

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра зоологии

С.И. Денисова

ФИЗИОЛОГИЯ НАСЕКОМЫХ

Методические рекомендации

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2013*

УДК 595.7(075.8)
ББК 28.691.89я73
Д33

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 6 от 21.02.2013 г.

Автор: доцент кафедры зоологии ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат биологических наук **С.И. Денисова**

Р е ц е н з е н т :
доцент кафедры анатомии и физиологии ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат биологических наук *М.В. Шилина*

Д33 **Денисова, С.И.** Физиология насекомых : методические рекомендации / С.И. Денисова. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2013. – 40 с.

Методические рекомендации по физиологии насекомых предполагают предварительное усвоение студентами материала курса, овладение навыками использования лабораторного оборудования, навыками расчетов индексов питания и энергетического баланса насекомых. В данном учебном издании даны темы занятий, задания с описанием хода их выполнения, а также вопросы для проверки полученных знаний.

УДК 595.7(075.8)
ББК 28.691.89я73

© Денисова С.И., 2013
© ВГУ имени П.М. Машерова, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
Лабораторная работа № 1. Строение и окраска покровов насекомых	5
Лабораторная работа № 2. Изменение окраски и проницаемость кутикулы	5
Лабораторная работа № 3. Строение и функции пищеварительной системы	7
Лабораторная работа № 4. Определение коэффициентов усвоения пищи	10
Лабораторная работа № 5. Расчет энергетических балансов насекомых	13
Лабораторная работа № 6. Исследование выделительной системы насекомых	17
Лабораторная работа № 7. Строение органов дыхания насекомых	20
Лабораторная работа № 8. Регуляция дыхания и дыхательный обмен	21
Лабораторная работа № 9. Состав и функции гемолимфы	25
Лабораторная работа № 10. Строение и функции гемоцитов	27
Лабораторная работа № 11. Нервная система насекомых	28
Лабораторная работа № 12. Органы слуха и вкуса насекомых	30
Лабораторная работа № 13. Обонятельный и зрительный анализаторы	34
Лабораторная работа № 14. Морфофункциональные основы размножения насекомых	36
Лабораторная работа № 15. Управление ходьбой и полетом насекомых	37
ЛИТЕРАТУРА	39

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические рекомендации по физиологии насекомых предполагают предварительное усвоение студентами материала курса, овладение навыками использования лабораторного оборудования, навыками расчетов индексов питания и энергетического баланса насекомых. В данном учебном издании даны темы занятий, задания с описанием хода их выполнения, а также вопросы для проверки полученных знаний. Методические рекомендации ориентированы на изучение строения и функций основных систем органов насекомых. Все вопросы строения органов насекомых рассматриваются с привлечением раздаточного материала гусениц и имаго дубового шелкопряда и других насекомых. Подробно, с использованием микроскопов и бинокляров рассматриваются вопросы строения и окраски покровов насекомых, проницаемости кутикулы. Дана методика расчета индексов питания и энергетических балансов насекомых в зависимости от кормового растения и воздействия биологически активных веществ. С помощью специально подобранных методик по определению наличия органических и минеральных компонентов в гемолимфе насекомых студенты изучают состав и функции гемолимфы. Морфофункциональные основы размножения насекомых изучаются на примере строения женской и мужской половых систем имаго китайского дубового шелкопряда, который разводится в культуре на кафедре зоологии ВГУ имени П.М. Машерова.

В методических рекомендациях использованы рисунки из опубликованных ранее учебных пособий по физиологии насекомых: В.П. Тыщенко «Физиология насекомых». – М.: Высшая школа, 1986; В.Л. Свидерский «Нейрофизиология полета насекомых». – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.

Данное учебное издание облегчит усвоение студентами данного курса и поможет ознакомиться с основными достижениями по физиологии насекомых.

Лабораторная работа № 1

Тема: Строение и окраска покровов насекомых

Задания:

1. Рассмотреть под микроскопом поперечный срез покровов насекомых и зарисовать строение кутикулы. Обозначить эпикутикулу, прокутикулу, экзо- и эндокутикулу.

2. Прodelать качественную реакцию на хитин (хитин при нагревании с едким кали частично преобразуется в хитозан, последний в присутствии слабой серной кислоты дает фиолетовое окрашивание). Ход работы: кусочек крыла положить в пробирку, налить 2 мл едкого кали и нагреть на спиртовке (10-15 мин.), охладить, прилить 1 мл слабого раствора серной кислоты и добавить несколько капель йода. Сделать вывод о наличии хитина в кутикуле насекомых.

3. Рассмотреть под бинокулярной лупой экзувий гусениц дубового шелкопряда.

4. Зарисовать головную капсулу и эпикутикулу. Обозначить мандибулы, максиллы, нижнюю губу, эпикутикулу.

Вопросы для изучения

1. Характеристика клеток эпидермиса
2. Строение кутикулы.
3. Характеристика вторичных слоев эпикутикулы, ее функции.
4. Эпидермис и формирование кутикулы.
5. Химический состав кутикулы.
6. Склеротизация кутикулы.
7. Характеристика структурной и пигментной окраски насекомых.
8. Характеристика безазотистых пигментов.
9. Характеристика азотсодержащих пигментов

Лабораторная работа № 2

Тема: Изменение окраски и проницаемость кутикулы

Задания:

1. Рассмотреть под микроскопом окраску крыла стрекозы красотки, зарисовать. Ответить на вопрос: это структурная или пигментная окраска?

2. Рассмотреть под микроскопом чешуйки крыла бабочек белянок и сатирид. Зарисовать чешуйки и сделать вывод о том, какие пигменты определяют окраску крыла бабочек-белянок и сатирид.

3. Рассмотреть под микроскопом чешуйки крыла бабочек нимфалид. Зарисовать чешуйки. Сделать вывод о том, какие пигменты определяют окраску крыла бабочек-нимфалид.

4. Зарисовать физиологическое изменение окраски насекомых (рис. 1).

5. Рассмотреть под биноклем и зарисовать покровы жуков. Ответить на вопросы: Какие пигменты дают окраску покровов жуков? Где находятся эти пигменты?

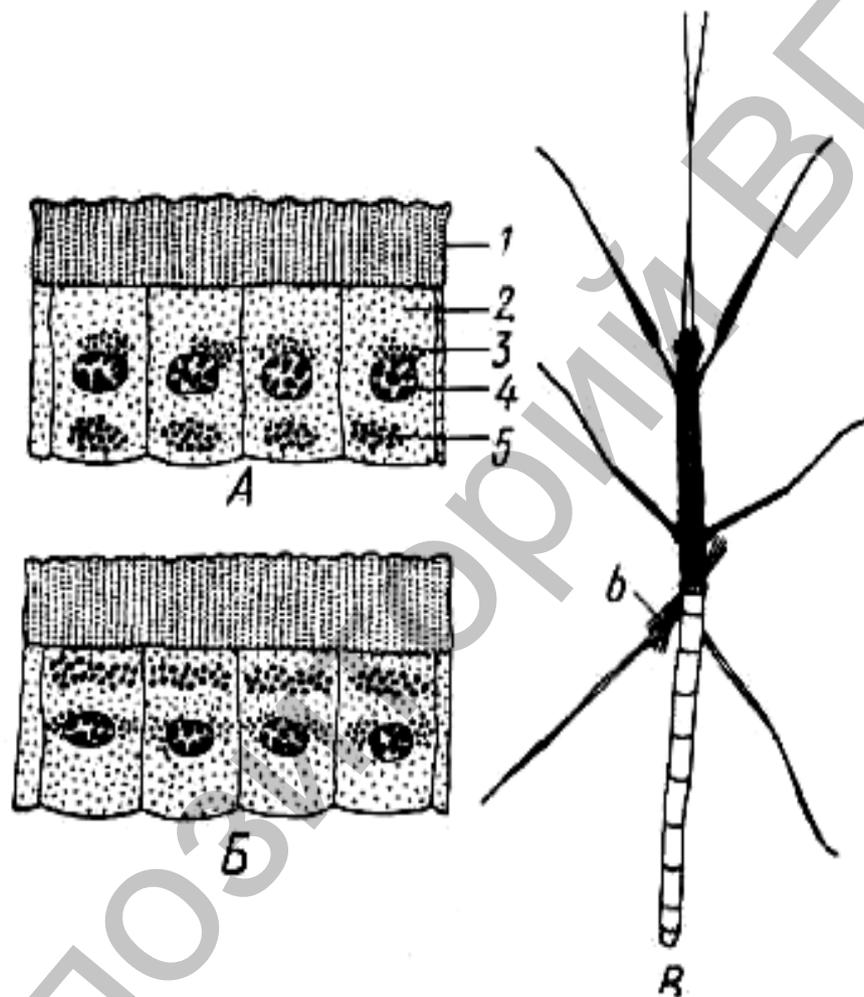


Рис. 1. Физиологические изменения окраски палочника *Carausius morosfs* (по Giersberg, 1928):

А, Б – положение пигментных гранул в эпидермальных клетках «светлого» (вверху) и «темного» (внизу) палочника: В – доказательство гормональной регуляции физиологического изменения окраски; 1 – кутикула, 2 – мелкие гранулы неподвижного пигмента, 3 – средние по величине гранулы пигмента, перемещающиеся горизонтально, 4 – ядро эпидермальной клетки, 5 – крупные гранулы пигмента, перемещающиеся вертикально (изменения окраски покровов обусловлены перемещениями этих гранул), б – лигатура

Вопросы для изучения

1. Морфологические изменения окраски.
2. Физиологические изменения окраски
3. Проницаемость кутикулы
4. Испарение воды через покровы.
5. Активный транспорт воды через покровы.
6. Проницаемость кутикулы и действие инсектицидов.

Лабораторная работа № 3

Тема: Строение и функции пищеварительной системы

Задания:

1. Рассмотреть под микроскопом строение ротовых аппаратов: жука, шмеля, бабочки, мухи, комара. Определить тип ротового аппарата у каждого насекомого. Зарисовать строение ротовых аппаратов различных типов. (Практикум по зоологии беспозвоночных. Шалапенок Е.С., Буга С.В. – Минск, 2002)
2. Вскрыть гусеницу со спинной стороны, рассмотреть отделы пищеварительной системы.
3. Зарисовать схему кишечника насекомого (рис. 2).
4. Зарисовать кишечник и эпителиальные клетки средней кишки (рис. 3).
5. Зарисовать слюнную железу таракана (рис. 4).

Вопросы для изучения

1. Пищевые режимы насекомых.
2. Пищевая специализация насекомых.
3. Строение и функции пищеварительного тракта насекомых.
4. Слюнные железы и их функции.
5. Механическая обработка и продвижение пищи по кишечнику.

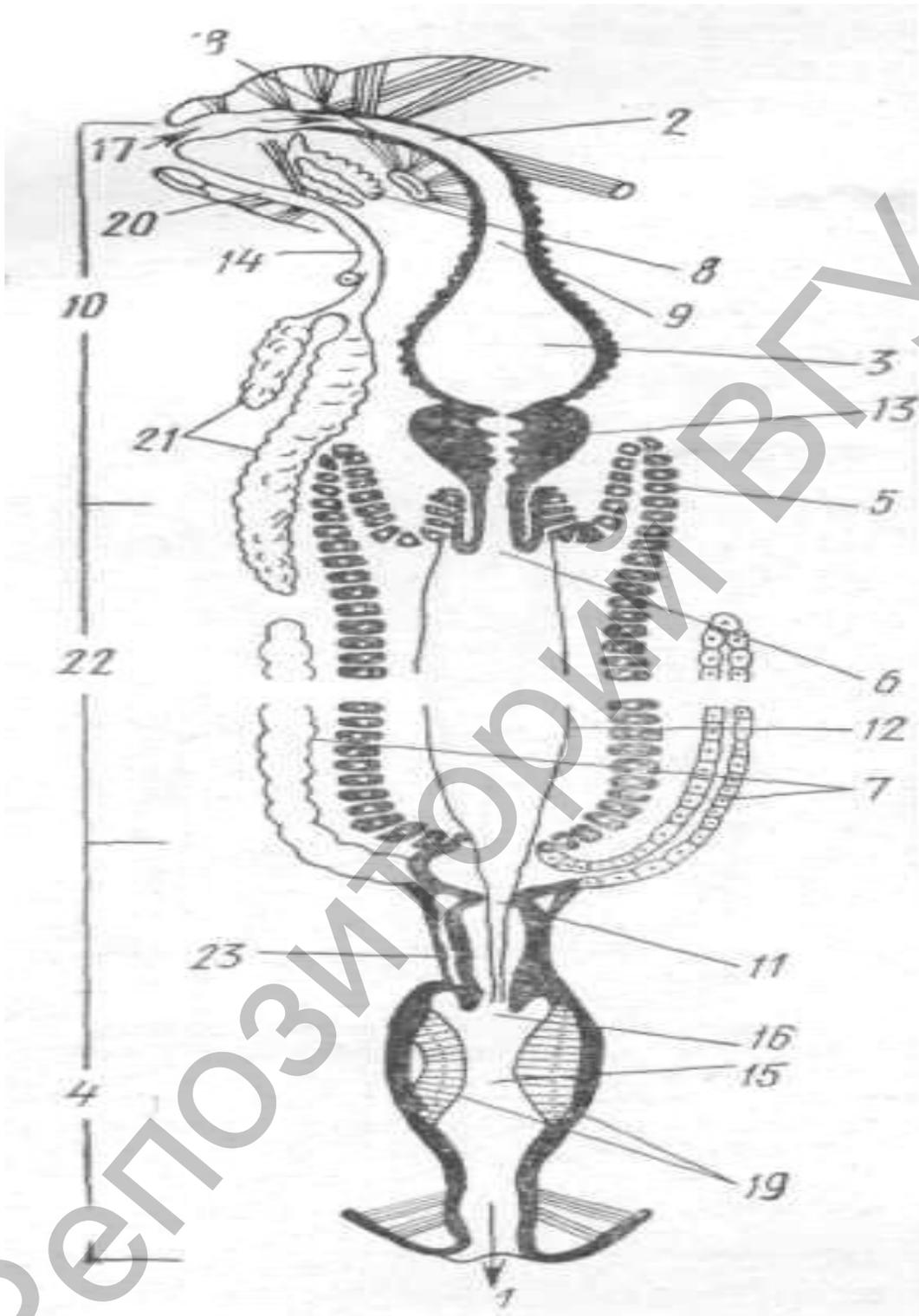


Рис. 2. Схема кишечника насекомых (по Weber, 1966):

1 – анальное отверстие, 2 – глотка, 3 – зуб, 4 – задняя кишка, 5 – крипты, 6 – кардиальный клапан, 7 – мальпигиевы сосуды, 8 – мандибулярная слюнная железа, 9 – пищевод, 10 – передняя кишка, 11 – пилорический клапан, 12 – перитрофическая мембрана, 13 – провентрикулус, 14 – проток слюнной железы, 15 – прямая кишка, 16 – ректальный клапан, 17 – ротовое отверстие, 18 – ротовая полость, 19 – ректальные сосочки, 20 – слюниварииум, 21 – слюнная железа, 22 – средняя кишка, 23 – тонкая кишка.

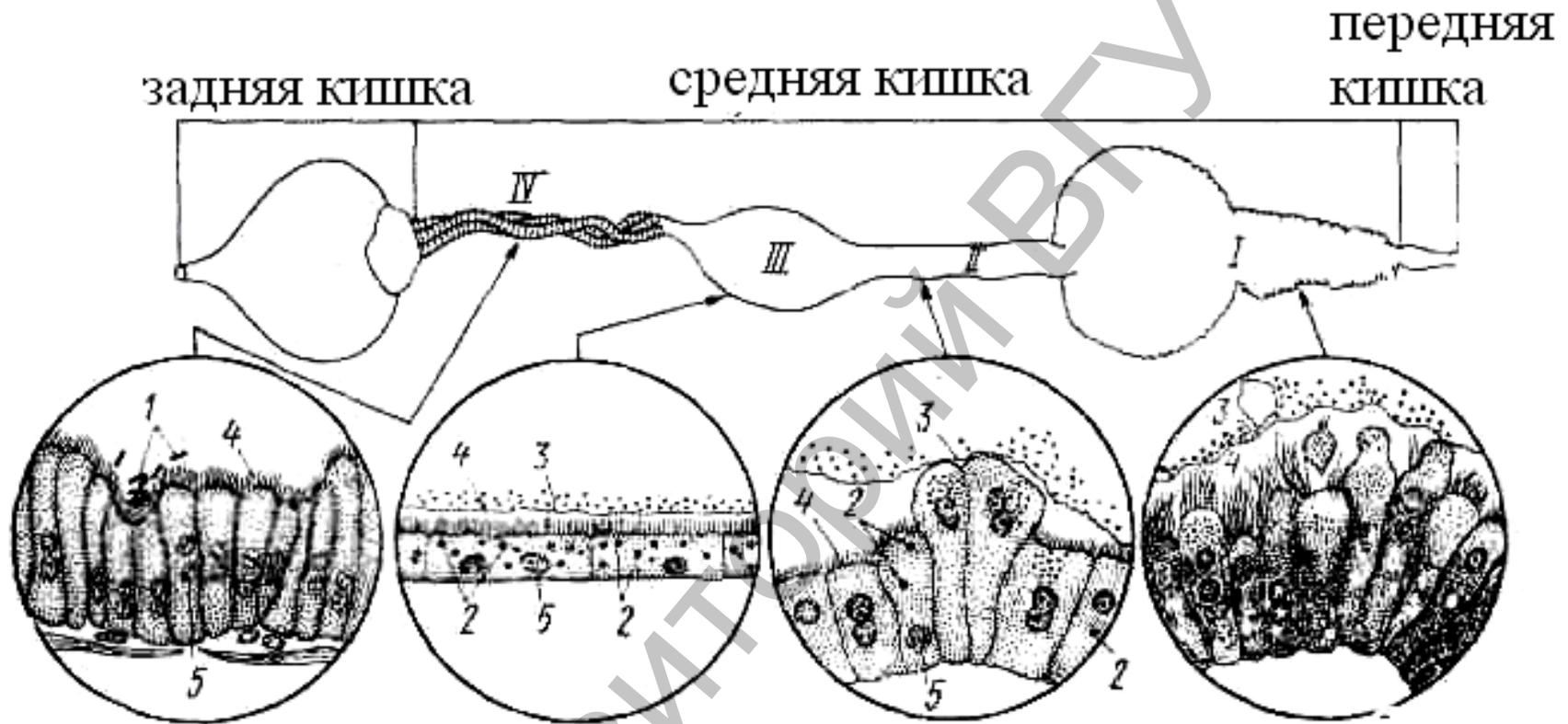


Рис. 3. Кишечник и эпителиальные клетки средней кишки вредной черепашки *Eurygaster integriceps* (по О.М. Бочаровой-Месснер, 1959):

I-IV – вторичные отделы средней кишки (в кружках – эпителиальные клетки), 1 – симбиотические бактерии, 2 – капельки резервных жиров, 3 – перитрофическая оболочка, 4 – рабдориум, 5 – ядро

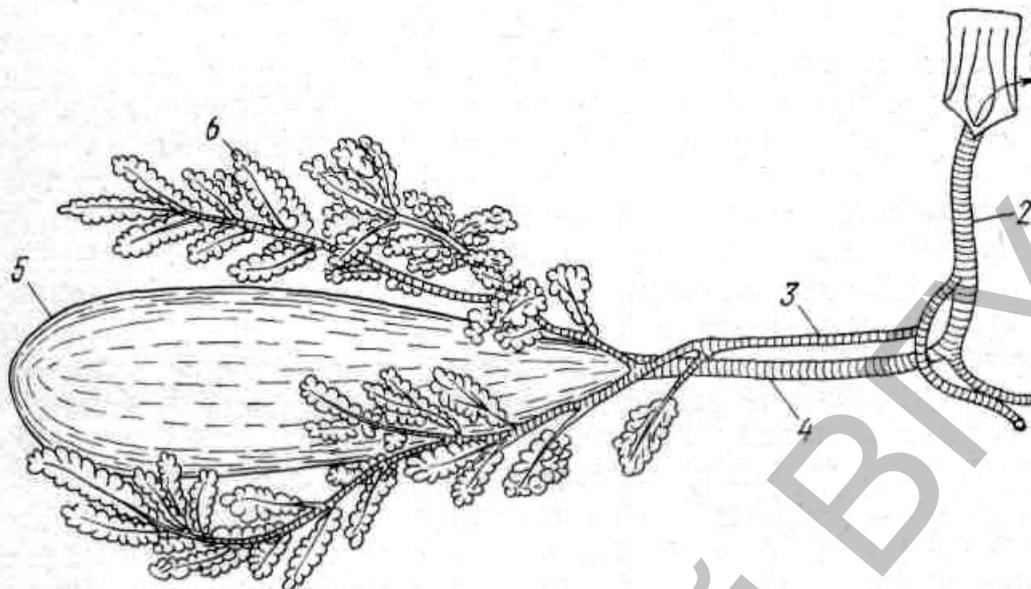


Рис. 4. Правая слюнная железа таракана *Blatta orientalis* (no Miall, Denny, 1886):

1 – общее выводное отверстие слюнных желез и резервуаров, 2 – общий выводной проток слюнных желез, 3 – проток правой слюнной железы, 4 – проток правого резервуара, 5 – резервуар, 6 – слюнная железа; стрелка – путь выведения секрета

Лабораторная работа № 4

Тема: Определение коэффициентов усвоения пищи

Задания:

1. Рассмотреть задания таблиц 1 и 2 методического пособия.
2. Рассчитать КУ, ЭИП, ЭИУ гусениц непарного шелкопряда на разных кормовых растениях и под влиянием агонистов экдистероидов.
3. Рассчитать КУ, ЭИП и ЭИУ у гусениц дубового шелкопряда на разных кормовых растениях и под влиянием агонистов экдистероидов.
4. Сделать анализ оптимальности кормовых растений для роста и развития непарного и дубового шелкопряда и вывод о характере воздействия агонистов экдистероидов на питание гусениц шелкопрядов в зависимости от концентрации и природы агониста.

Вопросы для изучения

1. Понятие о внекишечном и внутрикишечном пищеварении.
2. Характеристика карбогидраз.
3. Характеристика протеаз и липаз.
4. Типы секреции пищеварительных ферментов.
5. Функции задней кишки.

Таблица 1 – Изучение индексов питания гусениц V возраста дубового шелкопряда под влиянием агонистов R-209 и R-211.

Кормовое растение	Концентрация, %	Период активного питания, сут.	Прирост массы, г/экз		Кормовой рацион, г/экз		Усвоено корма, г сухой массы/экз	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
			сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса			Потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
..... R-209										
Дуб	0,01	17,87	7,94	4,18	38,69	15,48	4,95			
	0,1	20,55	7,42	3,91	42,18	16,87	4,89			
	контроль	18,24	8,11	4,27	39,41	15,76	5,13			
Береза	0,01	18,38	10,07	5,31	50,39	20,16	5,97			
	0,1	21,15	8,31	4,37	55,48	22,19	5,36			
	контроль	18,75	10,29	5,42	51,24	20,49	6,07			
R-211										
Дуб	0,01	18,74	7,85	4,13	38,15	15,26	5,24			
	0,1	16,83	6,37	3,35	36,21	14,48	4,45			
	контроль	18,24	8,11	4,27	39,41	15,76	5,13			
Береза	0,01	18,35	10,11	5,32	52,17	15,76	6,24			
	0,1	14,25	6,64	3,49	41,53	20,87	5,17			
	контроль	18,75	10,29	5,42	51,24	20,49	6,07			

Таблица 2 – Изменение индексов питания гусениц V возраста непарного шелкопряда под влиянием агонистов R-209 и R-211.

Кормовое растение	Концентрация, %	Период активного питания, сут.	Прирост сухой массы, г/экз	Кормовой рацион, г/экз		Усвоено корма, г сухой массы/экз	Коэффициент утилизации, % (КУ)	Эффективность использования на прирост массы, %	
				сырая масса	сухая масса			потребленного корма (ЭИП)	усвоенного корма (ЭИУ)
R-209									
Дуб	0,01	14,5	0,60	11,4	6,4	1,6			
	0,1	15,1	0,50	11,3	6,3	1,1			
	контроль	14,4	0,62	11,5	6,5	1,5			
Береза	0,01	15,8	0,56	15,0	8,7	1,9			
	0,1	16,3	0,45	14,9	8,5	1,6			
	контроль	15,6	0,55	15,2	8,9	2,0			
R-211									
Дуб	0,01	14,5	0,61	11,3	6,3	1,5			
	0,1	15,1	0,57	11,3	6,3	1,2			
	контроль	14,4	0,62	11,5	6,5	1,5			
Береза	0,01	15,8	0,55	15,1	8,6	1,9			
	0,1	16,3	0,52	14,9	8,6	1,8			
	контроль	15,6	0,55	15,2	8,9	2,0			

Лабораторная работа № 5

Тема: Расчет энергетических балансов насекомых

Задания:

1. Рассмотреть таблицы 3, 4, 5 представленные в методическом пособии и методику расчета энергетического баланса
2. Рассчитать энергетические балансы гусениц дубового шелкопряда на разных кормовых растениях под влиянием агонистов экдистероидов.
3. Сделать анализ пищевой ценности кормовых растений на основании полученных данных.
4. Сделать вывод о характере воздействия агонистов экдистероидов на распределение энергии пищи у гусениц дубового шелкопряда в зависимости от концентрации и природы агониста.

Вопросы для изучения

1. Общая характеристика полноценной пищи.
2. Характеристика основных компонентов пищи насекомых.
3. Потребности насекомых в витаминах.
4. Пищевые аттрактанты и репелленты.
5. Понятие об искусственных питательных средах.
6. Роль симбиотических микроорганизмов в питании и пищеварении насекомых.

Пример расчета энергетического баланса гусениц V возраста дубового шелкопряда по 0,01% концентрации агониста экдистероида R-209 на дубе

1. Рассчитать энергию кормового рациона в ккал. (С)

Взять данные из таблицы 1.-15,48г. корня.

Взять данные из таблицы 2.-3,8/ккал.-1г. корня.

Составить пропорцию.

1г – 3,81ккал.

15,48г – X ккал. $X = 58,97$ ккал.

2. Рассчитать энергию кормового рациона в кДж. (1ккал = 4,19 кДж).

$58,97$ ккал $\times 4,19 = 247,67$ кДж (записать эту формулу в таблицу 5 в графу С.)

3. Рассчитать количество энергии экскрементов в ккал. (F)

Взять данные из таблицы 1 – 15,48 4,95г = 10,53г.
экскрементов.

Взять данные из таблицы 2 1г. экскрементов 3,24ккал.

Составить пропорцию

1г 3,24ккал.

10,53г X ккал. X = 34,12ккал.

4. Рассчитать количество энергии экскрементов в кДж

34,12ккал x 4,19кДж = 142,95кДж (записать эту цифру в таблицу 5
в графу F)

5. Рассчитать количество энергии усвоенной пищи (CF = A)

247,67 142,95 = 104,72кДж (записать эту цифру в таблицу 5 в графу A)

6. Рассчитать % усвоение энергии пищи

247,67 – 100%

104,72 – X %

X = 42,28% (записать эту цифру в таблицу 5 в графу A)

7. Рассчитать траты энергии на прирост массы в ккал. (P)

из таблицы 3 взять данные по приросту 4,18г.

из таблицы 4 взять данные по калорийности 1г 3,39ккал.

Составить пропорцию

1г 3,39ккал.

4,18 X ккал. X = 14,17ккал.

8. Рассчитать траты энергии на прирост массы в кДж (P)

14,17 x 4,18 = 59,37кДж записать эту цифру в таблицу 5 в графу P (кДж)

9. Рассчитать процент энергии прироста от усвоенной энергии

104,72 100%

59,37 X %

X = 56,69% записать эту цифру в графу

P (% от усв.)

10. Рассчитать траты на обмен вещества по формуле $R = AP$ в кДж

104,72кДж 59,37кДж = 45,35кДж записать в графу R (кДж)

11. Рассчитать траты на обмен вещества в % от усвоенного

104,72 100%

45,35 X %

X = 43,30% записать в графу R (% от усв.)

Таблица 3 – Расчет баланса энергии гусениц V возраста дубового шелкопряда под влиянием агонистов R-209 и R-211

Кормовое растение	Концентрация, %	Период активного питания, сут.	Прирост массы, г/экз.		Кормовой рацион, г/экз.		Усвоено корма, г сухой массы/экз.
			сырая масса	сухая масса	сырая масса	сухая масса	
R-209							
Дуб	0,01	17,87±0,43	7,94±0,21	4,18±0,09	38,69±0,32	15,48±0,02	4,95±0,01
	0,1	20,55±0,53	7,42±0,25	3,91±0,11	42,18±0,21	16,87±0,01	4,89±0,02
	контроль	18,24±0,06	8,11±0,22	4,27±0,10	39,41±0,25	15,76±0,01	5,13±0,03
Береза	0,01	18,38±0,34	10,07±0,41	5,31±0,11	50,39±0,51	20,16±0,03	5,97±0,02
	0,1	21,15±0,45	8,31±1,09	4,37±0,23	55,48±0,65	22,19±0,07	5,36±0,05
	контроль	18,75±0,37	10,29±0,11	5,42±0,06	51,24±0,06	20,49±0,04	6,07±0,04
R-211							
Дуб	0,01	18,74±0,28	7,85±0,17	4,13±0,08	38,15±0,16	15,26±0,05	5,24±0,06
	0,1	16,83±0,15	6,37±0,12	3,35±0,03	36,21±0,12	14,48±0,06	4,45±0,04
	контроль	18,24±0,06	8,11±0,22	4,27±0,10	39,41±0,25	15,76±0,01	5,13±0,03
Береза	0,01	18,35±0,13	10,11±0,12	5,32±0,07	52,17±0,36	15,76±0,13	6,24±0,08
	0,1	14,25±0,21	6,64±0,14	3,49±0,07	41,53±0,25	20,87±0,07	5,17±0,07
	контроль	18,75±0,37	10,29±0,11	5,42±0,06	51,24±0,47	20,49±0,04	6,07±0,04

Таблица 4 – Расчет баланса. Калорийность пищи, экскрементов и гусениц V возраста дубового шелкопряда в зависимости от воздействия агонистов R-209 и R-211 (ккал/г)

Кормовое растение	Вид образца	Концентрация, %		Контроль
		0,01	0,1	
R-209				
Дуб	корм	3,81	3,81	3,81
	экскременты	3,24	3,72	2,93
	гусеницы	3,39	2,94	3,51
Береза	корм	5,28	5,28	5,28
	экскременты	3,18	7,31	3,0
	гусеницы	3,41	1,82	4,75
R-211				
Дуб	корм	3,81	3,81	3,81
	экскременты	3,21	3,20	2,93
	гусеницы	3,40	3,31	3,51
Береза	корм	5,28	5,28	5,28
	экскременты	2,42	2,57	2,15
	гусеницы	4,24	4,16	4,75

Таблица 5 – Расчет баланса. Сравнительная характеристика энергетических балансов гусениц V возраста дубового шелкопряда под воздействием агонистов R-209 и R-211 на разных кормовых растениях (кДж/экз.)

Лабораторная работа № 6

Кормовое растение	Концентрация, (%)	Потребленная пища, (С)	Экскременты, (F)	Усвоенная пища, (A)		Траты на обмен веществ, (®)		Траты на прирост массы, (P)	
				Кдж	%	Кдж	% от усв.	Кдж	% от усв.
R-209									
Дуб	0,01								
	0,1								
	контроль								
Береза	0,01								
	0,1								
	контроль								
R-211									
Дуб	0,01								
	0,1								
	контроль								
Береза	0,01								
	0,1								
	контроль								

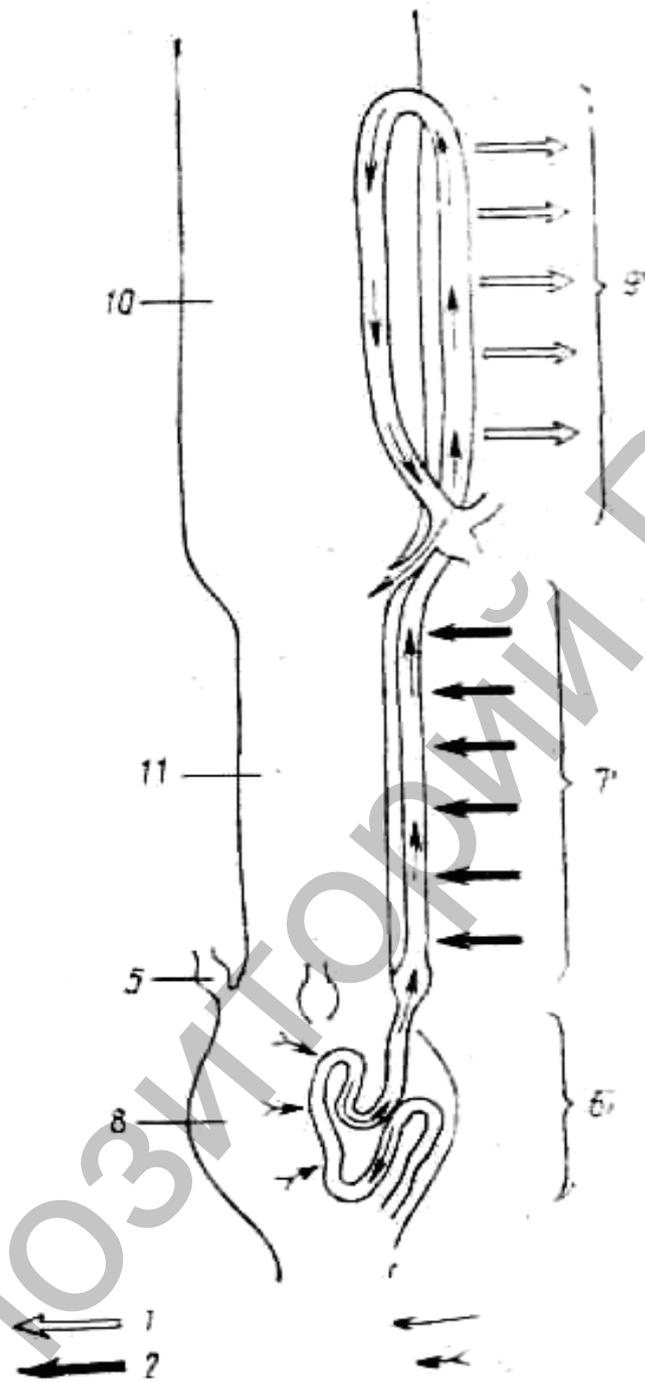


Рис. 6. Схема транспорта экскретов, солей и воды в мальпигиевом сосуде гусеницы *Corcyra cephalonica* (no Srivastava, 1962):

1 – реабсорбция воды и солей в проксимальном отделе сосуда, 2 – фильтрация гемолимфы в медиальном отделе, 3 – перемещение экскреторных продуктов, воды и солей в полости сосуда, 4 – отсасывание воды и солей из задней кишки в дистальном отделе сосуда, 5 – ректальный сосочек, 6 – дистальный отдел, 7 – медиальный отдел, 8 – прямая кишка, 9 – петля проксимального отдела, 10 – средняя кишка, 11 – тонкая кишка

6. Зарисовать пищеварительный тракт и мальпигиевые сосуды мухи (рис. 7).

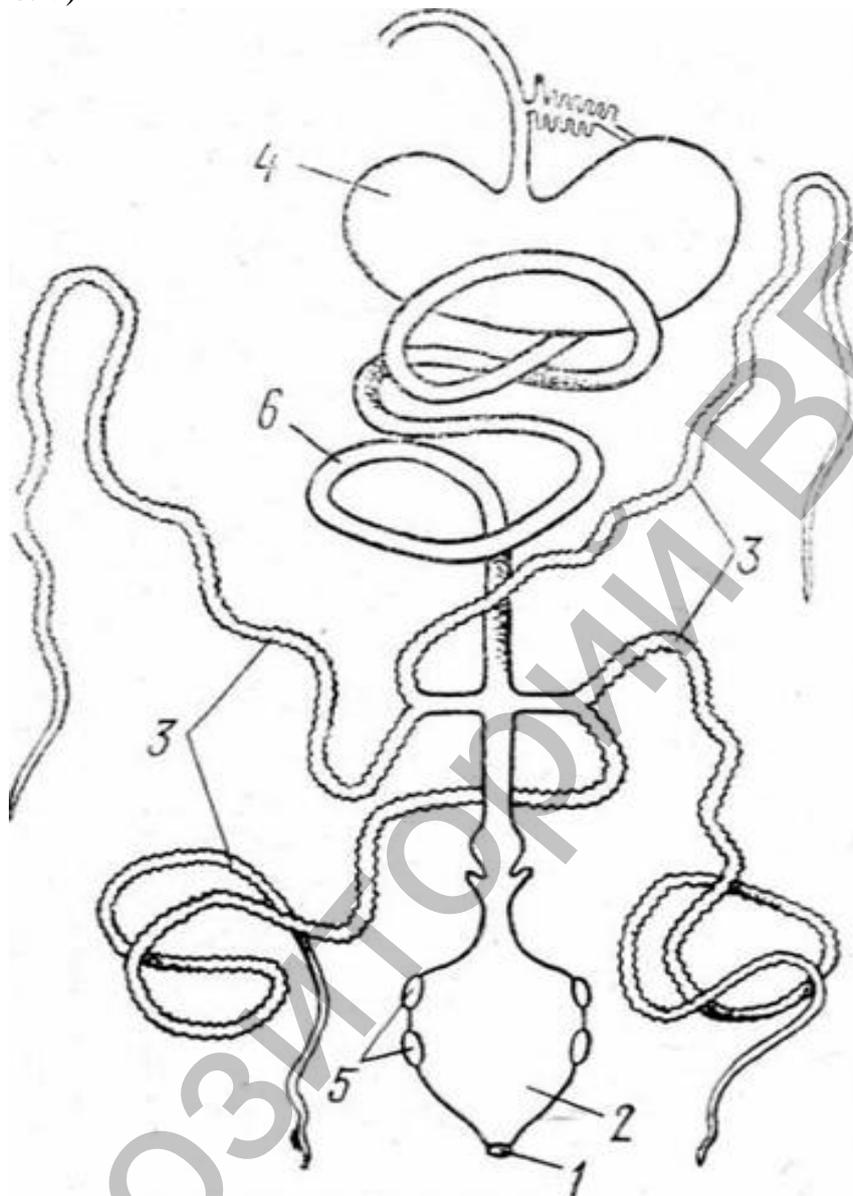


Рис. 7. Пищеварительный тракт и мальпигиевы сосуды мухи *Calliphora vicina* (по Berridge, Oschman 1969):

1 – анальное отверстие, 2 – задняя кишка, 3 – мальпигиевы сосуды, 4 – пищевой резервуар, 5 – ректальные сосочки задней кишки, 6 – средняя кишка

Вопросы для изучения

1. Выделительные органы насекомых и их функции.
2. Формирование экскретов в выделительных органах.
3. Регуляция выделения.
4. Химический состав азотистых экскретов.

Лабораторная работа № 7

Тема: Строение органов дыхания насекомых

Задания:

1. Рассмотреть дыхальца у гусениц дубового шелкопряда с помощью ручной лупы и подсчитать их число. Определить к какой группе насекомых в зависимости от числа дыхалец относится гусеница дубового шелкопряда.

2. Вскрыть гусеницу дубового шелкопряда с брюшной стороны и рассмотреть трахейную систему с помощью бинокля.

3. Зарисовать трахейные и кутикулярные жабры водных насекомых (рис. 8).

4. Зарисовать различные варианты расположения дыхалец у личинок двукрылых (рис. 9).

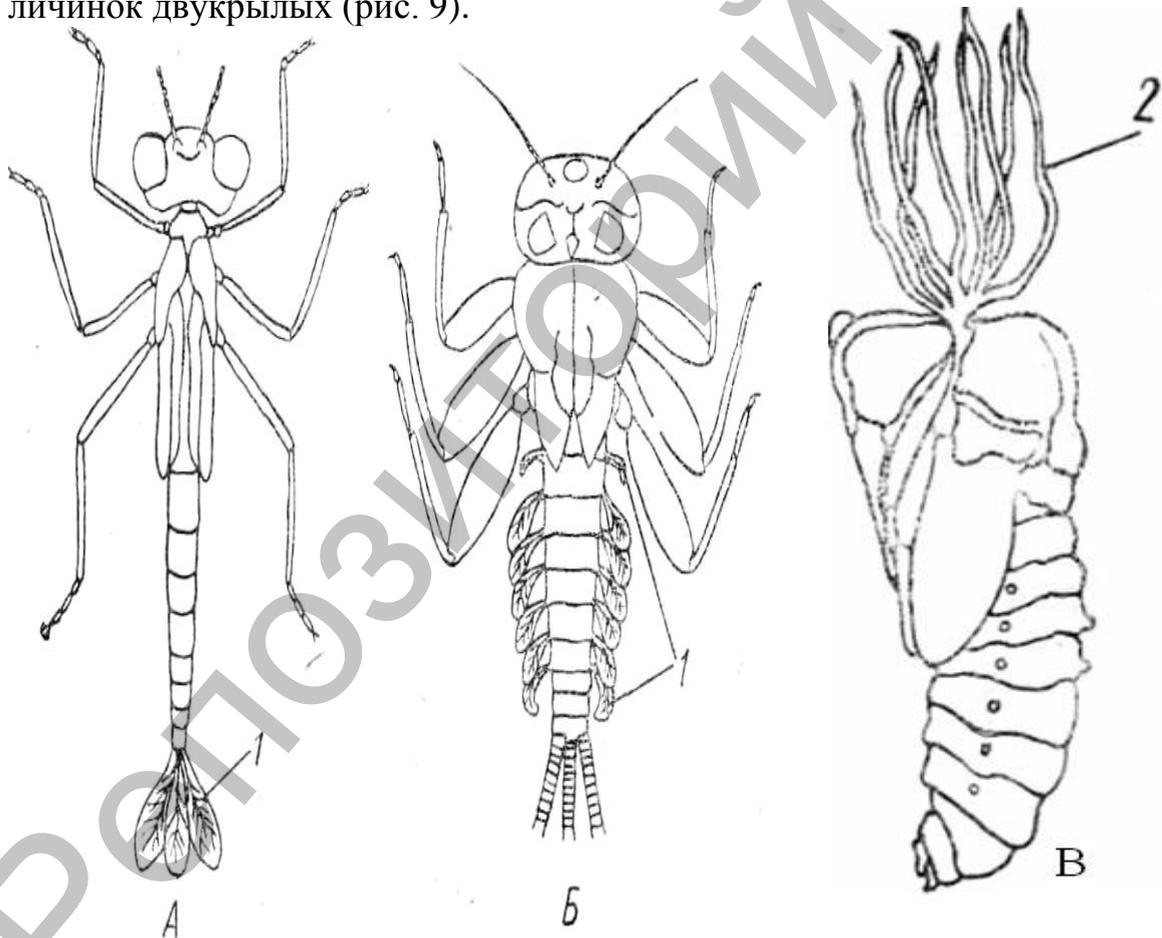


Рис. 8. Трахейные (1) и кутикулярные (2) жабры водных насекомых:

А – личинка стрекозы *Erythromma viridulum*; Б – личинка поденки *Ecdyonurus forcipula*; В – куколка мошки *Simulium*

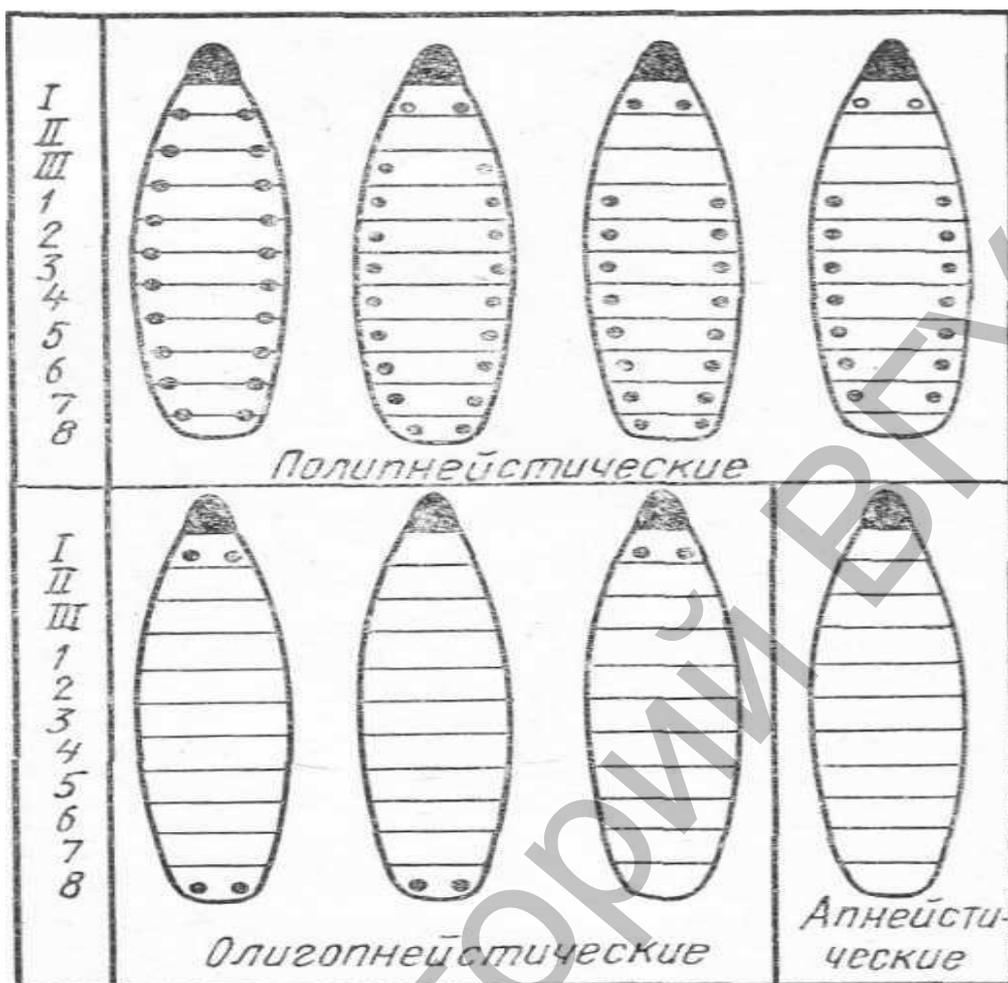


Рис. 9. Различные варианты расположения дыхалец у личинок двукрылых (по КеШп, 1944):
 I-III – грудные сегменты, 1-8 – брюшные сегменты

Вопросы для изучения

1. Кожное дыхание насекомых.
2. Жаберное дыхание насекомых.
3. Строение открытой трахейной системы.
4. Диффузия газов и вентиляция трахейной системы.

Лабораторная работа № 8

Тема: Регуляция дыхания и дыхательный обмен

Задания:

1. Зарисовать схему замыкательного аппарата дыхалец (рис. 10)
2. Зарисовать инспираторные и экспираторные дыхальца саранчовых (рис. 11).

3. Зарисовать схему изменения работы инспираторного дыхальца (рис. 12).

4. Зарисовать движение жидкости в кончиках трахеол у личинок комара (рис. 13).

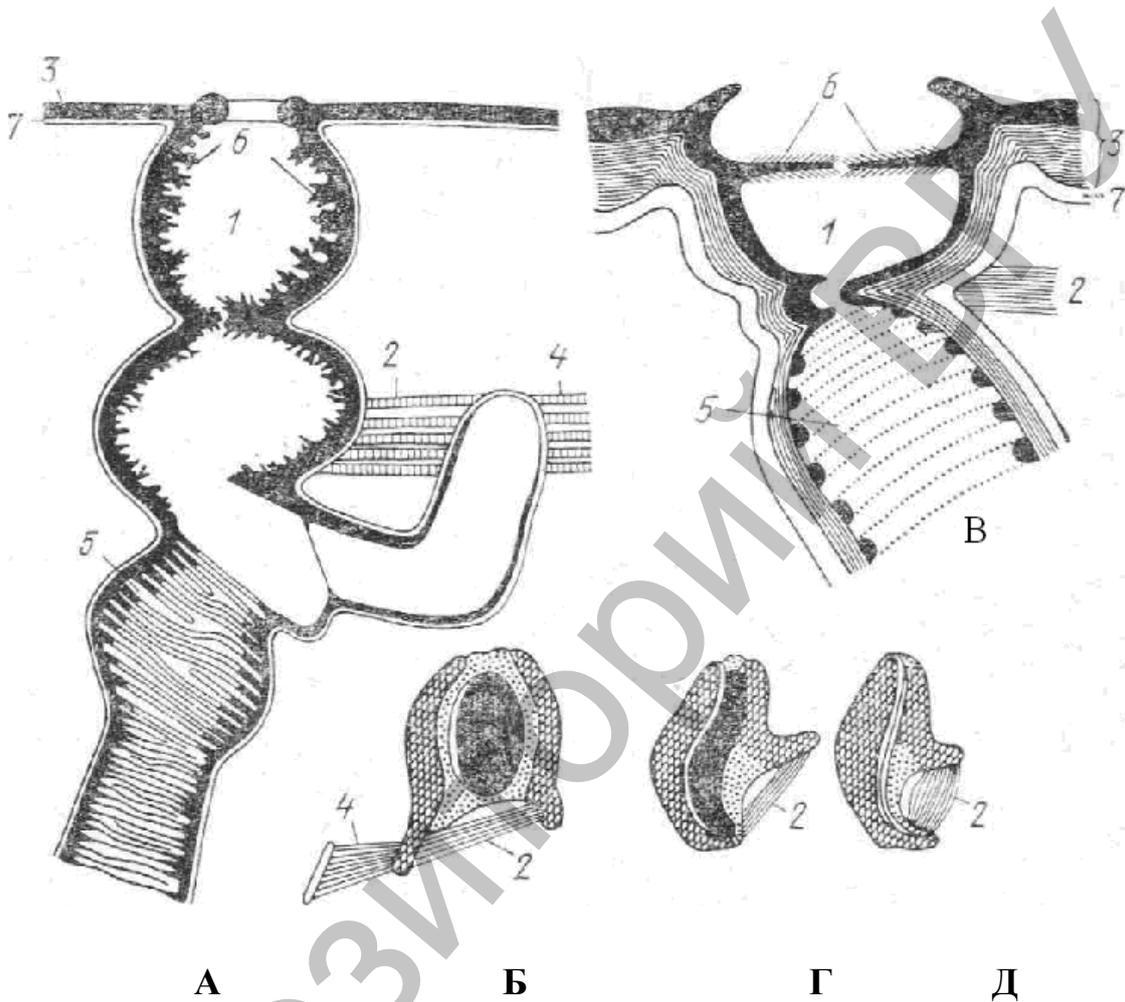


Рис. 10. Схема замыкательных аппаратов дыхалец (по Obenberger, 1952):

А – продольный и Б – поперечный (дыхальце открыто) срезы через дыхальце, обслуживаемое двумя мышцами; В – продольный и Г–Д – поперечные (Г – дыхальце открыто, Д – дыхальце закрыто) срезы через дыхальце, обслуживаемое одной мышцей;

1 – атриальная полость, 2 – мышца-закрыватель дыхальца, 3 – кутикула, 4 – мышца-открыватель дыхальца, 5 – трахеи, 6 – структуры, образующие фильтрующий аппарат дыхалец, 7 – эпителий

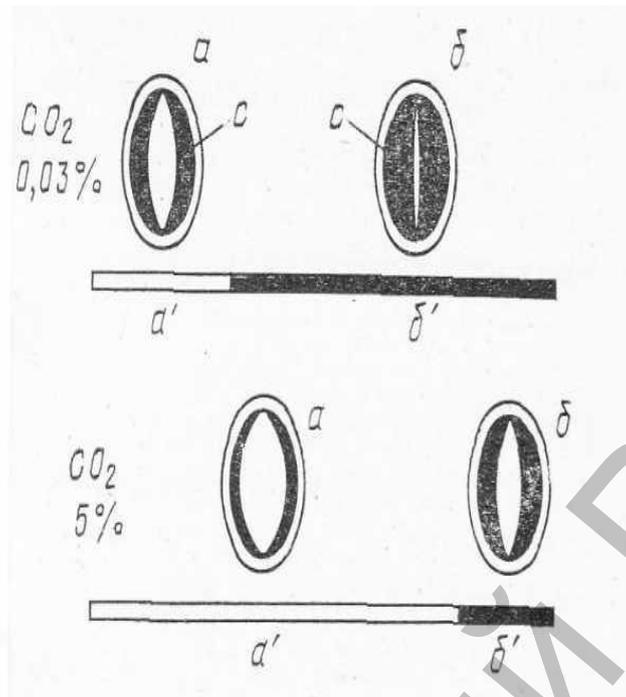


Рис.11. Изменения работы инспираторного дыхальца во время фазы вдоха (а, а') и выдоха (б, б') в зависимости от содержания углекислоты в атмосфере:

а, б – степень открывания и закрывания дыхальца, а', б' – продолжительность открытого и закрытого состояния дыхалец по отношению к общей продолжительности вентиляционного цикла, с – створки дыхальца, закрывающие вход в трахею

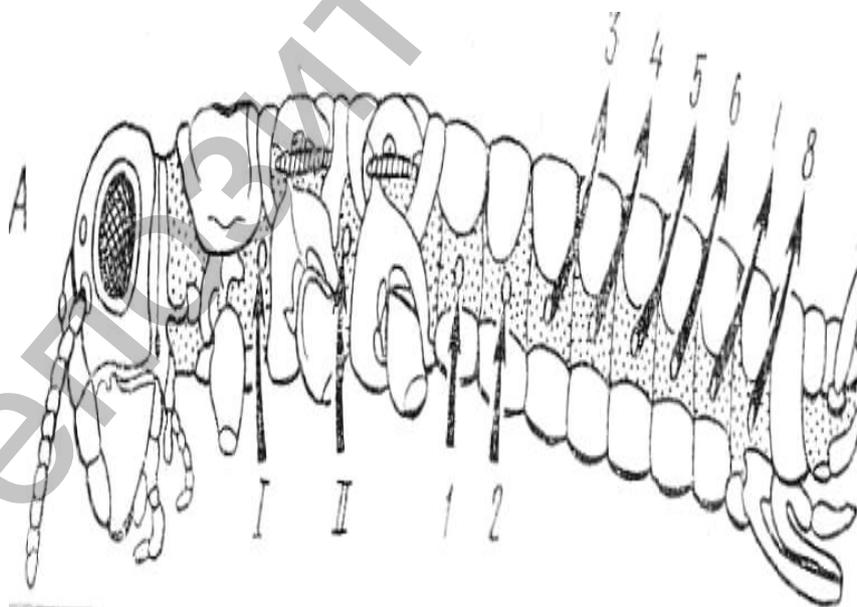


Рис. 12. Инспираторные и экспираторные дыхальца саранчовых:

А – расположение дыхалец (ноги и крылья удалены, стрелками показаны направления потоков воздуха при вдохе и выдохе); I, II – инспираторные грудные дыхальца,

1-2 – инспираторные брюшные, 3-8 – экспираторные брюшные

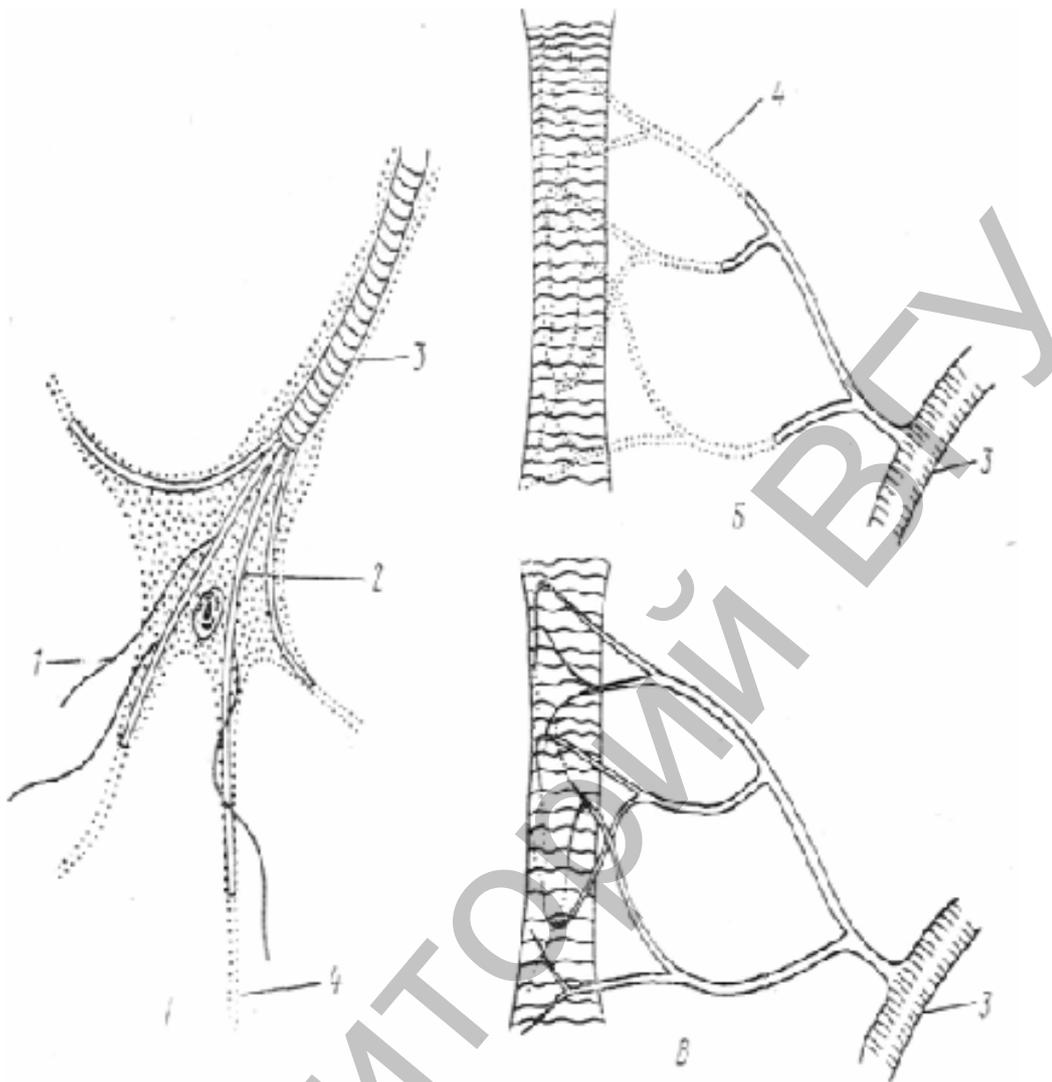


Рис. 13. Движения жидкости в кончиках трахеол у личинок комара

***Aedes aegypti* (по Wigglesworth, 1965):**

А – кончик трахеи и звездчатая концевая клетка; Б – трахеолы, обслуживающие мышечное волокно в покое; Б' – трахеолы, обслуживающие работающее мышечное волокно; 1 – тонкая веточка трахеолы, 2 – звездчатая клетка, 3 – трахея, 4 – концевая часть трахеолы, содержащая жидкость

Вопросы для изучения

1. Регуляция дыхания насекомых.
2. Трахеоллярный контроль снабжения тканей кислородом.
3. Общий и основной газообмен.
4. Изменение газообмена при развитии и диапаузе насекомых.
5. Промежуточный дыхательный обмен.
6. Изменение промежуточного дыхательного обмена при развитии и диапаузе насекомых.

Лабораторная работа № 9

Тема: Состав и функции гемолимфы

Задания:

1. Биуретовая реакция (синее окрашивание).

Ход работы

В пробирку налить 2,5 мл экстракта куколки, прилить 2,5 мл 10% раствора NaOH и 2 мл 1% раствора CuSO₄. Пробирку встряхнуть, наблюдать за изменением окраски. Сделать вывод о наличии или отсутствии белков и полипептидов в экстракте куколки.

2. Нингидриновая реакция (сине-фиолетовое окрашивание).

Ход работы

В пробирку налить 2,5 мл экстракта куколки, прилить 2,5 мл 0,5% раствора нингидрина и кипятить на спиртовке 2 минуты. Наблюдать за изменением окраски экстракта и сделать вывод о наличии или отсутствии α-аминокислот в экстракте.

3. Зарисовать изменения размеров анальных папилл у личинок комаров в зависимости от содержания солей в воде (методическое пособие рис.14).

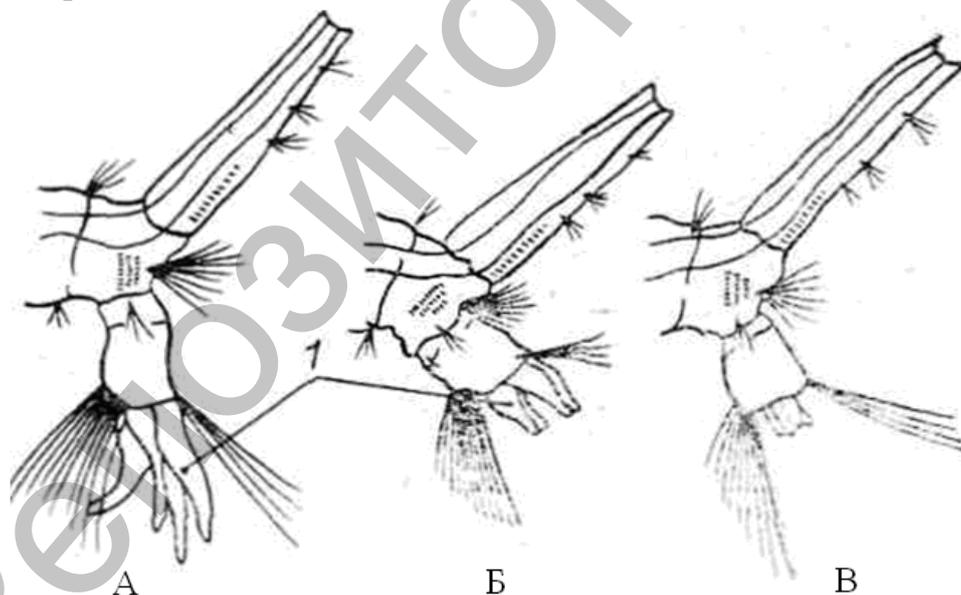


Рис. 14. Изменения размеров анальных папилл у личинок комаров *Aedes aegypti* зависимости от содержания солей в воде:

А – в дистиллированной воде; Б – при 0,006% NaCl; В – при 0,65% NaCl;

1 – анальные папиллы

4. Реакция на обнаружение катиона K⁺

Нейтральные или слабокислые растворы солей калия дают с кобальтинитритом натрия желтый кристаллический осадок.

Ход работы

На предметное стекло помещают каплю нейтрального или уксуснокислого анализируемого раствора (водного экстракта куколки) и добавляют небольшое кол-во твердого кобальтинитрита натрия. Появление осадка или помутнение указывают на присутствие калия.

5. Реакция на обнаружение катионов Mg^{2+}

Свежеосажденная гидроксид магния окрашивается в глубокий коричнево-красный цвет при действии на нее раствором йода в йодиде калия.

Ход работы

На предметное стекло наносят каплю нейтрального или кислого анализируемого раствора (экстракт куколок) вместе с каплей 1 н. едкого кали или насыщенной известковой воды, после чего добавляют микрокаплю раствора йода. Смесь размешивают стеклянной палочкой. Раствор должен быть отчетливо коричневым; если необходимо, то добавляют некоторое кол-во йода. Спустя минуту начинают добавлять щелочь до тех пор, пока раствор не станет лимонно желтым. В присутствии магния появляется ясно различимое коричневое адсорбционное соединение.

6. Реакция на обнаружение аниона Cl^-

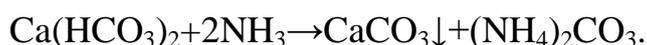
Ионы хлора обнаруживают по осадку хлорида серебра.

Ход работы

В пробирку вносят щепотку двуокиси марганца, и добавляют немного экстракта. После высушивания пробу постепенно нагревают до красного каления на спиртовке. К охлажденной массе приливают несколько капель уксусной кислоты, нагревают и центрифугируют. Прозрачный центрифугат переносят в пробирку, вводят несколько капель реагента. Смесь опускают в горячую водяную баню (химический стакан с кипящей водой) на 5 минут. Затем добавляют 1 каплю 5% раствора нитрата серебра. Если раствор мутнеет или появляется осадок, значит в пробе имеется хлор, связанный с органическим соединением.

7. Реакция на обнаружение бикарбонатов в присутствии карбонатов.

Бикарбонат кальция в противоположность карбонату кальция растворим в воде и при добавлении аммиака превращается в $CaCO_3$



Ход работы

1 мл экстракта куколки помещают в большую пробирку и обрабатывают избытком раствора хлорида кальция. После центрифугирования к прозрачному раствору добавляют каплю разбавленного раствора аммиака. В присутствии бикарбоната раствор мутнеет.

Вопросы для изучения

1. Состав и функции гемолимфы.
2. Осмотическое давление гемолимфы и его регуляция.
3. Неорганические вещества гемолимфы.
4. Углеводы гемолимфы.
5. Липиды гемолимфы.
6. Аминокислоты гемолимфы.
7. Белки гемолимфы.

Лабораторная работа № 10

Тема: Строение и функции гемоцитов

Задания:

1. Приготовление микропрепаратов мазков гемолимфы куколок дубового шелкопряда.

Ход работы

Для взятия гемолимфы сделать укол брюшка куколки стерильной иглой. С капли на предметное стекло нанести мазок, который после подсушивания (2–3 мин.) зафиксировать в фиксаторе Май-Грюнвальда, затем прополоскать в двух сосудах с водой, опустить в раствор эозиназура на 3–4 мин, опять прополоскать и высушить в термостате.

2. Рассмотреть микропрепарат под микроскопом с использованием иммерсии.

3. Зарисовать гемоциты гемолимфы (рис.15).

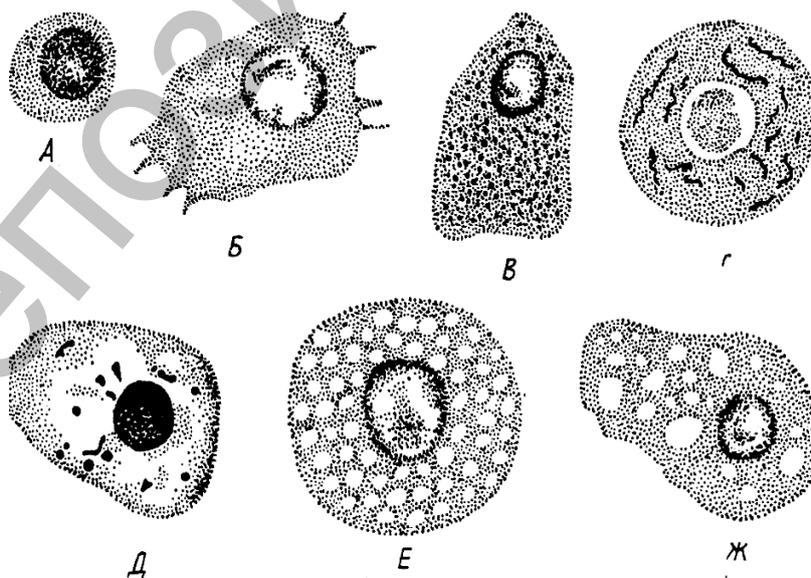


Рис. 15. Гемоциты насекомых (по Шарпан, 1969; с изменениями):

А – прогемоцит; Б – плазмоцит; В – гранулоцит; Г – энотоид; Д – цистоцит;
Е – сфероцит; Ж – адипогемоцит

Вопросы для изучения

1. Характеристика гемоцитов гемолимфы.
2. Свертывание гемолимфы.
3. Защитные функции гемолимфы.
4. Иммунная реакция гемолимфы.

Лабораторная работа № 11

Тема: Нервная система насекомых

Задания:

1. Зарисовать головные и грудные ганглии богомола (рис. 16).
2. Зарисовать схему строения нервной цепочки мух из различных семейств (рис. 17).
3. Зарисовать схему поперечного среза через ганглий насекомого (рис. 18).
4. Зарисовать основные ассоциативные центры мозга саранчи (рис. 19).

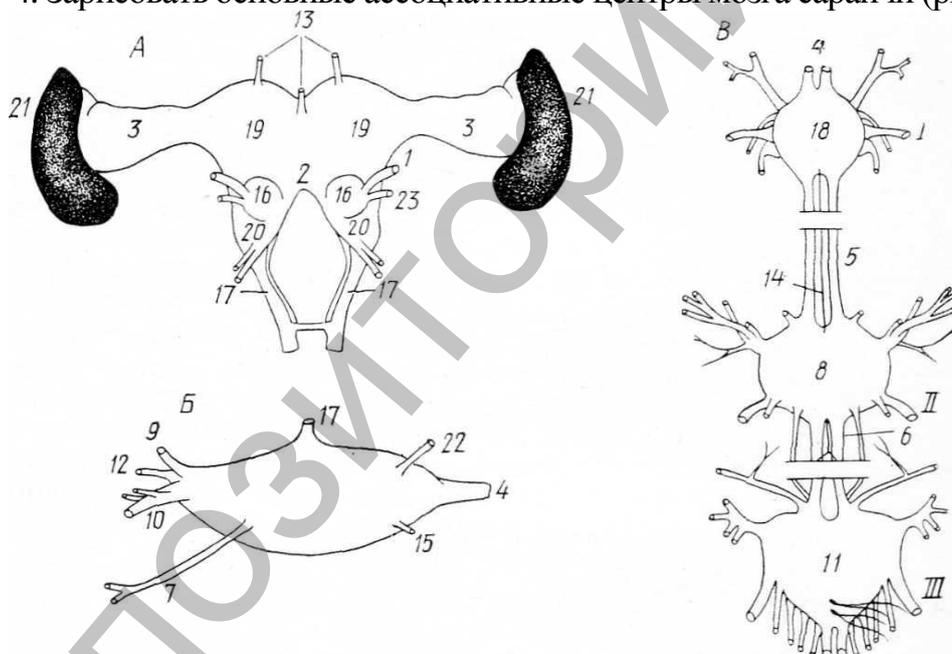


Рис. 16. Головные и грудные ганглии богомола *Mantis religiosa* (по Nessbit, 1941):

А – мозг; Б – подглоточный ганглий; В – грудные ганглии; 1 – двигательный корешок антеннального нерва, 2 – дейтоцеребрум, 3 – зрительные доли протоцеребрума, 4 – коннективы между подглоточным и первым грудным ганглиями, 5 и 6 – коннективы между грудными ганглиями, 7 – лабиальный нерв, 8 – мезоторакальный ганглий, 9 – мандибулярный нерв, 10 – максиллярный нерв, 11 – метаторакальный ганглий, слившийся с тремя ганглиями брюшка, 12 – нерв гипофаринкса, 13 – нервы дорсальных глазков, 14 – непарный нерв, 15 – нерв слюнных желез, 16 – обонятельные доли дейтоцеребрума, 17 – окологлоточные коннективы, 18 – проторакальный ганглий, 19 – протоцеребрум, 20 – тритоцеребрум, 21 – фасеточные глаза, 22 – церебральный нерв, 23 – чувствительный корешок антеннального нерва, I, II и III – нервы первой, второй и третьей пары ног

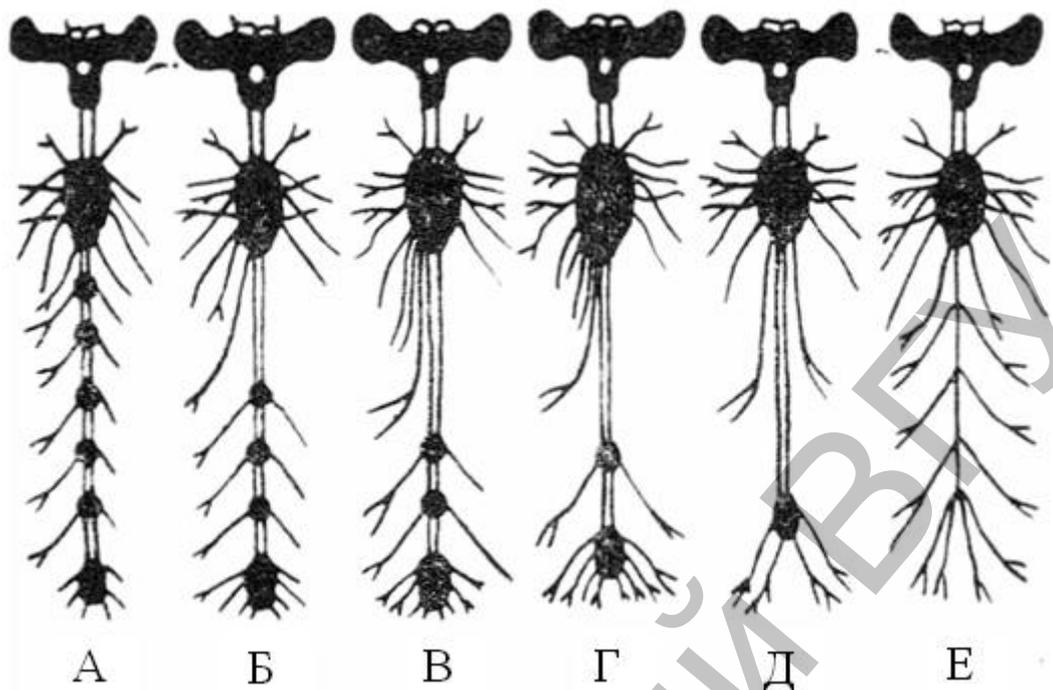


Рис. 17. Схема строения нервной цепочки у мух из разных семейств (по Brandt, 1879):

А – слепни (Tabanidae); Б – львинки (Stratiomyidae); В – шаровки (Cyrtidae); Г – цветочные мухи (Syrphidae); Д – большеголовки (Conopidae); Е – настоящие мухи (Muscidae)

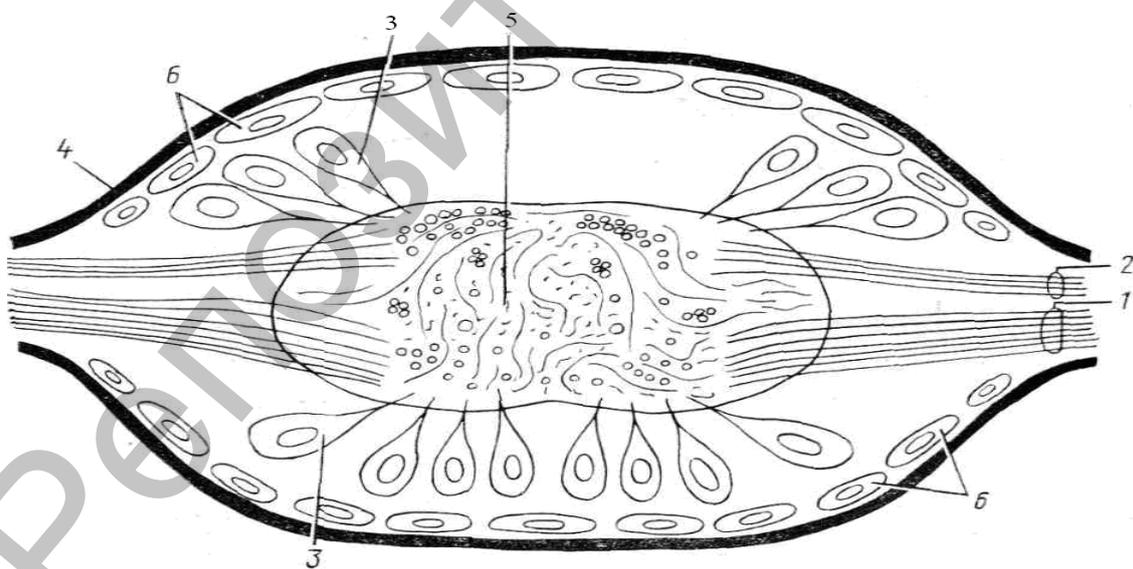


Рис. 18. Схема поперечного среза через ганглии насекомого (по В.П. Тыщенко, 1977)

1 – вентральный корешок бокового нерва, 2 – дорсальный корешок, 3 – нервные клетки, 4 – нейрилемма, 5 – нейропилль, 6 – перинеириум

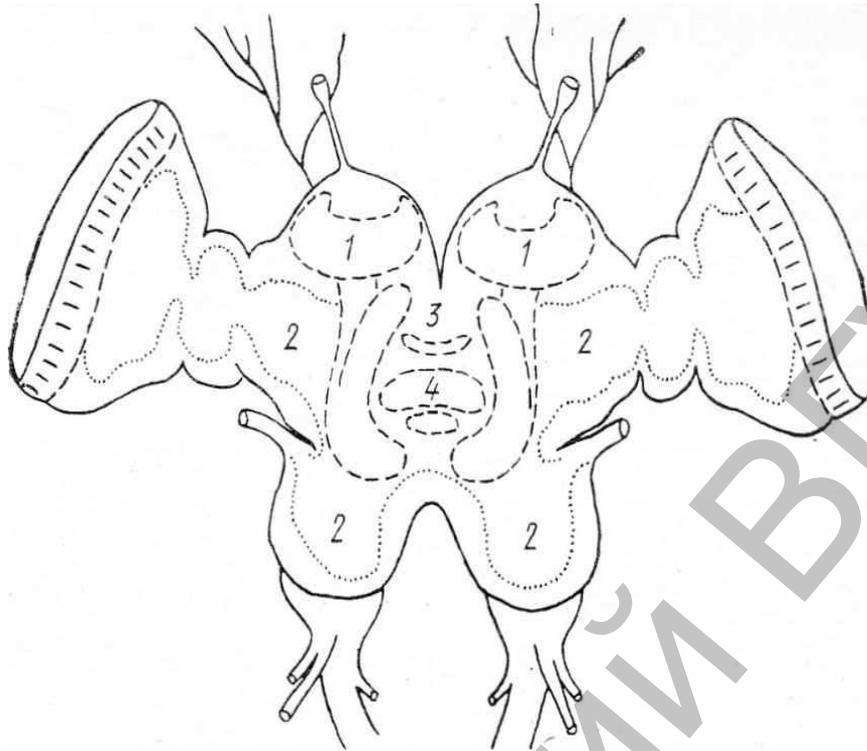


Рис. 19. Основные ассоциативные центры мозга саранчи *Gomphocerus rufus* (по Huber, 1965):

1 – грибковидные тела, 2 – нейропиль, 3 – протоцеребральный мост,
4 – центральное тело

Вопросы для изучения

1. Центральная нервная система.
2. Вегетативная нервная система.
3. Функциональная организация нервных центров.

Лабораторная работа № 12

Тема: Органы слуха и вкуса насекомых

Задания:

1. Зарисовать трихонидную механорецепторную сенсиллу (рис. 20.).
2. Зарисовать волосковые пластинки (рис. 21.).
3. Зарисовать тимпанальный орган саранчи (рис. 22.).
4. Зарисовать деформацию участков сколопидиев Джонстона органа (рис. 23.).
5. Зарисовать схему механохеморецепторной сенсиллы мухи (рис. 24.).

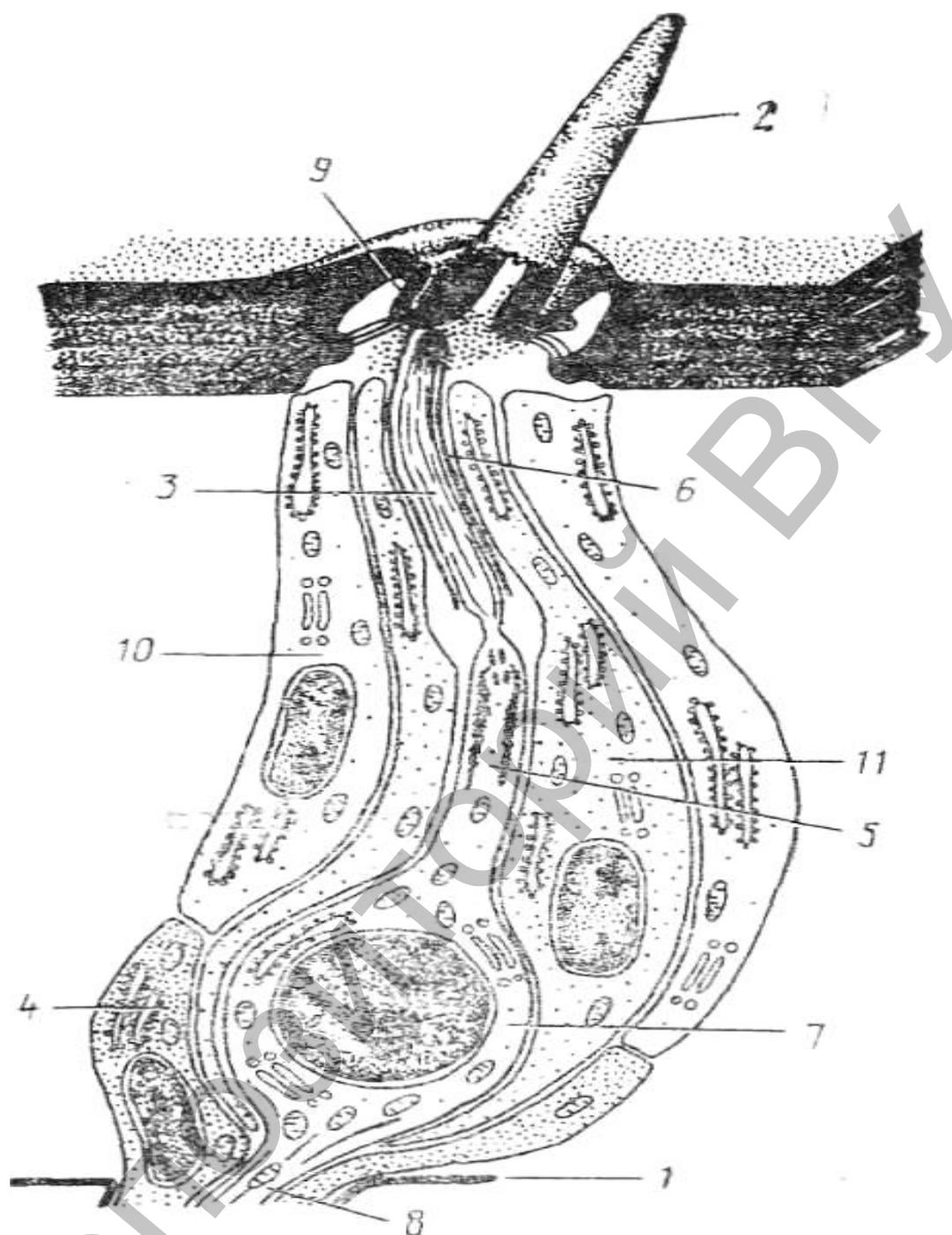


Рис. 20. Ультраструктурная организация трихонидной механорецепторной сенсиллы, расположенной на ножке антенны у личинки стрекозы (по В.П. Иванову, 1978.):

1 – базальная мембрана, 2 – волосок, 3 – видоизмененная ресничка, 4 – глиальная клетка, 5 – дистальный отросток нейрона, 6 – кутикулярная оболочка, 7 – нейрон, 8 – проксимальный отросток нейрона, 9 – сочленовная мембрана, 10 – тормогенная клетка, 11 – трихогенная клетка

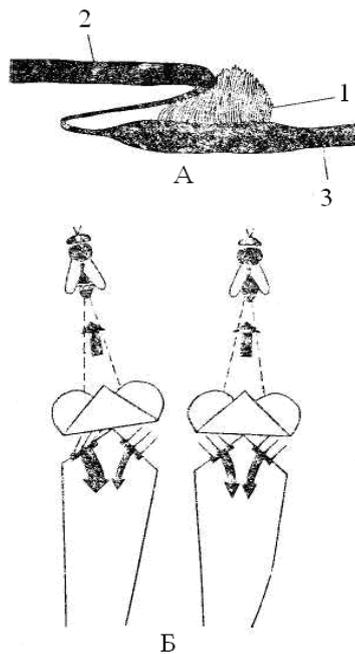


Рис. 21. Волосковые пластинки (по Pringle, 1938; X. Миттельштедту, 1960):

А – схема волосковой пластинки, расположенной в месте сочленения ноги с телом таракана *Periplaneta americana*; Б – роль шейных волосковых пластинок при зрительной локализации объекта охоты у богомола *Mantis religiosa* (стрелки – относительная степень возбуждения рецепторов правой и левой волосковой пластинки); 1 – волосковая пластинка, 2 – плеирит туловищного сегмента; 3 – тазик

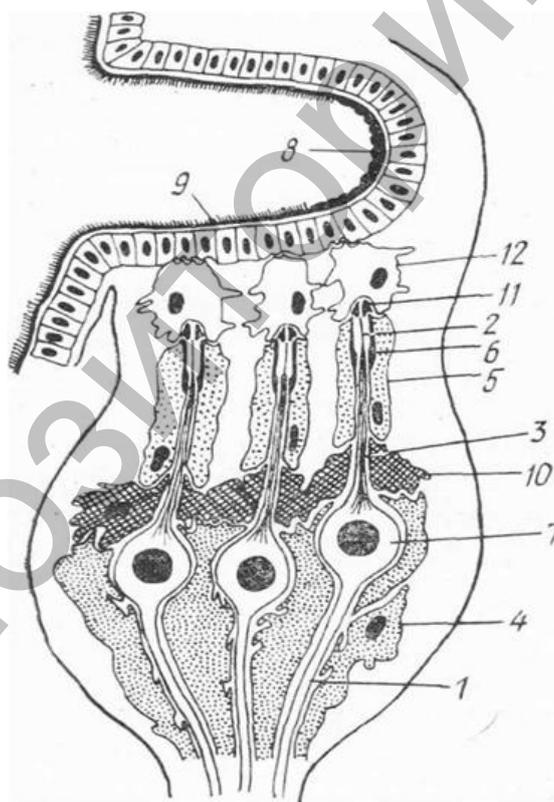
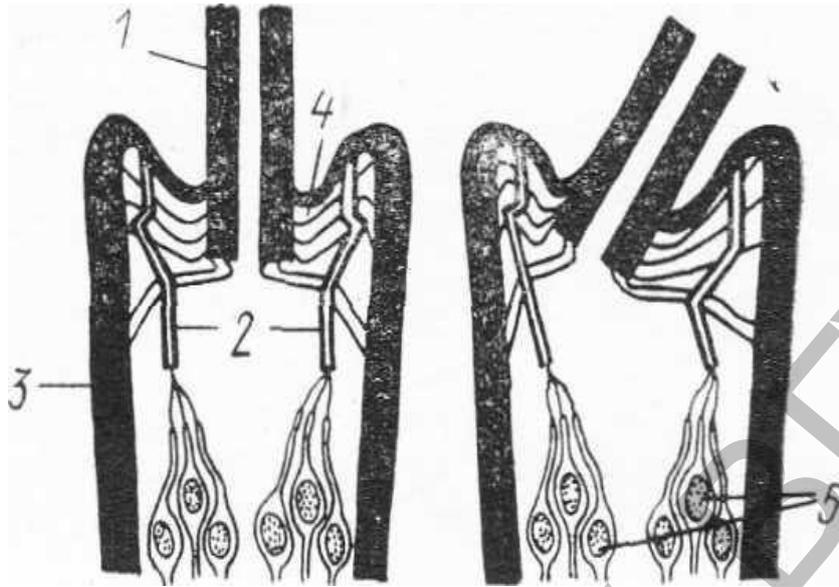
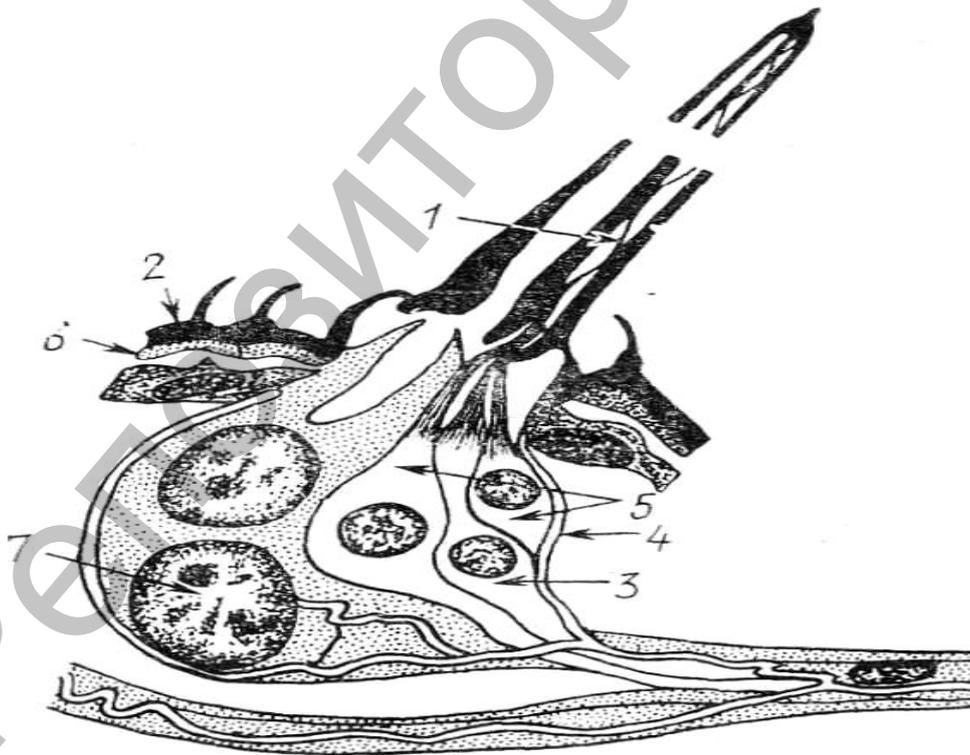


Рис. 22. Группа из трех сколопидиев в тимпанальном органе саранчи *Locusta migratoria* (по Gray, 1960): 1 – аксон сенсорного нейрона, 2 – видоизмененная ресничка, 3 – дендрит, 4 – нейроглиальная клетка, 5 – обкладочная клетка, 6 – сколопс, 7 – сенсорный нейрон, 8 – толстый и мягкий участок тимпанальной мембраны, 9 – тонкий и жесткий участок тимпанальной мембраны с шипиками, 10 – фиброзная клетка, 11 – шапочка, 12 – шапочковая клетка



**Рис. 23. Деформация дистальных участков сколопидиев
джонстонова органа у личинки стрекозы при движениях жгутика
антенны (по В. П. Иванову, 1978):**

1 – антенны жгутик, 2 – кутикулярная оболочка, 3 – ножка антенны,
4 – сочленовная мембрана, 5 – сенсорные нейроны



**Рис. 24. Схема механорецепторной сенсиллы мухи *Phormia regina*
(по Dethier, 1955):**

1 – дендрит, 2 – кутикула, 3 – механорецепторный нейрон; 4 – трахеола,
5 – хеморецепторные нейроны, 6 – эпидермис, 7 – ядро

Вопросы для изучения

1. Общие принципы организации рецепторов и органов чувств.
2. Трихонидные механорецепторные сенсиллы.
3. Проприорецепторы и рецепторы равновесия.
4. Генерация звуков, виброрецепторы и органы слуха.
5. Терморецепторы и гигрорецепторы.
6. Контактный хеморецептор и вкусовой анализатор.

Лабораторная работа № 13

Тема: Обонятельный и зрительный анализаторы

Задания:

1. Рассмотреть под биноклем фасеточные глаза имаго.
2. Рассмотреть под биноклем латеральные глазки (стеммы) гусениц дубового шелкопряда и подсчитать их количество.
3. Зарисовать кутикулярные отделы обонятельных сенсилл (рис. 25).
4. Зарисовать схему омматидия (рис. 26).
5. Зарисовать схему ретинальных клеток омматидия (рис. 27).

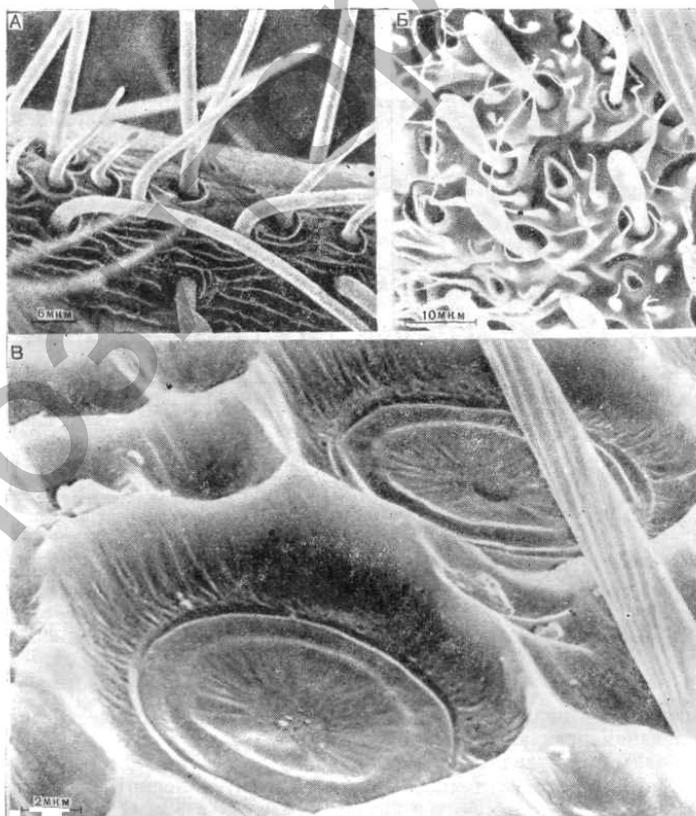


Рис. 25. Кутикулярные отделы обонятельных сенсилл:

А – трихонидные обонятельные сенсиллы на поверхности флагеллума антенны бабочки волнянки *Orgyia prisca*; Б – булавовидные сенсиллы максиллярных пальп комара *Culex pipiens*; В – плакоидные сенсиллы на поверхности флагеллума антенны самца пчелы *Eucera cinerea*

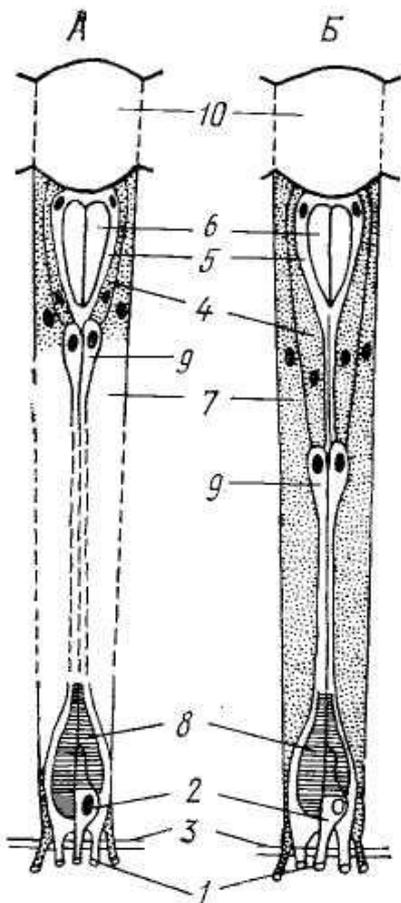


Рис. 26. Схема омматидия оптикосупер-позиционного глаза в состоянии световой (б) и темновой (а) адаптации (по Hogridge, 1972; Meyer-Rochow, 1972, видоизменено):

1 – роговичная линза; 2 – роговичный конус; 3 – кристаллические клетки; 4 – кристаллический конус; 5 – гранулы экранирующего пигмента; 6 – придаточные пигментные клетки; 7 – кристаллический тракт; 8 – ирисовые пигментные клетки; 9 – тела ретинулярных клеток; 10 – прозрачная зона; 11 – рабдом; 12 – базальная зрительная клетка; 13 – трахейный тапетум; 14 – базальная мембрана; 15 – аксоны зрительных клеток

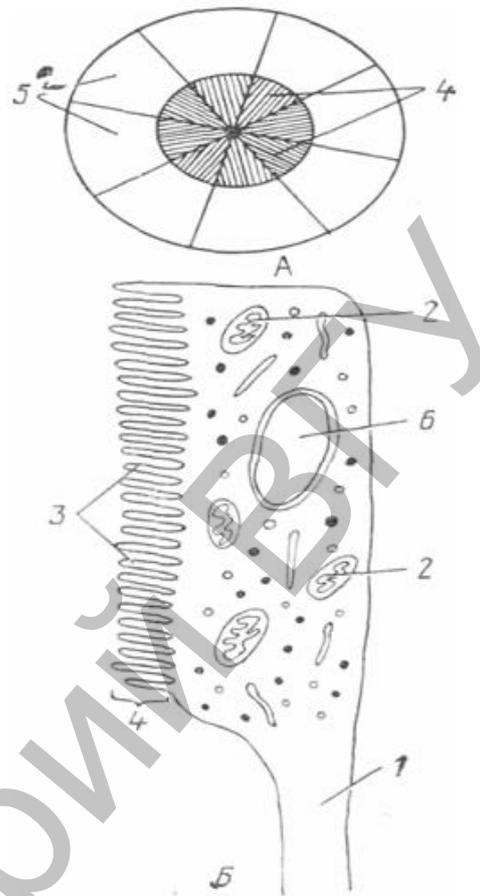


Рис. 27. Схема ретинальных клеток омматидия:

А – расположение ретинальных клеток на поперечном срезе через омматидий; Б – организация ретинального нейрона; 1 – аксон, 2 – митохондрии, 3 – микровиллы, 4 – рабдом, 5 – ретинальные нейроны, 6 – ядро

Вопросы для изучения

1. Дистантные хеморецепторы.
2. Обонятельный анализатор.
3. Фоторецепторы и зрительный анализатор.
4. Зрение и зрительная ориентация насекомых.

Лабораторная работа № 14

Тема: Морфофункциональные основы размножения насекомых

Задания:

1. Вскрыть брюшко самца бабочки, выделить копулятивный аппарат, промыть его в спирте, рассмотреть под биноклем и зарисовать.

Обозначить: эдеагус, вальвы, винкулум, саккус.

2. Вскрыть брюшко самки бабочки. Рассмотреть под биноклем яичники с яйцами, непарный медиальный яйцевод, половые отверстия. Зарисовать видимые структуры полового аппарата самки и обозначить.

3. Рассмотреть под микроскопом яйцо и зарисовать. Найти микропиле. Зарисовать.

Обозначить: микропиле, наружную структуру хориона.

4. Зарисовать схему мужских половых органов насекомого (рис. 28).

5. Зарисовать схему женских половых органов и овариолы (рис. 29).

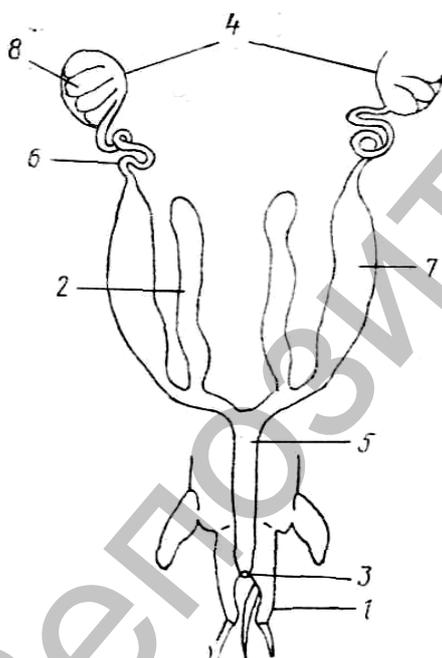


Рис. 28. Схема мужских половых органов насекомого (по Weber, 1954):

1 – копулятивные придатки,
2 – придаточная железа, 3 – половое отверстие, 4 – семенники,
5 – семяизвергательный канал,
6 – семяпровод, 7 – семенной пузырек,
8 – семенные фолликулы

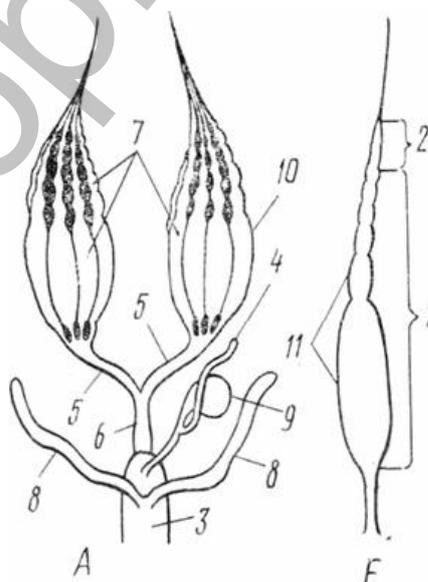


Рис. 29. Схема женских половых органов (A) и овариолы (B) насекомого (по Snodgrass, 1935):

1 – вителлярий, 2 – гермарий,
3 – генитальная камера, 4 – железа семяприемника, 5 – латеральный яйцевод, 6 – медиальный яйцевод,
7 – овариолы, 8 – придаточные железы,
9 – семяприемник, 10 – яичник,
11 – яйцевые камеры

Вопросы для изучения

1. Способы размножения насекомых.
2. Строение и функции мужских половых органов.
3. Строение и функции женских половых органов. Оогенез.
4. Роль гормонов в регуляции развития.

Лабораторная работа № 15

Тема: Управление ходьбой и полетом насекомых

Задания:

1. Зарисовать схему работы крыловых мышц непрямого действия (рис. 30).
2. Зарисовать крыловые мышцы медоносной пчелы (рис. 31).
3. Просмотреть кинофильм о различных способах передвижения насекомых.

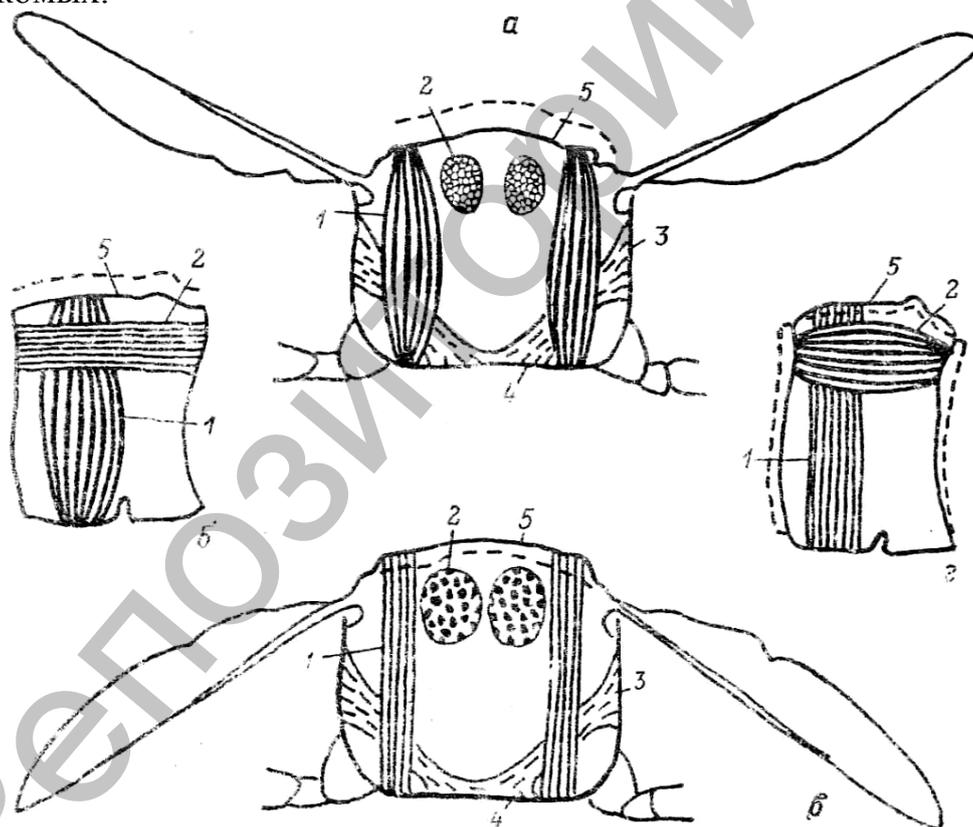


Рис. 30. Схемы работы крыловых мышц непрямого действия (Шванвич, 1949)

а, в – сокращения дорсовентральных и продольных спинных мышц (поперечные разрезы грудного сегмента); б, г – сокращение этих же мышц (продольные разрезы грудного сегмента). 1 – дорсовентральная мышца; 2 – продольная спинная мышца; 3 – плеурит; 4 – стернит; 5 – тергит. Прерывистые линии – положение и границы

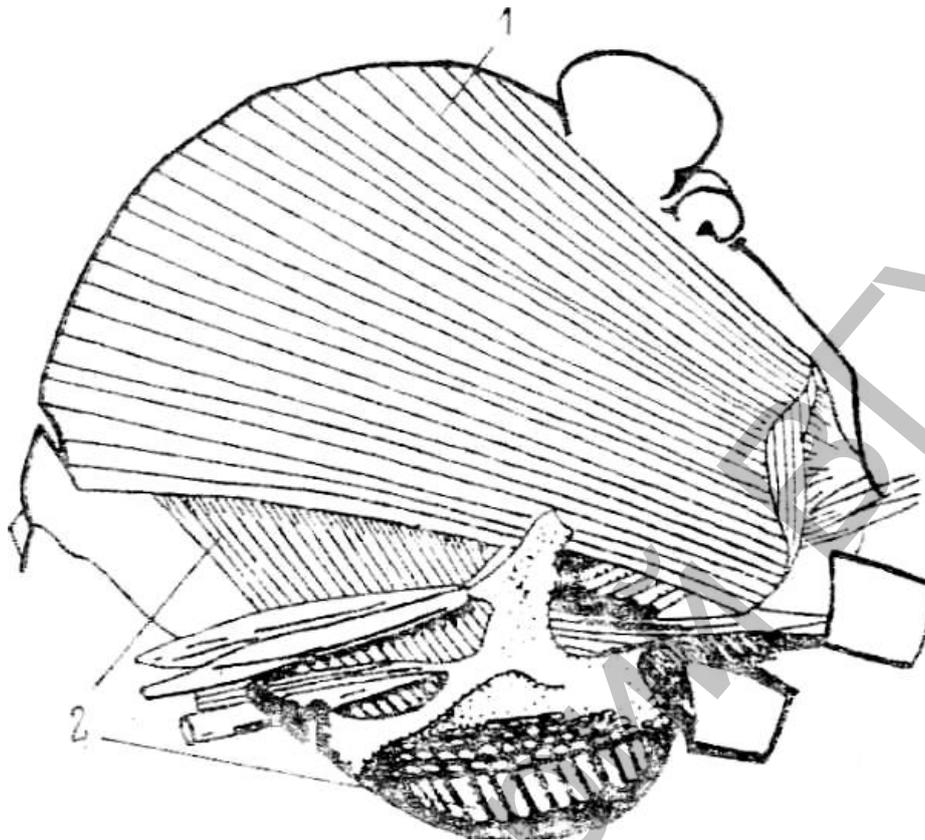


Рис. 31. Крыловые мышцы медоносной пчелы. Вид изнутри (Snodgrass, 1935)

1 – спинные продольные, 2 – дорсовентральные

Вопросы для изучения

1. Скорость передвижения насекомых.
2. Походка насекомых.
3. Мышцы конечностей и их иннервация.
4. Начало, поддержание и прекращение полета.
5. Скорость и дальность полета.
6. Расположение и функции крыловых мышц, иннервация мышц.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Тыщенко, В.П. Основы физиологии насекомых: I. Физиология метаболических систем / В.П. Тыщенко. – М.: Высшая школа, 1976. – 364 с.
2. Тыщенко, В.П. Основы физиологии насекомых: II. Физиология информационных систем / В.П. Тыщенко. – М.: Высшая школа, 1977. – 302 с.
3. Тыщенко, В.П. Физиология насекомых / В.П. Тыщенко. – М.: Высшая школа, 1986. – 299 с.

Дополнительная

1. Гилмур, Д. Метаболизм насекомых / Д. Гилмур. – М.: Мир, 1968. – 229 с.
2. Гиляров, М.С. Закономерности приспособлений членистоногих к жизни на суше / М.С. Гиляров. – М.: Наука, 1970. – 276 с.
3. Елизаров, Ю.А. Хеморецепция насекомых / Ю.А. Елизаров. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 232 с.
4. Жантиев, Р.Д. Биоакустика насекомых / Р.Д. Жантиев. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 256 с.
5. Фриш, К. Из жизни пчел / К. Фриш. – М.: Мир, 1980. – 214 с.
6. Шовен, Р. Физиология насекомых / Р. Шовен. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1953. – 494 с.

Учебное издание

ДЕНИСОВА Светлана Ивановна

ФИЗИОЛОГИЯ НАСЕКОМЫХ

Методические рекомендации

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

И.В. Волкова

Подписано в печать .2013. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,14. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

ЛИ № 02330/110 от 30.01.2013.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.