нижнем, или *перинеуральном*, брюшная цепочка (рис. 1). Перикардиальный и висцеральный отделы разделены *дорзальной* диафрагмой, висцеральный и перинеуральный – *вентральной*. Диафрагмы не сплошные и допускают свободный обмен полостной жидкости между синусами.



сс – спинной сосуд,  
пк – перикардиальные клетки,  
вд – верхняя диафрагма,  
ки – кишечник,  
жт – жировое тело,  
эн – энциты (крупные клетки),  
нд – нижняя диафрагма,  
нв – брюшная нервная цепочка

Рис. 1. Схема поперечного разреза тела насекомого (по Шванвичу)

### *Пищеварительная система*

Откусанная и смятая жвалами или всосанная через хоботок пища попадает в ротовую полость и далее со слюной в глотку. Глотка имеет мускулистые стенки, а у некоторых насекомых преобразована в глоточный насос, че-

рез глотку пищевой комок переходит в кишечный, или пищеварительный тракт.

Обычно кишечник разделен на три отдела: переднюю, среднюю и заднюю кишку. Переднюю кишку от средней отделяет *кардиальный клапан*, среднюю от задней – *пилорический*. Передняя и задняя кишка образуется из эктодермы и имеет тонкую кутикулярную выстилку, или интиму, средняя кишка имеет энтодермальное происхождение и лишена кутикулы.

**Передняя кишка** функционально и морфологически подразделяется на *глотку, пищевод, зоб и мышечный желудок* (рис. 2). У многих насекомых пищевод имеет выросты (дивертикулы), отходящие от его стенок, и пищевой резервуар, который представляет собой объемистый мешок, соединенный с пищеводом узкой трубкой. Глотка и пищевод служат для проведения пищи. Зоб, дивертикулы и пищевой мешок служат для накопления и резервирования запасов пищи, перевариваемой здесь лишь ферментами слюны. У медоносных пчел цветочный нектар насыщается в зобу ферментами, под воздействием которых он превращается в мед.

Если у насекомого имеется развитый пищевой резервуар, в него обычно поступают различные жидкости, а твердая пища переходит в зоб и мышечный желудок (проventрикулус). Самки кровососущих комаров, прокалывая стилетами кожу, направляют всосанную кровь в зоб и мышечный желудок, а потребляя воду, заполняют ее резервуар. Акт прокола определяет путь следования пищи, и если самке предложить свободную капельку свежей крови, то самка погибнет после свертывания крови в пищевом резервуаре.

Мышечный желудок имеет сильно развитые кольцевые мышцы и кутикулярные зубцы, обеспечивающие эффективное перетирание пищевых частиц. Мышечный желудок хорошо развит у насекомых с грызущим ротовым аппаратом, но редуцирован у пчел и большинства двукрылых.

**Средняя кишка** у большинства насекомых не дифференцирована. В средней кишке пища подвергается воздействию ферментов и расщепляется на относительно простые органические соединения, которые либо диффундируют в гемолимфу непосредственно через стенку кишечника, либо поглощаются клетками эпителия.

В исходном состоянии средняя кишка имеет вид прямой трубки, снабженной близ ее переднего и заднего краев слепыми отростками для увеличения активной поверхности всасывания. У большинства насекомых она удлиняется, образуя изгибы и петли.

**Задняя кишка** подразделяется на тонкую и прямую кишку. Основная функция задней кишки - всасывание воды и формирование обезвоженных экскрементов. У многих сапрофитов и у питающихся древесиной насекомых тонкая кишка преобразуется в ферментативную камеру, где обитают разнообразные симбионты, которые выделяют ферменты, расщепляющие целлюлозу до глюкозы, и синтезируют некоторые незаменимые аминокислоты, витамины. Задняя кишка снабжена ректальными железами, которые высасывают воду из экскрементов.

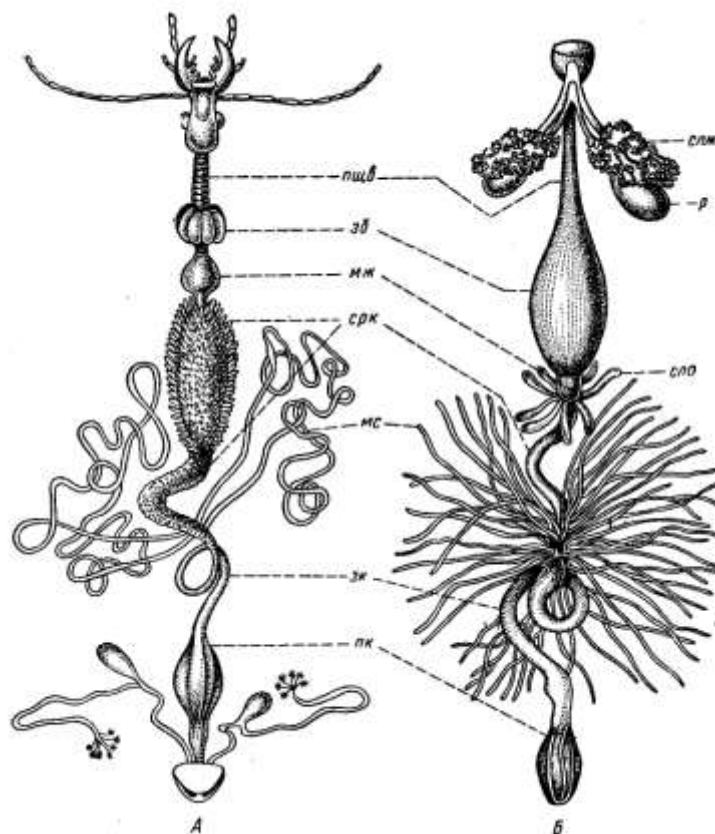


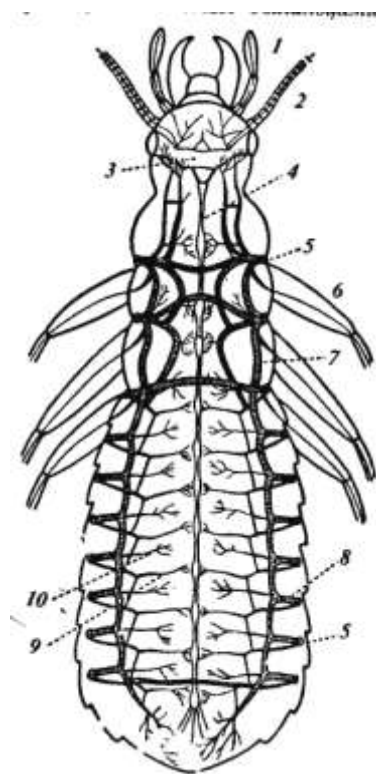
Рис. 2. Пищеварительная система  
 А – жука-жужелицы, Б – черного таракана  
 (по Бейеру и Веберу)

*пщв* – пищевод, *слж* – слюнная железа, *р* – ее резервуар, *зб* – зоб,  
*мж* – мышечный желудок, *срк* – средняя кишка, *сло* – ее слепые отростки,  
*мс* – мальпигиевые сосуды, *зк* – задняя кишка, *пк* – передняя кишка

### ***Дыхательная система***

Дыхательная система насекомых состоит из большого числа сильно-разветвленных трубочек – *трахей*, пронизывающих все тело и проводящих воздух к клеткам тела (рис. 3).

Трахеи имеют эктодермальное происхождение, изнутри выложены хитиновой *интимой*, соответствующей кутикуле кожи. На своей поверхности интима имеет нитевидные спиралевидные утолщения – *тенидии*, препятствующие сплющиванию трахей при движении и изгибах тела. Трахеи многократно ветвятся, образуя мельчайшие трахейные капилляры – *трахеолы*. У двукрылых, жуков, саранчовых, пчел и других насекомых некоторые стволы расширяются и образуют воздушные мешки (рис. 4). В отличие от обычных трахей у них отсутствуют тенидии. Воздушные мешки, запасая воздух, также амортизируют резкие биения крыловых мышц и сокращают удельный вес тела при полете. У некоторых насекомых воздушные мешки выполняют роль резонаторов в звуковых органах.



- 1 – щупик,
- 2 – усик,
- 3 – головной мозг,
- 4 – нервная цепочка,
- 5 – дыхальце,
- 6 – нога,
- 7 – главный трахейный ствол,
- 8 – ветвь трахеи, подходящая к дыхальцу,
- 9 – вентральная ветвь трахейного ствола,
- 10 – висцеральная часть трахейного ствола.

Рис. 3. Трахейная система насекомого

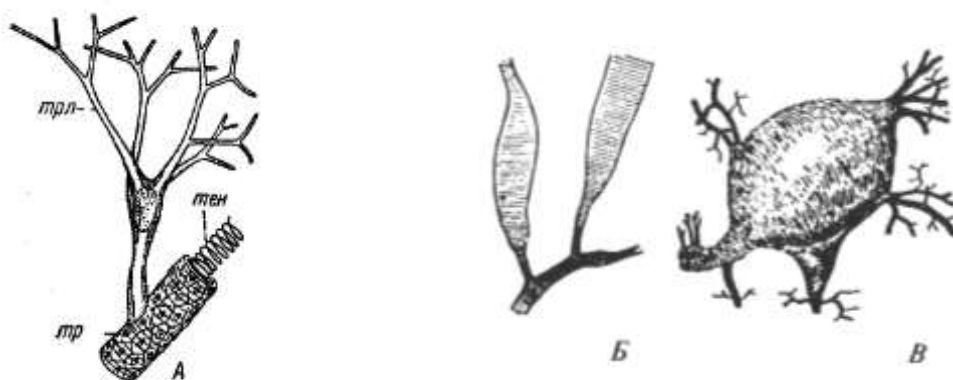


Рис. 4. Строение трахеи (А) и примеры воздушных мешков (Б, В)  
 трл- трахеолы, тр – трахеи, тен – тении

В каждом сегменте трахеи собраны в пучки, воздух в них попадает через парные по сегментно расположенные отверстия, называемые *дыхальцами*. Дыхальца регулируют поступление воздуха. Они различаются по размерам, форме и строению. Различают простые и сложные дыхальца. *Простые* дыхальца представляют собой отверстия, иногда снабженные специальными замыкательными аппаратами в виде двух створок. Сложные дыхальца

обычно погружены под покровы тела и снабжены более сложными запирательными клапанами.

Личинки поденок, веснянок, равнокрылых стрекоз и мошек, обитающие в воде, дышат с помощью трахейных жабр. Они имеют вид наружных ветвистых или пластинчатых образований, пронизанных трахеями и трахеолами и расположенных на месте дыхалец (рис. 5), газообмен происходит через их стенки. У нимф стрекоз трахейные жабры расположены на стенках прямой кишки. Насекомые периодически набирают воду в прямую кишку и выталкивают ее оттуда, омывая ректальные жабры и таким образом снабжая трахеи кислородом.

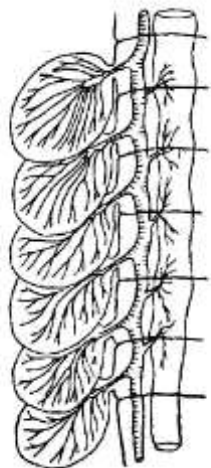
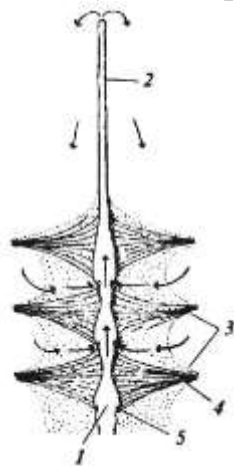


Рис. 5. Трахейные жабры личинки поденки  
(по Шванвичу, 1949)

### *Система кровообращения*

Кровеносная система у насекомых незамкнута, гемолимфа заполняет полость тела и промежутки между органами, омывая их. Постоянный ток крови обеспечивает особый пульсирующий орган кровообращения – *спинной сосуд*, расположенный в перикардальном отделе. Он подразделяется на задний отдел – *сердце*, состоящее из серии пульсирующих камер, и передний отдел – *аорту*, лишенную камер и имеющую вид трубки (рис. 6).



- 1 – сердце,
- 2 – аорта,
- 3 – дорсальная диафрагма,
- 4 – мышцы диафрагмы,
- 5 – устья, или остия.

Рис. 6. Спинной сосуд (по Снодграссу)  
(стрелками показано направление тока крови)

Каждая камера имеет пару боковых отверстий – *устьиц*, через которые кровь попадает в камеру. Непосредственно под сердцем располагаются крыловидные мышцы, имеющие удлиненно треугольную форму и входящие в состав дорзальной диафрагмы.

Движение гемолимфы обеспечивается пульсацией камер сердца и ритмичными колебаниями верхней и нижней диафрагм. Задний конец сердца обычно замкнут, поэтому кровь движется от конца тела к голове. При расширении камеры – *диастоле*, кровь входит в камеру через остия, при сокращении – *систоле*, создающееся кровяное давление раскрывает передние клапаны и движет кровь вперед. Аорта является лишь проводящим сосудом, через который кровь вытекает в полость головы. Полный цикл обращения гемолимфы в полости тела занимает не менее 6 минут.

Гемолимфа состоит из жидкой плазмы и кровяных телец – *гемоцитов*. В плазму входит вода с растворенными в ней газами ( $O_2$  и  $CO_2$ ) и диссоциированными неорганическими ионами ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ), а также углеводы, многоатомные спирты, липиды, аминокислоты, пигменты, мочевая кислота.

Гемоциты обычно оседают на стенках органов и лишь перед наступлением линьки и метаморфоза свободно плавают в плазме. Они формируются в специальных органах, находящихся в дорзальной диафрагме. Различают несколько типов гемоцитов (рис. 7).

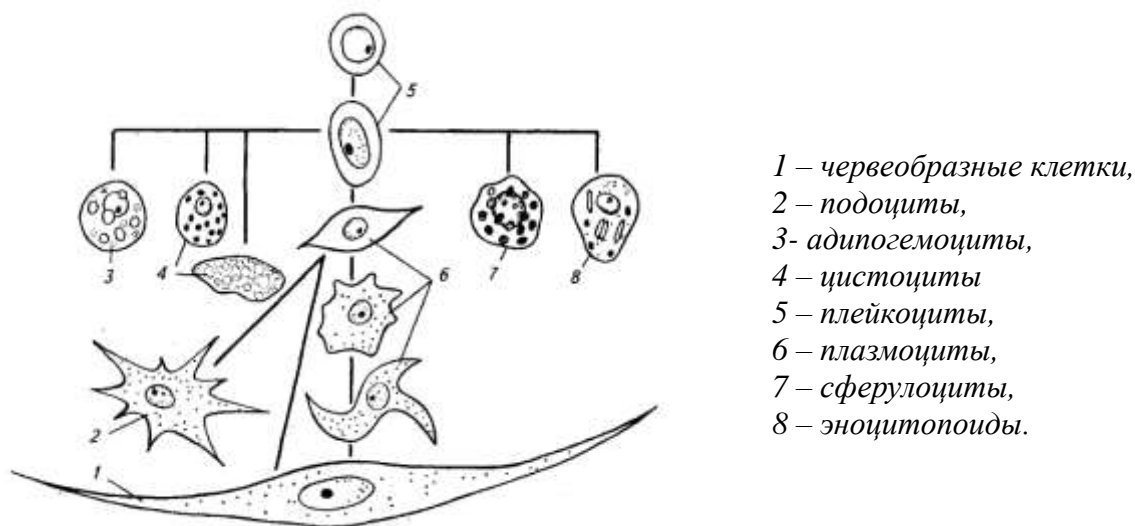


Рис. 7. Различные типы гемоцитов насекомых и их взаимоотношения (по Тыщенко, 1976)

Предполагают, что все виды гемоцитов берут начало от *пролейкоцитов*, мелких округлых клеток с относительно крупным ядром. В результате многократных митотических делений плейкоциты преобразуются в более крупные и разнообразные по форме *плазмоциты*, способные к фагоцитозу. *Сферулоциты*, встречающиеся у двукрылых и

перепончатокрылых, участвуют в транспорте гормонов; *адипогемоциты* разносят жировые включения. *Цистоциты* обеспечивают свертывание гемолимфы при ранении тела насекомого. Наряду с перечисленными гемоцитами изредка встречаются уплощенные *подоциты*, длинные *червеобразные клетки* и крупные *эноцитойды*.

Основные функции гемолимфы:

- разнос по телу питательных веществ;
- поглощение из тканей вредных продуктов обмена и перенос их к органам выделения;
- обеспечение химического взаимодействия между органами -гуморальная регуляция;
- создание необходимого внутреннего давления, благодаря которому у насекомых с мягкими покровами поддерживается форма тела;
- иммунитет, который осуществляется с помощью плазмоцитов;
- защитная функция - выбрызгивание крови для самозащиты (санчовые, кузнечики), содержание в крови, выделяющейся наружу при опасности, сильнодействующих биологически активных веществ.

### ***Выделительная система***

**Выделительная система** насекомых выделяет наружу или внутрь тела насекомого разнообразные вещества. В зависимости от функций выделительная система подразделяется на экскреторную и секреторную системы.

**Экскреторная система** обеспечивает относительное биохимическое постоянство в организме, выводя из него вредные или бесполезные вещества, образующиеся в процессе метаболизма. Часть веществ (углекислый газ) выводятся через покровы тела и стенки трахей, часть (азотсодержащие метаболиты) накапливаются в уратных клетках жирового тела и нефроцитах, большая часть токсичных веществ выводится с помощью специализированных органов – *мальпигиевых сосудов*. Мальпигиевые сосуды представляют собой длинные тонкие трубочки, впадающие в кишечник на уровне пилорического клапана. У одних насекомых они открываются в среднюю кишку впереди клапана (жуки, червецы, цикадки), у большинства гусениц они открываются в заднюю кишку. Слепые концы мальпигиевых сосудов заканчиваются в полости тела и как бы плавают в гемолимфе. Стенки сосудов образованы однослойным эпителием и мышечными волокнами, но лишены нервов. Количество мальпигиевых сосудов колеблется от 2 у червецов до 150 у пчелиных, у тлей мальпигиевые сосуды отсутствуют.

В простейшем случае мальпигиевые сосуды однообразны по всей длине и высасывают плазму с содержащимися в ней азотистыми веществами и различными неорганическими ионами из гемолимфы (рис. 8). Затем «первичная моча» проникает в полость задней кишки и здесь подвергается ресорбции. Все метаболически ценные вещества (вода, ионы хлора, натрия, калия и др.) возвращаются в гемолимфу. Азотистые вещества преимущественно находят-

ся в форме солей мочевой кислоты - *уратов*. Ураты в мальпигиевых сосудах превращаются в мочевую кислоту, которая накапливается в виде кристаллов и удаляется с экскрементами через анальное отверстие.

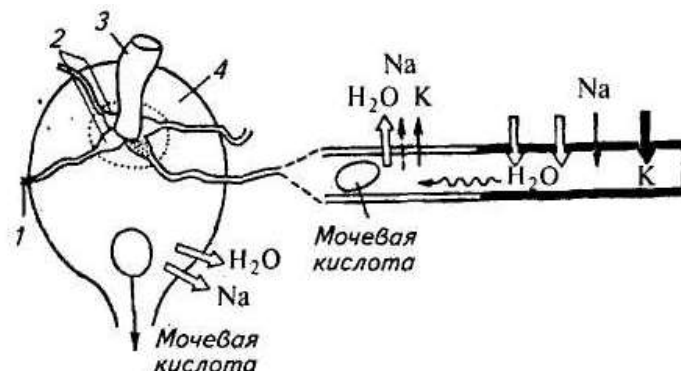


Рис. 8. Строение и принципы работы мальпигиевых сосудов палочника (по Тыщенко, 1976)

**Секреторная система** выделяет вещества, используемые организмом – *секреты*. В зависимости от типа секреции различают экзокринную и эндокринную системы.

**Экзокринная система** представлена железами, снабженными выводными протоками. Они весьма разнообразны по строению и происхождению. К ним относятся слюнные железы и железы средней кишки, участвующие в пищеварении; восковые, лаковые, шелкоотделительные железы, выделяющие вещества механической защиты; железы, образующие биологически активные вещества, служащие для химического воздействия на представителей своего вида и на других животных.

**Эндокринная система** образована железами, лишенными выводных протоков. Вещества, выделяемые эндокринными железами называются *гормоны*, или *инкреты*. Гормоны выделяются непосредственно в гемолимфу насекомого и переносятся ею во все части тела. Гормоны являются действующими в очень слабых концентрациях и оказывают влияние на физиологические и поведенческие реакции насекомого. По характеру влияния на поведение насекомых гормоны могут быть разделены на три группы:

- гормоны, обладающие модифицирующим действием (модификаторы);
- гормоны, обладающие «запускающим» действием (релизеры);
- гормоны, обладающие и тем и другим действием.

Эндокринная система участвует в управлении метаболическими процессами, координирует и интегрирует деятельность разных систем организма, управляет ходом развития и размножения насекомых. Наряду с многими физиологическими процессами эндокринная система регулирует и поведенческие реакции. В свою очередь эндокринная система контролируется головным мозгом насекомого.



## Нервная система

Нервная система насекомых регулирует все функции организма, обеспечивает связь между органами чувств и другими органами. Структурной единицей нервной системой является нервная клетка – *нейрон*, снабженная двумя типами отростков. Древоподобные отростки, или *дендриты*, короткие и ветвятся; длинный осевой отросток – *аксон*, не ветвится и лишь на конце имеет концевое разветвление. Обычно нейрон имеет несколько дендритов и один аксон. Дендриты получают нервные импульсы от других нейронов, переводят их на аксон, по которому возбуждение распространяется без затухания на другие нейроны или эффекторы.

В зависимости от выполняемых функций нервные клетки подразделяются на *чувствительные (сенсорные)*, *ассоциативные* и *моторные (двигательные)*. У чувствительных нейронов дендриты связаны с органами чувств (рецепторами), по аксону возбуждение проводится в ганглии. Ассоциативные нейроны входят в состав ганглиев, перерабатывают поступающую информацию и передают возбуждение к моторным нейронам. Моторные нейроны также входят в состав нервных центров, их аксоны формируют нервы, заканчивающиеся в эффекторах (органах, способных реагировать на нервное возбуждение движением или другим действием). Таким образом, возникает простая рефлекторная дуга (рис. 9).

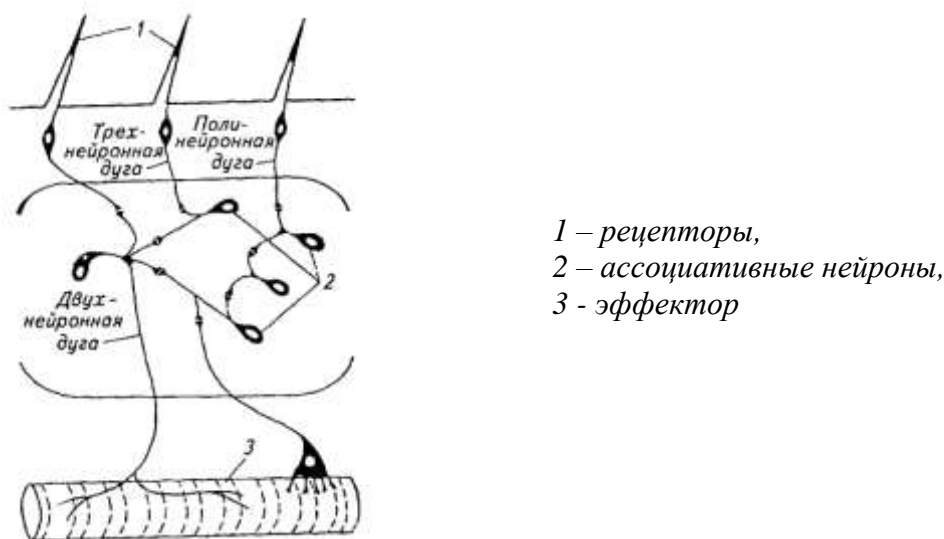
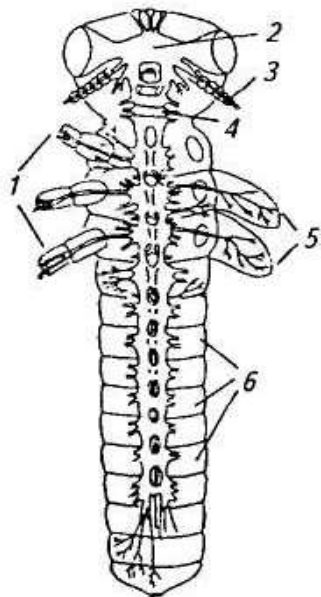


Рис. 9. Рефлекторные дуги насекомых  
(по Тыщенко, 1977)

Нервная система насекомых дифференцирована на *центральную, периферическую* и *симпатическую системы*.

**Центральная нервная система** образована двойной цепью ганглиев, связанных между собой продольными тяжами - *коннективами* и поперечными – *комиссурами*. Она подразделяется на два отдела: головной и брюшной. Головной отдел состоит из *надглоточного* и *подглоточного ганглиев*, соеди-

ненных между собой тяжами; брюшной отдел – из серии ганглиев, лежащих под кишечником – брюшной нервной цепочки (рис. 10).



- 1 – ноги,
- 2 – надглоточный ганглий,
- 3 – усики,
- 4 – подглоточный ганглий,
- 5 – крылья,
- 6 – ганглии брюшной нервной цепочки.

Рис. 10. Строение центральной нервной системы  
(по Шванвичу, 1949)

*Брюшная (вентральная) нервная цепочка* у более примитивных насекомых (прямокрылые, таракановые) состоит из трех грудных и восьми брюшных ганглиев, у наиболее развитых насекомых (высшие двукрылые и некоторые жесткокрылые) брюшные ганглии сливаются в два-три или один узел. Грудные ганглии иннервируют крылья и ноги, последний ганглий брюшной цепочки контролирует спаривание и откладку яиц. Брюшная нервная цепочка соединяется с подглоточным ганглием посредством коннективов.

***Симпатическая (стомодеальная, висцеральная, вегетативная) нервная система*** регулирует работу внутренних органов и мышечной системы насекомых. Она подразделяется на три отдела: рото-желудочный (стоматогастрический), брюшной (вентральный, система непарного нерва) и хвостовой (каудальный).

***Периферическая нервная система*** образована из нервов, отходящих от ганглиев центральной и симпатической нервных систем, и сенсорных нейронов органов чувств насекомых (рецепторов).

### ***Органы чувств насекомых***

Органы чувств насекомых являются посредниками между внешней средой и организмом. У насекомых имеется большое количество различных воспринимающих клеток, рецепторов, или сенсилл, чувствительных к определенного рода стимулам. Классификация рецепторов основана на характере воспринимаемых стимулов. С помощью рецепторов насекомые

улавливают механические вибрации, энергию излучения в форме тепла и света, механическое давление, в том числе и силу тяжести, наличие и концентрацию воды и химических веществ в воздухе и множество других факторов внешней среды. Для насекомых характерны рецепторы, нейроны которых не только воспринимают энергию стимула, но и способны регенерировать и передавать нервные импульсы. У насекомых различают следующие чувства: механическое чувство, слух, химическое чувство, гигротермическое чувство и зрение.

**Механическое чувство, или механорецепция,** воспринимает различные механические воздействия. Оно представлено рядом рецепторов, воспринимающих сотрясение, положение тела, его равновесие и пр.

Простейшими механорецепторами являются *осязательные, или тактильные, или трихоидные сенсиллы*. Они имеют вид волоска (рис. 11А) и распределены по поверхности тела неравномерно: наибольшее число находится на ротовых органах, усиках и конечностях. Трихоидные сенсиллы связаны с дендритом сенсорного нейрона, и любое отклонение сенсиллы передается через сенсорный нейрон в нервный центр.

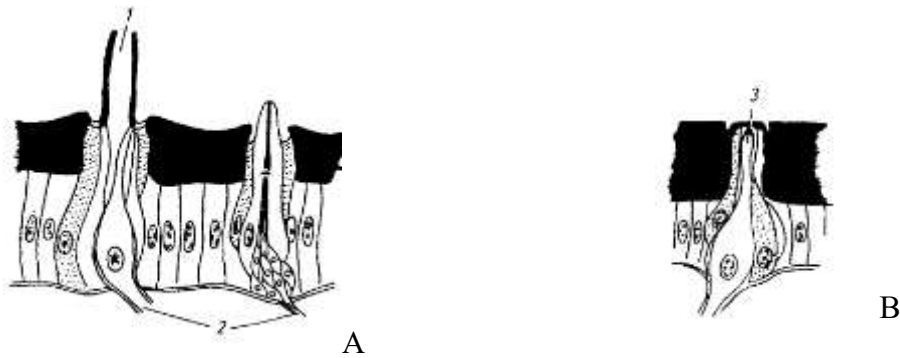


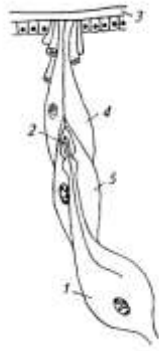
Рис. 11. Механорецепторы:

А – трихоидная, В – колоколовидная сенсиллы (по Шванвичу, 1949)

1- сенсилла, 2 - нервы

*Колоколовидные, или кампаньеформные сенсиллы* имеют вид кутикулярного колпачка или колокола (рис. 11В), располагаются по линиям деформации и воспринимают силу и направление изгибаний кутикулы.

*Хордотональные сенсиллы, или сколопофоры, или сколопидии* воспринимают вибрации субстрата и окружающей среды. Некоторые хордотональные сенсиллы превратились в сложно устроенные органы слуха, воспринимающие и ультразвуковые волны. Хордотональная сенсилла состоит из трех основных частей: чувствительного нейрона, колпачковой (шапочковой) и обкладочной клеток (рис. 12). Чувствительный нейрон имеет стержневой концевой отросток – *штифт*, или *сколопс*. Вершинная часть штифта прикрыта удлиненной колпачковой клеткой, которая своим противоположным концом прикреплена к кутикуле. Обкладочная клетка расположена в срединной части хордотональной сенсиллы и охватывает часть нервной клетки и значительную часть штифта.



- 1- сенсорный нейрон,
- 2- сколопс,
- 3- кутикула,
- 4- колпачковая (шапочковая) клетка
- 5- обкладочная клетка

Рис. 12. Хордотональная сенсилла насекомых  
(по Гиллот, 1980)

**Слух.** Насекомые значительно различаются по способности к восприятию звуковых волн. Особенно хорошо слуховые рецепторы развиты у насекомых, имеющих звуковые органы. У прямокрылых, певчих цикад, некоторых клопов и чешуекрылых слуховые органы представлены *тимпанальными органами*. Тимпанальные органы представляют собой скопление хордотональных сенсилл, которые связаны с утонченными участками кутикулы. У кузнечиков и сверчков тимпанальные органы расположены на голених передних ног, у певчих цикад - у основания брюшка, у дневных бабочек – на вздутом основании передних крыльев, у совок – между грудью и брюшком. Наиболее сложно устроены тимпанальные органы прямокрылых (рис 13). Грудные дыхальца ведут в переднегрудь, где трахеи с каждой стороны образуют большой трахейный мешок и длинную трубчатую трахею, доходящую до тимпанального органа. Каждый трахейный мешок ограничен тимпанальной мембраной, и оба мешка отделены друг от друга внутренними воздушными мешками. Тимпанальные мембраны, трахейное вздутие в переднегрудь и длинные трубчатые трахеи играют роль усилителя звука. К мембранам примыкают группы сколопидиев *подколенного органа, промежуточного органа и слухового гребня*. Подколенный орган служит высокочувствительным рецептором; промежуточный орган представлен сенсиллами, натянутыми между кутикулой и трахеями и выполняющими функции рецепторов напряжения (проприоцепторов). Сколопидии слухового гребня расположены в один ряд, они примыкают к трахее и не скрепляются с кутикулой. Не имея контакта с тимпанальной мембраной, они воспринимают колебания, передаваемые ею на трахейные стволы.

У комара функцию слуха выполняет *Джонстонов орган*. Его основу составляют тысячи нейронов, которые группируются концентрическими слоями у основания жгута усиков (рис. 14). Джонстонов орган воспринимает малейшие колебания и отклонения усиков.

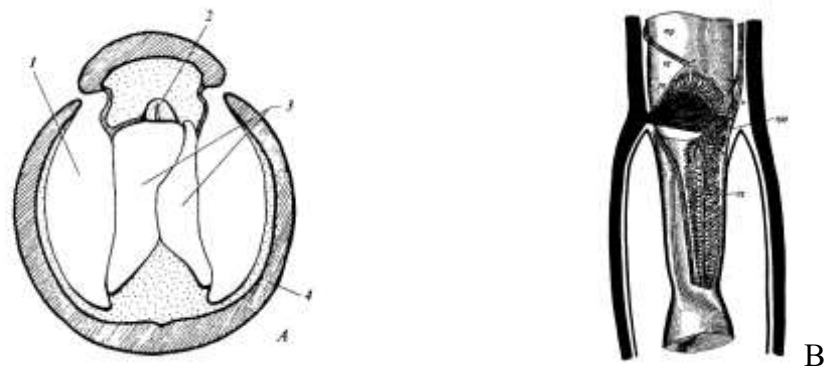
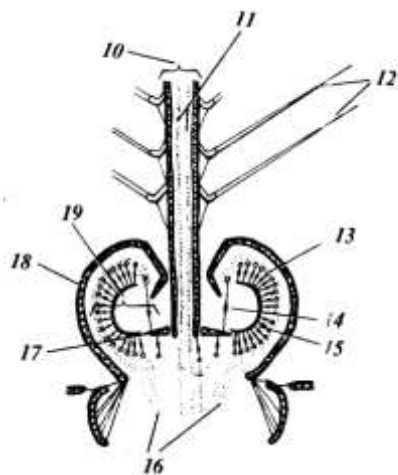


Рис. 13. Слуховой орган кузнечика  
 А – поперечный, В – продольный разрез (по Швабе)  
 А: 1- тимпанальная полость, 2 – чувствительные клетки,  
 3 – ветви трахей, 4 – тимпанальная мембрана  
 В: *tr* – главная трахея, *n* – слуховой нерв,  
*ng* – ветвь голенного нерва, *po* – подколенный орган,  
*про*- промежуточный орган, *cg* – слуховой гребень



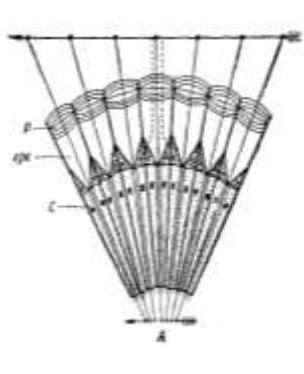
10 - антенна,  
 11 – нерв чувствительной клетки,  
 12 – волоски,  
 13- нервные клетки,  
 14 – внутреннее  
 15 – наружные кольца сколопидия,  
 16 – нервы,  
 17 – базальная пластинка,  
 18 – второй членок усика (ножка),  
 19 – Джонстонов орган.

Рис. 14. Джонстонов орган (по Шерман, 1969)

**Зрение.** Зрительные стимулы насекомые воспринимают фоторецепторами - *омматидиями*, сгруппированными в *сложные глаза*, *дорзальными глазками* и свойственными личинкам *латеральными глазами (стеммами)*.

Омматидий состоит из трех видов клеток, образующих *оптическую*, *чувствительную (сенсорную)* и *пигментную часть* (рис. 15).

Оптическая часть состоит из *хрусталика* и *хрустального конуса*. *Хрусталик*, или *фасетка* представляет собой округлую или шестигранную двояковыпуклую или плосковыпуклую линзу, окруженную кутикулой. Снаружи каждая фасетка покрыта сетью мельчайших бугорков, снижающих отражение света и устраняющих блеск поверхности глаза. Под фасеткой расположен хрустальный конус, образованный четырьмя удлиненными прозрачными *эмперовыми клетками*.



*р* – роговица, хрусталик, фасетка  
*хрк* – хрустальный конус,  
*с* – клетки сетчатки

Рис. 15. Схематический разрез сложного глаза (по Болдыреву)

Чувствительная часть состоит из серии *ретиальных (ретинулярных) клеток*, собранных в группы вокруг оптической оси. Дендриты ретиальных клеток образуют сложное светочувствительное палочковидное образование – *рабдом*. Аксоны ретиальных клеток передают возбуждение к зрительным долям головного мозга.

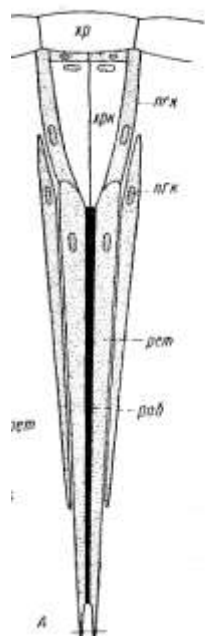
Пигментная часть образована *пигментными клетками*, которые окружают хрустальный конус, рабдом и ретиальные клетки. В цитоплазме пигментных клеток содержатся зрительные пигменты: темные красноватые гранулы *оммохромов*, поглощающие все лучи видимого света, кроме красных, и более светлые гранулы *птеринов*, поглощающие ультрафиолетовые лучи. Пигментные клетки выполняют функцию оптической изоляции омматидиев.

Свет, падающий на омматидий, фокусируется хрусталиком, затем подводится хрустальным (кристаллическим) конусом к рабдому, где вызывает изменения в пигментах рабдома родопсинах. При попадании света на пигменты рабдома конфигурация их молекул подвергается изменениям, приводящим к изменению энергетического состояния ретиальных клеток. Переданная на нервные окончания информация об этих изменениях направляется в оптические доли головного мозга.

Активность большинства насекомых связана с интенсивным дневным светом, часть насекомых более активна в сумерки и ночью. В связи с особенностью жизни у насекомых сформировалось два типа сложных глаз – *аппозиционный* и *суперпозиционный*.

**Аппозиционный сложный глаз** (рис. 16) приспособлен для видения днем. Пигментные клетки, распределяясь вокруг чувствительной части, изолируют каждый омматидий. На рабдом попадают только лучи, совпадающие с продольной осью омматидия.

Поле зрения каждого омматидия очень мало, он получает изображение одной светящейся точки, однако их количество обычно очень велико, а при сильной выпуклости они направлены во множество направлений пространства, поэтому суммарное поле зрения всех омматидиев у некоторых насекомых может достигать  $360^{\circ}$ . В аппозиционном глазе изображение образуется путем сложения (аппозиции) воспринимаемого каждого из омматидиев изображения.

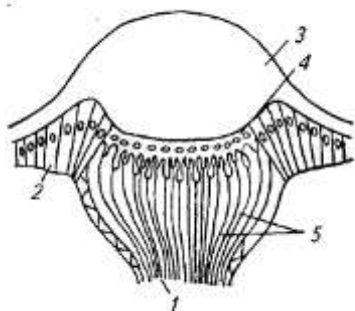


*хр* – хрусталик,  
*хрк* – хрустальный конус,  
*пгк* – пигментные клетки,  
*рет* – ретинальные клетки,  
*раб* – рабдом

Рис. 16. Схема строения омматидия аппозиционного глаза (по Иммсу)

**Суперпозиционный сложный глаз** приспособлен для слабого освещения. Чувствительная часть более удалена от оптической, пигментные клетки обладают способностью перемещаться и могут концентрироваться на уровне хрустального конуса, либо распределяться по всему омматидию. При слабом свете пигментные клетки концентрируются вблизи хрусталика, открывая рабдом для засветки боковыми лучами соседних омматидиев. Изображения, которые попадают на рабдом с разных сторон, накладываются друг на друга. При сильном освещении пигментные клетки перемещаются и распределяются таким образом, что закрывают рабдом от засветки боковыми лучами. Таким образом, суперпозиционный глаз переходит в функционально аппозиционное состояние.

**Простые глаза**, или **глазки**, или **дорзальные глазки** расположены на лбу между сложными глазами и темени, либо только на темени. Обычно их три, реже два или один. Они состоят из одного хрусталика и группы пигментных клеток, под которыми расположены ретинальные клетки, образующие несколько рабдомов (рис. 17).



*1* – нервы,  
*2* – пигментные клетки,  
*3* – хрусталик,  
*4,5* – ретинальные клетки

Рис. 17. Строение дорзального глаза насекомых (по Шванвичу, 1949)

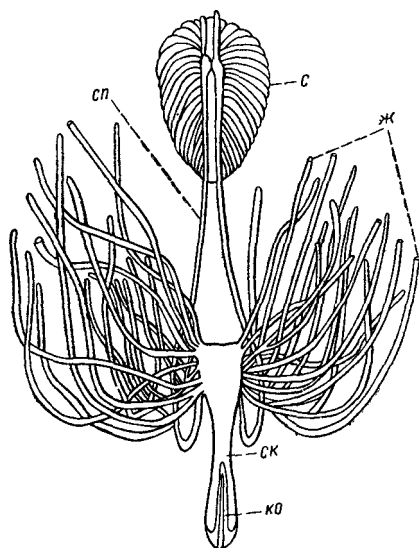
Глазки регистрируют изменения освещенности и наступление темноты, различают цвета и поляризацию света, воспринимают движение крупных объектов. У многих насекомых глазки оказывают регулирующее действие на сложные глаза, обеспечивая устойчивость зрения в условиях колебания интенсивности освещения: при низкой интенсивности освещения глазки усиливают реакцию сложных глаз, при высокой - оказывают тормозящее действие.

**Боковые**, или **латеральные глазки**, или **стеммы** свойственны личинкам насекомым с полным превращением. Одни виды имеют по одной паре глаз, другие до шести и более пар. У большинства насекомых по строению они сходны с дорзальными глазами, у личинок чешуекрылых – с омматидием сложного глаза.

### **Половая система насекомых**

Половая система насекомых выполняет функцию размножения. Насекомые являются раздельнополыми животными, известно лишь несколько примеров гермафродитизма, когда одна особь несет в себе признаки обоих полов (австралийский желобчатый червец – *Icerya purchasi*).

Половая система самца состоит из пары семенников, пары семяпроводов, непарного семяизвергательного канала, придаточных половых желез и мужского полового придатка – эдеагуса (рис. 18).



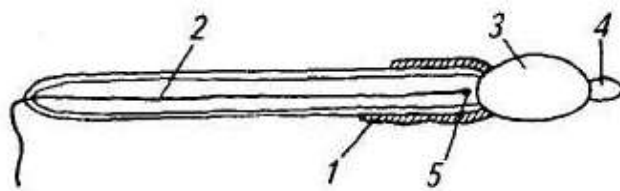
- с — семенники,
- сп — семяпроводы,
- ж — придаточные половые железы,
- ск — семяизвергательный канал,
- ко — копулятивный орган

Рис. 18. Половая система самца перелетной саранчи  
(по Ивановой)

Семенники состоят из нескольких *семенных трубочек*, или *фолликулов*, расположенных посегментно у примитивных форм и объединенных в компактный орган с собственной оболочкой у более совершенных форм. В полости фолликулы выделяются зоны последовательного развития половых клеток: размножения, или гермарий, роста, созревания и трансформации.

Зрелые сперматозоиды насекомых имеют веретеновидную головку, покрытую шапочкой акросомы, и удлиненный жгутик (рис. 19)



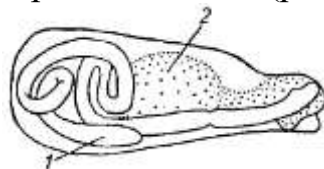


- 1 – митохондрии,
- 2 – осевой филамент,
- 3 – головка,
- 4 – акросома,
- 5 – центриоль

Рис. 19. Строение сперматозоида (по Romoser, 1981)

Сперматозоиды проходят по семяпротокам в семяпроводы и собираются в особых расширениях – *семенных пузырьках*. В момент копуляции они выносятся в семяизвергательный канал.

Секреты придаточных желез активизируют движение сперматозоидов, побуждают самку к ускоренному воспроизводству яиц. Выделения придаточных желез используются для образования *сперматофоров* - флаконов, заполненных сперматозоидами (рис. 20).

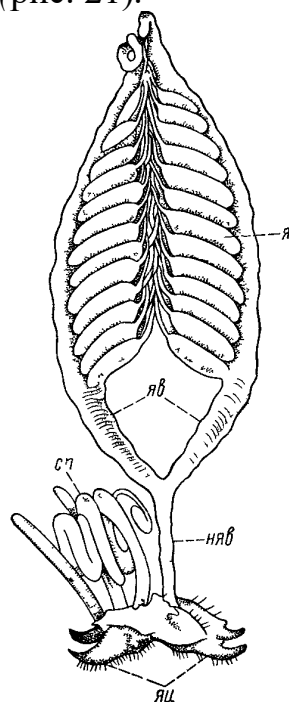


- 1 – семенной флакон
- 2 – белковый секрет

Рис. 20. Строение сперматофора (по Romoser, 1981)

Примитивные насекомые откладывают сперматофоры на субстрат и самка подбирает их своими половыми придатками, у сверчков и кузнечиков сперматофоры образуются до спаривания, у саранчовых - в момент спаривания, у чешуекрылых – в половых путях самки из введенных самцов секретов.

**Половая система самки** состоит из пары *яичников*, пары *яйцеводов*, *непарного яйцевода*, *придаточных половых желез*, *семяприемника* и часто *яйцеклада* (рис. 21).



- я**—яичник,
- яв** — яйцеводы,
- сп** — семяприемник,
- няв** — непарный яйцевод,
- яц** — яйцеклад

Рис. 21. Половая система самки перелетной саранчи (по Пospelову)

Парные яичники образованы серией яйцевых трубочек – *овариол*, в которых формируются яйца. Овариола подразделяется на вершинную часть – *гермарий* и основную часть – *вителлярый*. В гермарии происходит образование и размножение первичных половых клеток – *оогоний*, в вителлярии – созревание. К гермарии примыкает тонкий бесструктурный тяж – *филамент*. Филаменты соединяются вместе, образуя концевую часть овариолы, и закрепляются в дорсальной диафрагме.

У насекомых различают три типа овариол: *паноистический*, *политрофический* и *телотрофический* (рис. 22).

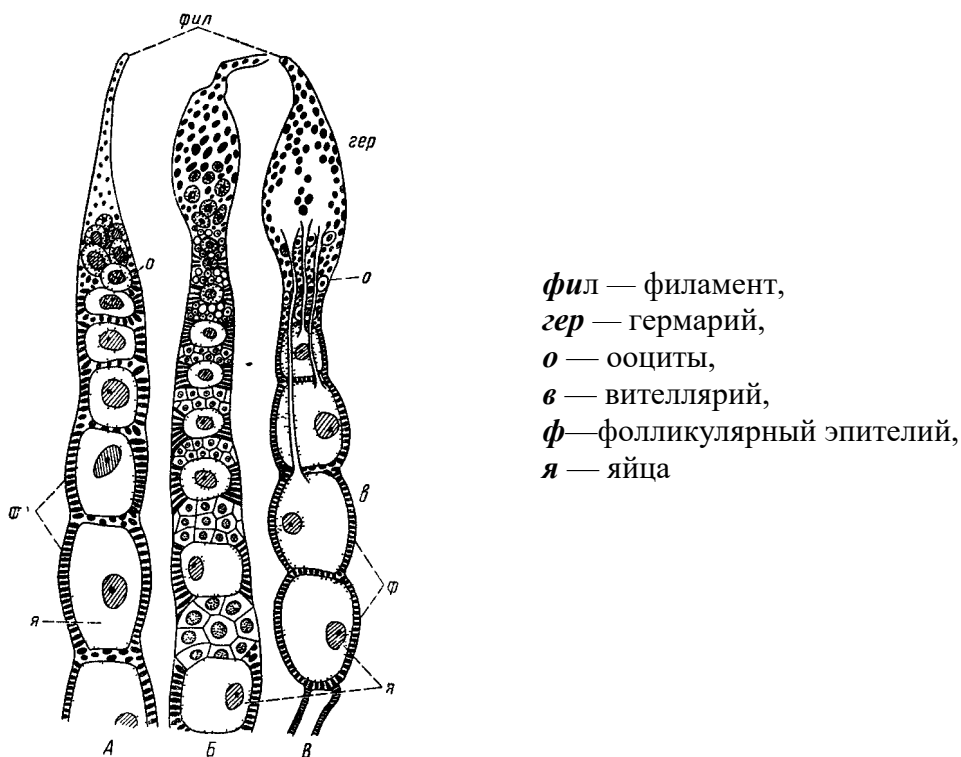


Рис. 22. Типы яйцевых трубочек (по Пospelову)

А - паноистический; Б - политрофический; В - телотрофический

*Паноистический* отличается отсутствием питательных клеток; *политрофический* характеризуется присутствием питательных клеток, чередующихся с яйцевыми клетками; в *телотрофическом* питательные клетки находятся в вершинной части овариолы, откуда они по протоплазматическим тяжам поступают в яйцевые клетки.

Из овариолы сформированное, но еще диплоидное яйцо поступает в парный яйцевод, затем в непарный яйцевод. В непарный яйцевод впадает проток семяприемника. В семяприемнике, или спермотеке находятся сперматозоиды, которые попадают туда при спаривании. Оплодотворение яйца происходит при прохождении через непарный яйцевод при откладке яиц. У некоторых самок развита совокупительная сумка. При копуляции сперматозоиды первоначально попадают в совокупительную сумку, затем переходят в семяприемник. Совокупительная сумка большинства

чешуекрылых имеет свое копулятивное отверстие, поэтому их половая система имеет два половых отверстия: копулятивное и яйцекладное.

*Парные придаточные, или коллатеральные железы* также открывают свой проток в непарный яйцевод. Они выполняют различные функции: у бабочек они выделяют вещество, служащее для приклеивания яиц к субстрату; у ручейников, откладывающих яйца в воду, секрет желез представляет собой студенистую массу; у тараканов и богомолов они дают вещество, образующее кокон (оотеку); у саранчовых - пену, образующую пробку кубышки; у перепончатокрылых они превращаются в две очень длинные ядовитые железы; у жука водолюба придаточные половые железы превратились в шелкоотделительные, их секрет служит для образования плавучего яйцевого кокона; у мухи цеце они выделяют секрет, служащий для питания личинки.