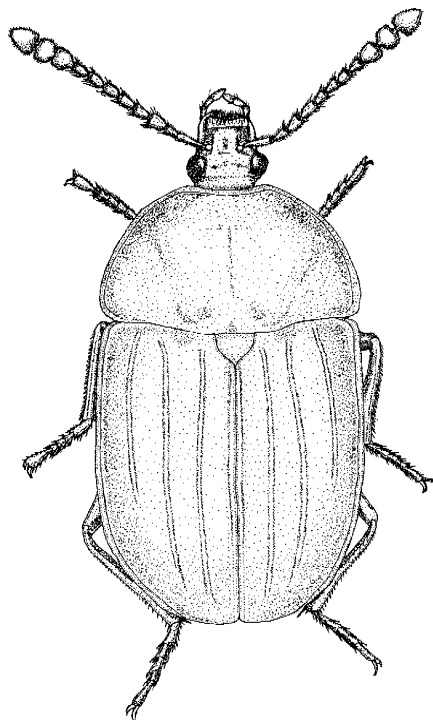


МОСКОВСКАЯ ГОРОДСКАЯ СТАНЦИЯ ЮНЫХ НАТУРАЛИСТОВ

Е. А. ДУНАЕВ

МЕТОДЫ ЭКОЛОГО- ЭНТОМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

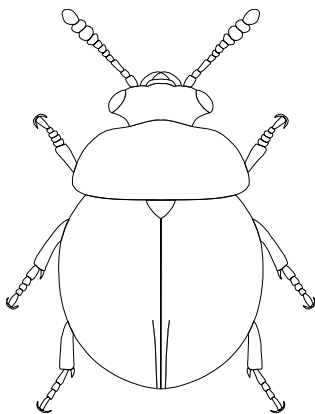


МОСКВА
1997

Дунаев Е. А., 1997. Методы эколого-энтомологических исследований. — М.: МосгорСЮН, 44 с., 24 илл.

Методическое пособие освещает технику сбора, препарирования насекомых, оформления энтомологических коллекций и консервации материала при проведении экологических исследований. В нем описываются универсальные способы ловли насекомых разных ярусов леса, подстилки, водоемов и ряда специфических субстратов. Излагаются различные методы относительного и абсолютного учета численности насекомых, способы оценки их экологического разнообразия (на основе индексов видового богатства и обилия с учетом равномерного распределения и доминирования видов) при сравнении различных местообитаний и ширины экологических ниш.

Пособие предназначено для учащихся, интересующихся биологией (юных энтомологов и натуралистов), их преподавателей и руководителей, педагогов школьного и внешкольного образования, применяющих в своей работе различные формы полевых экологических исследований; может быть использовано для изучения экологии не только насекомых, но и других групп живых организмов.



© Дунаев Евгений Анатольевич: текст, дизайн, 1997 г.

© Котеленец Николай Николаевич: макет, 1997 г.

© Щигель Дмитрий Сергеевич: рисунок на обложке, 1996 г.

МЕТОДЫ ЭКОЛОГО- ЭНТОМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СОДЕРЖАНИЕ

Методы сбора насекомых при проведении экологических исследований ·····	2
А. Универсальные способы ловли ·····	4
I. Способы сбора почвенных насекомых и насекомых лесной подстилки ·····	4
II. Способы сбора водных насекомых ·····	7
III. Способы сбора насекомых травяно-кустарничкового яруса ·····	8
IV. Способы сбора насекомых древесного яруса и подлеска ·····	10
V. Способы сбора летающих насекомых ·····	11
Б. Специальные способы сбора — ловля на приманку ···	15
 Способы препаровки насекомых и правила оформления энтомологического материала ·····	17
 Методы учета численности насекомых ·····	29
 Способы оценки экологического разнообразия ·····	36
 Список использованной литературы ·····	43

МЕТОДЫ СБОРА НАСЕКОМЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первым этапом любых биологических работ является правильная идентификация того объекта, который изучает натуралист. Однако, определить живой организм часто бывает затруднительно в связи с тем, что приходится анализировать мелкие подвижные структуры (количество члеников и щетинок, особенности строения гениталий, форму чешуек и расположение жилок на крыльях и т. д.). Поэтому в процессе проведения сборов животных усыпляют или умерщвляют. В большинстве случаев эта процедура стала необходимым условием выполнения таких исследований. Более того, для определения вида важным является осуществление серийных сборов (по нескольким экземплярам каждого таксона и пола) в связи с тем, что даже основные диагностические признаки подвержены значительной изменчивости. Серийные сборы необходимы также и при выполнении целого ряда специфических экологических работ: изучение численности и плотности населения насекомых, влияния различных факторов среды обитания на морфологические особенности строения особей, оценка биотопического или субстратного разнообразия видов и др.

Вместе с тем, согласно закону Российской Федерации «Об охране и рациональном использовании животного мира» (статья 42) сбор и «пополнение зоологических коллекций, находящихся в личной собственности граждан ... запрещается, за исключением коллекций, состоящих из трофеев охоты, рыболовства...». Таким образом, все собираемые школьниками зоологические материалы для хранения их дома, в кружках или школах попадают под действие этой статьи и считаются незаконными. Отлов животных разрешен лишь специализированным научно-исследовательским учреждениям и общественным объединениям, способным обеспечить грамотный сбор и хранение зоологических объектов. Добыча редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных производится только по номерным разрешениям Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды (117874, Москва, ул. Кедрова, 8/1). В связи с этим, прежде чем проводить экологические исследования, связанные с умерщвлением насекомых, необходимо получить консультации у специалистов, а грамотно оформленные материалы передать в краеведческий или зоологический музей, где им будет обеспечена должная сохранность с ежегодной дезинсекцией, необходимым температурным и влажностным режимом, что трудно осуществить в домашних условиях.

При сборе насекомых очень важно не уничтожать животных без надобности, не выносить живые организмы за пределы их местообитаний и оставлять участок отлова ненарушенным (возвращать на место перевернутые камни, бревна, доски, дерн и т. д.).

Бездумно собранные, неправильно оформленные и хранящиеся коллекции не имеют научной ценности.

Существуют универсальные методы сбора, в результате которых одновременно вылавливаются самые разные группы насекомых, и специальные, учитывающие особенности биологии представителей конкретных семейств и отрядов.

А. Универсальные способы ловли.

I. Способы сбора почвенных насекомых и насекомых лесной подстилки.

1. **Ручной разбор** мелких насекомых и личинок. При этом образцы почвы, лесную подстилку или другой субстрат помещают на край подноса и методично небольшими порциями перебирают их, выявляя насекомых. Переработанный субстрат отодвигают в сторону на другой край подноса, а найденные организмы помещают в банки или пробирки.

2. **Просеивание энтомологическим ситом**, которое представляет собой систему надеваемых друг на друга колец с дном из металлической сетки. Диаметр отверстий сетки у каждого кольца меньше, чем у предыдущего. Опавшую листву, мох, скопления лишайников, труху, почву, разломанные на мелкие фрагменты трутовики, строительный материал муравейника и т. п. помещают на верхнюю решетку сита и энергично трясут его. При этом мелкий сор вместе с насекомыми просеивается в следующий ярус и т. д. Потом сито разбирают и исследуют по отдельности материал каждого кольца, выбирая насекомых из частиц субстрата.

В 1922 г. Моррисом был описан метод разбора проб промывкой почвенных образцов по системе сит с разной ячейкой. В экспедиционных условиях этот способ апробировала Т. Г. Григорьева в 1938 г., помещая вдоль берега водоема вставленные друг в друга ведра с дном в виде сит разного калибра.

3. **Флотация** предназначена для сбора мелких почвенных насекомых на различных стадиях развития: яйца, личинки, куколки и взрослого насекомого (имаго). Комок почвы при этом помещают в сосуд с насыщенным раствором поваренной соли. После взбалтывания сосуда воде дают отстояться. В результате этого почвенные частицы оседают на дно,

а живые организмы всплывают. Их собирают с поверхности воды и исследуют. Впервые этот метод был предложен Ледделем в 1936 г. и получил широкое распространение.

4. Сухая экстракция с помощью эклектора Тульгрена удобна для сбора мелких почвенных энтогнат — коллембол и др., хотя для протур более пригодной считается флотация. При этом образец почвы помещают в сито в 25 см под лампой мощностью в 100 Вт (рис. 1). Через каждые два часа расстояние между лампой и пробой уменьшают на 5 см до того, как оно станет равным 5 см, и в таком положении оставляют пробы на 24 часа. Многие мелкие организмы, населяющие почву и подстилку, избегают источников тепла и перемещаются во влажные участки (нижние слои пробы) до тех пор, пока не провалятся через сито в сосуд с фиксирующей жидкостью (формалином, спиртом) или водой.

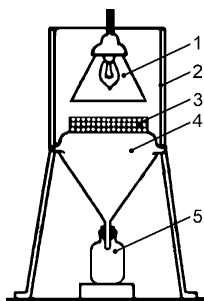


Рис. 1. Схема устройства эклектора Тульгрена (по Мартыновой, 1983, с изменениями): 1 — источник нагрева, 2 — жестяной цилиндр, 3 — пробы на сите, 4 — воронка, 5 — сосуд с фиксатором.

горячей водой, нагретые огнем газовой горелки; Мак-Клор — теплом паяльной лампы, проходящим по трубке к воронке с пробой. Самый простой вариант описал в 1949 г. М. С. Гиляров. Он высушивал пробы на листе фанеры в солнечные дни под открытым небом, собирая расплзающихся членистоногих животных. На результативность этого метода

влияет исходная влажность почвы.

5. **Мокрая экстракция с помощью воронки Бермана** применяется для сбора различных мелких насекомых. Образцы почвы помещают в муслиновый или марлевый мешок, который опускают в сосуд (воронку) с водой так, чтобы он находился в верхней его части и в 25 см под лампой мощностью 100 Вт в течение 24 часов (рис. 2). Насекомые будут перемещаться из образца в воду и оседать на дне воронки (сосуда). Извлечь лежащих на дне насекомых можно, открыв вентиль (зажим) воронки.

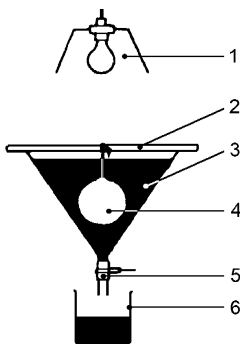


Рис. 2. Схема устройства воронки Бермана (по Грин и др., 1990, с изменениями): 1 — источник нагрева, 2 — стеклянный стержень, 3 — воронка с водой, 4 — муслиновый мешок с почвенным образцом, 5 — зажим, 6 — сосуд с фиксатором.

6. **Установка ловчих цилиндров** для сбора разнообразных ползающих насекомых. Стеклоянные или консервные банки, пластмассовые стаканчики, жестяные цилиндры с глубоким дном зарывают так, чтобы их верхний край находился на уровне земли. Необходимо позаботиться о защите этих ловушек от дождя (накрывать их щепкой, камнем, куском шифера и т. д., но так, чтобы между ними и поверхностью земли оставалась щель для свободного проникновения насекомых). Иногда на дно ловушек кладут приманку (варенье, джем, кусочки мяса). Впервые это было предложено Барбером в 1931 г. Ловушки проверяют и чистят ежедневно, а если в них налит 2%-ный формалин, то — раз в 7–10 дней. Расставляют их линейной трансектой (как правило, пересекающей разные биотопы); ленточной трансектой (образованной двумя линейными трансектами с расстоянием друг от друга в 0,5 или 1 м,

причем цилиндры могут располагаться как на одном уровне в обеих трансектах, так и в шахматном порядке); квадратом.

Трансектный способ установки ловушек и прокладывания траншей, на дне которых также могут быть вкопаны ловчие банки (при этом ширина траншеи должна равняться ширине горла ловушки), удобен при изучении смены животного населения по линии, проходящей через разные биотопы. Для микростациальных же исследований, где важным оказывается обследование локального участка территории, рекомендуется использовать крестообразные канавки (траншеи), на пересечении которых врыта ловушка (банка, стакан). Нерационально выкапывать такие канавки длиной более чем 3–4 м.

II. Способы сбора водных насекомых.

7. *Ловля водным сачком.* Для изготовления водного сачка (рис. 3) используют мелкоячеистую ткань, более прочную, чем марля (лучше всего — мельничный газ), и проволоку из нержавеющей стали толщиной 4–5 мм. Сачок ставят ниже по течению того места, которое собираются облавливать. На обследуемом участке переворачивают камни, взбалтывают ил так, чтобы организмы поднимались со дна и течением загонялись в сачок. В стоячих водоемах и в местах со слабым течением (в прудах, заливах и т. д.) проводят сачком вдоль водной растительности.

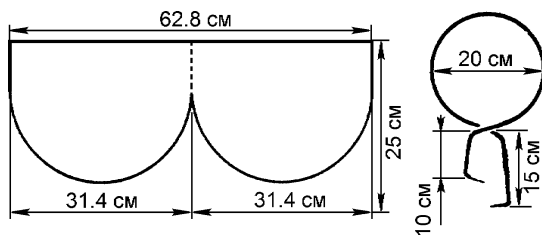


Рис. 3. Изготовление водного сачка (по Горностаеву, 1970).

III. Способы сбора насекомых травяно-кустарничкового яруса.

8. **Кошение воздушным сачком.** В качестве сетки воздушного сачка применяют капроновую материю или марлю, но ее прочность ниже. Обруч сачка крепиться к жесткой (деревянной, бамбуковой) рукоятке проволокой, толщина которой должна быть 4–5 мм (рис. 4–6). Для ловли бабочек,

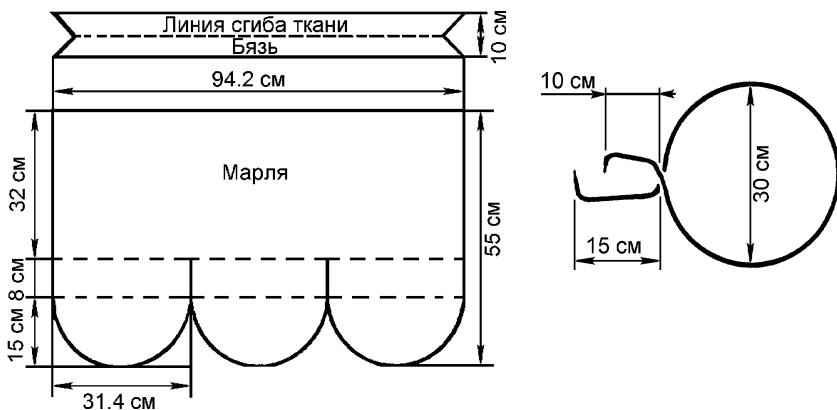


Рис. 4. Изготовление воздушного сачка (по Горностаеву, 1970; Козлову и Нинбургу, 1971, с изменениями).

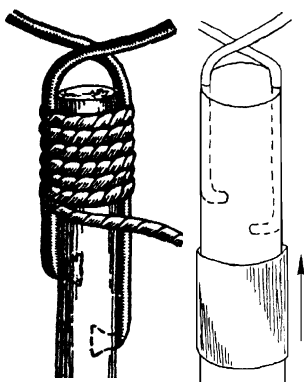


Рис. 5. Способы крепления проволочного обруча сачка к его рукоятке (по Козлову и Нинбургу, 1971, с дополнениями).

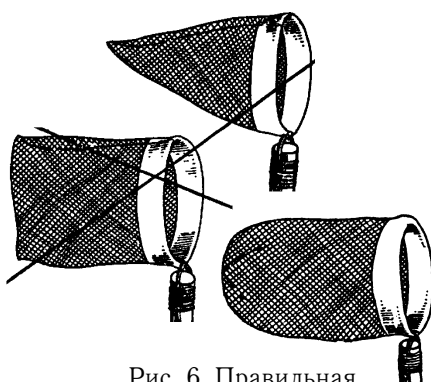


Рис. 6. Правильная и неправильные формы ловчего мешка (по Козлову и Нинбургу 1971, с изменениями).

стрекоз и иных быстро и (или) высоко летающих насекомых используют рукоятку длиною не менее одного метра и марлевый мешок, для других (сидящих на растительности) — удобнее иметь ручку сачка не более полуметра в длину, диаметром около 3 см и капроновый мешок. Иногда применяют многосвязную рукоятку, которую при необходимости можно удлинять или укорачивать. Таким сачком резко совершают восемь взмахов (в случае количественных учетов — 50 или 100) по траве и молодым побегам кустарников и деревьев. При этом обруч сачка должен следовать по восьмеркообразной траектории. После серии взмахов его располагают вертикально с небольшим уклоном или отверстием мешка вниз так, что-

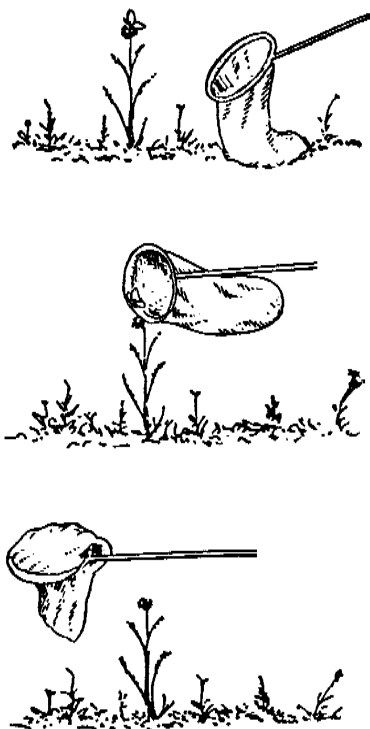


Рис. 7. Последовательные этапы ловли воздушным сачком (по Ильинскому, 1962).

бы он повисал на обруче и не позволял выползть и вылетать попавшим туда насекомым (рис. 7), т. е. переворачивают обруч сачка на 180°. Кошение целесообразнее проводить после высыхания капель росы или дождя, двигаясь против солнца и ветра, т. к. тень может вспугнуть насекомых, а ветер — вывернуть мешок. Извлечение мелких насекомых из сачка удобно производить эксгаустером. Дневным бабочкам и другим крупным летающим насекомым сначала складывают крылья, осторожно удерживая за грудной отдел тела через ткань сачка, а потом, перехватив их свободной рукой, помещают в специальный бумажный пакетик перед укладкой его в морилку. Рукоятку сачка при этих манипуляциях удобнее всего

располагать под мышкой.

9. **Ловля эксгаустером** (всасывателем) производится для сбора мелких насекомых и других беспозвоночных животных с поддонов, полотна материи, растений или из сачка (рис. 8).

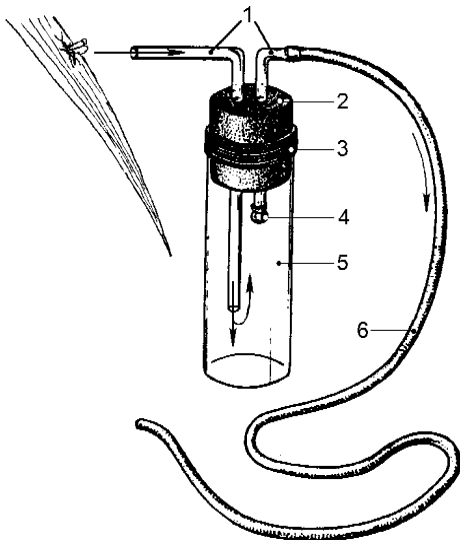


Рис. 8. Схема строения и принцип работы эксгаустера (по Мартыновой, 1983, с дополнениями и изменениями): 1 — стеклянная (или полихлорвиниловая) трубка, 2 — пробка, 3 — кольцо из изоляционной ленты или лейкопластыря, прикрепляющее пробку к цилиндру, 4 — колпачок из марли или газа, 5 — стеклянный цилиндр (крупная пробирка), 6 — резиновая или полихлорвиниловая трубка. Стрелки показывают направление всасываемого воздуха.

IV. Способы сбора насекомых древесного яруса и подлеска.

10. **Стряхивание насекомых на полотно**. Под деревом или кустом раскладывают белую матерчатую простыню или прикрепляют ее к складному каркасу (типа зонта) под веткой и трясут ветку рукой или бьют по ней палкой (рис. 9). Упавших насекомых собирают с материи с помощью эксгаустера, пинцета или руками. Таким методом не продуктивно пользоваться в жаркое время дня, так как в этот период насекомые очень активны и потревоженными чаще улетают, а не падают на полотно.

11. **Обследование подкоровой зоны деревьев**. После обнаружения мертвого дерева или пня осторожно отделяют участ-

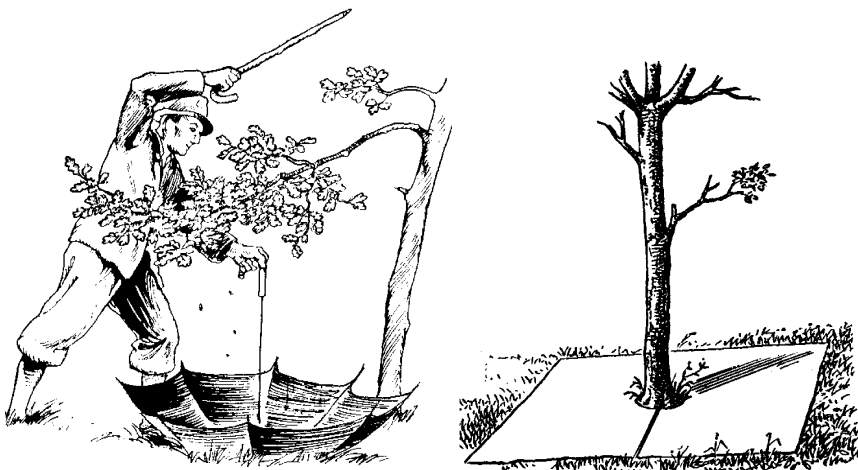


Рис. 9. Стряхивание насекомых с ветвей (по Koch, 1991).

ки коры, осматривая внутреннюю ее поверхность и ствол. Найденных насекомых собирают эксгаустером или пинцетом в заранее приготовленные пробирки.

12. **Выведение насекомых** из заселенных ими ветвей, коряг, бревен в лабораторных условиях.

V. Способы сбора летающих насекомых.

13. **Ловля сачком в воздухе**. Для этого способа сбора применяют такой же воздушный сачок, как и для кошения (рис. 4–7), но в качестве материи удобнее использовать муслин или марлю. Техника ловли во многом дублирует манипуляции сачком при кошении.

14. **Оконная ловушка** пригодна для сбора летающих насекомых как почвенного, так и травяно-кустарничкового яруса и подлеска. Она представляет собой корытце с фиксирующей жидкостью (1–2%-ным раствором формалина) и закрепленное в вертикальной плоскости оконное стекло. Пролетая, насекомое ударяется в стеклянную преграду и падает вниз. Если стекло касается дна корытца (рис. 10) и расположено так, что одна его сторона обращена к одному биото-

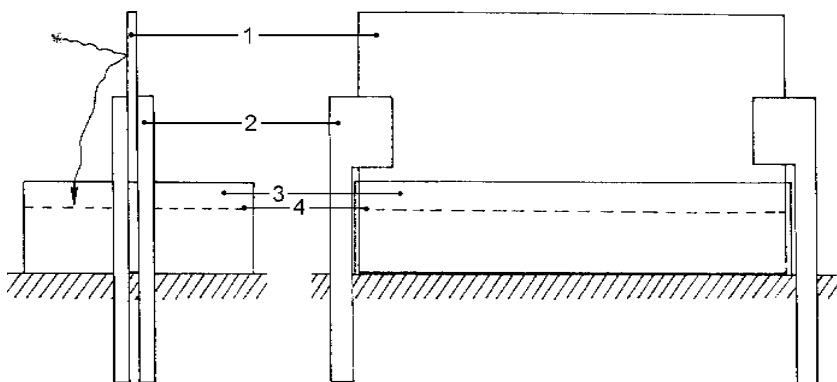


Рис. 10. Схема устройства оконной ловушки (ориг.): 1 — оконное стекло, 2 — деревянные крепления, 3 — корытце, 4 — уровень фиксирующей жидкости.

пу, а другая — к другому, то можно сравнивать видовой состав насекомых двух биотопов.

15. **Ловчие чашки Мерике** предназначены для сбора двукрылых и перепончатокрылых насекомых — опылителей луговых цветковых растений, а также тлей. Для этого используют обычные миски или тарелки, дно которых красят в желтый цвет, привлекающий насекомых, наливают в них воду и выставляют на лугу на уровне соцветий, используя для этого деревянные или металлические подставки. В воду иногда добавляют формалин или стиральный порошок (на 1 л воды — 20 мл концентрированного раствора стирального порошка или примерно 65 мл 40%-ного формалина).

16. **Клейкие ловушки** представляют собой листы толстого полиэтилена или других материалов (ткань, бумага и т. д.), смоченные в горячем растворе сахара с патокой и прикрепленные к дереву, вертикально расположенной доске или стене дома на разных высотах. В качестве привлекающих веществ в кипяток можно добавить джем и пиво.

17. **Световая ловушка** предназначена для сбора ночных насекомых (бабочек, ручейников и др.), хотя часто на свет лампы летят и дневные виды. В качестве источника света

удобно использовать ртутные лампы уличных фонарей на 125, 250, 400, 500 или 1000 Вт. Их можно включать в бытовую сеть только через дроссель и при этом желательно работать в затемненных очках или стараться избегать долгих взглядов на источник света. Располагать лампы следует на высоте 1–1,5 м, помещая за ними вертикальный экран из белой материи площадью 1–1,5 м². Целесообразно положить на земле еще 1–2 белых полотна-отражателя. Правильное расположение

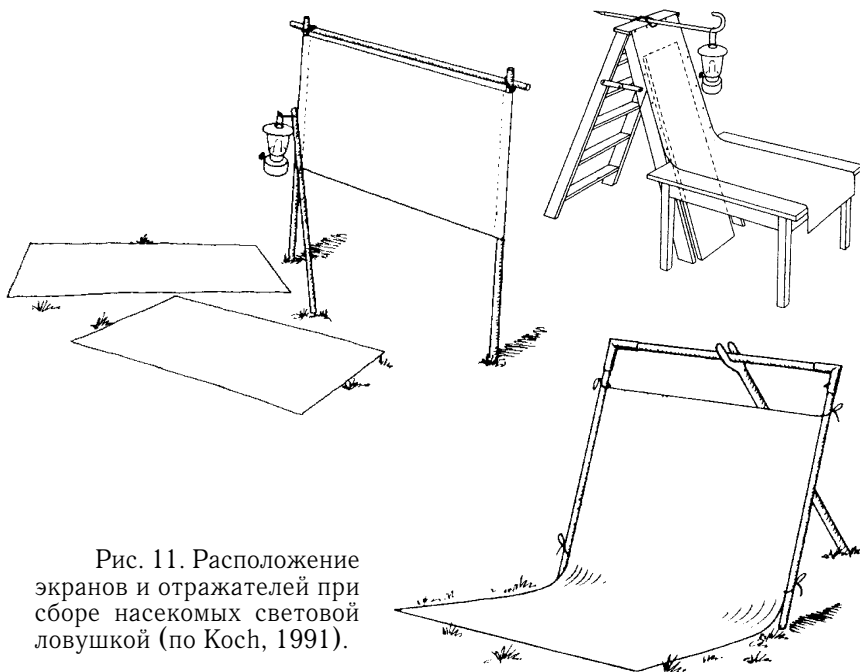


Рис. 11. Расположение экранов и отражателей при сборе насекомых световой ловушкой (по Koch, 1991).

ламп и экранов показано на рис. 11, 12. Успешный лов на свет зависит от многих факторов, одним из которых являются погодные условия (наиболее удачной считается теплая и облачная ночь). Влияние других включенных источников света, расположенных поблизости от ловушки, также может неблагоприятно сказаться на эффективности лова. Зона действия светоловушки должна быть направлена в сторону, противоположную вечерней заре (т. е. на восток).

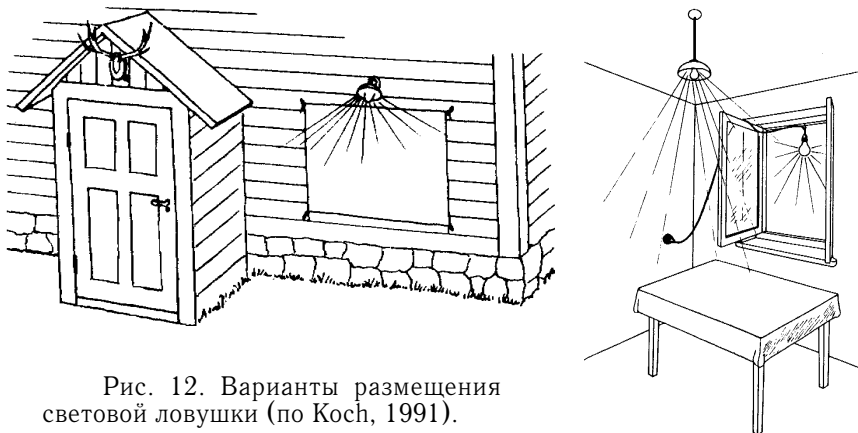


Рис. 12. Варианты размещения световой ловушки (по Koch, 1991).

Для количественных учетов и изучения динамики лета удобно собирать всех прилетевших на экран насекомых в течение каждого получаса и, заморив их, складывать в банку или коробку. Проложив этот сбор сверху бумагой и ватой, верхним слоем на него помещают отловы следующего получаса и т. д. (рис. 13).

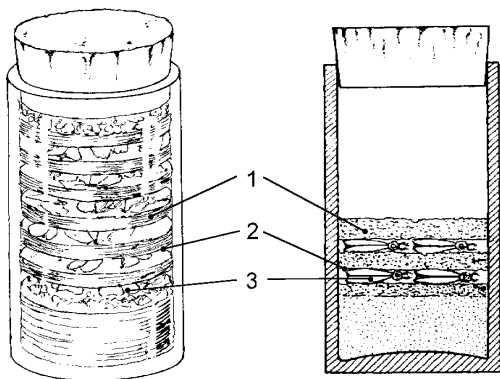


Рис. 13. Послойное расположение насекомых при изучении динамики лета (по Koch, 1991, с изменениями): 1 — вата, 2 — бумажный фильтр, 3 — насекомые.

Б. Специальные способы сбора — ловля на приманку.

Некоторые насекомые привлекаются различными сильно пахнущими приманками.

Для ловли совок, например, выставляют корытца со сме-

сю из патоки, меда и пива, сверху прикрывая их марлей во избежание порчи бабочек в результате намокания или развешивают смоченные в этой же смеси тряпки. Такие приманки называют бродящими и иногда используют при изучении динамики лета.

Проволочников (личинок жуков-щелкунов) собирают на приманку из ломтей картофеля, проколотых палочками и закопанных в землю на глубину 5 см на расстояние 50 или 100 см друг от друга. Уловистость при этом варьирует от погодных и почвенных условий, густоты растительного покрова.

Для подгрызающих совок и жуков-чернотелок на полях пропашных культур и на парах раскладывают скошенную траву. Такие приманки называются **притеняющими или концентрирующими**. Проверку проводят рано утром на следующий день после раскладки травы. Аналогичную роль для ряда насекомых выполняют доски, камни, бревна, антропогенный мусор. Для древесных насекомых (в частности, ряда видов жуков-долгоносиков) устраивают ловчие пояса (рис. 14) из тряпок или мешковины, обвязывая ими участок ствола дере-



Рис. 14. Устройство ловчих поясов на деревьях (по Козлову и Нинбургу, 1971).

ва, предварительно смазанный глиной для ликвидации трещин и щелей, куда могли бы спрятаться насекомые. Осмотр таких искусственных убежищ обычно проводят раз в неделю. Своеобразной концентрирующей приманкой в жаркую погоду может служить влажный участок земли с помещенной на него охапкой свежей травы.

Мертвоедов, жужелиц, некоторых коротконадкрылых жуков и мух привлекает гниющее мясо (которое можно помещать в цилиндры, на металлический поддон или лист фанеры), трупы птиц и мелких грызунов.

Копрофильные насекомые охотно летят на подсыхающий помет коров. Обследование таких субстратов следует проводить внимательно и осторожно, так как многие мелкие жуки быстро и ловко передвигаются в проделанных там ходах. Появившихся на поверхности помета насекомых ловят пинцетом и переносят в пробирки. После этого палочкой, ножом или небольшим совком осторожно снимают верхний (подсохший) слой субстрата и обследуют более глубокие участки вплоть до 5–10-сантиметрового слоя земли под пометом.

Другие эфемерные субстраты (плодовые тела шляпочных грибов, зрелые и подсыхающие плазмодии слизевиков) осваивают мицетофильные и миксомицетофильные жуки и двукрылые насекомые разных семейств.



СПОСОБЫ ПРЕПАРОВКИ НАСЕКОМЫХ И ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Собранных насекомых помещают в морилку — небольшую стеклянную банку объемом в 100–250 мл с плотно пригнанной пробкой и сложенными гармошкой ленточками филь-

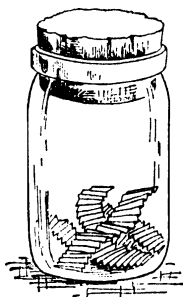


Рис. 15. Энтомологическая морилка (по Горностаеву, 1970, с изменениями).

тровой или газетной бумаги (рис. 15), которые по мере намокания нужно заменять на новые. На нижнюю часть крышки прикрепляют или помещают на дно морилки кусочек марли, поролон или ваты, смоченный в эфире (его недостаток — высокая летучесть и легкая воспламеняемость), бензине (после него насекомые становятся ломкими), дихлорэтане (медленно действует на членистоногих), хлороформе (некоторые насекомые в нем могут обесцвечиваться) или этилацетате

(лучше всего). Следует помнить о ядовитости этих химических соединений. По мере высыхания ваты (особенно быстро это происходит в случае прикрепления ее к крышке, которую приходится часто открывать) пропитку повторяют. По-

мешение ватного тампона на дно морилки имеет свои недостатки: стекающий хлороформ (или этилацетат и другие реактивы) впитывается фильтровальной бумагой и смешивается с выделениями насекомых. Это создает повышенную увлажненность; насекомые намокают, пачкаются и приобретают неэстетичный облик; в ряде случаев некоторые признаки теряют диагностическую ценность (отваливаются или обесцвечиваются чешуйки, слипаются волоски и т. д.). Во избежание быстрого испарения хлороформа иногда рекомендуют заливать дно морилки гипсом и капать усыпляющую жидкость на него или использовать вымоченные в хлороформе в течение нескольких часов кусочки ластика или резиновых пробок от пенициллиновых пузырьков (при этом следует помнить, что они увеличиваются в объеме в 3–4 раза). Во время лова удобно иметь под рукой несколько морилок для насекомых разных размеров и экологических групп. Если в одну морилку попадают крупные жуки и насекомые с нежными крыльями, то есть возможность повреждения последних. Для ноч-

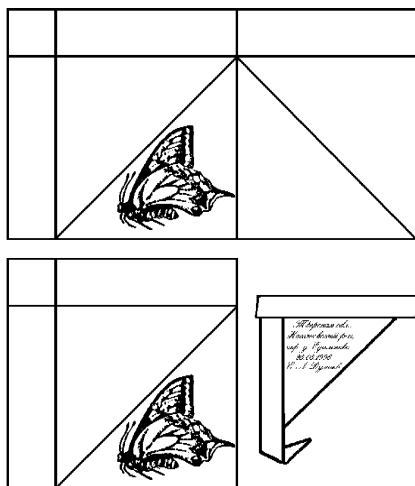


Рис. 16. Схема изготовления индивидуальных пакетиков для бабочек (по Ильинскому, 1962, с изменениями).

ных бабочек лучше всего использовать отдельную морилку. Дневных бабочек со сложными крыльями укладывают в бумажные пакетики (рис. 16) перед помещением их в свою морилку. Умерщвление дневных бабочек надавливанием пальцами на дыхательный центр их груди до слабого, едва ощутимого щелчка, что рекомендуется в ряде руководств, требует определенного навыка и не всегда эффективно. Крупных ночных бабочек (бражников, коконопрядов и др.) инъецируют в грудь

шприцем с изопропиловым спиртом, а лучше с раствором фторида аммония.

После умерщвления насекомые **помещаются на ватные матрасики**, имеющие толщину 5–7 мм, закрывающиеся сверху бумажным листком с этикетками. Сборы из разных мест или произведенные в разные дни разделяются на матрасике ниткой, а на листке — карандашной линией (рис. 17).

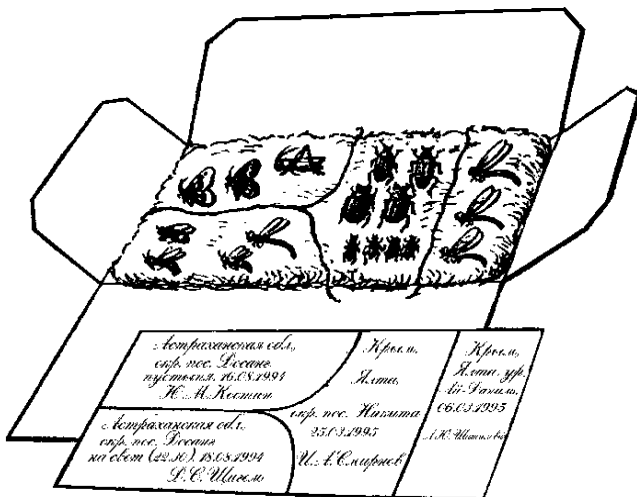


Рис. 17. Схема изготовления и заполнения ватного матрасика (по Козлову и Нинбургу, 1971, с изменениями).

Затем матрасики в соответствии с их размерами складывают в плотные коробки. Целесообразно заранее подготовить матрасики под размер коробки. В таком виде их можно хранить и транспортировать в лабораторию или на стационар, где насекомые будут подвергнуты обработке. Для того, чтобы материал не заплесневел (что в полевых условиях вполне вероятно, например, при многодневных дождях), на ватные матрасики рекомендуется насыпать толченый стрептоцид.

На стационаре насекомых с ватных матрасиков **размачивают в эксикаторе** или в любой миске с водой, куда поме-

щают выдающийся над уровнем налитой воды предмет с энтомологическим материалом, плотно закрывают крышкой и устанавливают поближе к источнику тепла (например, к батарее отопления). При этом необходимо периодически осторожно проверять степень размягчения покровов по подвижности усов или конечностей, которые после изменения их положения при полном размачивании не должны возвращаться в исходное. Для предотвращения заплесневения материала при повышенной влажности в эксикаторе, в него помещают несколько кристаллов тимола или карболовой кислоты (фенола). Время размачивания в эксикаторе устанавливается в зависимости от размера насекомых (в среднем 20–25 часов). Мелких жуков можно на несколько минут помещать в горячую воду (но не в кипятки).

После этого насекомых ***накалывают на энтомологические булавки***. При достаточном навыке некоторых крупных насекомых можно накалывать и без предварительного размачивания, но существует опасность поломать сухие выступающие части тела (конечности, усы, яйцеклады и др.). При накалывании насекомых следует обращать внимание на то, что от головки булавки до насекомого должно оставаться не

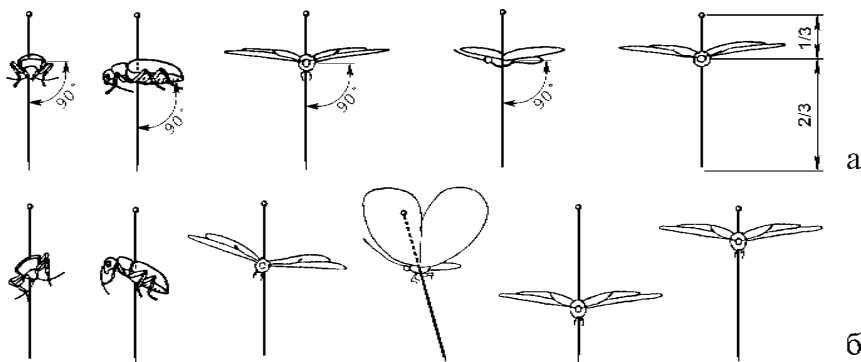


Рис. 18. Правильное (а) и неправильное (б) накалывание насекомых на энтомологические булавки (по Koch, 1991; Козлову и Нинбургу, 1971, с изменениями).

менее 1 см, иначе сложно манипулировать булавкой при перекалывании ее из одной коробки в другую. Накалывание необходимо проводить перпендикулярно плоскости тела насекомого (рис. 18).

При расправлении крупных жуков конечности следует подогнуть под тело, длинные усы направить назад вдоль тела. Бабочкам ***крылья расправляют на деревянных расправилках***

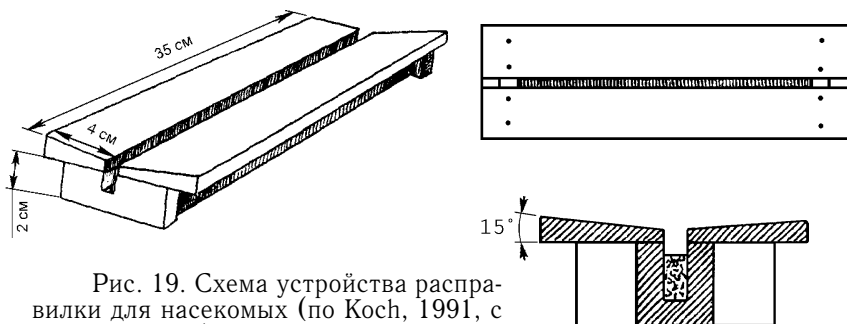


Рис. 19. Схема устройства расправилки для насекомых (по Koch, 1991, с дополнениями).

(рис. 19). Желательно иметь несколько расправилок под бабочек разных размеров. Удобно пользоваться универсальными расправилками, у которых меняется расстояние между дощечками. При их отсутствии можно самостоятельно изготовить расправилки из пробки (рис. 20) или пенопласта, но они могут оказаться менее прочными для транспортировки и неудобными для насекомых с нежными и хрупкими крыльями (хотя вполне пригодны для прямокрылых, стрекоз, крупных ручейников и ос). Прямокрылым насекомым, в отличие от бабочек, расправляют только правые крылья и надкрылья. В качестве накладных лент

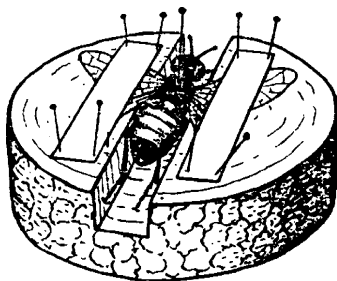


Рис. 20. Самодельная расправилка из пробки с желобком (по Козлову и Нинбургу, 1971).

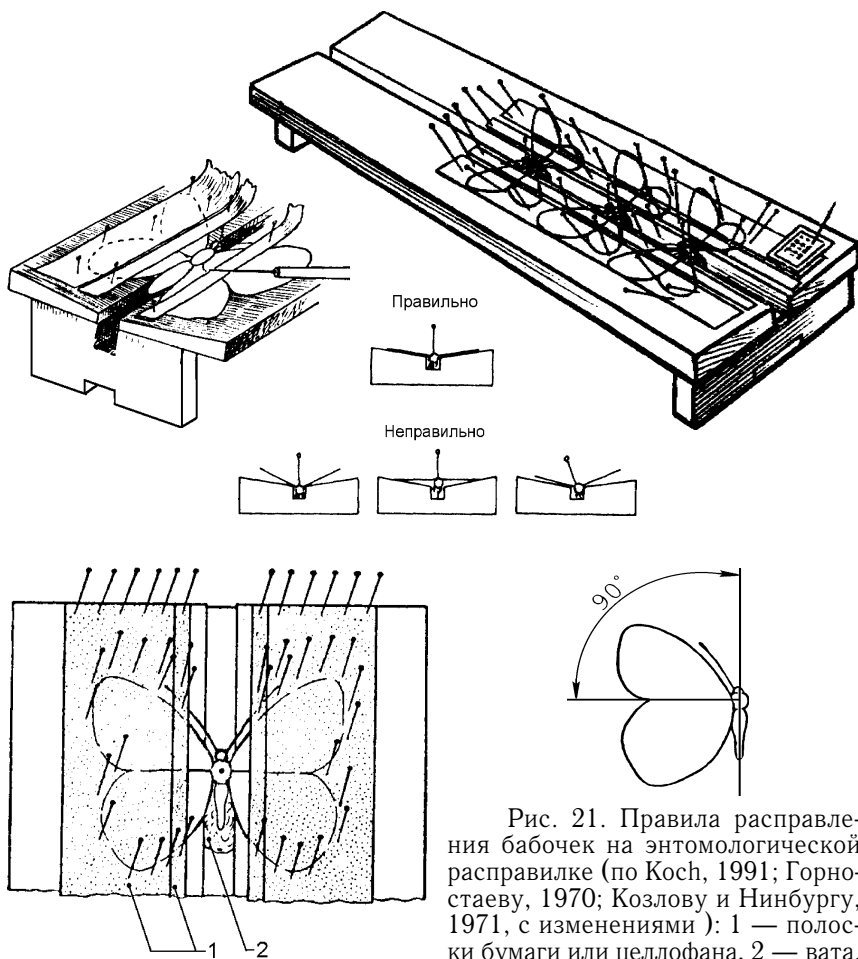


Рис. 21. Правила расправления бабочек на энтомологической расправилке (по Koch, 1991; Горностаеву, 1970; Козлову и Нинбургу, 1971, с изменениями): 1 — полоски бумаги или целлофана, 2 — вата.

на расправилку удобно использовать прозрачные полоски, вырезанные из кальки или целлофана, но не из полиэтиленовых пакетов (рис. 21). Крылья мух, жуков, клопов, многих перепончатокрылых и некоторых других насекомых не расправляют.

Перед расправлением и накалыванием на энтомологические булавки у стрекоз и крупных прямокрылых делают продольный разрез брюшка маникюрными ножницами или бритвой, осторожно извлекают кишечник и помещают вмес-

то него вату, а в брюшко стрекоз лучше всего — тонкую проволоку или соломинку. Извлечение кишечника необходимо для сохранения естественной окраски брюшка, хотя с той же целью можно использовать и иной метод (без препаровки). В этом случае насекомое погружают до уровня головы на два часа в ацетон, а затем на один час в эфир.

Энтомологические булавки бывают разных номеров: 000 (0,25 мм толщиной), 00 (0,3 мм), 0 (0,35 мм), 1 (0,4 мм), 2 (0,45 мм), 3 (0,5 мм), 4 (0,55 мм), 5 (0,6 мм) и др. Наиболее

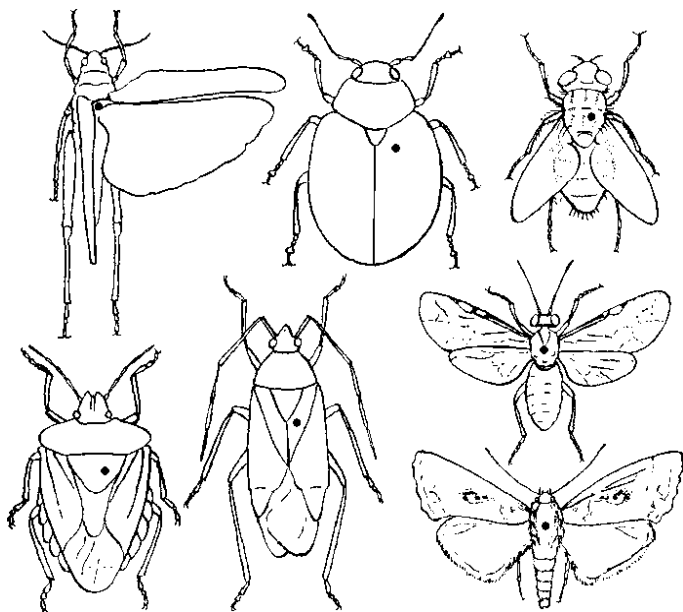


Рис. 22. Места введения энтомологических булавок в насекомых разных отрядов при составлении энтомологической коллекции (по Ильинскому, 1962, с изменениями).

часто используются номера 1 и 3. Для разных групп насекомых место вкалывания булавки в тело разное (рис. 22), причем у жуков следят за тем, чтобы булавка вышла из груди между второй и третьей парой ног. **Мелких насекомых** обычно не накалывают, а **приклеивают** к пластинкам, которые вырезают в виде остроугольных треугольников или прямоуголь-

ников и накалывают на энтомологические булавки. Пластинки изготавливают из плотной бумаги или тонкого прозрачного пластика. Однако, последний вид материала может деформироваться при нагревании или использовании некоторых типов клея. Насекомых желательно приклеивать нижней стороной, осторожно нанося маленькую каплю клея на кончик уголка, но так, чтобы при рассмотрении снизу были видны их конечности, голова и последние сегменты тела (рис.

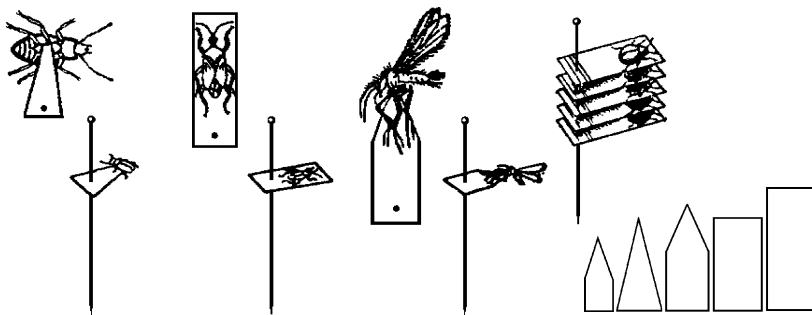


Рис. 23. Варианты энтомологических уголков и пластинок (плашек) и правила приклеивания к ним насекомых (по Ильинскому, 1962; Козлову и Нинбургу, 1971, с изменениями).

23). Если нескольких насекомых одного вида монтируют на прямоугольные пластинки, то часть из них нужно приклеить на спинную сторону. Длина уголка должна приблизительно равняться его удвоенной ширине. В качестве клея удобно использовать клей типа БФ-6, любые виды водорастворимого клея, например ПВА (его белый цвет со временем исчезает). Для очень мелких насекомых иногда рекомендуется прозрачный маникюрный лак, растворенные в этилацетате или дихлорэтане (ядовитые химические соединения) целлулоидные пленки или камедь (смолистое вещество, вытекающее из порезов коры вишни, груши или сливы), растворенную в воде, опилки оргстекла в ацетоне или амилацетате. С помощью клея можно также реставрировать сломанных насекомых. Мелких двукрылых в ряде случаев приклеивают прямо к

булавке боковой стороной тела. Если возникает необходимость снять насекомых с клея, то это можно сделать, растворив лак ацетоном или бензином, а клей ПВА — водой или в эксикаторе.

Сушка насекомых происходит в течение недели (бабочек средней величины — 15–20 дней) в сухом, хорошо прогреваемом и защищенном от солнечных лучей месте. На каждую булавку накалывается этикетка, на которой должно быть указано: место поимки (республика, область, окрестности ближайшего населенного пункта, который можно найти на карте, расстояние и направление до него), условия ловли (на свет, кошением и т. д.), фамилия и инициалы сборщика (отмечаются после обозначения «leg.») и дата поимки (с полным написанием года). Дату пишут вдоль левой меньшей стороны этикетки. Размеры этикеток могут быть различны. В настоящее время редко придерживаются старых размерных стандартов (8×18 мм, 5×12 мм и др.). Делают этикетки из плотной ватманской бумаги и заполняют ее черной тушью или в крайнем случае простым карандашом. Во избежание поломок некрупных насекомых при переколке булавок этикетку следует накалывать таким образом, чтобы она по возможности проекционно закрывала выступающие части тела.

Если экологическая характеристика места поимки небольшая по объему, ее можно включить в географическую этикетку. Если это сделать трудно (а желательно указать и биотоп, и субстрат поимки), то допускается накалывание второй (экологической) этикетки на ту же булавку. На третьей этикетке будет написано латинское название объекта исследований с автором первоописания, фамилия того, кто этот материал идентифицировал и год его определения (после обозначения «det.»). Если расправляемая бабочка выведена из яйца (ex ovo), личинки (ex larva) или куколки (ex pupa), необходимо сделать соответствующие пометки на одной из этикеток. Для того, чтобы этикетка не вертелась на булавке, следует использовать бумагу поплотнее.

Необходимо знать, что неэтикетированный материал не имеет научного значения.

Насекомых с тонкими покровами, деформирующимися при высушении (коллембол, тлей, червецов, трипсов) ***и личинок хранят в 74–80%-ном спирте***, а лучше в спирте с глицерином. Тлей и гусениц собирают вместе с кормовыми растениями и повреждениями, так как это помогает при их определении. Хранить тлей можно в растворе фенола, уксусной кислоты и дистиллированной воды из расчета 1:1:8 соответственно. Щитовок засушивают вместе с растениями, на которых они обнаружены. При сборе трипсов соцветия, где эти насекомые могут быть найдены, помещают в бумажные пакетики 20×30 см. Соцветия в пакетиках подсушивают, а затем вынимают и стряхивают над листом бумаги, собирая трипсов мокрой кисточкой. Можно их вылавливать с растений кошением или эксгаустером.

Блох собирают со свежих трупов мелких млекопитающих, очесывая их против ворса щеточкой или палочкой над белым металлическим подносом или глубокой тарелкой. Перьевых паразитов вырезают с участком пера и помещают (как и блох) в 74%-ный спирт.

Гусениц многих бабочек можно препарировать, сделав маленький поперечный разрез бритвой в области анального отверстия и удалив содержимое кишечника указательным пальцем. При этом сначала осторожно надавливают на брюшко перед надрезом, а потом около головы, постепенно перенося нажим ближе к анальному отверстию. Выделения удаляют фильтровальной (промокательной) бумагой. А крупных ярких и волосатых гусениц перед помещением в морилку (откуда их следует убрать сразу после замаривания) рекомендуют предварительно выдерживать около суток без кормления. Шкурку гусеницы затем следует надеть на металлическую иглу стеклянного шприца и завязать тонкой ниткой в области пореза так, чтобы воздух поступал в шкурку только из шприца при надавливании на его поршень. Шприц с надутой шкур-

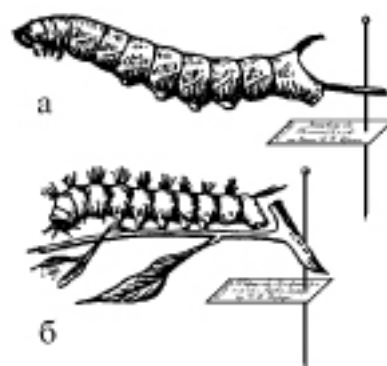


Рис. 24. Внешний облик надутых гусениц, приклеенных к спичке (а) и веточке (б) (по Ильинскому, 1962, с изменениями).

кой нужно поднести к электроплитке или калориферу (но не близко) и при нагревании постепенно нагнетать в шкурку воздух до момента принятия ею естественного объема гусеницы. После этого высушенный материал осторожно снимают со шприца и приклеивают к спичке или полоске пенопласта, в которую вкалывают энтомологическую булавку (рис. 24). Таким способом сохраняется и их окраска. Можно, правда, достичь того

же эффекта при фиксировании гусениц в 100 мл 96%-ного спирта, смешанного с 2 г салициловой кислоты и 100 мл 1%-ного раствора поваренной соли. Этот фиксатор следует использовать через 24 часа после приготовления, помещая в него живых гусениц, и хранить в темноте.

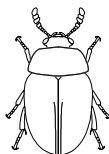
Если личинки насекомых имеют прозрачные покровы, то их целесообразнее фиксировать по van Emden и Гилярову (I) или Wallwork (II) (таблица 1).

Компонент фиксатора (мл)	96%-ный спирт	40%-ный формалин	ледяная уксусная х-та	дист. вода	эфир
Автор метода					
I van Emden, Гиляров	6	15	2	30	—
II Wallwork	750	3	3	—	250

Таблица 1. Составы фиксаторов для сохранения прозрачности покровов личинок насекомых.

Личинок насекомых с сильно склеротезированными покровами (проволочников, ложнопроволочников) фиксируют в 70%-ном спирте с добавлением 2–3% глицерина, который сохраняет эластичность покровов, а через две — три недели переводят на постоянное хранение в 70%-ный спирт. При фиксации личинок насекомых с мягкими покровами (личинок мягкотелок, жужелиц, ктырей и др.) рекомендуют добавлять в спирт некоторое количество формалина, а потом также помещать на хранение в 70%-ный спирт.

Многие крупные личинки жуков (пластинчатоусые, долгоносики) и двукрылых в спирте или формалине темнеют и теряют свою форму. Их фиксируют, заливая кипятком, а потом помещают в спирт. Очень крупных личинок (в 3–5 см длиной) можно варить в кипятке в течение 1–2 минут, но до бурлящего кипения воду доводить не следует, так как пузырьки воздуха, выделяющиеся из тканей животных, могут деформировать их тело.



МЕТОДЫ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕКОМЫХ

Изучение динамики численности различных животных является одним из основных вопросов экологических исследований. **Численность** — важнейшая характеристика вида в конкретном сообществе. Кроме того, на ее основе можно анализировать целый ряд других экологических показателей, в частности, временное и пространственное разнообразие фаун (уровень которого часто считается характеристикой лучшего или худшего состояния экосистемы), конкурентные взаимоотношения организмов, степень перекрывания экологических ниш различных видов, зависимость их разнообразия от разнообразия элементов местообитания и иных экологических факторов. Формально понятие «численность» в биологии означает общее число особей, составляющих популяцию или какую-либо иную единицу населения (на определенной площади или безотносительно к ней). Близок к нему по значению термин «**количество**». Он употребляется обычно в обобщенном смысле для характеристики показателей при количественных учетах (в формулировках типа «наибольшее количество особей»). В более конкретном смысле это понятие не используют, вместо него применяют термин «численность» («численность особей данного вида в лесном биотопе»). Имеются различия и между другими понятиями, осно-

ванными на подсчете числа видов и (или) особей популяции. Под **плотностью** как правило понимают среднее количество особей данного вида в пересчете на единицу учета, которой может быть площадь, объем или вес какого-нибудь субстрата, время, число операций и т. д. В простейшем случае плотность определяется по формуле: $V=k/n$, где k — сумма всех особей вида во всех пробах, n — количество изученных проб. В 1966 г. Саутвуд ввел близкий по смыслу термин «интенсивность популяции», который означает число особей на естественную единицу местообитания (лист, дерево, животное-хозяин, муравейник и т. д.). Иногда с двумя последними понятиями совпадает значение слова «**обилие**», которое в узком смысле может быть оценено и как синоним «численности». **Доминирование** (преобладание) определяется отношением (в процентах) числа особей данного вида (k) к общему числу особей всех собранных видов (K): $D=100k/K$. Это доля, которую составляет плотность данного вида. Сумма показателей доминирования всех сравниваемых видов при этом должна быть равна 100%. **Встречаемость** (частота, индекс встречаемости, коэффициент попадания) — это показатель относительного числа проб (площадок), в которых представлен данный вид, к общему числу исследованных проб (площадок), выраженный в процентах: $P=100n/N$, где n — пробы, в которых вид обнаружен, N — общее число обследованных проб (Фасулати, 1971; Песенко, 1982).

Учеты численности целесообразно проводить в период (сезон, время суток) максимальной активности насекомых (для жуков средней полосы России, например, наилучшим периодом считается конец мая — июнь), а учетный маршрут должен пролегать через наиболее типичную и достаточно однородную местность.

Учесть всех особей в сообществе практически невозможно или, по крайней мере, очень сложно (трудоемко и занимает много времени). Кроме того в данном случае, как правило, эта процедура сопряжена с угрозой уничтожения по-

пуляции. Поэтому обычно экологи оценивают численность не абсолютными, а относительными способами, используя выборки из сообщества.

Одним из наиболее распространенных способов относительного учета численности насекомых является учет кошением. Для этого применяют сачок с диаметром обруча 30 см, глубиной ловчего мешка 65 см и длиной ручки 1–1,5 м. Учет проводят на 50 или 100 восьмеркообразных взмахов. Для учета насекомых кошением при анализе численности животных в разных укусах в 1971 г. Л. Н. Медведев предложил применять формулу $M_0 = (A_1)^2 / (A_1 - A_2)$, где A_1 — учет насекомых в первой выборке, A_2 — во второй. Если же речь идет о трех выборках, то формула приобретает другой вид: $M_0 = A_1(A_2 + A_1) / (A_1 - A_3)$. Л. Н. Медведев считает возможным использование ее и при учетах ловушками.

Для оценки численности насекомых на единицу площади в 1966 г. Л. Г. Динесман разработал формулу: $x = N / 2RLn$; где x — количество насекомых на 1 м², N — их число, пойманных при кошени, R — радиус сачка (в м), L — средняя длина пути, проходимая обручем сачка по травостою при каждом взмахе, n — число взмахов сачком.

Для выявления фоновых видов насекомых А. П. Кузякин и Л. Н. Мазин в 1993 г. предложили использовать метод учета булавоусых бабочек на основе их вылова не на единицу площади, а на единицу времени. Весьма многочисленным, по их мнению, при этом следует считать вид, за час учета которого было отловлено 100 и более экземпляров, многочисленным — от 10 до 99 особей, обычным — от 1 до 9, редким — от 0,1 до 0,9, очень редким — менее 0,09 особей в час. Из-за существенной относительности этот метод подвергается резкой критике, однако, его принцип удобно использовать при изучении динамики лета ночных насекомых на свет.

Численность насекомых можно оценивать и по шкале Скуфьи, предложенной им в 1982 г.: если исследованный вид составляет выше 8% встречаемости в выборках из определен-

ного биотопа, то он считается доминирующим (фоновым) в нем, если от 4% до 8% включительно — субдоминантом, с 1% до 3% — малочисленным и менее 1% — редким.

Принцип балльной оценки относительного обилия видов по коллекционным материалам разработан В. Ф. Палием в 1961, 1965 гг. и Ю. А. Песенко в 1972 г. Первый определяет число особей вида в процентах от объема коллекции в 1 балл, если они составляют 0–2%, 2 балла — при 2–6%, 3 — при 6–16%, 4 — 16–40% и 5 — 40–100%. Второй предлагает более обоснованный вариант обозначения балльных интервалов, хотя и высчитываются они чуть сложнее: 1 балл (вид встречается единично) — от 1 до $N^{0,2}$, 2 балла (вид имеет малое относительное обилие) — от $N^{0,2}+1$ до $N^{0,4}$, 3 балла (среднее относительное обилие вида) — от $N^{0,4}+1$ до $N^{0,6}$, 4 балла (много) — от $N^{0,6}+1$ до $N^{0,8}$ и, наконец, 5 баллов (очень много) — от $N^{0,8}+1$ до N , где N — объем коллекции.

Результаты количественных учетов насекомых травяно-кустарничкового яруса, проведенных кошением, наиболее удобно использовать для выяснения биотопического предпочтения (*степени относительной биотопической приуроченности*) с помощью коэффициента F , выраженного в процентах (Песенко, 1982): $F=100(aN_b-b)/(aN_b+bN_a-2aN_a)$, где a — число особей изучаемого вида в выборке объемом N_a , b — его общее количество во всех сборах объемом N_b . Этот показатель изменяется в пределах от -1 до $+1$, причем при $0,5 \leq F \leq 0,5$ — вид не отдает предпочтения биотопу, при $F < 0,5$ — избегает данный биотоп, при $F > 0,5$ — приурочен к нему. В некоторых работах все отрицательные показатели этого коэффициента принято связывать с отрицательной приуроченностью, положительные — с положительной, а нулевой — с отсутствием предпочтения видом какого-либо местообитания.

Если кошением или при визуальных наблюдениях удается учесть копулирующих особей и установить пол насекомых, то можно попытаться оценить характер брачных взаимоотно-

шений по коэффициенту полигамии (Малоземов, 1988): $P_g = (a-b)(c+d)/N(a+b)$, $\sigma = \sqrt{abcd}/N^2$, где P_g — коэффициент полигамии, a — число одиночных самцов, b — число одиночных самок, c — количество копулирующих самцов, d — количество спаривающихся самок, N — объем выборки, σ — квадратичное отклонение коэффициента полигамии, который может принимать значения от -1 до $+1$ (в случае полиандрии P_g имеет положительные показатели, а при полигинии — отрицательные).

Достаточно сложно учитывать численность насекомых-ксилофагов (древоразрушителей). Некоторые энтомологи рекомендуют проводить эти операции на 1 дм^2 коры, оценивая абсолютное число молодого поколения (количество куколок и личинок) к числу насекомых (в частности, жуков) предшествующего поколения (т. е. взрослых особей). Отношение этих величин называют коэффициентом размножения (КР). Если КР превышает 1, то считается, что численность насекомых имеет тенденцию к увеличению.

Для выявления приуроченности насекомых к основанию, середине или вершине ствола по результатам количественных учетов Н. Б. Никитский (1980) рекомендует выпиливать из ствола цилиндры длиной 20 см через каждые $0,1L$ (L — длина ствола). Каждый из спилов подвергается тщательному обследованию с целью выявления в нем насекомых (взрослых и личинок).

Одним из косвенных методов учета крупных почвенных насекомых (проволочников и личинок хрущей) может быть так называемый «учет за плугом» в отваливаемом слое почвы и в образующейся при этом борозде. С. П. Иванов, правда, считает, что таким образом вылавливается лишь 12% абсолютной численности личинок щелкунов, причем более точных показателей можно достичь в осенний или весенний период, когда личинки жуков (хрущей, щелкунов) в основном сосредоточены в поверхностном слое почвы. Этот метод является частным случаем маршрутного учета, который иногда

практикуется при подсчете численности крупных жуков (например, некоторых пустынных чернотелок, жуков-навозников и др.). В дневное время ширину учетной полосы устанавливают в 5 м, а для видов с ночной активностью — в 1 м (при использовании фонаря).

В 1950 г. Ван дер Дрифт перенял у орнитолога Линкольна метод мечения насекомых на участке, высчитывая их численность и запас особей по формуле: $N=nM/mS$, где N — число особей на участке, n — число пойманных немеченных особей, M — общее количество пойманных насекомых, m — число пойманных меченных особей, S — площадь участка, облавливаемая ловушками. Для меченья напочвенных жуков (крупных стафилинов, жужелиц и др.) обычно применяют нитрокраски. Метки наносятся с помощью стеклянного капилляра. Держатся они в течение 2–3 недель, хотя в неволе сохраняются у жуков до конца их жизни. В ряде случаев неплохие результаты дает использование белых коррекционных эмульсий.

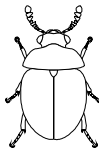
Для учета напочвенных жуков на огражденных площадках площадью 5 м² с расположением двух ловушек внутри и двух снаружи площадки в 1971 г. А. И. Кудрин предложил использовать формулу: $M_k=(1-M/M_0)T$, где M — улов во внутренних ловушках, а M_0 — число особей на площадке, T — улов во внешних ловушках.

Принцип учета насекомых, живущих под укрытиями, можно позаимствовать у герпетологов. Так, например, М. М. Алхасов подсчитывал количество животных под камнями и занимаемую камнями площадь на земле, а затем устанавливал численность организмов под ними в пересчете на 100 м² занятой камнем поверхности.

Близким к абсолютному способу учета для ряда групп насекомых можно назвать учет численности с помощью биоценометра, представляющего собой металлический ящик без дна и крышки 50×50 см (т. е. площадью 0,25 м²), внутри которого собирают и учитывают всех попавших туда насеко-

МЫХ, включая почвенных.

Прямым способом учета почвенных насекомых является выкапывание квадрата 50×50 см (в аридных условиях 100×100 см) и послойное исследование почвы. При этом используют лопату с незакругленным режущим краем, а почву сразу помещают в полиэтиленовые пакеты.



СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Оценка экологического разнообразия проводится разными методами. Наиболее важную роль при этом играют два его фактора: **видовое богатство** (число видов) и их **обилие** (количество особей). Разнообразные статистические модели позволяют учесть как обилие видов отдельно, так и в сочетании с выровненностью (т. е. равномерностью распределения видов).

Существует три основных категории показателей ***видового разнообразия***, призванных охарактеризовать разнообразие выборки одним единственным числом.

1. ***Индексы видового богатства***. Как правило они обозначают число видов в определенной выборке, т. е. на заданную площадь обследования. Все эти индексы просты и удобны в использовании, как правило хорошо улавливают видовые различия между местообитаниями, но существенно зависят от размера выборки. Желательно при этом анализировать одинаковые и достаточно большие объемы выборок. Наиболее легкими способами оценки видового богатства являются подсчеты индексов Маргалефа и Менхиника (позволяют оценить сколько приходится видов на общее число особей). Остальные индексы кроме видового богатства учитыва-

ют в определенной степени и их обилие.

а. *Индекс Маргалефа*: $D_{Mg}=(S-1)/\ln N$, где S — число выявленных видов, а N — общее количество особей всех выявленных видов, \ln — натуральный логарифм. Индекс был предложен геоботаником Глисоном в 1922 г. и получил широкое распространение после работ гидробиолога Маргалефа, экологов Макфедьена и Одума.

б. *Индекс Менхиника*: $D_{Mn}=S/\sqrt{N}$, где S — общее число выявленных видов, а N — общее количество особей всех видов.

в. *Индекс Шеннона*: $H'=-\sum p_i \ln p_i$, где p_i — доля особей i -го вида (т. е. если выявлено 20 особей одного вида, то $p_i=0,20$; 12 особей другого, то $p_i=0,12$), \sum — знак суммы (т. е. сумма значений для всех видов), \ln — натуральный логарифм. Этот индекс умеренно чувствителен к объему выборки и степени улавливания различий между местообитаниями. Существенным его недостатком является то, что нужно учитывать полный видовой состав сообщества (т. е. в выборке должны быть представлены все его виды), а это не всегда возможно на практике. Поэтому данный индекс очень критикуется экологами-полевыми. Однако, несмотря на это, индекс Шеннона прочно вошел в методики проведения экологических исследований и часто используется для измерения степени загрязненности биотопов. Пределы его значений: от 1,5 до 3,5 (редко — более 4,5).

г. *Индекс Бриллюэна* удобен тогда, когда нельзя гарантировать случайного характера произведенной выборки (например, в исследованиях с использованием световых ловушек для насекомых или при обследовании коллекционных материалов): $H_B=(\ln N!-\sum \ln n_i!)/N$, где N — число видов в выборке, n_i — число особей i -го вида, \sum — сумма значений для всех видов, $!$ — знак факториала ($4!=4 \times 3 \times 2 \times 1=24$, т. е. $\ln 4!=\ln 24=3,178$), \ln — натуральный логарифм. Обычно этот индекс не бывает более 4,5.

д. *Индекс Макинтоша (мера разнообразия Макинтоша)*:

$U = \sqrt{\sum n_i^2}$, где n_i — количество особей i -го вида, Σ — сумма значений для всех видов. Он хорошо улавливает степень различий между местообитаниями и обладает умеренной чувствительностью к объему выборки, применим для работы с коллекциями. Изменяется в пределах от 0 до 1.

2. Модели видового обилия. Они наиболее полно характеризуют разнообразие, но очень трудоемки из-за подбора нужной формулы, громоздких расчетов, требующих использования компьютера. Часто возникают трудности и при сравнении моделей. В упрощенной форме модели видового обилия представляют собой построенные каким-либо способом (геометрическим или логарифмическим рядом, логарифмическим нормальным распределением и т. д.) линейные графики зависимости числа видов от обилия, обилия (в процентах) от последовательности видов.

3. Индексы, основанные на относительном обилии видов. Они используются не столько для изучения видового богатства, сколько выровненности или доминирования.

а. Индексы выровненности (равномерности распределения видов). Они слабо позволяют учесть различия между местообитаниями, но зато объем выборки для них не очень существенен.

Наибольшее распространение получили выровненность по Шеннону: $E = H' / \ln S$, где H' — индекс Шеннона, S — число видов (показатель изменяется от 0 до 1; если все виды в равном обилии, то $E = 1$) и выровненность по Бриллюэну: $E = NB / NB_{\max}$, где NB — индекс Бриллюэна (см. выше), а $NB_{\max} = 1 / N \ln(N! / [(N/S)!]^{S-1} [N/S + 1]!)$, N — общее число особей, S — общее число видов, $r = N - S[N/S]$, $[N/S]$ — целая часть дроби, $!$ — факториал, \ln — натуральный логарифм.

б. Меры доминирования уделяют основное внимание обилию фоновых видов. Они слабо чувствительны к объему выборок и как правило умеренно улавливают различия между местообитаниями.

— Индекс Симпсона: $D(S_\lambda) = \sum (n_i(n_i - 1)) / (N(N - 1))$, где n_i

— количество особей i -го вида, N — общее число особей, Σ — сумма показателей по всем видам (обычно используют величину $1/D$ или $1-D$). Это один из самых лучших способов оценки разнообразия.

— Индекс D Макинтоша: $D=(N-U)/(N-\sqrt{N})$, где U — индекс Макинтоша ($U=\sqrt{\Sigma n_i^2}$), N — общее число особей, Σ — сумма показателей по всем видам.

— Индекс Бергера — Паркера: $d=N_{\max}/N$, N_{\max} — число особей самого обильного вида, N — общее число особей всех видов выборки. По многим показателям это также один из самых лучших индексов доминирования (он совсем не требователен к объему выборки).

Для изучения **разнообразия природных ресурсов**, используемых особью или видом, биологи анализируют обычно два экологических параметра: ширину ниши и сходство (или различие) ряда местообитаний или выборок.

1. Для оценки ширины экологической ниши применяют обычно индекс Шеннона или Симпсона (см. выше). Вместо числа видов в этих формулах в таком случае используют число категорий ресурсов (типов пищи, местообитаний или форм поведения). Для каждой группы ресурсов должна быть отдельная величина. Если исследователь рассматривает ширину ниши вида, то под обилием тогда подразумевают число особей, поедающих каждый вид пищи (живущих в каждом типе местообитаний или использующих каждую форму поведения). Если рассматривается экологическая ниша особи, то обилие означает количество каждого типа поедаемой пищи (время, проведенное в каждом типе местообитаний или частота того или иного используемого типа поведения).

2. При сравнении ряда местообитаний экологи выявляют количество общих видов в каждом из них. Чем меньше общих видов, тем больше разнообразие. Сходство или различие местообитаний можно проводить при сравнении различных точек трансекты (см. Способы сбора почвенных насекомых и насекомых лесной подстилки) или двух участков (стан-

дартных пробных площадок: 10×10 см, 1×1 м, 10×10 м и т. д.).

При работе на трансекте можно использовать одну из четырех следующих мер оценки.

а. *Мера Уиттекера*: $\beta_w = S/(\alpha - 1)$, где S — общее число видов, α — среднее разнообразие выборок. Для высчитывания этой меры удобно заполнить матрицу (таблица 2).

Точка трансекты \ Вид	1	2	3	4	5	6	7	8	Общая встречаемость
1	+	+	+	-	-	-	+	+	5
2	+	+	+	+	+	+	+	+	8
3	-	-	+	-	+	-	+	-	3
4	-	-	-	+	+	+	+	+	5
5	-	-	-	-	-	+	+	+	3
Число видов	2	2	3	2	3	3	5	4	

Таблица 2. Матрица встречаемости видов на точках трансекты для подсчета меры разнообразия Уиттекера.

$\alpha = (\text{сумма числа видов на каждой точке трансекты}) / (\text{количество точек трансекты}) = (2+2+3+2+3+3+5+4) / 8 = 24 / 8 = 3$

б. *Мера Коуди*: $\beta_c = [g(H) + k(H)] / 2$, где $g(H)$ — число видов, прибавляющихся по трансекте от начальной точки, $k(H)$ — количество исчезающих видов.

в. *Мера Ратледжа*: $\beta_R = (S^2 / [2r + S]) - 1$, где S — общее число видов на всей трансекте, r — число пар видов с перекрывающимся распределением (таблица 3).

В данном примере, приведенном в матрице, общее число видов (S) = 6, число совместных встречаемостей (плюсов, r) = 12.

г. *Мера Уилсона и Шмиды*: $\beta_T = [g(H) + k(H)] / 2\alpha$ (значения параметров $g(H)$, $k(H)$, α — см. в мерах Уиттекера и Коуди).

Виды	1	2	3	4	5	6
1		+	+	-	+	-
2			+	+	+	+
3				+	+	-
4					+	+
5						+
6						

Таблица 3. Матрица встречаемости видов на точках трансекты для подсчета меры разнообразия Ратледжа.

По признанию большинства экологов самой лучшей является мера Уиттекера (β_w), чуть хуже отражает действительность β_t , еще хуже β_R и менее всего отвечает необходимым требованиям β_c .

Если сравниваются местообитания с использованием не трансект, а двух пробных площадок или попарно анализируются пробы (выборки), то обычно применяют **коэффициенты сходства (различия)**:

А. Коэффициенты, не принимающие во внимание обилие видов, т. е. основанные на качественных данных:

а. Коэффициент Чекановского—Сьеренсена: $C_s = 2j/(a+b)$, где j — число общих видов на обеих площадках (пробах), а a и b — количество видов на каждой из площадок (проб),

б. Коэффициент Браун-Бланке: отношение числа общих видов к числу видов в большем списке,

в. Коэффициент Шимкевича — Симпсона: отношение числа общих видов к числу видов в меньшем списке,

г. Коэффициент Жаккара: $C_j = j/(a+b-j)$,

д. Коэффициенты Кульчинского: $C_k = j/(a+b-2j)$ и Экмана: $C_e = 1/C_k$.

Наилучшим из них считается коэффициент Чекановского — Сьеренсена (C_s), хотя и имеет преимущества лишь при очень низких величинах сходства. Он наиболее часто используется в биоценологических, фаунистических и биогеографических исследованиях. При высокой степени сходства сравниваемых местообитаний более удобен коэффициент Жаккара (C_j).

Все эти коэффициенты (кроме C_k и C_e) изменяются в пределах от 0 до 1, а C_k и C_e — от 0 до ∞ .

Степень таксономического своеобразия (оригинальности)

фауны того или иного местообитания позволяет учесть коэффициент, предложенный отечественным энтомологом Е. С. Смирновым в 1960, 1969 гг.: $T=(M/S)(\sum 1/M_i + \sum 1/[M-M_i]) - 1$, где M — общее число списков видов (коллекций, выборок и т. д.), S — общее количество видов, а M_i — число списков, содержащих i -ый вид.

Б. Коэффициенты с учетом обилия видов, т. е. основанные на количественных данных:

а. Коэффициент Чекановского — Сьеренсена высчитывается по формуле: $C_N = 2jN/(aN + bN)$, где aN , bN — общее число особей на участках А и В; jN — наименьшее из двух обилий видов, встреченных на обоих участках (пробах), т. е. если \min в А=12, \min в В=29, то $jN=12$. Этот коэффициент очень зависит от видового богатства и размера выборки. Тем не менее ему отдают предпочтение при обработке коллекционного материала и экологических выборок.

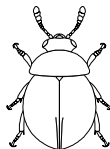
б. Индекс Мориситы — Хорна определяется следующим образом: $C_{MH} = 2\sum(a_i b_i)/(da + db)aN bN$, где a_i , b_i — числа особей вида i на участках (в пробах) А и В, \sum — сумма показателей для всех видов, $da = \sum(a_i^2)/aN^2$, aN и bN — число особей на участках (в пробах) А и В.

Достаточно прост и удобен **индекс биотопической дисперсии (IBD)**, позволяющий отразить видовое сходство в пределах группы местообитаний: $IBD = 100(T-S)/[(n-1)S]$, где T — сумма видов, отмеченных в каждом из сравниваемых описаний, S — число видов во всей серии описаний, n — число описаний (при $n=2$ этот индекс превращается в формулу Жаккара).

Точность оценки численности и разнообразия зависит от так называемых «краевых эффектов» — появления животных на границе учетных территорий. Кроме этого следует принимать во внимание и структурное разнообразие — зональность, периодичность активности, характер пищевых цепей и социальной структуры организации видов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Голуб В. Б., Колесова Д. А., Шуровенков Ю. Б., Эльчибаев А. А., 1980. Энтомологические и фитопатологические коллекции, их составление и хранение. — Воронеж: ВГУ, 228 с.
- Горностаев Г. Н., 1970. Насекомые СССР. — М.: Мысль, с. 337–342.
- Горностаев Г. Н., 1984. Введение в этологию насекомых-фотоксенов (лет насекомых на искусственные источники света). — Этология насекомых (Труды ВЭО, том 66), Л.: Наука, с. 101–167.
- Грин Н., Стаут У., Тейлор Д., 1990. Биология, т. 2. — М.: Мир, с. 132–149.
- Дьяков М. Ю., 1996. Как собирать коллекцию насекомых. — М.: Муравей, 144 с.
- Ильинский А. И., 1962. Определитель вредителей леса. — М.: Изд-во сельскохозяйственной лит-ры, журналов и плакатов, с. 3–14.
- Козлов М. А., Нинбург Е. М., 1971. Ваша коллекция. — М.: Просвещение, 160 с.
- Малоземов Ю. А., 1988. Методические указания к изучению репродуктивной структуры популяции насекомых. — Свердловск: УрГУ, 20 с.
- Мартынова Е. Ф., 1983. Сбор, количественный учет и хранение насекомых. — В кн.: Руководство по энтомологической практике. Л.: ЛГУ, с. 40–45.
- Методы почвенно-зоологических исследований. — М.: Наука, 1975, 280 с.
- Мэгарран Э., 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. — М.: Мир, 182 с.
- Никитский Н. Б., 1980. Насекомые — хищники короедов и их экология. — М.: Наука, с. 9–12.
- Песенко Ю. А., 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. — М.: Наука, 288 с.
- Фасулати К. К., 1971. Полевое изучение наземных беспозвоночных. — М.: Высшая школа, 424 с.
- Koch M., 1991. Wir bestimmen Schmetterlinge. — Radebeul: Neumann Verlag, s. 18–103.



Методическое пособие подготовлено в Кружке юных натуралистов Зоологического музея МГУ (КЮН ЗМ МГУ) — филиале Московского городского отделения юных натуралистов (МосгорСЮН).

Автор выражает свою признательность В. Н. Алексееву (Орехово-Зуевский педагогический институт), А. В. Антропову и М. А. Бухваловой (Зоологический музей МГУ), Д. Ю. Тишечкину (Биологический факультет МГУ) за ряд ценных консультаций, Н. Н. Котеленцу (Биолого-химический факультет МПГУ), Д. С. Щигелю (Биологический факультет МГУ), Е. В. Щигель (Институт русского языка РАН), С. С. Нефедову и Д. В. Моргуну (КЮН ЗМ МГУ), Е. Л. Яхонтову (МосгорСЮН), О. М. Германт (НИИ дезинфектологии Минздрава РФ) за активную помощь в создании макета и редактировании текста пособия.

Предыдущая попытка аналогичного издания (Дунаев Е. А., Боголюбов А. С., 1996. Методы сбора и учетов численности насекомых. — М.: Экосистема) имеет ряд недостатков, допущенных не по вине автора настоящего пособия.

На первой странице обложки — Мертвоед трехреберный (*Phosphuga atrata* Leach); на второй — *Cyrtoplastus serierpunctatus* (Brisout de Barneville); на третьей — лет белой поденки (*Polymitarcis virgo* Olivier) на свет (по «Жизни животных», т. II, 1941).

В оформлении глав использованы контурные рисунки миксомицетофильных жуков: *Agathidium seminulum* (Linnaeus), *Anisotoma castanea* (Herbst), *Liodopria serricornis* (Gyllenhal) и *Amphicyllis globus* (Fabricius), выполненные Н. Н. Котеленцем.

Евгений Анатольевич Дунаев

МЕТОДЫ ЭКОЛОГО-ЭНТОМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

