

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический  
университет имени академика Д.Н. Прянишникова»

М.К. Симанков, С.В. Лихачев

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВЕДЕНИЯ  
И СОДЕРЖАНИЯ МЕДОНОСНЫХ ПЧЁЛ.**

**АПИМОНИТОРИНГ**

Лабораторный практикум

*Пермь*  
*ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ*  
*2023*

УДК 638.12  
ББК 46.91  
С 370

*Рецензенты:*

Шураков С.А. – доцент кафедры биологии и гигиены животных факультета ветеринарной медицины и зоотехнологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, кандидат биологических наук;

Насртдинова Т.Ю. – доцент кафедры экологии и химических технологий института фундаментальных и прикладных агроэкобиотехнологий и лесного хозяйства ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, кандидат химических наук.

**С-370 Симанков, М.К.** Экологические аспекты разведения и содержания медоносных пчёл. Апимониторинг / М.К. Симанков, С.В. Лихачев; ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. – Пермь: ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023. – 71 с.

Лабораторный практикум содержит необходимый материал для проведения лабораторных работ по дисциплине «Экологические аспекты разведения и содержания медоносных пчёл. Апимониторинг» с обучающимися магистратуры направления подготовки 06.04.01 Биология, направленность (профиль) «Биомониторинг и сохранение биоразнообразия».

**УДК 638.12**  
**ББК 46.91**

Лабораторный практикум рекомендован к изданию кафедрой экологии и химических технологий (протокол № 1 от 06.09 2023) и методической комиссией института фундаментальных и прикладных агроэкобиотехнологий и лесного хозяйства (протокол № 1 от 06.09.2023).

© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2023  
© Симанков М.К., 2023  
©Лихачев С.В., 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
<b>ТЕМА 1. МОРФОЛОГИЯ ПЧЕЛЫ МЕДОНОСНОЙ</b>	6
1.1 НАРУЖНОЕ СТРОЕНИЕ ТЕЛА ПЧЕЛЫ. СТРОЕНИЕ ГОЛОВЫ И УСИКОВ .....	7
<i>Работа № 1. Наружное строение тела пчелы. Строе-</i> <i>ние головы и усиков .....</i>	8
1.2 СТРОЕНИЕ РОТОВОГО АППАРАТА И ГРУДНОГО ОТДЕЛА ПЧЕЛЫ .....	10
<i>Работа № 2. Строение ротового аппарата и грудного</i> <i>отдела пчелы .....</i>	11
1.3 СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ ДВИЖЕНИЯ (НОЖКИ И КРЫЛЬЯ) .....	13
<i>Работа № 3. Строение органов движения (ножки</i> <i>и крылья) .....</i>	14
1.4 СТРОЕНИЕ БРЮШНОГО ОТДЕЛА ПЧЕЛЫ. ЖАЛОНОСНЫЙ АППАРАТ .....	16
<i>Работа № 4. Строение брюшного отдела пчелы.</i> <i>Жалоносный аппарат .....</i>	16
1.5 ОЦЕНКА ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ .....	20
<i>Работа № 5. Оценка экстерьерных признаков .....</i>	21
<b>ТЕМА 2. АНАТОМИЯ ПЧЕЛЫ МЕДОНОСНОЙ ....</b>	28
2.1 СТРОЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И КРОВЕНОС- НОЙ СИСТЕМ .....	30
<i>Работа № 6. Строение дыхательной и кровеносной</i> <i>систем .....</i>	30
2.2 СТРОЕНИЕ ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ .....	33
<i>Работа № 7. Строение половой системы .....</i>	34
2.3 СТРОЕНИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ .....	37
<i>Работа № 8. Строение нервной системы .....</i>	37
<b>ТЕМА 3. ГНЕЗДО ПЧЁЛ .....</b>	40

<i>Работа № 9. Гнездо пчёл</i> .....	41
<i>Работа № 10. Строение сот</i> .....	42
<b>ТЕМА 4. АДАПТАЦИИ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ</b> .....	44
<i>Работа № 11. Адаптации к среде обитания</i> .....	44
<b>ТЕМА 5. АДАПТАЦИИ К ПИТАНИЮ, ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ</b> .....	47
5.1 СТРОЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЧЕЛЫ .....	47
<i>Работа № 12. Строение пищеварительной системы пчелы</i> .....	48
5.2 МЕДОНОСНЫЕ РАСТЕНИЯ .....	52
<i>Работа № 13. Медоносные растения</i> .....	54
<b>ТЕМА 6. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В АПИМОНИТОРИНГЕ</b> .....	56
6.1 АПИМОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЁДЕ .....	57
<i>Работа № 14. Апимониторинг содержания тяжёлых металлов в мёде</i> .....	59
6.2 АПИМОНИТОРИНГ ПО УРОВНЮ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ КРЫЛЬЕВ .....	60
<i>Работа № 15. Апимониторинг по уровню флуктуирующей асимметрии крыльев</i> .....	62
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	68
<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b> .....	69
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> ....	71

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение морфологических, анатомических, и этологических особенностей пчелы медоносной, является необходимым условием в подготовке биологов. Возможности биомониторинга позволяют использовать пчел и продукты их жизнедеятельности в экологическом мониторинге окружающей среды. Кроме того общебиосферная роль насекомых опылителей является фундаментом сохранения биоразнообразия.

Целью данного лабораторного практикума является систематизация теоретического материала, расширение знаний обучающихся о биомониторинге и экологии насекомых (на примере пчёл), а также методическая помощь в подготовке и выполнении лабораторных работ.

В начале каждого раздела приводится небольшое теоретическое обобщение, далее следуют задания для поэтапного выполнения лабораторной работы. Выполнение лабораторной работы основано на использовании биологического материала (живые насекомые, препараты насекомых, микропрепараты, гербарий и др.). Для каждой лабораторной работы приведен перечень требуемых материалов, инструментов и оборудования. Иллюстрации по темам позволяют облегчить обучающимся изучение биологических препаратов. Для самоконтроля усвоения материала и оценки его усвояемости преподавателем, после каждой лабораторной работы приведены контрольные вопросы. Для подготовки к лабораторным работам в конце практикума приведен перечень основной и дополнительной литературы.

## Тема 1. МОРФОЛОГИЯ ПЧЕЛЫ МЕДОНОСНОЙ

Морфология исследует формы (строение) организмов, выясняет их приспособительное (адаптивное) значение. Медоносная пчела (*Apis mellifera* L.) входит в состав надсемейства *Apoidea*, образующего большую группу (около 20% видового состава) в прогрессирующем отряде *Hymenoptera*. Возможность расселения медоносных пчёл на пяти континентах связана с высоким адаптивным потенциалом вида, позволяющим ему жить в условиях с высокой изменчивостью метеорологических условий и нестабильной продуктивностью медоносной растительности. В значительной мере широкая экологическая валентность пчёл обеспечивается социальной организацией и этологическими адаптациями, но также дифференциацией и специализацией особей внутри пчелиной семьи, их морфологическими, физиологическими и биохимическими адаптациями. Морфологические особенности среднерусских пчёл (*A. mellifera mellifera* L.) позволяют им обитать на северной границе ареала и проявляются в: тёмной окраске; более крупных размерах тела и коротких крыльях, хоботке, лапках; большей площади восковых зеркалец; больших размерах ядовитых желёз.

Семья медоносной пчелы состоит из двух стад женского пола – рабочих пчёл и матки и самцов – трутней. Все они различаются между собой как по своим общественным функциям, так и по строению тела. Все это обуславливает изучение морфологических особенностей стад, а данные таких исследований используются в разработке новых технологий в пчеловодстве, учитываются в разных аспектах содержания и апимониторинге.

## 1.1 НАРУЖНОЕ СТРОЕНИЕ ТЕЛА ПЧЕЛЫ. СТРОЕНИЕ ГОЛОВЫ И УСИКОВ

Для всех особей пчелиной семьи характерно деление тела на три отдела – голову, грудь и брюшко. На головном отделе расположены три простых и два сложных глаза, пара усиков и ротовой аппарат, на грудном отделе находятся три пары ножек и две пары крыльев. Тело пчелы покрыто кутикулой, которая предохраняет внутренние органы и придает телу определенную форму. Элементы внешней структуры называются склеритами. Они представляют собой жесткие склеротизированные участки тела. Склериты могут разделяться бороздками, линиями или морщинками. Подвижность сочленения склеритов и различных придатков тела обеспечивается сочленовными мембранами. Из-за высокой эластичности они могут образовывать складки, обеспечивающие возможность сближения склеритов и отделов тела.

Покровы тела включают в себя два структурных образования, отличающихся по функциональным свойствам и происхождению. Одно из них состоит из живых клеток (эпидермис), другое – продукт их выделения (кутикула).

Часть тела, которая несет на себе голову и обращена к ней, называется передней. Конец брюшка и обращенные к нему участки тела называются задними частями.

Форма головы, размеры, расположение простых и сложных глаз различны для представителей стад. У пчелы голова треугольной формы, у трутня – круглой и у матки – многоугольной.

Грудь и брюшко состоят из колец (сегментов). В груди четыре кольца, соединенных между собой таким образом, что могут совершать пружинящие движения.

## **Работа № 1. Наружное строение тела пчелы.**

### **Строение головы и усиков**

Цель работы: Изучить наружное строение тела пчелы, матки и трутня; строение головы и усиков.

Оборудование и материалы: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, пинцеты, препарировальные иглы, предметные стекла, салфетки, таблицы, ксерокопии изображений. Раздаточный материал – матки, трутни и рабочие пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Рассмотреть наружное строение всех особей пчелиной семьи.

Заспиртованных рабочих пчел, маток и трутней разложить на предметном стекле (по одному экземпляру) и, пользуясь микроскопом МБС-1, рассмотреть при 16-ти кратном увеличении их строение. Обратит внимание, что тело пчелы состоит из трех отделов: голова, грудь, брюшко. На головном отделе расположены: ротовой аппарат, пара усиков, три простых и два сложных глаза, а на грудном – две пары крыльев и три пары ножек.

Задание 2. Отделить головки всех особей, рассмотреть их форму, расположение простых и сложных глаз. Сделать обозначения на рисунке 1.

Отделить с помощью пинцета головки всех особей, положить рядом на предметном стекле и рассмотреть под микроскопом. Сравнить форму головы у матки, трутня и пчелы, расположение простых и сложных глаз.

Задание 3. Рассмотреть усики пчелы и трутня. Сделать обозначения на рисунке 1. Выделить пинцетом из сочлененной ямки усик пчелы и трутня, положить на предметное стекло, рассмотреть под микроскопом при 32-ти кратном увеличении. Обратит внимание на разницу в строении.



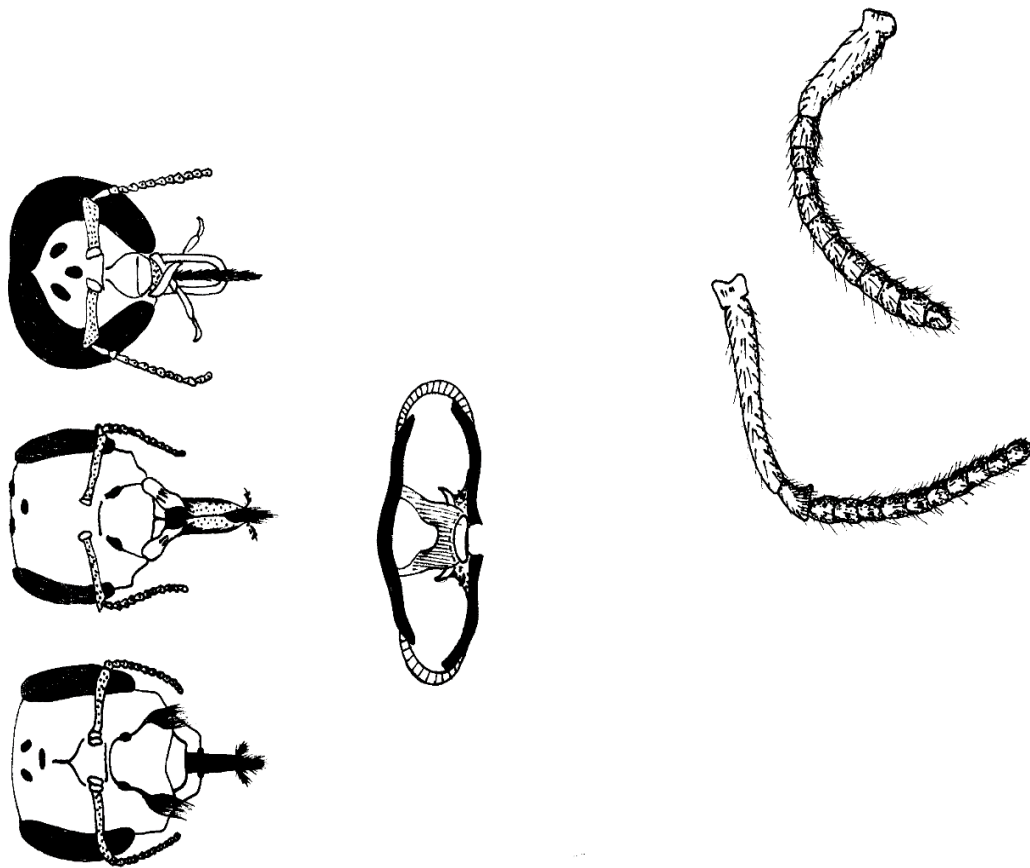


Рисунок 1 – Строение головы и усиков

Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопии изображения, которую выдает преподаватель в начале занятия. На рисунке должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

*Контрольные вопросы по работе 1.*

1. Состав пчелиной семьи. Какие функции выполняют особи пчелиной семьи?
2. Каковы особенности строения внешнего покрова пчелы?
3. Как морфологически отличаются особи пчелиной семьи?
4. В чем отличие строения усиков всех стад?
5. Каковы особенности наружного и внутреннего строения головы?
6. Какие отличия во внешнем строении, от других пород европейских медоносных пчёл, имеют среднерусские пчёлы?

## 1.2 СТРОЕНИЕ РОТОВОГО АППАРАТА И ГРУДНОГО ОТДЕЛА ПЧЕЛЫ

У пчел ротовой аппарат относится к лижуще-сосущегрызущему типу. В состав ротового аппарата входит верхняя губа, парные верхние челюсти, нижние челюсти и нижняя губа.

Грудью (тораksom) называют средний отдел тела, расположенный между головой и брюшком. У личинки пчелы грудь состоит из 3-х сегментов. Грудной отдел – торакс у всех трех взрослых особей состоит из 4-х сегментов, называемых иначе кольцами: трех собственно грудных и четвертого, перешедшего из брюшка во время превращения личинки в куколку.

Каждый сегмент груди имеет свое название:  
первый сегмент – переднегрудь (проторакс);  
второй сегмент – среднегрудь (мезоторакс);  
третий сегмент – заднегрудь (метаторакс);  
четвертый сегмент – добавочное кольцо (проподеум).

Каждый грудной сегмент состоит из 4-х частей: верхняя часть – тергит, брюшная часть – стернит; между ними находятся еще правый и левый боковые – плеуриты. Все элементы в кольце и кольца собой соединяются жестко, поэтому грудь не может растягиваться.

На груди пчелы расположены 3 пары дыхалец.

Первая пара дыхалец находится на границе передне- и среднегруди, под выростом скутеллюма переднегруди. Вторая пара дыхалец расположена на заднегруди, под основанием задних крыльев. Дыхальце очень маленькое, имеет вид щели. Третья пара – самые крупные дыхальца овальной формы и расположены на тергите проподеума.

## Работа № 2. Строение ротового аппарата и грудного отдела пчелы

Цель работы: Изучить строение ротового аппарата и грудного отдела рабочей пчелы, матки и трутня.

Оборудование и материалы: Микроскоп МБС-1, чашки Петри, препарировальные иглы, предметные стекла, вода, салфетки, ксерокопия рисунка. Раздаточный материал – матки, пчелы, трутни.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать, рассмотреть верхнюю губу, верхние челюсти и хоботок у всех особей. Отметить отличительные признаки и сделать обозначения на рисунке 2.

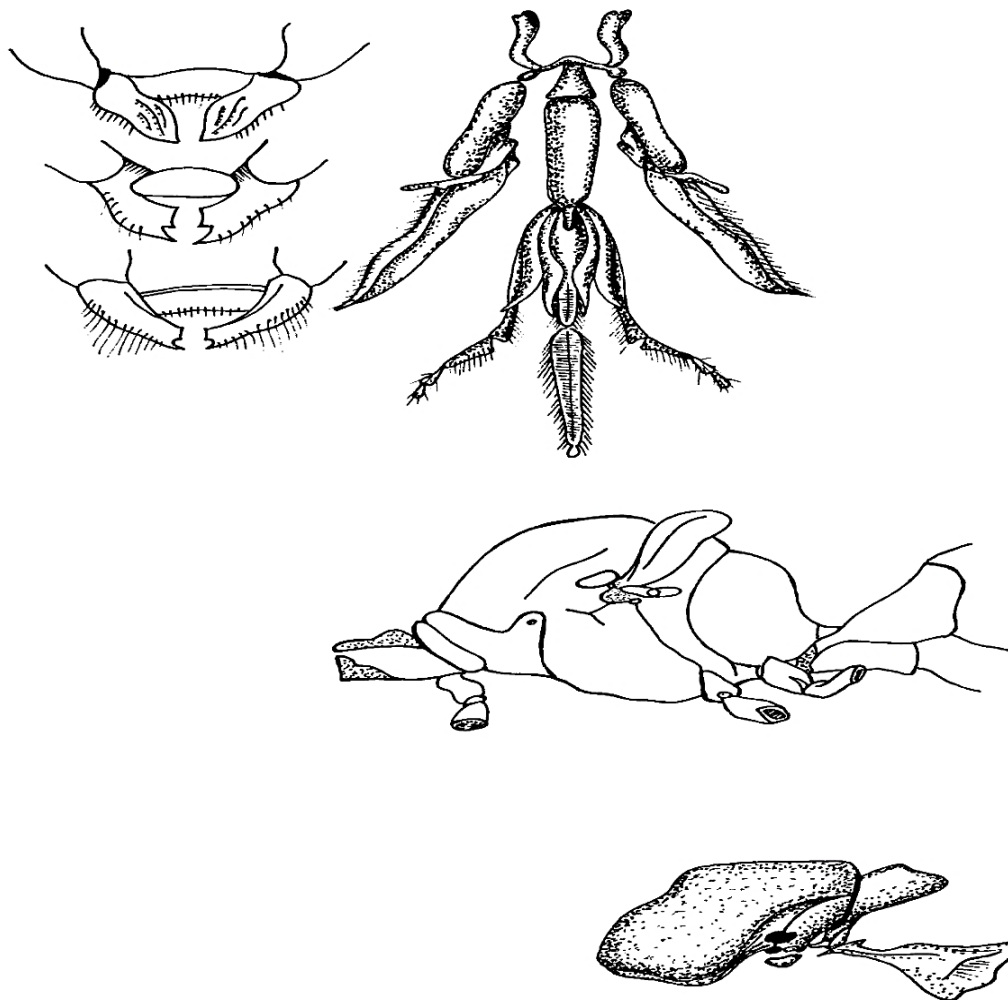


Рисунок 2 – Строение ротового аппарата и грудного отдела пчелы

Для вычленения ротовых частей пинцетом отделить голову от грудного отдела, поместить в каплю воды на предметное стекло затылочным отверстием кверху и под микроскопом при 16-ти кратном увеличении вычленить хоботок. Пинцетом, находящимся в левой руке, слегка надавить на затылочную сторону головы пчелы и обнаружить места прикрепления основания ротового аппарата к голове. Препарировавшей иглой, взятой в правую руку, провести несколько раз по месту сочленения хоботка с головой и отделить его. Под микроскопом рассмотреть строение хоботка. С помощью пинцета и препарировавшей иглы отделить от головы верхнюю губу и верхние челюсти (мандибулы); отметить разницу в строении.

Задание 2. Отделить грудной отдел пчелы, рассмотреть его внешнее строение и сделать обозначения на рисунке 2.

С помощью пинцета отделить грудной отдел пчелы, удалить ножки и крылья. Для лучшего рассмотрения хитиновых частей груди ее необходимо освободить от волосков лезвием бритвы, а затем расположить боковой поверхностью вверх на предметном стекле. Под микроскопом при 16-ти кратном увеличении рассмотреть сегментацию груди.

Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопии изображения, которую выдает преподаватель в начале занятия. На рисунке должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

### *Контрольные вопросы по работе 2.*

1. Тип ротового аппарата у пчел. Из каких основных частей состоит ротовой аппарат?
2. Каково строение верхней губы, место прикрепления и назначение?
3. Каково строение верхних челюстей, их строение, место

- прикрепления и назначение у различных особей?
4. Какие особенности имеет строение нижних челюстей?
  5. Какие особенности имеет строение нижней губы?
  6. Из каких основных частей состоит хоботок?
  7. Какие особенности строения имеет язычок?
  8. Какие имеются отличительные особенности ротового аппарата у различных особей пчелиной семьи?
  9. Из скольких сегментов состоит грудь? Места расположения дыхалец на груди.
  10. Какие отличия в строении ротового аппарата имеют среднерусские пчёлы и, в чем заключается адаптивное значение этих отличий?

### **1.3 СТРОЕНИЕ ОРГАНОВ ДВИЖЕНИЯ (НОЖКИ И КРЫЛЬЯ)**

Антенны, ноги, придатки и различные выросты со стороны их прикрепления называются базальными (основными), а с противоположной – апикальными (концевыми) участками. Соответственно этому части придатков и структур, например, членики антенн, дифференцируются на проксимальные (обращенные к базальной стороне) и дистальные (обращенные к вершине).

Пчела имеет три пары ножек: передние, средние и задние. По величине наиболее крупные ножки – задние, самые маленькие, но самые подвижные – передние. Сегментация и шарнирное сочленение частей ноги обеспечивает каждой из них перемещение в различных направлениях. Однако, в каждом из сочленений возможно перемещение лишь в одной плоскости. Этим обеспечивается стереотипность двигательных актов. Каждая ножка состоит из нескольких члеников.

Ножки пчелы выполняют три основные функции: передвижение, чистка тела, сбор пыльцы и прополиса.

### **Работа № 3. Строение органов движения (ножки и крылья)**

Цель работы: Изучить строение ножек и крыльев пчелы.

Оборудование и материал: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, пинцеты, препарировальные иглы, предметные стекла, лезвия, салфетки, таблицы, ксерокопия рисунка. Раздаточный материал – матки, трутни, пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать ножки пчелы, матки и трутня. Рассмотреть биологические приспособления на них, отметить разницу и сделать обозначения на рисунке 3.

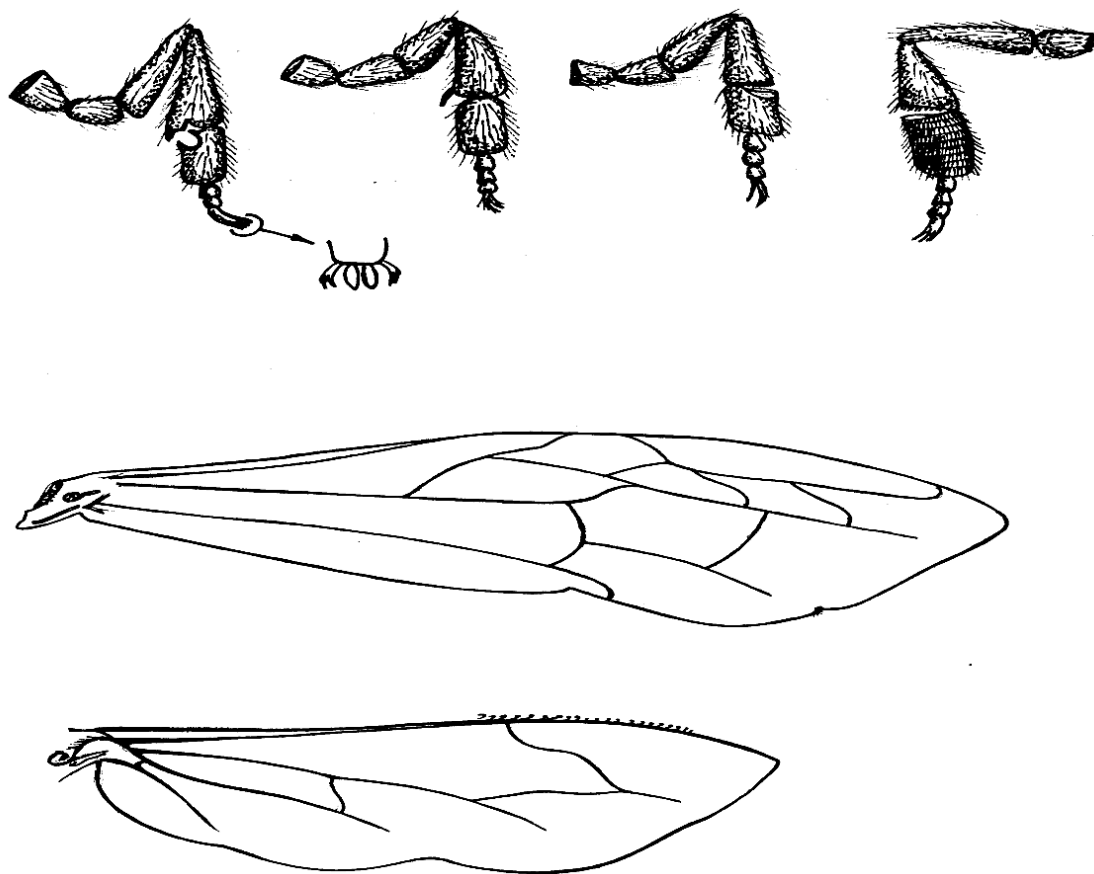


Рисунок 3 – Строение органов движения (ножки и крылья)

Отделить пинцетом переднюю, среднюю и две задние ножки (одну из них расположить наружной, а другую внутренней стороной), поместить на предметное стекло и при 16-ти кратном увеличении рассмотреть под микроскопом. Отметить различия в строении задних ножек всех особей пчелиной семьи.

Задание 2. Отпрепарировать крылья пчелы, рассмотреть жилкование, сцепочный аппарат и сделать обозначения на рисунке 3.

Для изучения строения крыла пчелы от грудного отдела пинцетом отделить переднее и заднее крылья. Поместить на предметное стекло и рассмотреть под микроскопом при 16-ти кратном увеличении форму, строение каждого крыла: жилки, ячейки между жилками крыла, сцепочный аппарат (складка по заднему краю переднего крыла и зацепки на переднем крае).

Оценка выполнения работы: На ксерокопии рисунков должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

### *Контрольные вопросы по работе 3.*

1. Каковы особенности строения и функции, выполняемые ножками?
2. Какие биологические приспособления имеются на передних, средних и задних ножках?
3. Как пчелы чистят тело, собирают пыльцу и формируют обножку?
4. Как устроены крылья? Когда появляются крылья у пчелы?
5. Как называются продольные и поперечные жилки крыла?
6. Какие отличия, в строении ножек и крыльев, от других рас европейских пчёл имеют среднерусские пчелы?

## **1.4 СТРОЕНИЕ БРЮШНОГО ОТДЕЛА ПЧЕЛЫ. ЖАЛОНОСНЫЙ АППАРАТ**

Брюшко – задний (третий) отдел тела пчелы, отделенный от груди коротким стебельком. По его строению брюшко пчелы относится к висячему типу (при его присутствии, как например, у пилильщиков, сидячее, а при удлинении, как у многих видов ос и наездников – стебельчатое). Стебелек служит морфологической границей между брюшным и грудным отделами.

У личинок всех трех особей пчелиной семьи брюшко состоит из 10 сегментов. Затем, в процессе превращения личинки во взрослую особь, первое брюшное кольцо переходит в грудной отдел и образует пропodeум. Последнее кольцо у всех трех особей образует анальное кольцо, которое внешне не обнаруживается.

### **Работа № 4. Строение брюшного отдела пчелы. Жалоносный аппарат**

Цель работы: Изучить строение брюшного отдела и жалоносного аппарата пчелы.

Оборудование и материалы: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, препарировальные иглы, пинцеты, предметные стекла, салфетки, вода, глицерин, таблицы, ксерокопии рисунков. Раздаточный материал – пчелы, матки.

Порядок выполнения:

Задание 1. Расчленив на сегменты (тергиты и стерниты) брюшко рабочей пчелы, матки и трутня, рассмотреть и сделать обозначения на рисунке 4.

Отделить брюшко пчелы от грудного отдела и положить



на дно восковой ванночки тергитами вверх. Ввести в отверстие стебелька две иглы и, придерживая одной из них брюшную сторону, другой отделить друг от друга спинные полукольца от брюшных, проводя при этом иглой по месту их сочленения с одной и с другой стороны.

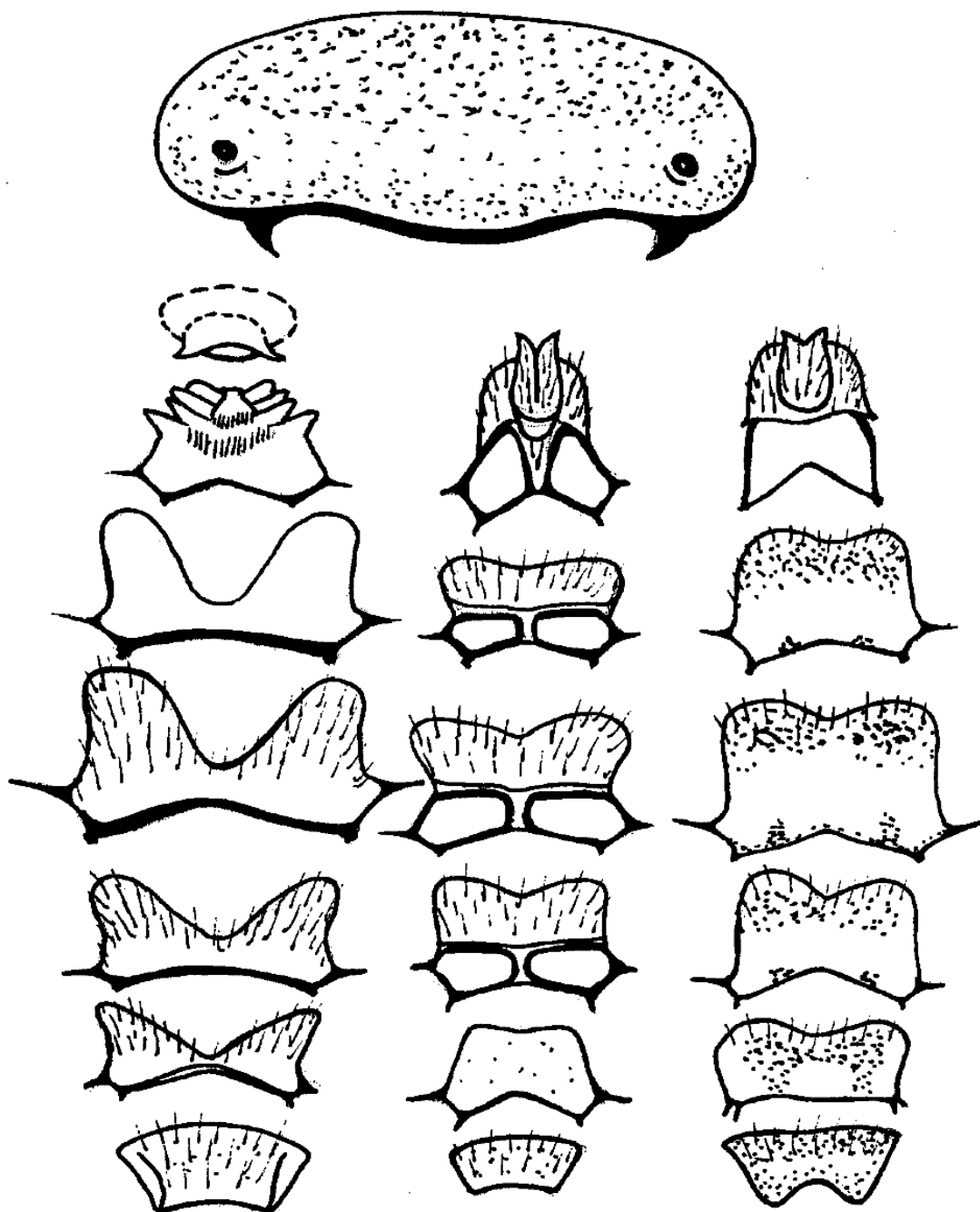


Рисунок 4 – Строение брюшного отдела особей семьи медоносных пчел

С помощью пинцета перенести тергиты на предметное стекло в глицерин. Под микроскопом при 16-ти кратном увеличении отделить их друг от друга начиная с переднего и кончая последним. Обратить внимание на строение тергитов, их форму, расположение на них дыхалец.

Промыть водой в восковой ванночке и очистить от мягких тканей стерниты, перенести их на предметное стекло. С помощью пинцета и препарировальной иглы под микроскопом отделить последовательно, начиная с первого, все стерниты. Обратить внимание, что на двух стернитах (1-ом и 2-ом) нет восковых зеркалец; на 3, 4, 5, 6 они есть. Восковые зеркальца – светлые участки хитина овальной формы.

Таким же способом отделить тергиты и стерниты матки и трутня. Сравнить их со стернитами и тергитами рабочей пчелы.

Задание 2. Отпрепарировать жалоносный аппарат пчелы и матки, рассмотреть и сделать обозначения на рисунке 5.

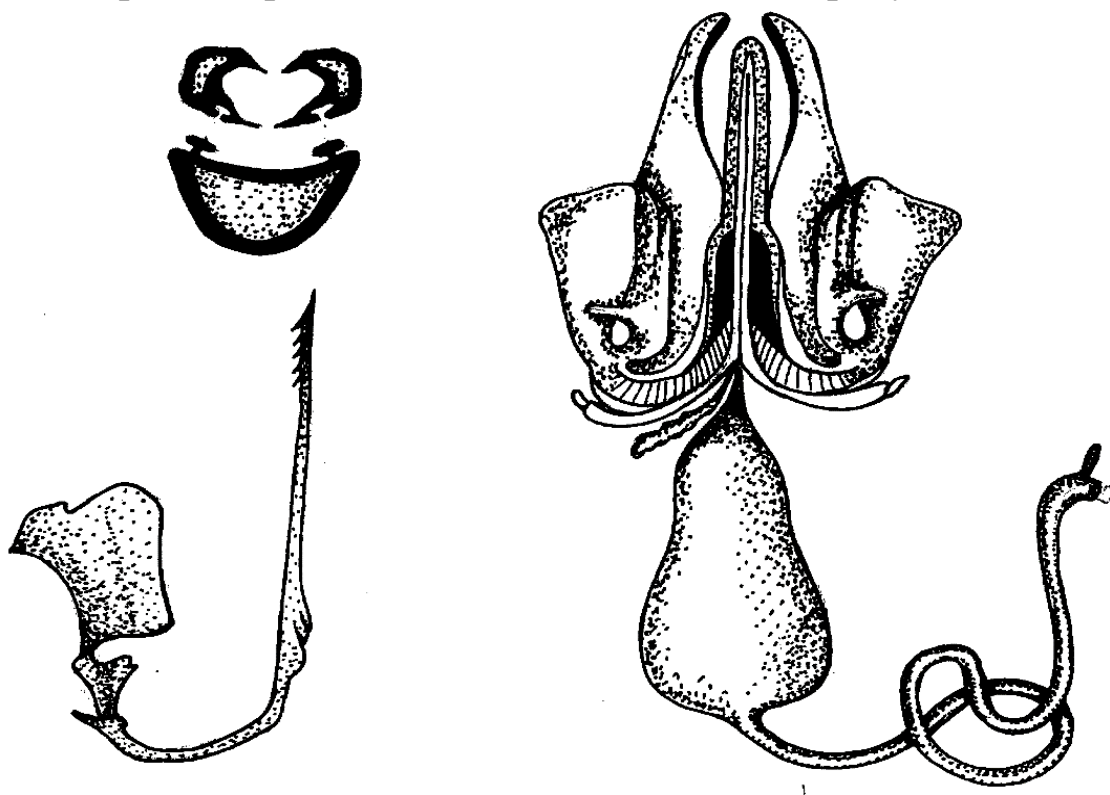


Рисунок 5 – Строение жалоносного аппарата рабочей пчелы

Для извлечения жалоносного аппарата взять пчелу и с помощью пинцета отделить последний сегмент брюшка. Расчлененный сегмент поместить на предметное стекло и смочить глицерином или водой. Под микроскопом при увеличении с помощью препарировальных игл отделить тергит от стернита и выделить жалоносный аппарат.

Жало сверху покрыто стигмальными пластинками. Если стигмальных пластинок на жале нет, то находим их с внутренней стороны тергита последнего сегмента. Отделить стигмальные пластинки, расправить жалоносный аппарат найти две ядовитые железы – большую и малую, а ниже все части жала.

Задание 3. Отделить подвижную часть жала от неподвижной. Осторожно, препарировальными иглами, отделить квадратную и треугольную пластинки от продолговатой, затем препарировальной иглой, находящейся в левой руке, придерживая колбовидное расширение салазок, извлечь стилеты из салазок. Таким образом, подвижная часть жалоносного аппарата будет отделена от неподвижной.

Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопиях изображений, которые выдает преподаватель в начале занятия. На рисунке должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

#### *Контрольные вопросы по работе 4.*

1. Как устроен брюшной отдел пчелы?
2. Как устроены тергиты и стерниты, разница в строении у всех особей?
3. Из каких основных частей состоит жалоносный аппарат, его значение?
4. Какое строение имеет неподвижный отдел жала?
5. Какое строение имеет подвижный отдел жала?

6. Каким образом соединены подвижный и неподвижный отделы?
7. Для чего нужны ядовитые железы, их строение и значение?
8. Какие особенности строения имеет жалоносный аппарата матки, и его отличие от жала рабочей пчелы?
9. В чем проявляются отличия среднерусских пчёл, во внешнем строении и строении жалоносного аппарата, от других подвидов европейских пчёл?
10. Имеют ли адаптивное значение различия жалоносного аппарата разных подвидов пчел?
11. Каким образом препарируют брюшной отдел пчелы?

## **1.5 ОЦЕНКА ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ**

Расы или подвиды пчёл (в сельском хозяйстве – породы) различаются между собой по ряду признаков: цвету тела матки, рабочих пчёл и трутней, печатке меда, поведению пчёл, характеру развития семей, прополисованию гнёзд, опушённости, характеру роя и др. Визуально точно невозможно определить принадлежность пчёл к той или иной породе. Контроль чистопородности приобретает особое значение в связи с бессистемными перевозками пчёл и метизацией местных пчёл завезёнными породами. Аборигенные среднерусские пчёлы, обитающие в Пермском крае неоднородны и метизированы южными породами. Процесс интродукции человеком «южных» пчёл, приводящий к метизации «северных», начавшийся ещё в прошлом столетии, продолжается и в настоящее время. Это приводит к «разбавлению» и потере ценного генофонда среднерусской пчелы, снижению её зимостойкости и продуктивности (Симанков М.К., Лихачев С.В., 2020).

## **Работа № 5. Оценка экстерьерных признаков**

Цель работы: Изучить методику проведения морфометрических исследований.

Оборудование и материалы: Микроскоп МБС-9 с линейкой микрометра (компьютер, сканер, программа «мониторная линейка»), препарировальные иглы, пинцеты, глазные ножницы, предметные и покровные стекла, глицерин, салфетки, клеящий карандаш, белая бумага, прозрачный скотч, ксерокопии рисунков. Раздаточный материал – заспиртованные рабочие пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать части тела пчёл, приклеить, рассмотреть при увеличении, под биноклем. Отсканировать препараты, вывести на экран монитора и увеличить изображение в десять раз.

Подлежащих исследованию пчел умерщвляют эфиром или в кипящей воде, чтобы они выбросили хоботки. Затем пчелу берут большим и указательным пальцами левой руки, спинной стороной книзу, головой вперёд. При таком положении хоботок виден хорошо. Для вычленения хоботка из нижней губы захватить пинцетом нижнюю губу как можно ниже (за подбородок), раскачать и осторожно выдернуть. На указательном пальце правой руки расправить хоботок и поместить на предметное стекло, предварительно смазанное глицерином, сверху препарат накрыть покровным стеклом. Для приготовления постоянных препаратов использовать клеящий карандаш и белую бумагу или прозрачный скотч.

Для вычленения переднего крыла осторожно захватить пинцетом правое переднее крыло как можно ближе к основанию (чтобы на крыле остался основной склерит). Крыло рас-

править и также поместить на предметное стекло, предварительно смазанное глицерином. Накрывать покровным стеклом.

Для вычленения четвертого тергита препарировальной иглой от брюшка отделить четвертый тергит. Его внутреннюю часть очистить от жирового тела, поместить на предметное стекло, предварительно обработанное глицерином, расправить иглой и накрыть покровным стеклом.

Для вычленения правой задней лапки аккуратно, при помощи пинцета, захватить лапку в области бедра и круговым движением отделить ее от тела. Лапку поместить на предметное стекло в глицерин и накрыть покровным стеклом.

Задание 2. Провести измерения параметров (сначала линейкой окуляр-микрометра, затем мониторной линейкой) хоботка, правого крыла, третьего тергита, задней лапки.

Длину хоботка рабочих пчел измеряют от верхней части подбородка до наружной границы ложечки нижней губы (рис. 6).

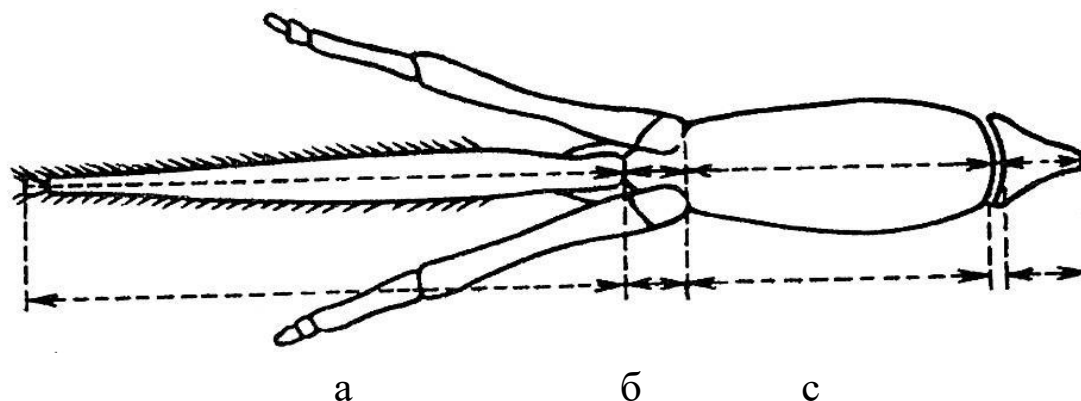


Рисунок 6 – Промеры длины хоботка (сумма "а", "б", "с")

Длину крыла измеряют от верхней части переднего края основного склерита до вершины. Ширину от верхней кромки крыла до нижней в самом широком участке (рис. 7).

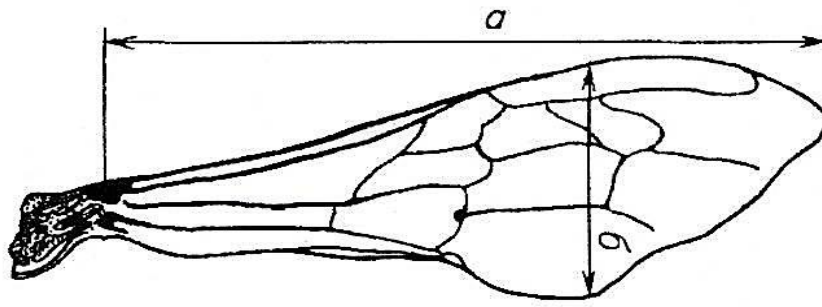


Рисунок 7 – Промеры длины и ширины крыла

Один из основных породопределяющих признаков – это кубитальный индекс (КИ). Его ещё называют «индекс крыла». Переднее крыло имеет жилки, служащие для их укрепления, а во время развития – и для питания. Жилки образуют ряд ячеек. На спинке крыла находится продолговатая радиальная ячейка (R), ниже ряд 3-х меньших ячеек – кубитальные (1-я, 2-я и 3-я). Под кубитальными ячейками находится большая почти прямоугольная дискоидальная ячейка (D) (рис. 8).

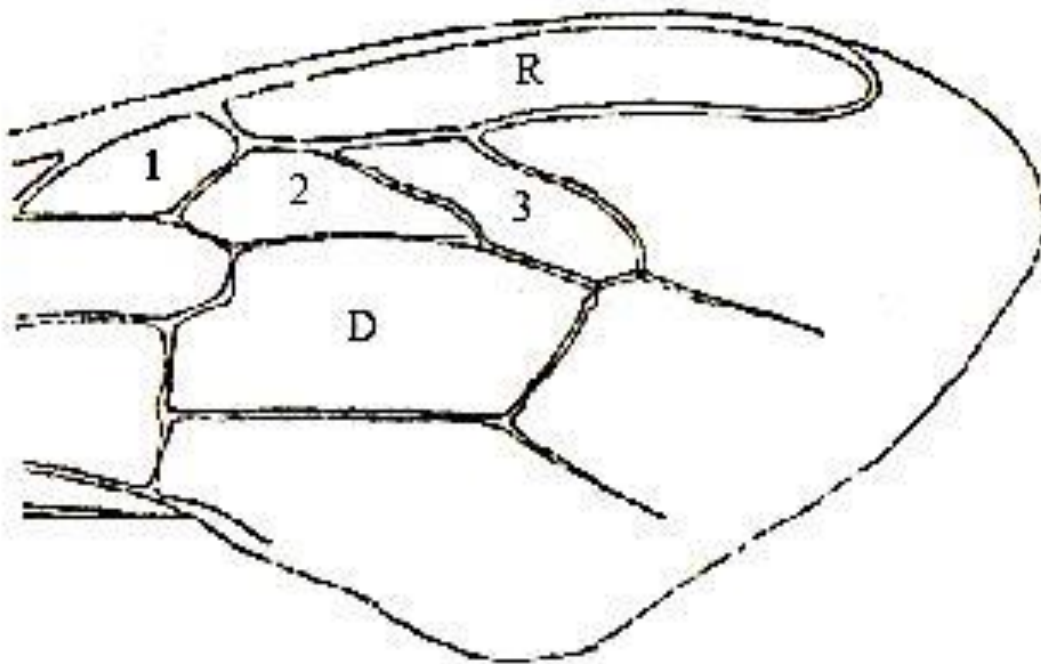


Рисунок 8 – Ячейки крыла

Самое большое значение для определения породы имеет 3-я кубитальная ячейка, расположенная против кончика крыла. Уже её форма говорит о породе пчел. У среднерусских пчёл она широкая и «коренастая», у карпатских – длинная и «стройная». На рисунке 14 показано крыло чистопородной карпатской пчелы, т.е. 3-я кубитальная ячейка – длинная и "стройная". Разница между породами поддаётся точному измерению и определяется отношением между большей (а) и меньшей (в) сторонами 3-й кубитальной ячейки переднего крыла или отношением меньшей стороны к большей, выраженной в процентах (рис. 9). Межпородные различия сохраняются при определении индекса любым из указанных способов. Ни один другой признак не является таким важным для различения пород, как КИ.

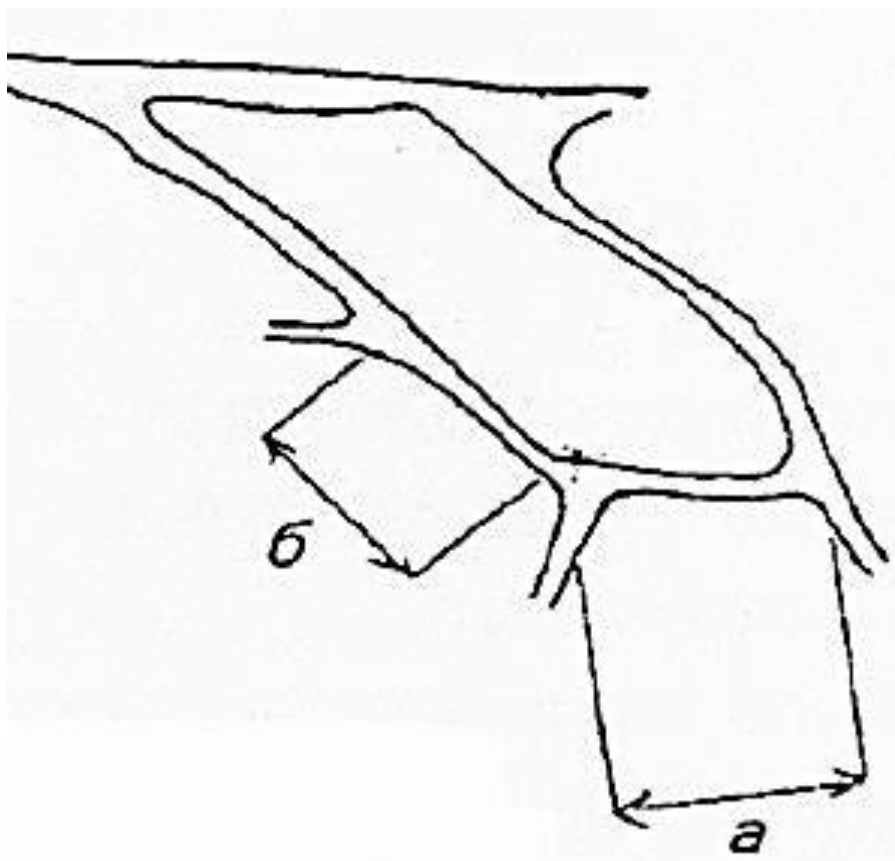


Рисунок 9 – Промеры длины жилок "а" и "б" третьей кубитальной ячейки (точками отсчёта являются центры окружностей, вписанных в силуэт слияния жилок)



Он основывается не только на том, что породы сильно отличаются друг от друга по этому признаку, но и потому, что КИ измеряется легко и точно, и благодаря результатам измерения можно безошибочно обнаружить метизацию.

Ещё один важный породоопределяющий признак – это дискоидальное смещение (ДС). Счётную шкалу окуляр-микрометра (горизонтальную) располагают вдоль осевой линии радиальной ячейки, вертикальная линия шкалы проходит через точку С (рис. 10). При этом возможны 3 положения вертикальной линии. Если вертикальная линия проходит внутри дискоидальной ячейки, то ДС – положительное (рис. 10а), если проходит через точку Е (рис. 10в) – нейтральное, справа от точки Е – отрицательное (рис. 10б).

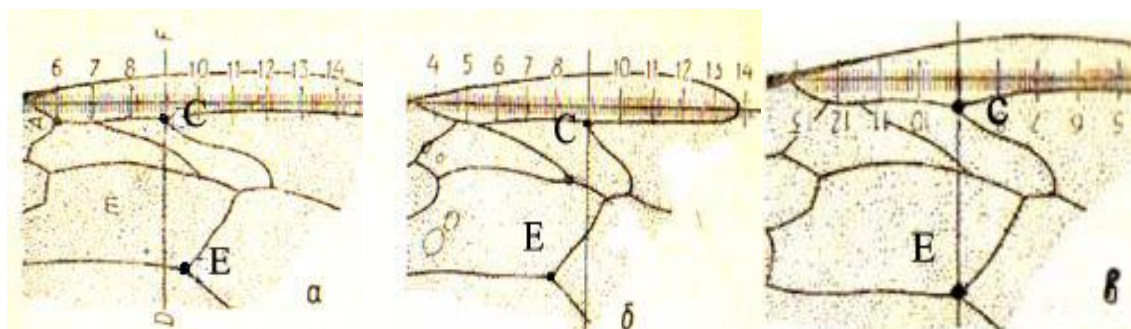


Рисунок 10 – Определение дискоидального смещения

Ширину четвертого тергита измеряют как расстояние между выступами тергита, длину – в самом широком месте (рис. 11).

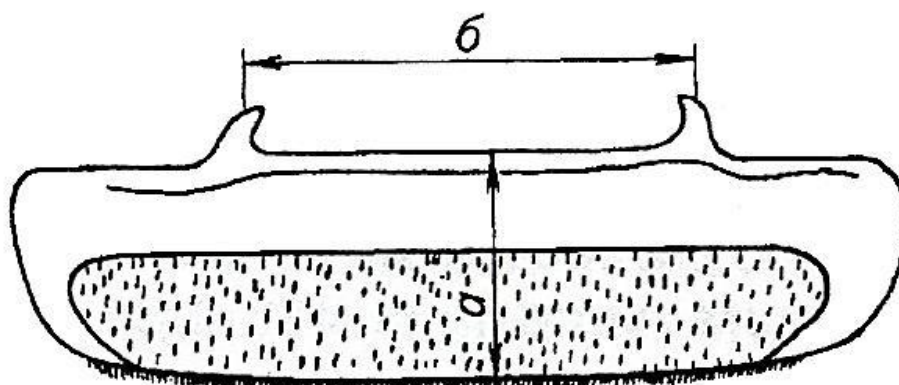


Рисунок 11 – Промеры длины "а" и ширины "б" четвертого тергита

Длину лапки измеряют от верхнего выступа бедра до нижнего. Замеры ширины лапки производят в самой широкой части бедра. Тарзальный индекс вычисляют как отношение ширины первого членика задней лапки к его длине, выраженное в процентах (рис 12).

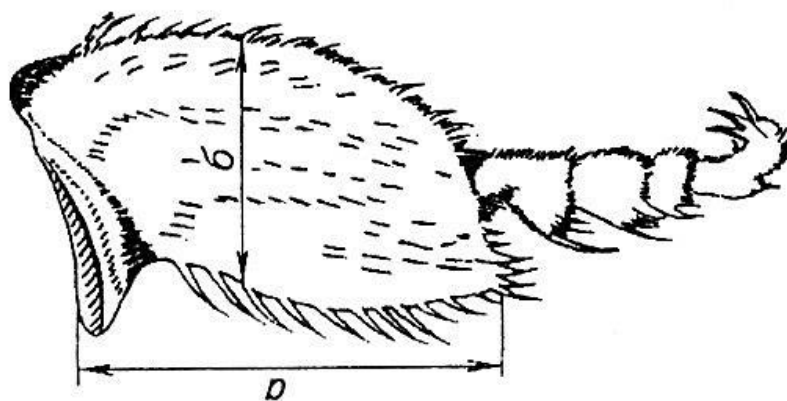


Рисунок 12 – Промеры длины "а" и ширины "б" первого членика задней лапки

Полученные данные заносят в компьютер и обрабатывают в программе Excel. Из полученных данных обрабатывают следующие значения: среднее арифметическое (X); среднее квадратическое отклонение (G); ошибку средней арифметической измерения (m) значение которой указывает, насколько изменится среднее значение, если его перенести на всю генеральную совокупность; коэффициент Стьюдента (t); коэффициент вариации ( $C_v$ ).

Полученные результаты записать, проанализировать и установить породную принадлежность исследованных пчёл.

Оценка выполнения работы: В качестве отчета о проделанной работе обучающийся предоставляет лист А4 с прикреплёнными препаратами частей тела пчел, скан-копию листа А4 с прикрепленными препаратами частей тела пчел, заполненную таблицу 1 с результатами измерений, заключение о породной принадлежности изученной семьи.

Таблица 1 – Изучение морфометрических признаков пчел

Признак	Повторность измерений (номер особи)										Форма записи		Стандарт среднерус- ской породы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	M±m	Lim	
Длина хоботка, мм													
Длина правого крыла, мм													
Ширина правого крыла, мм													
Длина 3-го тергита, мм													
Ширина 3-го тергита, мм													
Длина первого членика задней лапки, мм													
Ширина первого членика задней лапки, мм													
Капитальный индекс, %													
Дискоидальное смещение, %													

*Контрольные вопросы по работе 5.*

1. Когда и сколько пчёл необходимо отбирать для морфометрического анализа?
2. Какие морфологические признаки берутся для оценки метизации?
3. Каким образом определяется кубитальный индекс?
4. Каким образом определяется дискоидальное смещение?
5. В чем заключаются морфологические отличия рас подвида европейских пчёл и адаптивное значение этих отличий?
6. Каковы этологические отличия рас подвида европейских пчёл и адаптивное значение этих отличий?
7. В чем заключаются экологические отличия рас подвида европейских пчёл и адаптивное значение этих отличий?
8. Каким образом происходит препарирование тергита?
9. Каким образом происходит измерение параметров тергита с помощью электронной линейки?

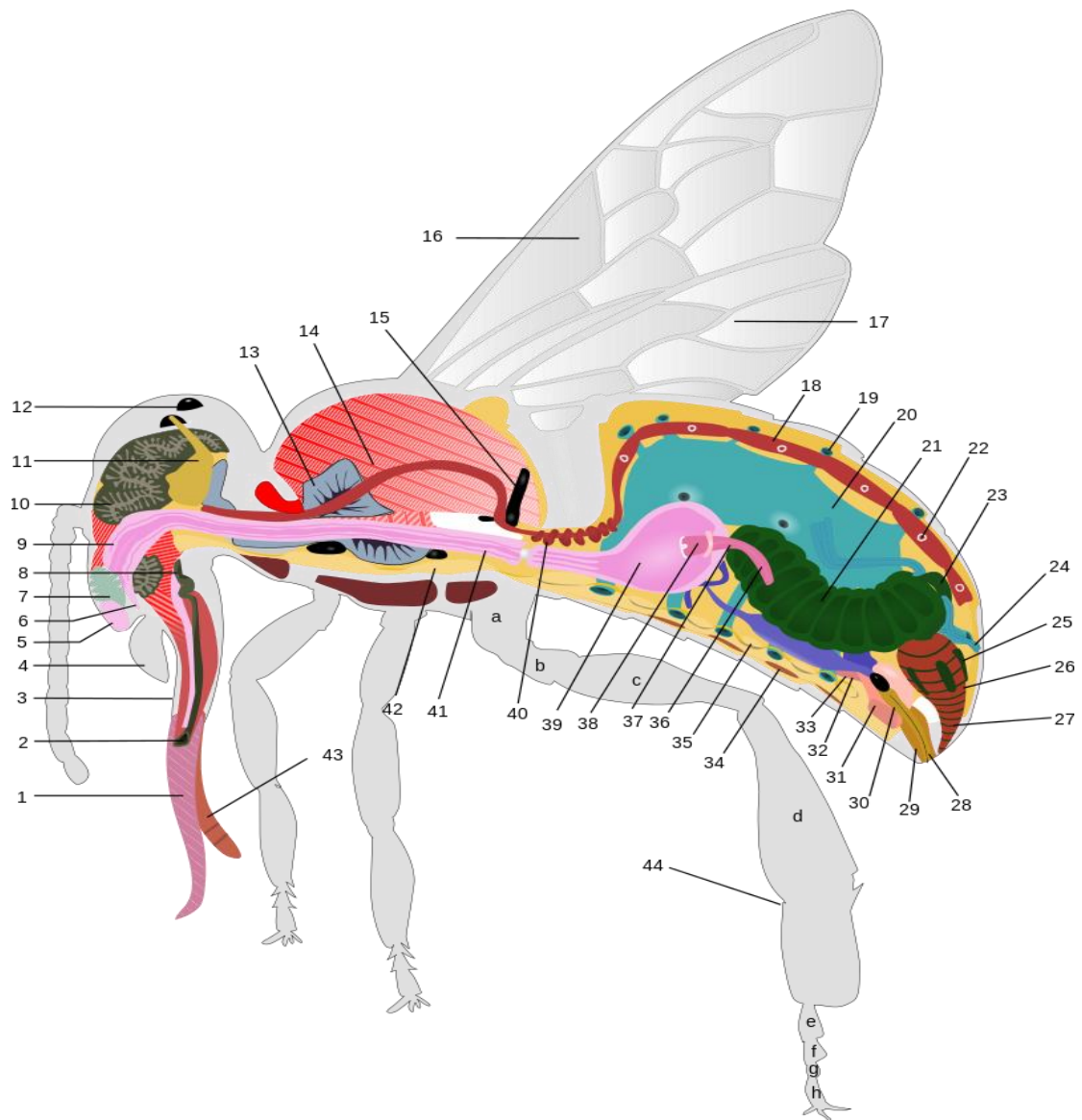
## ТЕМА 2. АНАТОМИЯ ПЧЕЛЫ МЕДОНОСНОЙ

Анатомия – раздел морфологии, изучающий строение тела, организмов и их частей на уровне выше тканевого. Анатомия как наука изучает не только внешнее строение организма в целом, но и внутреннюю форму и структуру органов, входящих в его состав. Анатомия пчелы медоносной включает описание внутренних органов и систем: пищеварительной, дыхательной, выделительной, кровеносной, нервной, половой, желез внутренней секреции, а также специализированных тканей (рис. 13). Все внутренние органы защищены от внешних воздействий, поскольку окружены наружным скелетом.

Полость тела подразделена двумя тонкостенными горизонтальными перегородками на три отдела: верхний, средний, и нижний.

В верхнем находится спинной сосуд, или сердце. В нижнем отделе проходит брюшная нервная цепочка. В среднем (висцеральном) заключены пищеварительная и выделительная системы, жировое тело, а также органы размножения. Жировое тело представляет собой рыхлую ткань, которая в виде лопастей и долек заполняет промежутки между внутренними органами тела. Окраска жирового тела желтовато-белая, реже желтая. Клетки богаты жировыми включениями. Функции жирового тела: накопление и расходование запасных питательных веществ, накопление и выведение экскретов.

Дыхательная система, представленная большим числом воздухоносных трубок и трахей, проникающих во все внутренние органы и ткани, не связана с каким-либо отделом полости тела.



- Рисунок 13 – Анатомия рабочей особи медоносной пчелы
1. Язычок
  2. Устье подчелюстной железы
  3. Максиллы
  4. Мандибулы
  5. Верхняя губа
  6. Нижняя губа
  7. Верхнечелюстная слюнная железа
  8. Нижнечелюстная слюнная железа
  9. Глотка
  10. Глоточная (аллотрофическая) железа
  11. Мозг
  12. Простые глаза
  13. Лабиальная слюнная железа
  14. Продольная лётная мышца
  15. Фрагма
  16. Переднее крыло
  17. Заднее крыло
  18. Сердце
  19. Дыхальца
  20. Воздушный мешок
  21. Средняя кишка (желудок)
  22. Сердечные клапаны
  23. Тонкая кишка
  24. Пахучая железа
  25. Брюшные железы
  26. Толстая кишка
  27. Анальное отверстие
  28. Жало
  29. Резервуар ядовитой железы
  30. Салазки жала
  31. Большая ядовитая железа
  32. Малая ядовитая железа
  33. Семенной пузырёк
  34. Восковые железы
  35. Брюшная нервная цепочка
  36. Кардиальный клапан
  37. Раструб клапана
  38. Входное отверстие клапана
  39. Медовый зобик
  40. Аорта
  41. Пищевод
  42. Нервный тяж
  43. Лабиум
  44. Задняя ножка

## 2.1 СТРОЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМ

*Дыхательная система.* Строение органов дыхания разных животных различно: одни используют кислород, растворенный в воде, при помощи жабр, другие – всей поверхностью тела, третьи – при помощи легких. Насекомые используют кислород воздуха при помощи трахейной системы. Трахеи у насекомых являются новообразованием, так как больше не встречаются ни у одной группы животных.

*Кровеносная система.* Кровеносная система пчелы принадлежит к незамкнутому типу и состоит из: сердца, аорты, двух диафрагм – спинной и брюшной и пульсирующих органов, или дополнительных сердец. Часть пути кровь проходит по сосудам, а часть свободно изливаясь в полости тела. Но, несмотря на это, в движении крови наблюдается определенный круг. Кровь насекомых – бесцветная жидкость, в ней нет красных кровяных телец – эритроцитов. Она не выполняет дыхательные функции. Кровь насекомых получила специальное название – гемолимфа.

### **Работа № 6. Строение дыхательной и кровеносной систем**

Цель работы: Изучить строение дыхательной и кровеносной системы пчелы.

Оборудование и материалы: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, пинцеты, препарировальные иглы, энтомологические булавки, глазные ножницы, предметные стекла, салфетки, вода, таблицы, ксерокопии рисунков. Раздаточный материал – живые пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать и рассмотреть брюшные воздушные мешки пчелы. Сделать обозначения на рисунке 14.

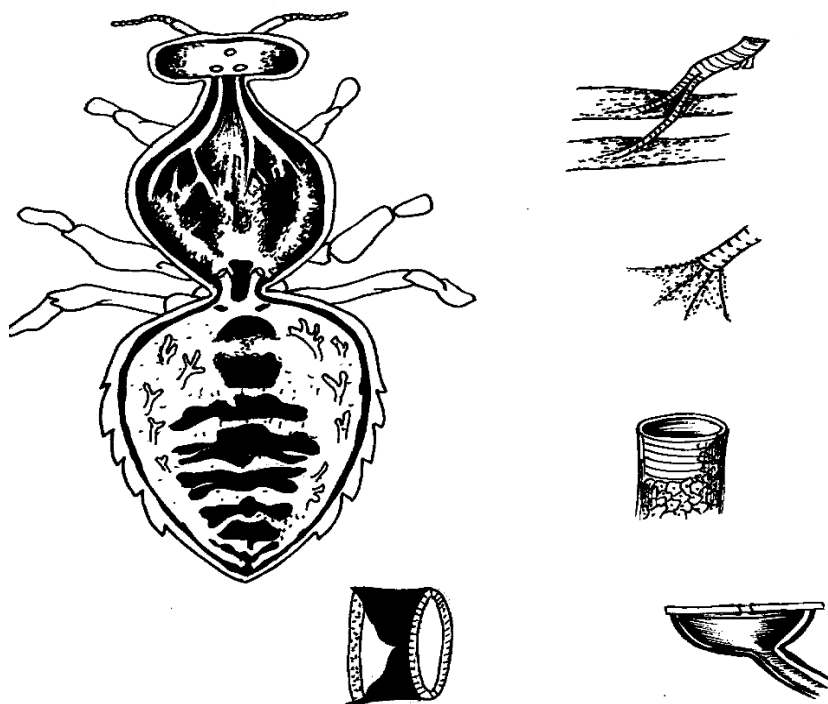


Рисунок 14 – Строение дыхательной системы пчелы

Для препарирования дыхательной системы пчелу укрепить в восковой ванночке спинной стороной вверх. Затем с помощью ножниц сделать продольный разрез по середине тергитов брюшного отдела. Конец ножниц не следует погружать внутрь брюшка, чтобы не повредить внутренние органы. Ванночку наполнить водой.

Осторожно, с помощью пинцета и игл, отвернуть влево и вправо верхнюю стенку брюшка, закрепить ее булавками. По бокам пищеварительной системы будут заметны два больших мешка белого цвета. Это и есть брюшные воздушные мешки, которые становятся еще более отчетливыми, если осторожно удалить кишечник. От мешков отходят крупные трахеи, которые ветвятся.

Задание 2. Отпрепарировать и рассмотреть сердце пчелы. Сделать обозначения на рисунке 15.

Вычленив сердце и аорту довольно сложно, так как они представляют собой небольшую полупрозрачную трубочку. У личинки сердце просвечивает через тонкие покровы спины и под микроскопом можно наблюдать его сокращения. У взрослой пчелы сердце лежит очень близко к спинной поверхности, поэтому для ее вычленения необходимо удалить все внутренности брюшка. Положить пчелу в восковую ванночку стернитами вверх, укрепить ее булавками, осторожно воткнув их в последний сегмент брюшка и в грудь.

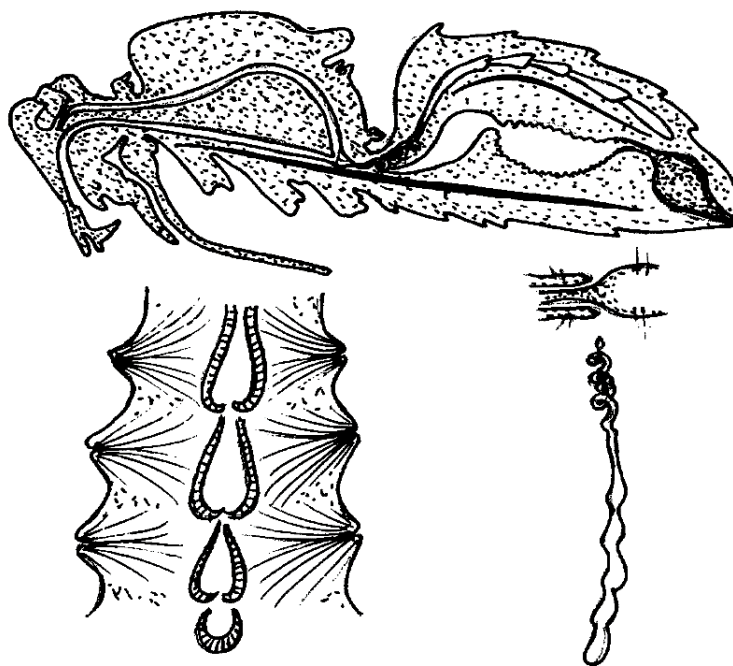


Рисунок 15 – Строение кровеносной системы пчелы

Затем ножницами сделать разрез вдоль тела, посередине стернитов. Ванночку наполнить водой. Осторожно иглами отвернуть стерниты влево и вправо, закрепить их энтомологическими булавками. Удалить все внутренности брюшка, тогда на тергитах можно заметить сердце. Вычленив сердце можно, осторожно поднимая его иглами вместе с мышцами и слоем гиподермы.



Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопиях изображений, которые выдает преподаватель в начале занятия. На рисунках должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

*Контрольные вопросы по работе 6.*

1. Каков общий план строения дыхательной системы?
2. Каково строение и роль дыхательной камеры?
3. Как устроены трахеи, воздушные мешки и трахеолы?
4. Как у пчелы происходит вдох и выдох?
5. Какой тип кровеносной системы у пчелы?
6. Какие органы входят в состав кровеносной системы?
7. Как у пчел устроены сердце, аорты, и какова роль влажной сумки?
8. В чем заключается особенность строения, расположения и роль пульсирующих органов?
9. Как функционирует кровообращение у пчелы?

## **2.2 СТРОЕНИЕ ПОЛОВОЙ СИСТЕМЫ**

Насекомые, в том числе и пчелы, являются раздельно-полыми организмами. Женские половые клетки (яйцеклетки) развиваются в половых органах матки, мужские половые клетки (сперматозоиды) – в половых органах трутня. Половые органы располагаются в брюшке между кишечником и сердцем.

Половые органы можно разделить на две части: органы, производящие половые продукты, и органы, выводящие их. Как мужские, так и женские половые органы на ранних стадиях эмбрионального развития закладываются одинаково: производящая часть из мезодермы, а проводящая из энтодер-

мы. Половые органы матки представлены двумя яичниками, парными и непарными яйцеводами, семяприемником, влагалищем, преддверием влагалища.

## Работа № 7. Строение половой системы

Цель работы: Изучить строение половой и нервной систем.

Оборудование и материалы: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, препарировальные иглы, энтомологические булавки, глазные ножницы, предметные стекла, салфетки, таблицы, ксерокопии изображений. Раздаточный материал – заспиртованные матки, трутни и рабочие пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать и рассмотреть половую систему матки. Сделать обозначения на рисунке 16.

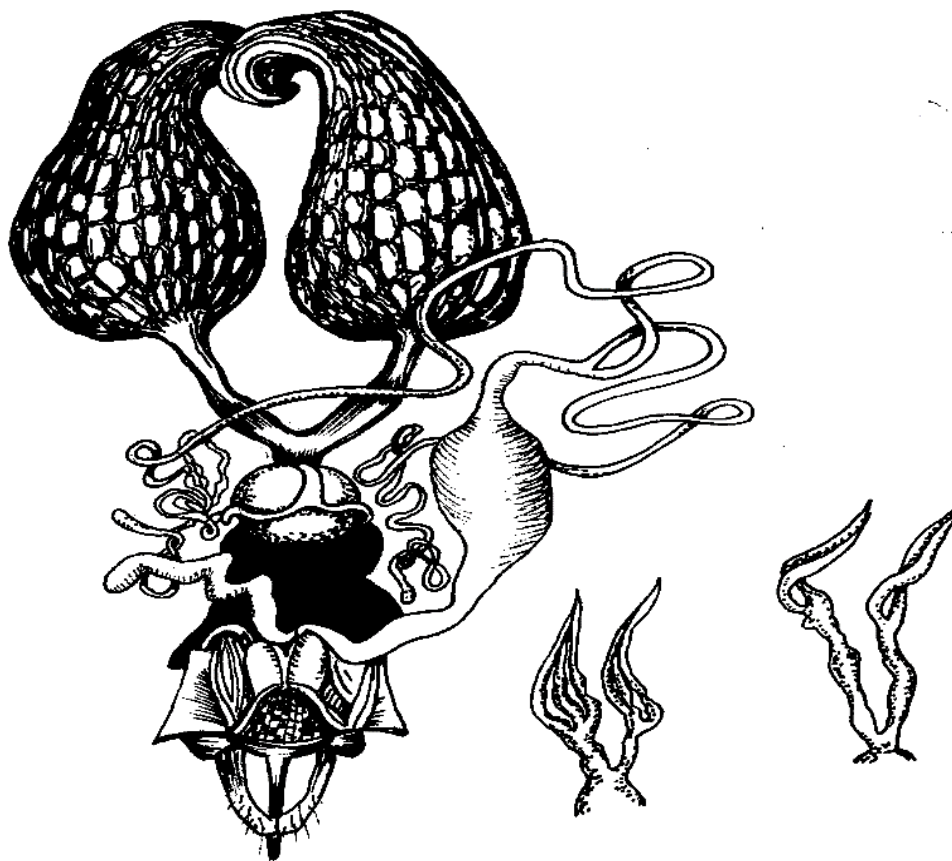


Рисунок 16 – Строение половой системы матки

Для препарирования половых органов матки её поместить на дно ванночки и закрепить энтомологическими булавками за грудь и последний сегмент брюшка. Ножницами разрезать тергиты посередине, вдоль брюшка. При помощи игл и пинцета тергиты отвернуть влево и вправо, закрепить их энтомологическими булавками. Осторожно удалить кишечный канал и ванночку залить водой. Рассмотреть под микроскопом яичники, состоящие из яйцевых трубочек, парные яйцеводы, семяприемник с придаточной железой.

Задание 2. Отпрепарировать и рассмотреть половую систему трутня. Сделать обозначения на рисунке 17.

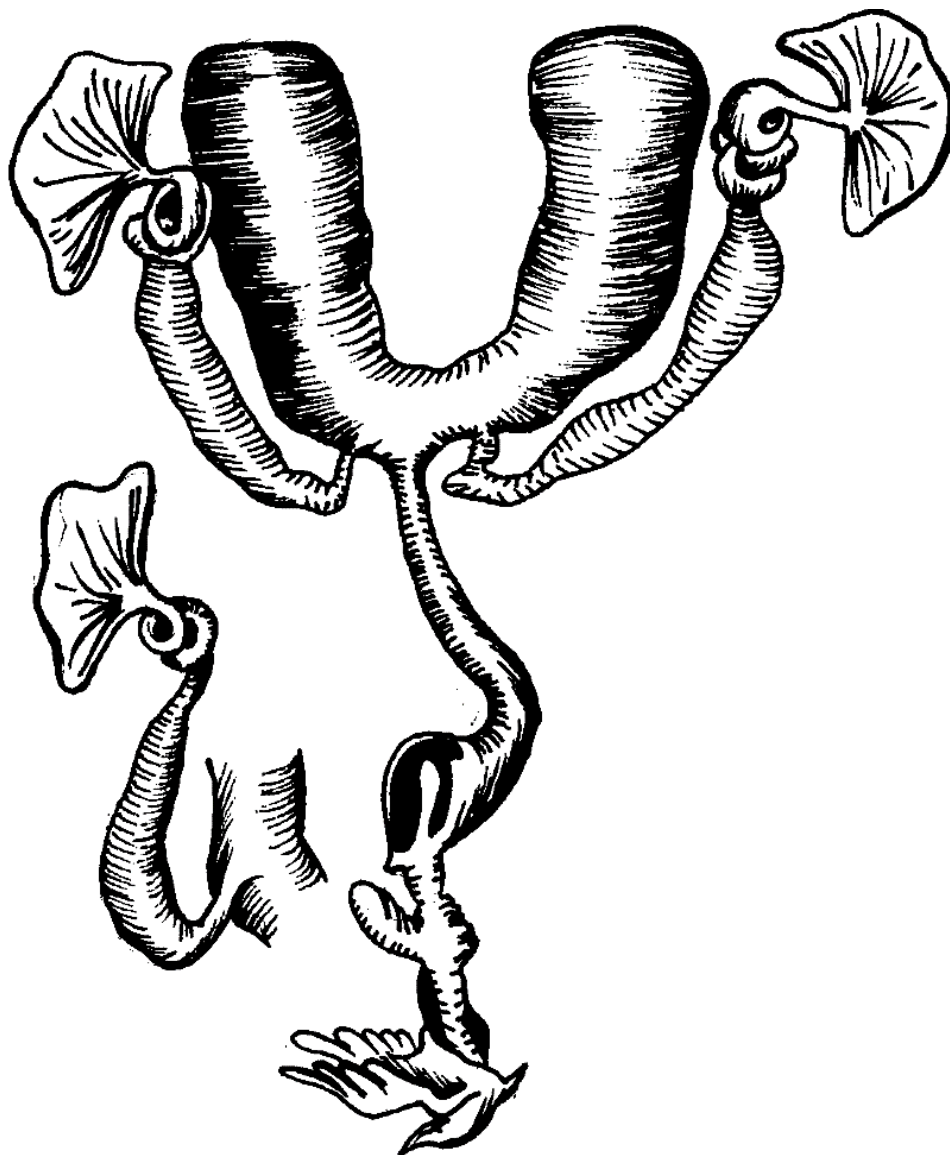


Рисунок 17 – Строение половой системы трутня

Точно таким же образом отпрепарировать и половые органы трутня. Удалить кишечник, рассмотреть естественное положение половых органов трутня. Для того, чтобы лучше рассмотреть половой аппарат трутня, его необходимо вынуть с помощью игл и пинцета на предметное стекло. Надо иметь в виду, что основание копулятивного органа связано с двумя парами хитиновых пластинок задней части брюшка. Чтобы полностью отпрепарировать половой аппарат трутня, его необходимо извлечь вместе с упомянутыми хитиновыми пластинками. Половой аппарат поместить на предметное стекло в каплю воды, расправить его, рассмотреть на темном столике микроскопа.

Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопиях изображений, которые выдает преподаватель в начале занятия. На рисунках должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

#### *Контрольные вопросы по работе 7.*

1. Из каких органов состоит половая система матки?
2. Из чего состоят яичники и какова их роль?
3. Каков основной план строения парного и непарного яйцевода?
4. В чем заключается роль мускульных складок парного яйцевода?
5. В чем заключается роль секрета придаточной железы?
6. Какие органы входят в половую систему трутня?
7. Строение семяпровода, роль семенных пузырьков.
8. Какое строение имеет придаточная железа, и значение ее секрета?
9. Какие манипуляции необходимо выполнить для препарирования половой системы трутня?

## 2.3 СТРОЕНИЕ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Нервная система объединяет все органы пчелы в единый организм и осуществляет связь организма с внешней средой. Нервная система состоит из нервных клеток. В нервной клетке различают расширенную часть с ядром – тело клетки и отходящие от тела отростки. Несколько отростков короткие – дендриты, а один длиннее остальных, его называют аксон или нервное волокно. Отростки заканчиваются несколькими тоненькими виточками – нервными окончаниями. Нервные клетки, группируясь, образуют нервные узлы, или ганглии. По принципу такой цепочки ганглиев построена нервная система насекомых. У дальнего предка пчелы нервная система шла вдоль тела по центру.

### Работа № 8. Строение нервной системы

Цель работы: Изучить строение половой и нервной систем.

Оборудование и материалы: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, препарировальные иглы, энтомологические булавки, глазные ножницы, предметные стекла, салфетки, таблицы.

Раздаточный материал – заспиртованные рабочие пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать и рассмотреть головной мозг пчелы. Сделать обозначения на рисунке 18.

Для того чтобы вычленив головной мозг, необходимо лезвием срезать узкую полоску хитина с теменной части головы, а с боков часть сложных глаз. Голову необходимо укрепить в ванночке лицевой поверхностью вверх и осто-

можно пинцетом снять хитин с передней части головы. Под микроскопом – головной мозг. Головной мозг надо очистить от воздушных мешков и слюнных желез и осторожно, с помощью пинцета и игл, поместить на предметное стекло в каплю воды. Рассмотреть на темном столике микроскопа.

Задание 2. Отпрепарировать и рассмотреть брюшную нервную цепочку. Сделать обозначения на рисунке 18.

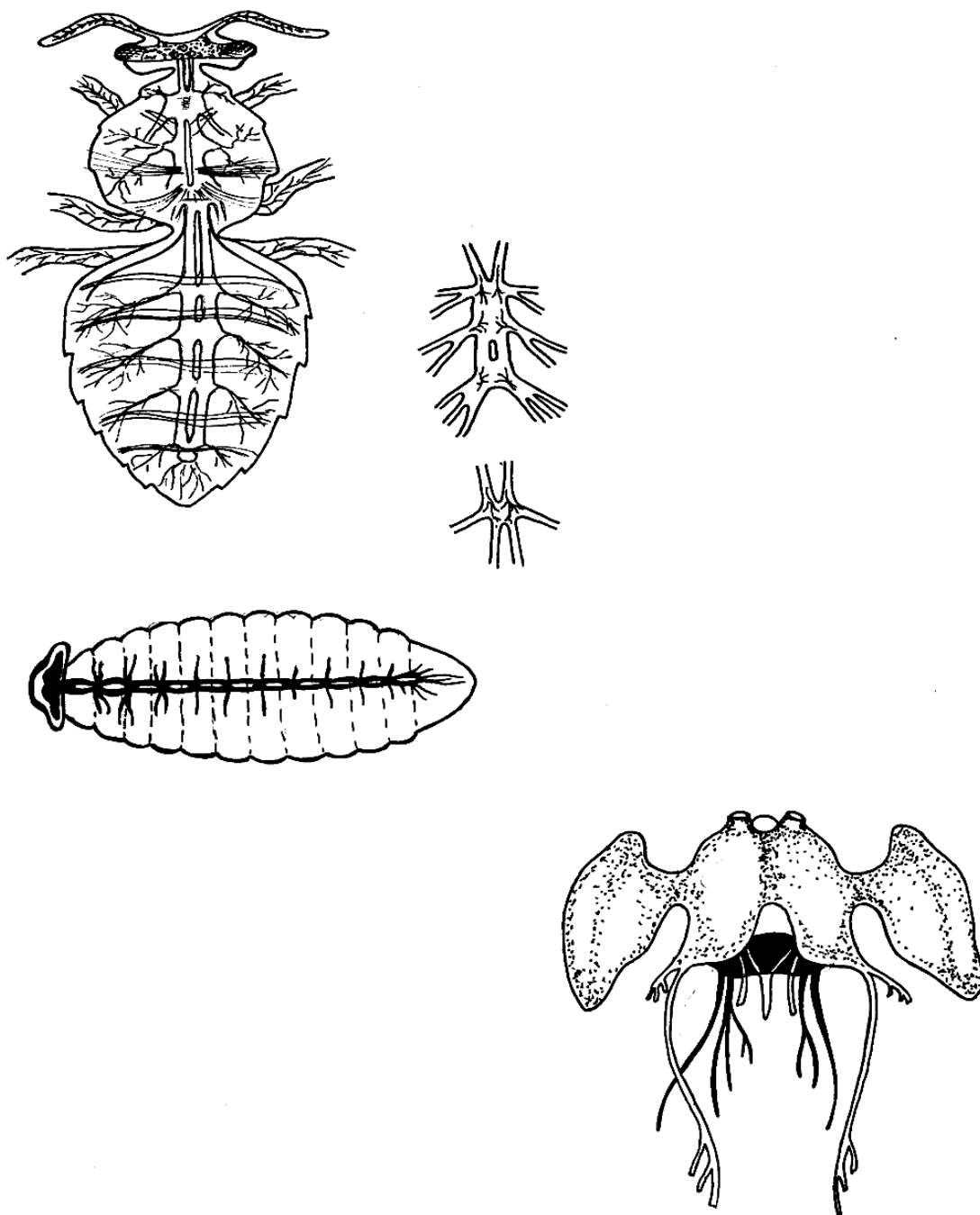


Рисунок 18 – Строение нервной системы пчелы

Для препарирования брюшной нервной цепочки пчелу или трутня поместить на дно восковой ванночки и закрепить энтомологическими булавками за грудь и последний сегмент брюшка. Ножницами разрезать тергиты вдоль брюшка по середине. При помощи игл и пинцета тергиты отвернуть влево и вправо, закрепить их энтомологическими булавками. Осторожно удалить кишечник и залить водой. Вдоль стернитов по центру брюшка будет проходить цепочка узелков. Чтобы обнаружить грудные узелки, с помощью ножниц разрезать и удалить мускулатуру, отыскать ганглии грудного отдела. Рассмотреть нервную цепочку.

Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопии изображения, которое выдает преподаватель в начале занятия. На рисунке должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

#### *Контрольные вопросы по работе 8.*

1. Из чего состоит нервная система пчел?
2. В чем состоят функции нервной системы?
3. В чем отличие строения головного мозга у всех особей пчелиной семьи (стаз)?
4. В чем заключается разница в строении брюшной нервной цепочки у всех особей пчелиной семьи (стаз)?
5. Каков план строения периферической нервной системы?
6. Из чего состоит вегетативная нервная система?
7. Какие манипуляции необходимо произвести для препарирования и дальнейшего изучения нервной системы пчелы?
8. Каким образом происходит препарирование нервной системы пчелы и ее изучение?
9. Что представляют собой ганглии?
10. Из чего состоит нервная клетка?

### Тема 3. ГНЕЗДО ПЧЁЛ

Основной строительный материал у социальных видов пчелиных – воск. Воск, секретлируемый рабочими пчелами, состоит из эфиров триакоктанилацетата и октакосанилацетата, содержит небольшое количество алкенов и алканов с углеродными цепочками от  $C_{21}$  и  $C_{31}$  и незначительной примеси альдегидов и эфира изобутиратовой кислоты. Использование прополиса при возведении гнезда связано с его физическими свойствами (вязкость, эластичность), которые позволяют с его помощью прикреплять восковые постройки к внутренним стенкам гнезда.

Строение и размер ячеек у медоносных пчёл зависит от пола и стадии развивающейся в ней особи. Самые мелкие ячейки используются для рабочих пчёл, более крупные – для трутней и самые большие – для маток. Выращивание расплода отражается на уменьшении исходного объема за счет коконов, которые частично остаются на стенках ячеек. В пчелиных ячейках может размещаться нектар (мёд) и пыльца (перга), в трутневых – только углеводный корм.

В гнезде пчелиной семьи весной и летом можно видеть все стадии развития пчелы: яйца, расположенные на донышках ячеек, личинки, которые выходят из яиц, и вскармливаемые пчелами быстро растут. Это открытый расплод, т. е. расплод в открытых ячейках. Выросших личинок пчелы запечатывают сверху пористыми крышечками из смеси воска и пыльцы. Это печатный расплод. На сотах, находящихся против летка, где лучше условия вентиляции, размещается расплод. В верхней части гнезда соты обычно заняты медом. Пчелы всегда предпочитают складывать мед в сотах, удаленных от летка.



## Работа № 9. Гнездо пчёл

Цель работы: усвоить вопросы, связанные с микроклиматом пчелиного жилища, конструкцией улья и строением пчелиного гнезда.

Оборудование и материалы: Пчелиная семья, термометры-гигрометры, пирометр, газоанализатор.

Порядок выполнения:

Задание. Осмотреть пчелиную семью. Подсчитать количество сот в гнезде. Определить количество пчёл. Рассмотреть содержимое ячеек сот. Измерить межсотовые расстояния. Измерить температуру, относительную влажность воздуха, концентрацию газов ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) в разных точках гнезда. Записать и проанализировать полученные результаты.

Оценка выполнения работы: По итогам проведенных исследований должна быть полностью заполнена таблица 2 и сделано заключение о состоянии исследованного гнезда пчел. Необходимо сделать общее заключение о состоянии изученного пчелиного гнезда.

Таблица 2 – Результаты измерений параметров гнезда

Показатель	Повторность					Среднее
	1	2	3	4	5	
Число пчел, шт.						
Число сот с пергой, шт.						
Число сот с медом, шт.						
Число сот с расплодом, шт.						
% сот с пергой						
% сот с медом						
% сот с расплодом						
Межсотовое расстояние, мм						
Температура, °С						
Относительная влажность, %						
Концентрация $O_2$ , %						
Концентрация $CO_2$ , %						

### Контрольные вопросы по работе 9.

1. Какие факторы влияют на количество сот в гнезде?
2. Какой размер имеет межсотовое пространство?
3. В чем заключаются достоинства и недостатки использования пластмассовых сот?
4. В чем особенность динамики показателей микроклимата улья в разные периоды жизненного цикла семьи?

### Работа № 10. Строение сот

Цель работы: усвоить вопросы, связанные с изучением физических свойств воска и прополиса, размеров и геометрии ячеек сот.

Оборудование и материалы: микроскопы МБС-9, линейки. Раздаточный материал – участки сот, воск, прополис.

Порядок выполнения:

Задание 1. Изучить органолептические и физические свойства воска и прополиса при разных температурах. Записать результаты исследований (таблица 3).

Задание 2. Рассмотреть разные ячейки сот (пчелиные, трутневые и маточники) под биноклем и измерить их размеры. Записать полученные результаты и сравнить с литературными данными (таблица 4).

Оценка выполнения работы: По итогам проведенных исследований должна быть полностью заполнены таблицы 3 и 4.

Таблица 3 – Изучение органолептических и физических свойств воска и прополиса

Показатель	Температурный режим, °С				
Органолептические свойства воска					
Органолептические свойства прополиса					
Физические свойства воска					
Физические свойства прополиса					

Таблица 4 – Результаты измерений размера ячеек сот

Размерная характеристика ячейки	Повторность					Среднее	Литературные данные
	1	2	3	4	5		
Пчелиная ячейка							
Диаметр, мм							
Глубина, мм							
Объем, мм <sup>3</sup>							
Трутневая ячейка							
Диаметр, мм							
Глубина, мм							
Объем, мм <sup>3</sup>							
Маточник							
Диаметр, мм							
Глубина, мм							
Объем, мм <sup>3</sup>							

*Контрольные вопросы по работе 10.*

1. Какое значение для пчел имеют восковые железы?
2. Какими свойствами обладает воск?
3. Каковы особенности размеров пчелиных, трутневых ячеек и маточников.
4. В чем заключается географическая изменчивость размеров сот?
5. Какое значение имеют гравитационные рецепторы?
6. Какие размеры имеют естественные и искусственные соты?
7. Можно ли применять заменители воска в пчеловодстве?
8. В чем заключаются отличия размеров ячеек сот и их внешнем виде, у среднерусских пчёл, от других подвидов европейских медоносных пчёл и их адаптивные значения?
9. Каким образом определяется глубина, диаметр и объем ячейки?
10. Что называется межсотовым расстоянием?

## **Тема 4. АДАПТАЦИИ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ**

Аутэкология – раздел экологии изучающий в частности адаптации (приспособления) живых организмов к окружающей среде. Адаптация проявляются на поведенческом, анатомическом, морфологическом, физиологическом, биохимическом уровнях.

Одной из важнейших адаптаций медоносных пчел является устойчивость у условиям холодного климата. Комплекс холодных адаптаций позволяет пчёлам переносить длительную зимовку с сильными морозами. Доминирующее значение при этом имеют приспособления, получившие развитие в связи с возникновением социальности – строительство гнёзд и поддержание в них стабильного микроклимата, запасание значительного количества корма, репродукционная диапауза. К криопротекторам относится жир. Значительные запасы жира депонируются у пчел в жировом теле, которое в течение зимовки расходуется (деградирует).

### **Работа № 11. Адаптации к среде обитания**

Цель работы: усвоить вопросы, связанные с температурным режимом гнезда и изучением индивидуального поведения пчёл при охлаждении.

Оборудование и материалы: Пчелиная семья, инфракрасный термометр (пирометр), холодильник. Раздаточный материал – рабочие пчёлы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Осмотреть пчелиную семью. Измерить внешнюю температуру и температуру в разных зонах гнезда. Записать полученные результаты в описательной форме.

Задание 2. С помощью пирометра (инфракрасный термометр) и гигрометра измерить температуру и влажность воздуха в разных участках гнезда пчёл разных семей. Записать и проанализировать полученные результаты в тетрадь в описательной форме.

Задание 3. Извлечь несколько рабочих особей из семьи и поместить их в чашку Петри. Измерить внешнюю температуру и температуру разных отделов тела пчёл. Записать результаты исследований в таблицу 5.

Задание 4. Зафиксировать время наступления холодового оцепенения и заполнить таблицу 6.

Оценка выполнения работы: По итогам проведенных исследований должны быть полностью заполнены таблицы 5 и 6, а также проанализированы результаты.

Таблица 5 – Изучение температуры тела пчелы, °С

Температура	Повторность					Среднее
	1	2	3	4	5	
Окружающей среды						
Головы						
Груди						
Брюшка						

Таблица 6 – Определение температуры холодового оцепенения, °С

Повторность	Состояние насекомого в соответствии с температурным режимом, °С									
1										
2										
3										
4										
5										

*Контрольные вопросы по работе 11.*

1. Какая температура и относительная влажность воздуха гнезда в разные периоды года является оптимальной?
2. Какие механизмы регулирования температуры и влажности в гнезде используют пчелы?
3. Что называется холодным оцепенением пчёл?
4. Зависит ли двигательная активность пчёл от температуры?
5. Какие факторы влияют на температуру максимального переохлаждения?
6. Как пчелы формируют гнездо на зиму?
7. Есть ли зависимость температуры и влажности воздуха в гнезде пчёл?
8. В чем заключаются отличия микроклимата гнезда среднерусских пчёл от других рас европейских пчёл и их адаптивное значение?
9. Какие особенности имеет пирометрическое определение температуры?
10. Как пользоваться пирометром для измерения температуры разных частей тела насекомого?
11. Какими методами можно установить температуру и относительную влажность в гнезде пчел?

## **Тема 5. АДАПТАЦИИ К ПИТАНИЮ, ПИЩЕВАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ**

Этологические и анатомо-физиологические адаптации, используемые пчёлами для преодоления длительных неблагоприятных периодов, функционируют на основе потребления углеводного корма. Пчелы собирают нектар цветковых растений и запасают его в гнезде в виде мёда. Его количеством регулируется продолжительность жизни пчелиных семей зимой – в то время, когда они не имеют возможности пополнять кормовые запасы. Поэтому в филогенезе медоносной пчелы высокого совершенства достигли строение и функционирование пищеварительной системы. А также инстинкты поиска, доставки и хранения кормовых запасов. Важное значение приобрели также средства их экономного расходования. В качестве белкового корма пчёлы используют цветочную пыльцу, которую запасают в гнезде в виде перги. Белковый корм используется для выкармливания личинок старшего возраста и молодых пчёл. Численность, продуктивность и заболеваемость медоносных пчел, а также других опылителей, тесно связанных с нектаро-пыльценосной флорой.

### **5.1 СТРОЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПЧЕЛЫ**

Пищеварительная система современных насекомых состоит из 2-х частей: пищеварительного канала и переднекишечных желез. Сам кишечный канал насекомых дифференцирован и устроен довольно сложно. Кишечный канал насекомых состоит из 3-х отделов. Эти отделы различны не только морфологически, но и онтогенетически. Главным отделом

является средняя кишка, иногда она называется желудком. Передняя и задняя кишка генетически однотипны, они образуются из наружного зародышевого листка – эктодермы. Затем все три отдела соединяются в единое образование – кишечный канал.

Передняя и задняя кишка выстланы хитином, а средняя не выстлана. Кишечник имеет три клапана: кардиальный – между передней и средней кишкой, пилорический – между средней и задней, и ректальный, между тонкой и толстой задней кишкой. К пищеварительной системе относятся 4 пары переднекишечных (слюнных) желез: верхнечелюстная железа; глоточная железа; заднеголовная железа (гландула окципиталис); грудная железа (гландула торакалис).

## **Работа № 12. Строение пищеварительной системы пчелы**

Цель работы: Изучить строение кишечного канала пчелы и слюнных желез пчелы.

Оборудование и материалы: Микроскопы МБС-1, чашки Петри, пинцеты, препарировальные иглы, энтомологические булавки, глазные ножницы, предметные стекла, салфетки, вода, таблицы, ксерокопии рисунков. Раздаточный материал – живые пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать и рассмотреть кишечный канал пчелы. Сделать обозначения на рисунке 19.

Для вычленения кишечного канала пчелу положить тергитами вверх на восковом дне ванночки, закрепить ее булавками осторожно, воткнув их в стебелек и конец последнего сегмента брюшка. Затем с помощью ножниц сделать продольный разрез вдоль тела посередине тергитов. В связи с ма-



лыми размерами тела пчелы конец ножниц не следует погружать внутрь брюшка, чтобы не повредить внутренние органы. Ванночку наполнить водой. Осторожно с помощью пинцета и игл отвернуть влево и вправо верхнюю стенку брюшка, закрепить ее булавками. Под микроскопом рассмотреть медовый зобик, среднюю и заднюю кишку. Для вычленения пищевода и глотки необходимо разрезать ножницами грудные тергиты, где между мышцами находится тонкая трубочка – пищевод. Для вычленения глотки, с помощью лезвия удалить теменную и боковые части головы (часть сложных глаз) и осторожно, удаляя мозг, найти её.

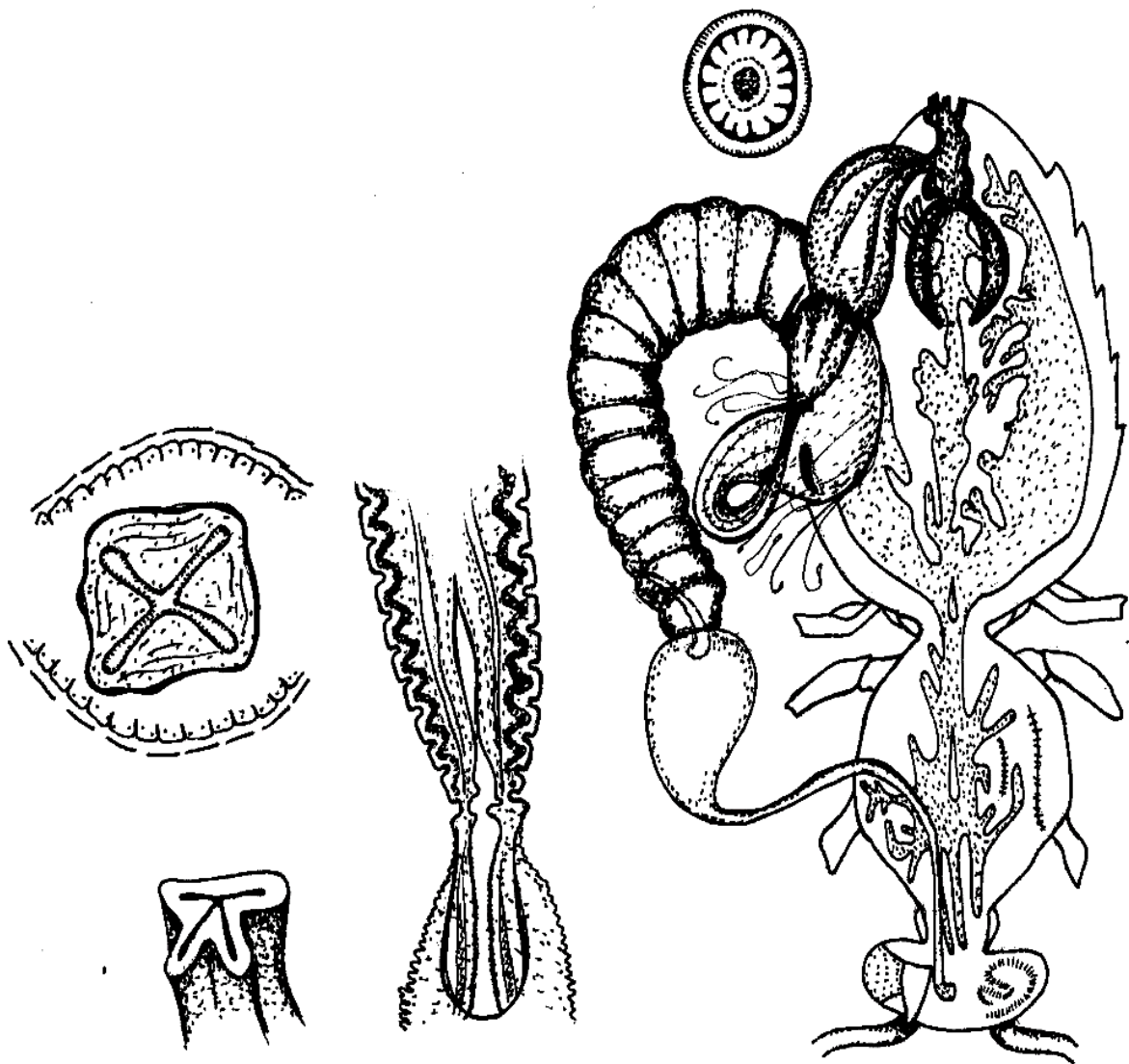


Рисунок 19 – Строение пищеварительной системы пчелы

Можно значительно быстрее выделить большую часть кишечного канала. Для этого отрезать пчеле голову и пинцетом осторожно тянуть за последний сегмент брюшка.

Вместе с сегментом отделяется часть пищевода, медовый зобик, средняя и задняя кишка.

Кишечный канал поместить на предметное стекло, обильно смочить водой и рассмотреть на темном столике микроскопа. Будет хорошо видна часть пищевода – тоненькая трубочка. Пищевод расширяется в медовый зобик. Сквозь стенку зобика просвечивает головка кардиального клапана, рукав которого опускается в среднюю кишку. За медовым зобиком идет средняя кишка, а за ней задняя, состоящая из тонкой и толстой. В переднюю часть тонкой кишки впадают тонкие, длинные трубочки – мальпигиевы сосуды. В передней части толстой кишки расположены ректальные железы.

Задание 2. Вычленив и рассмотреть слюнные железы рабочей пчелы (верхнечелюстную, глоточную, заднеголовную и грудную). Сделать обозначения на рисунке 20.

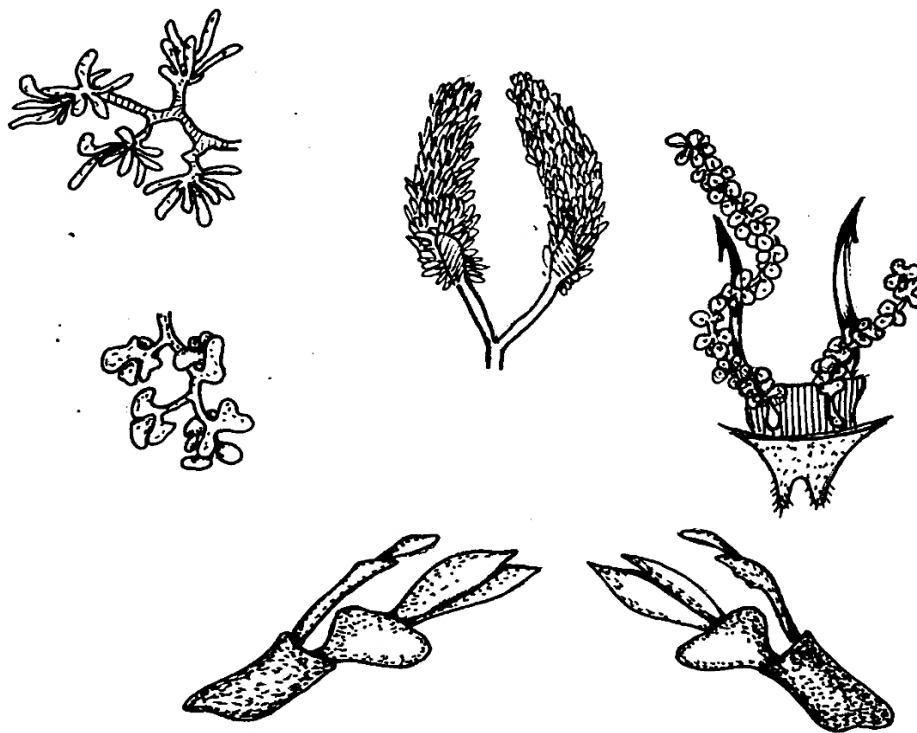


Рисунок 20 – Строение переднекишечных (слюнных) желез

Для вычленения глоточных и заднеглоточных желез у пчелы необходимо отрезать голову, взять ее в левую руку, ножницами срезать небольшую полоску хитина с теменной части и часть сложных глаз. Голову положить лицевой поверхностью вверх в восковую ванночку и укрепить через образовавшиеся отверстия энтомологическими булавками ко дну восковой ванночки. Ванночку залить водой. При помощи пинцета и препарировальной иглы осторожно удалить переднюю (лицевую) хитиновую часть головы. Когда весь хитиновый покров удален, будет виден головной мозг, а на зрительных долях его лежат петли глоточной железы. Головной мозг перенести на предметное стекло в каплю воды и под микроскопом вычленить (распутать) две ветви глоточной железы.

Заднеголовная железа переплетается с ветвями глоточной железы, их нужно вычленить вместе, а потом разделить на предметном стекле.

Для того чтобы вычленить грудную железу, необходимо удалить пчеле голову с передними ножками, тогда в образовавшемся грудном отверстии на мышцах груди видны железы, которые нужно взять пинцетом и положить на предметное стекло в каплю воды, рассмотреть под микроскопом.

Для вычленения верхнечелюстной железы пинцетом захватить верхнюю челюсть пчелы, осторожно, покачивая, выдернуть челюсть пчелы и положить на предметное стекло в каплю воды. Вместе с верхней челюстью вычленяется верхнечелюстная железа. Рассмотреть под микроскопом.

Оценка выполнения работы: Работа должна быть выполнена на ксерокопиях изображений, которые выдает преподаватель в начале занятия. На рисунках должны быть отмечены все излучавшиеся в ходе работы особенности строения.

### *Контрольные вопросы по работе 12.*

1. Какое строение имеет кишечный канал?
2. Из каких отделов состоит кишечный канал, происхождение этих отделов?
3. Какое строение передней кишки?
4. Какое значение имеет клапан медового зобика?
5. Какое строение средней кишки?
6. Какая роль перитрофической оболочки средней кишки?
7. Какие ферменты, выделяемые средней кишкой, и каково их пищеварительное значение?
8. Какое строение имеет задняя кишка?
9. Какие функции несет ректальных желез,
10. Какое значение фермента ректальных желез?
11. Какое строение имеет верхнечелюстная железа и какое назначение секрета, который выделяется этой железой у пчел и маток?
12. Какое строение имеет глоточная железа и какие секреты она выделяет?
13. Какова роль секрета глоточной железы при переработке нектара в мед?
14. Какое строение грудной железы и ее функция?
15. Каковы отличия в строении пищеварительной системы среднерусских пчёл от других подвидов европейских медоносных пчёл, и их адаптивное значение?

## **5.2 МЕДОНОСНЫЕ РАСТЕНИЯ**

Медоносные растения – один из видов растительных ресурсов, который обеспечивают пчелиную семью углеводным и белковым кормом, и даёт возможность получения продуктов пчеловодства, необходимых как для самой медоносной

пчелы, так и для человека. Приобретённые медоносными пчелами, в ходе коэволюции с цветковыми растениями, морфологические особенности, позволили им перейти на растительную пищу.

На территории нашей страны произрастает свыше тысячи видов медоносов и пыльценосов, однако практическое значение для пчеловодства имеют два-три десятка из них. При этом основную часть товарной продукции в каждой местности дают, как правило, всего лишь несколько дикорастущих или сельскохозяйственных видов растений. К ним обычно относятся медоносы, занимающие большие площади и отличающиеся наиболее высокой нектаропродуктивностью. В Пермском крае это разные виды ив (*Salix* L.), малина лесная (*Rubus idaeus* L.), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), липа сердцелистная (*Tilia cordata* Mill.) и луговое разнотравье.

Оценивать местность, на которой размещена пасека, на наличие и количество медоносных растений, необходимо чтобы узнать её мёдопродуктивность (медовый запас) и рассчитать оптимальное количество пчелиных семей на кормовом участке (медовый баланс). Мёдопродуктивность кормового участка учитывают в радиусе 2 км от пасеки на площади примерно 1250 га. Для этого можно пользоваться картографическим сервисом *Google Maps*. Он предоставляет спутниковые интерактивные карты онлайн, на которых можно изучить спутниковые фотографии Земли. Сервис имеет приложение «Калькулятор для расчета площадей, длины и расстояний по картам *Google*». Оно содержит соответствующие инструменты для измерения расстояний между объектами, площади земельного участка, в том числе кормового радиусом 2 км. Указанное на карте расстояние, длина сторон мно-

гоугольника или площадь автоматически рассчитываются в разных единицах измерения. Для определения площади леса, полей или других интересующих объектов устанавливаются маркеры по периметру измеряемой территории. Чем больше маркеров расставлено, тем выше качество замера. Измеряемая территория будет находиться внутри полилинии.

Зная мёдопродуктивность медоносных растений и площади, занятые под ними, вычисляют медовый запас кормового участка. При определении общего доступного мёда принимается во внимание, что пчелы собирают не более 30% нектара. При определении мёдопродуктивности кормового участка принимают во внимание годовую потребность пчелиной семьи в меде, которая составляет в среднем 90 кг, прибавляют товарный мед 20 кг и получают цифру 110 кг. Итак, чтобы пасека имела товарный мед, надо каждой семье собрать по 110 кг меда. Общий запас мёда делят на 110 кг, находя медовый баланс – цифру, соответствующую количеству семей, которое можно содержать в хозяйстве.

### **Работа № 13. Медоносные растения**

Цель работы: Изучить строение нектарников и пыльцевых зёрен.

Оборудование и материалы: Микроскоп МБС-9, препарировальные иглы, пинцеты, чашки Петри, предметные стекла, салфетки, таблицы. Раздаточный материал – гербарий медоносных растений, заспиртованные цветки, постоянные препараты пыльцы основных медоносных растений.

Порядок выполнения:

Задание 1. При увеличении изучить строение нектарников нескольких медоносных растений. Зарисовать и сделать обозначения на рисунке основных элементов цветка.

Задание 2. При увеличении изучить строение пыльцевых зёрен нескольких медоносных растений. Зарисовать и обозначить на рисунке поры и борозды.

Задание 3. Оцените медопродуктивность пасеки УНЦ «Экологии и морфофизиологии медоносной пчелы» в с. Фролы.

Оценка выполнения работы: Обучающийся должен самостоятельно изобразить в тетради нектарники, пыльцевые зерна растений и отметить особенности их строения. Результаты оценки медопродуктивности территории необходимо оформить в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Медовый запас местности и медовый баланс пасеки

Комовой участок	Площадь участка		Потенциал медопродуктивности участка			Максимальное число пчелосемей, шт.
	га	%	удельный, кг/га	общий, кг	с учетом сбора нектара не более 30%	
1. Лес						
...						
Сумма		100	–			

*Контрольные вопросы по работе 13.*

1. Какие растения являются главными медоносами Пермского края?
2. Что такое нектар, и чем отличается его состав у различных растений?
3. Каким образом происходит переработка пчёлами нектара?
4. Что такое пыльца и перга; их различие, свойства и значение для пчелиной семьи?
6. Какие медоносы высевают специально для пчел?
7. На чем основан расчёт медопродуктивности и медового баланса пасеки?

## Тема 6. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В АПИМОНИТОРИНГЕ

Вид пчела медоносная (*Apis mellifera* L.) наряду с другими общественными и одиночными пчёлами занимает особое место в био- и агроценозах, обеспечивая существование многих видов цветковых растений в естественных экосистемах. Тесная связь с основной наземных экосистем – растениями и высокая мобильность в пределах зоны обитания обусловила интерес учёных к этому насекомому как биоиндикатору. Выбор медоносной пчелы в качестве объекта биоиндикации обусловлен рядом присущих ей характеристик, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к биоиндикаторам, и дают медоносной пчеле ряд преимуществ в этом отношении по сравнению с другими организмами: широкий ареал распространения (пчёлы обитают на всех континентах Земли за исключением Антарктиды), эвритопность (выдерживают колебания факторов окружающей среды в очень широком диапазоне), осёдлость (известны параметры территории активного лёта рабочих особей медоносных пчёл, радиус которой составляет 2-3 км от пасеки, а площадь – 10-12 км<sup>2</sup>), лёгкость отбора проб (пасеки представляют собой готовую мониторинговую сеть).

В ряде зарубежных стран, начиная с 80-х гг., функционируют сети из контрольных ульев на обширных территориях. На территории США медоносные пчёлы рекомендованы Агентством по охране окружающей среды, Министерством энергетики и Департаментом по оборонным проектам для использования в целях повсеместного контроля экологической ситуации. Значение медоносных пчёл для биомониторинга определяется их способностью накапливать в своих те-



лах и продуктах пчеловодства различные загрязнители окружающей среды, в первую очередь, тяжёлые металлы. Вследствие этого в целях биомониторинга медоносные пчёлы изначально стали использоваться для анализа содержания поллютантов. В отечественной литературе это направление получило название «апимониторинг». Апимониторинг – это биологический мониторинг с использованием биоиндикации на основе характеристик функционирования пчелиных семей и показателей накопления загрязняющих веществ в организме пчёл и продуктах пчеловодства.

Однако физико-химические методы биомониторинга довольно трудоёмки и дорогостоящи, хотя и являются достаточно показательными с точки зрения выявления уровня загрязнения окружающей среды. По этим причинам самым доступным и распространённым методом биомониторинга пока остаётся анализ изменений морфометрических признаков биоиндикаторов под воздействием факторов окружающей среды. В этом направлении широко применяются методы определения флуктуирующей асимметрии (ФА) у видов-биоиндикаторов.

## **6.1 АПИМОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЁДЕ**

Большинство тяжелых металлов при определенных концентрациях необходимо для функционирования живых организмов. Однако, при значительном содержании их в почве они накапливаются в растениях в избыточном количестве и, передаваясь по трофической цепи к пчелам и далее через продукты пчеловодства к их потребителям (биоаккумуляция, биоконцентрация), могут вызвать хронические отравления и

другие серьезные заболевания. В настоящее время уделяется большое внимание изучению свойств тяжелых металлов, миграции их в окружающей среде и наличию в различных продуктах питания, в том числе и продуктах пчеловодства. Проводятся исследования динамики продвижения их по трофической цепи «почва – растения – пчелы – продукты пчеловодства – человек».

В процессе переработки нектара в мед содержание тяжелых металлов в нем уменьшается, в воске их довольно много, а в прополисе столько же, сколько в окружающей среде или выше. Считается, что пчелы благодаря своей жизнедеятельности производят экологически чистые продукты. Также существует мнение, что загрязняющие вещества в продуктах пчеловодства главным образом накапливаются в воске и меде.

Пчелиный воск с годами аккумулирует такие токсические вещества, как тяжелые металлы и пестициды, которые оказывают отрицательное влияние на организм пчелы и качество всех продуктов. Соты, которые пчелы использовали на протяжении трех лет для выращивания расплода, могут иметь в несколько раз больше радиоактивного цезия по сравнению с сотами, в которых пчелы размещали лишь мед. Свежеотстроенные соты содержат лишь незначительное количество радиоизотопов цезия, а в старых сотах его содержание максимально.

Основным природным источником поступления тяжелых металлов в почву и растения являются почвообразующие породы. Однако, в последнее время поступление тяжелых металлов в почву в значительно большей степени обусловлено техногенной деятельностью человека. Установлено, что концентрация тяжелых металлов в медоносных растениях

может возрастать или уменьшаться по отношению к их содержанию в почве, а в теле пчел может быть больше или меньше, чем в растениях. В связи с этим актуальнейшими проблемами остаются совершенствование методов определения токсических веществ, определяющих качество и безопасность продуктов пчеловодства для человека, совершенствование ГОСТов и ТУ на эти продукты, разработка рекомендаций по размещению пасек, обеспечивающему получение экологически чистой продукции пчеловодства.

Определение тяжелых металлов в продуктах пчеловодства (пыльцевая обножка, прополис, мед) проводят атомно-абсорбционным методом по ГОСТ Р 56634-2015 «Продукты пчеловодства. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». Сущность метода заключается в измерении степени поглощения излучения свободными атомами тяжёлых металлов в исследуемых продуктах пчеловодства.

#### **Работа № 14. Азимониторинг содержания тяжёлых металлов в мёде**

Цель работы: Изучить методику определения количества тяжёлых металлов в мёде (Требования безопасности проведения работ. Условия проведения измерений. Средства измерений, вспомогательные устройства, материалы и реактивы. Подготовка к проведению измерений. Проведение измерений. Обработка и представление результатов измерений). Ознакомиться с ГОСТами (ГОСТ 19792-2017, ГОСТ 28887-2019, ГОСТ 28886-2019, ГОСТ Р 52097-2003, ГОСТ Р 56634-2015).

Оценка выполнения работы: По итогам проведенных исследований должна быть полностью заполнена таблица 8.

Таблица 8 – Изучение нормативов определения тяжелых металлов в продукции пчеловодства

Элемент стандарта	ГОСТ 19792-2017	ГОСТ 28887-2029	ГОСТ 28886-2019	ГОСТ Р 52097-2003	ГОСТ Р 56634-2015
Наименование норматива					
Нормируемый продукт пчеловодства					
Область применения					
Основные технические требования					
Особенности отбора проб					
Правила приемки					
Методы испытаний					
Транспортировка и хранение					

*Контрольные вопросы по работе 14.*

1. Что называется трофической цепью?
2. В чем проявляется биоаккумуляция и биоконцентрация?
3. Что относится к тяжелым металлам?
4. Какие особенности имеет миграция разных тяжелых металлов в окружающей среде?
5. Почему чаще всего увеличивается концентрация тяжелых металлов по трофической цепи «почва – растения – пчелы – продукты пчеловодства – человек»?

## **6.2 АПИМОНИТОРИНГ ПО УРОВНЮ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ КРЫЛЬЕВ**

Существует новое направление биомониторинга – изучение флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков в связи с антропогенным воздействием на окружающую среду. Флуктуирующая асимметрия (ФА) представляет собой незначительные ненаправленные отличия в проявлении признаков на симметричных сторонах биологического объекта. Считается, что данная форма асимметрии характеризует

относительную неэффективность систем контроля процессов развития, их случайную изменчивость в пределах нормы реакции. Получаемая интегральная оценка качества среды является ответом на вопрос, какова реакция живого организма на неблагоприятное воздействие, которое имело место в период его развития. Высокий показатель асимметрии указывает на неоптимальность среды обитания исследуемых объектов.

Методы флуктуирующей асимметрии были апробированы на медоносной пчеле. Межсезонные колебания уровня ФА крыльев медоносной пчелы могут быть статистически значимы и связаны с динамикой уровня антропогенного загрязнения. Таким образом, пчёлы демонстрируют морфологическую чувствительность к уровню антропогенной нагрузки. Авторами предложенной схемы апимониторинга (Ломаев Г.В., Бондарева Н.В., 2007) в числе учёта прочих биологических показателей состояния пчелиной семьи рекомендуют проводить систематическое измерение экстерьерных признаков рабочих особей. Однако среди обозначенных ими признаков не указываются приоритетные и наиболее пригодные для целей апимониторинга, которые с учётом биологических особенностей медоносной пчелы адекватно отражают состояние окружающей среды. В настоящее время этот вопрос остаётся открытым. В рамках предложенной Г.В. Ломаевым, Н.В. Бондаревой (2007) схемы проведения апимониторинга рекомендуется брать чистопородных пчёл, поскольку авторы считают «поведение метизированных пчёл непредсказуемым». Вследствие того, что у рабочих пчёл уровень асимметрии уменьшается к концу лета, для процесса апимониторинга предпочтительнее использовать особей осенней генерации (Симанков М.К., 2018).

## **Работа № 15. Апимониторинг по уровню флуктуирующей асимметрии крыльев**

Цель работы: Изучить методику определения уровня флуктуирующей асимметрии крыльев.

Оборудование и материалы: Микроскоп МБС-9 с линейкой микрометра, компьютер, сканер, программа «мониторная линейка», препарировальные иглы, пинцеты, прозрачный скотч. Раздаточный материал – заспиртованные рабочие пчелы.

Порядок выполнения:

Задание 1. Отпрепарировать правые и левые крылья пчёл (не менее 10 пар), приклеить, рассмотреть под биноклем, отсканировать и вывести на экран монитора.

У подлежащих исследованию пчел осенней генерации ампутируют правое и левое крылья и приклеивают на прозрачный скотч. Подписывают массив крыльев (дата отбора проб, место) и заклеивают сверху второй лентой скотча. Крылья сканируют, при этом оптимальное разрешение сканирования должно быть не менее 2400 пикселей на дюйм. Отсканированные крылья выводят на монитор в любой из компьютерных программ просмотра изображений. Реальные размеры препаратов увеличивают в десять раз на мониторе.

Задание 2. Измерить ширину и длину правых и левых крыльев под биноклем и мониторной линейкой.

Измерения с помощью экранной (мониторной) линейки «mySize» (рис. 21) производят в сантиметрах.

Численные значения, полученные таким образом, совпадают со значениями, полученными линейкой окуляр-микрометра биноклярного микроскопа и переведёнными в миллиметры.

Задание 3. Выполнить расчёт уровня флуктуирующей асимметрии двумя методиками.

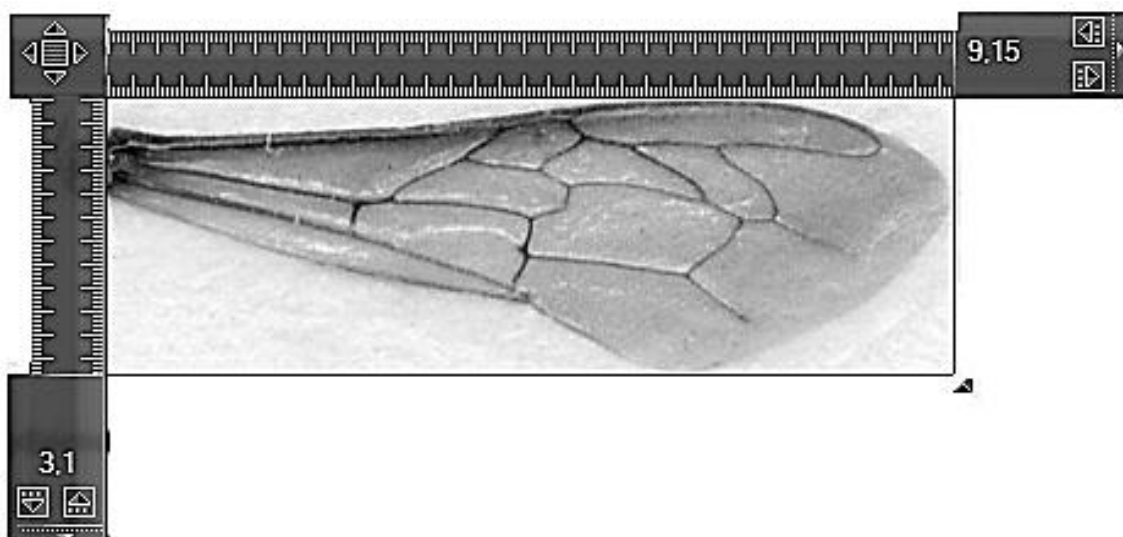


Рисунок 21 – Измерение длины и ширины крыла мониторной линейкой «mySize»

Полученные данные заносят в компьютер и обрабатывают в программе «*Microsoft Excel*». По первой методике из полученных данных обрабатывают следующие значения:

- величины общей разницы между правым и левым крылом  $d_{r-l}$ ;
- среднее различие между правым и левым крылом ( $M_d$ );
- величину флуктуирующей асимметрии оценивают по дисперсии асимметрии  $\sigma^2$ , которая рассчитывается по следующей формулам 1 и 2.

$$\sigma^2_d = \frac{\sum (d_{l-r} - M_d)^2}{n-1} \tag{1}$$

$$M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n}. \tag{2}$$

где,  $n$  – число крыльев.

Вторая методика определения уровня флуктуирующей асимметрии основана на выявлении, учете и сравнительном анализе асимметрии по определенным признакам. Определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических структур при использовании меристического (счетного) признака у каждой пчелы производится путем подсчета числа определенных структур слева и справа в указанных границах.

Популяционная оценка выражается средней арифметической разницей в количестве структур слева и справа. Величина асимметрии вычисляется путем деления разницы в промерах на двух сторонах на их сумму. Интегральным показателем стабильности развития для комплекса мерных признаков является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как среднее арифметическое суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенное к числу используемых признаков.

В таблице 2 приведён пример расчета средней относительной величины асимметрии на признак для 5 промеров крыла у 10 пчёл. Из измеряемых признаков можно использовать длину и ширину крыла, длины жилок третьей кубитальной ячейки и др.

1. Сначала вычисляют относительную величину асимметрии для каждого признака. Для этого модуль разности между промерами слева (Л) и справа (П) делят на сумму этих же промеров:  $L-P / L+P$ . Например: таблица 2, признак 1

$$L-P / L+P = 18-20 / 18+20 = 2/38=0,052$$

Полученные величины по всем 5 признакам заносят во вспомогательную таблицу 9.



Таблица 9 – Образец таблицы для обработки данных по оценке стабильности развития с использованием мерных признаков

№ препарата	Номер признака									
	1		2		3		4		5	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	18	20	32	33	4	4	12	12	46	50
2	20	19	33	33	3	3	14	13	50	49
3	18	18	31	31	2	3	12	11	50	46
4	18	19	30	32	2	3	10	11	49	49
5	20	20	30	33	6	3	13	14	46	53
6	12	14	22	22	4	4	11	9	39	39
7	14	12	26	25	3	3	11	11	34	40
8	13	14	25	23	3	3	10	8	39	42
9	12	14	24	25	5	5	9	9	40	32
10	14	14	25	25	4	4	9	8	32	32

2. Затем вычисляют показатель асимметрии для каждого крыла. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по всем признакам и делят на число признаков. Например, для крыла 1 (см. табл. 9):

$$(0,052+0,015+0+0+0,042)/5=0,022$$

Результаты вычислений заносят во вспомогательную таблицу 10.

Таблица 10 – Вспомогательная таблица для расчёта показателя стабильности развития

№ препарата	Величина асимметрии по признакам					Среднее
	1	2	3	4	5	
1	0,052	0,015	0	0	0,042	0,022
2	0,026	0	0	0,037	0,010	0,015
3	0	0	0,2	0,044	0,042	0,057
4	0,027	0,032	0,2	0,048	0	0,061
5	0	0,048	0,33	0,037	0,071	0,098
6	0,077	0	0	0,1	0	0,035
7	0,077	0,019	0	0	0,081	0,036
8	0,037	0,042	0	0,111	0,037	0,045
9	0,077	0,020	0	0	0,111	0,042
10	0	0	0	0,059	0	0,012
<b>Средняя величина асимметрии в выборке по 5 признака</b>						<b>0,042</b>

3. На последнем этапе вычисляют интегральный показатель стабильности развития, величину среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую величину асимметрии для выборки крыльев. Это значение округляют до третьего знака после запятой:

$$(0,022+0,015+0,057+0,061+0,098+0,035+0,036+0,045+0,042+0,012)/10=0,042$$

Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития (величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определяется по *t* критерию Стьюдента.

Для оценки степени выявленных отклонений от нормы, их места в общем диапазоне возможных изменений показателя разработана балльная шкала. Диапазон значений интегрального показателя асимметрии, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл (условная норма). Он соответствует данным, полученным в природных популяциях при отсутствии видимых неблагоприятных воздействий (например, на особо охраняемых природных территориях). В этой связи надо иметь в виду, что на практике при оценке качества среды в регионе с повышенной антропогенной нагрузкой фоновый уровень нарушений в выборке растений или животных даже из точки условного контроля не всегда находится в диапазоне значений, соответствующих первому баллу. Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Он соответствует тем популяциям, где есть явное неблагоприятное воздействие и такие изменение состояния организма. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя.

Высокий показатель асимметрии указывает на неоптимальность среды обитания исследуемых организмов.

Медоносная пчела является перспективным биоиндикатором, однако в «Методических рекомендациях по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ» медоносная пчела, как объект биомониторинга, отсутствует и диапазон значений интегрального показателя асимметрии пока не известен.

Оценка выполнения работы: По итогам проведенных исследований должны быть полностью заполнены таблицы 9 и 10, а также проведены соответствующие расчеты. По итогам работы должно быть сделано заключение о состоянии окружающей среды на основании апимониторинга.

#### *Контрольные вопросы по работе 15.*

1. В чем заключаются экологические основы и особенности применения биоиндикации?
2. Что относится к биоиндикаторам?
3. В чем заключается апимониторинг и какое значение он имеет в общей схеме биомониторинга?
4. В чем заключаются преимущества медоносной пчелы как биоиндикатора?
5. Что называется флуктуирующей асимметрией?
6. Охарактеризуйте методики определения уровня флуктуирующей асимметрии?
7. Каковы причины разного уровня флуктуирующей асимметрии у представителей разных стад медоносной пчелы?
8. По какой причине насекомые опылители играют общебиосферную роль?
9. Какие морфологические и анатомические признаки можно использовать в определении флуктуирующей асимметрии?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая содержание данного лабораторного практикума можно отметить высокую значимость изучения морфологических, анатомических, физиологических, этологических особенностей медоносных пчел. Полученные знания позволяют исследовать влияние многообразия экологических факторов на пчёл, что имеет важное значение для рационального использования биоресурсов Пермского края. Широкий ареал распространения медоносной пчелы, большой радиус активности рабочих особей, разнообразие продуктов пчеловодства делает возможным осуществление апимониторинга. Полученные знания позволяют организовать биомониторинг загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, а также оценить общее состояние окружающей среды на основании данных о флуктуирующей асимметрии. Изучение насекомых опылителей на примере медоносной пчелы позволяет осознать их общебиосферную роль как фундамента сохранения биоразнообразия.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная:*

1. Дмитренко, В. П. Экологический мониторинг техносферы : учебное пособие / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. – 2-е изд. испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 368 с. // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/279824>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ивашевская, Е. Б. Экспертиза продуктов пчеловодства. Качество и безопасность : учебник для вузов / Е. Б. Ивашевская, О. А. Рязанова ; редакция В. М. Позняковского. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 384 с. // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/200402>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Козин, Р. Б. Биология медоносной пчелы : учебное пособие / Р. Б. Козин, В. И. Лебедев, Н. В. Иренкова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 320 с. // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210182>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Латышенко, К. П. Экологический мониторинг : учебник и практикум для вузов / К. П. Латышенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2022. – 424 с. // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/489160>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Пчеловодство : учебник / Р. Б. Козин, Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев, В. М. Масленникова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 448 с. // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210470>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

### *Дополнительная:*

1. Биологический контроль окружающей среды: генетический мониторинг / Под. ред. С.А. Гераськина, Е. И. Сарапульцевой – М.: Академия, 2010. – 207 с.
2. Биоэкологический контроль окружающей среды: Биоиндикация и

биотестирование / под. ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 288с.

3. ГОСТ Р 52097-2003 Продукты пчеловодства. Минерализация проб для определения токсичных элементов. – М.: Стандартинформ, 2003.

– URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/6048/?ysclid=ln7qvm94bb216642251>

4. ГОСТ Р 56634-2015 Продукты пчеловодства. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. – М.: Стандартинформ, 2015.

– URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60979/?ysclid=ln7qwq3ydv17163230>

5. ГОСТ 19792-2017 Мёд натуральный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017.

– URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/65735?ysclid=ln7qpy0u63988380339>

6. ГОСТ 28886-2019 Прополис. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019.

– URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71558/?ysclid=ln7quea35d370368103>

7. ГОСТ 28887-2019 Пыльцевая обножка. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019.

– URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71564/?ysclid=ln7qsr6udl322841737>

8. Ломаев Г.В., Бондарева Н.В. Концепция экологического апимониторинга // Пчеловодство. – №3. – 2007. – С. 10-12.

9. Симанков М.К. Биологические основы экологии медоносной пчелы : учебное пособие Пермский ГАТУ. – Пермь: ИПЦ «Прокрост», 2018. – 136 с.

10. Симанков М.К., Лихачев С.В. Экологический индикатор последствий интродукции южных рас *Apis mellifera* L. в северные регионы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 1 (29). – С. 77-85. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42771851>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. *Периодическая литература*: «Проблемы региональной экологии», «Экология и жизнь», «Пчеловодство».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биологический контроль окружающей среды: генетический мониторинг / Под. ред. С.А. Гераськина, Е. И. Сарапульцевой – М.: Академия, 2010. – 207 с.
2. ГОСТ 19792-2017 Мёд натуральный. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2017. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/65735?ysclid=ln7qpy0u63988380339> (10.09.2023)
3. ГОСТ 28886-2019 Прополис. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71558/?ysclid=ln7quea35d370368103> (12.09.2023)
4. ГОСТ 28887-2019 Пыльцевая обножка. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71564/?ysclid=ln7qsrbudl322841737> (10.09.2023)
5. ГОСТ Р 52097-2003 Продукты пчеловодства. Минерализация проб для определения токсичных элементов. – М.: Стандартинформ, 2003. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/6048/?ysclid=ln7qvm94bb216642251> (10.09.2023)
6. ГОСТ Р 56634-2015 Продукты пчеловодства. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. – М.: Стандартинформ, 2015. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/60979/?ysclid=ln7qwq3ydv17163230> (10.09.2023)
7. Козин, Р. Б. Биология медоносной пчелы : учебное пособие / Р. Б. Козин, В. И. Лебедев, Н. В. Иренкова. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 320 с. // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210182>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Ломаев Г.В., Бондарева Н.В. Концепция экологического апимониторинга // Пчеловодство. – №3. – 2007. – С. 10-12.
9. Симанков М.К. Биологические основы экологии медоносной пчелы : учебное пособие Пермский ГАТУ. – Пермь: ИПЦ «Прокрост», 2018. – 136 с.
10. Симанков М.К., Лихачев С.В. Экологический индикатор последствий интродукции южных рас *Apis mellifera* L. в северные регионы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 1 (29). – С. 77-85. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42771851> (10.09.2023)