

Методика исследований

УДК 595.763/.768

МЕТОДЫ СБОРА, ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ СЕМЕЙСТВА HETEROCERIDAE (COLEOPTERA); ИХ БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

А. С. Сажнев*

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук,
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: *sazh@list.ru

Поступила в редакцию 11.03.2024

Жуки семейства Heteroceridae — характерные обитатели контурных биотопов, в качестве альгодетритофагов они участвуют в переработке органических веществ, включенных в детритные пищевые сети, переносе вещества и энергии в экотонной зоне двух сред “вода-суша”. В статье подробно рассмотрены методики сбора этих насекомых, способы хранения и первичной обработки коллекционного материала. Описана общая экология и биология семейства Heteroceridae. Работа богато проиллюстрирована фотографиями и рисунками.

Ключевые слова: гетероцериды, полевая биология, коллекция, местообитания.

DOI: 10.47021/0320-3557-2024-17-29

ВВЕДЕНИЕ

Гетероцериды, или пилоусы (Coleoptera: Heteroceridae), — небольшое (в мире 368 видов и 6 рецентных родов, в России — 22 вида из родов *Augyles* Schiødt, 1866 и *Heterocerus* Fabricius, 1792) семейство жесткокрылых, развитие которых связано с зоной уреза разнотипных водных объектов. Распространены они

всесветно, за исключением высокогорий, некоторых океанических островов, крупных пустынь и болотных массивов, высоких арктических широт и Антарктиды [Sazhnev, 2020]. Наиболее богата фауна тропической и субтропической климатических зон.

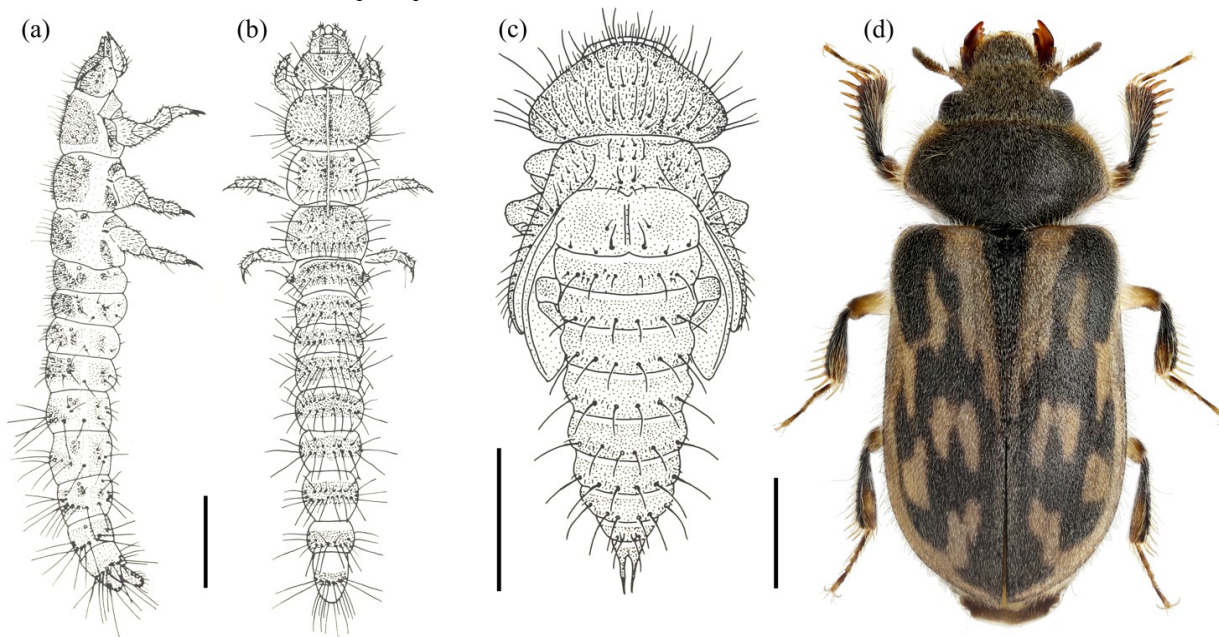


Рис. 1. Стадии развития Heteroceridae (стадия яйца пропущена): зрелая (3-й возраст) личинка *Heterocerus freudei* (Pacheco, 1973), (a) вид сбоку и (b) сверху [по: Vanin et al., 1995]; (c) куколка *Heterocerus freudei* [по: Vanin et al., 1995]; (d) имаго *Heterocerus fenestratus* (Thunberg, 1784) (фотография К.В. Макарова). Размерные линейки — 1 мм.

Fig. 1. Developmental stages of Heteroceridae (egg stage omitted): mature (3rd instar) larva of *Heterocerus freudei* (Pacheco, 1973), (a) lateral and (b) dorsal views, by Vanin et al. [1995]; (c) pupa *Heterocerus freudei*, by Vanin et al. [1995]; (d) imago *Heterocerus fenestratus* (Thunberg, 1784) (photo by K.V. Makarov). Scale bars — 1 mm.

Как альгодетритофаги-собиратели Heteroceridae (рис. 1) участвуют в переработке органических веществ, включенных в детритные пищевые сети, переносе вещества и энергии в экотонной зоне двух сред “вода-суша” [Саж-

нев, 2023 (Sazhnev, 2023)], служат в роли биогенного компонента при трансформации гидроморфных почв [Mordkovich, Lyubechanskii, 2017], норная деятельность гетероцерид способствует прорастанию семян на песчаных поч-

вах [Bernhardt, 1995], и, несомненно, жуки-пилоусы включены в разнообразные типы ассоциаций с другими организмами внутри сообществ [Sazhnev, 2018a, 2020]. На водных объектах, берега которых подвержены затоплению (крупные водохранилища, намывные острова

в руслах рек), а береговая линия непостоянна, в сезоны со стабильно низким уровнем Heteroceridae и другие стратобионты выступают в роли ведущих элементов в составе пионерных группировок на начальных стадиях сукцессии околводных сообществ.

МЕСТООБИТАНИЯ И ОБРАЗ ЖИЗНИ

Имаго и личинки (рис. 1) небольшие (1–8 мм и 2–10 мм соответственно), заселяют мягкие влажные (30–70% [Kaufmann, Stansly, 1979]) грунты контурных биотопов, где роют разветвленные сети туннелей и камер (рис. 2) для откладывания яиц, окукливания и зимовки (в условиях умеренного климата гибернация отмечена вдали от водоемов в дернине, под корой, в почве). При высокой численности рою-

щая деятельность гетероцерид способствует аэрации, перемешиванию субстрата и созданию дополнительных микрообитаний и убежищ для стратобионтов-скважников других групп беспозвоночных. По норам и туннелям легко обнаружить присутствие гетероцерид на илистых берегах водных объектов, на сыпучих грунтах и заросших участках берега визуальнo это не так явно.

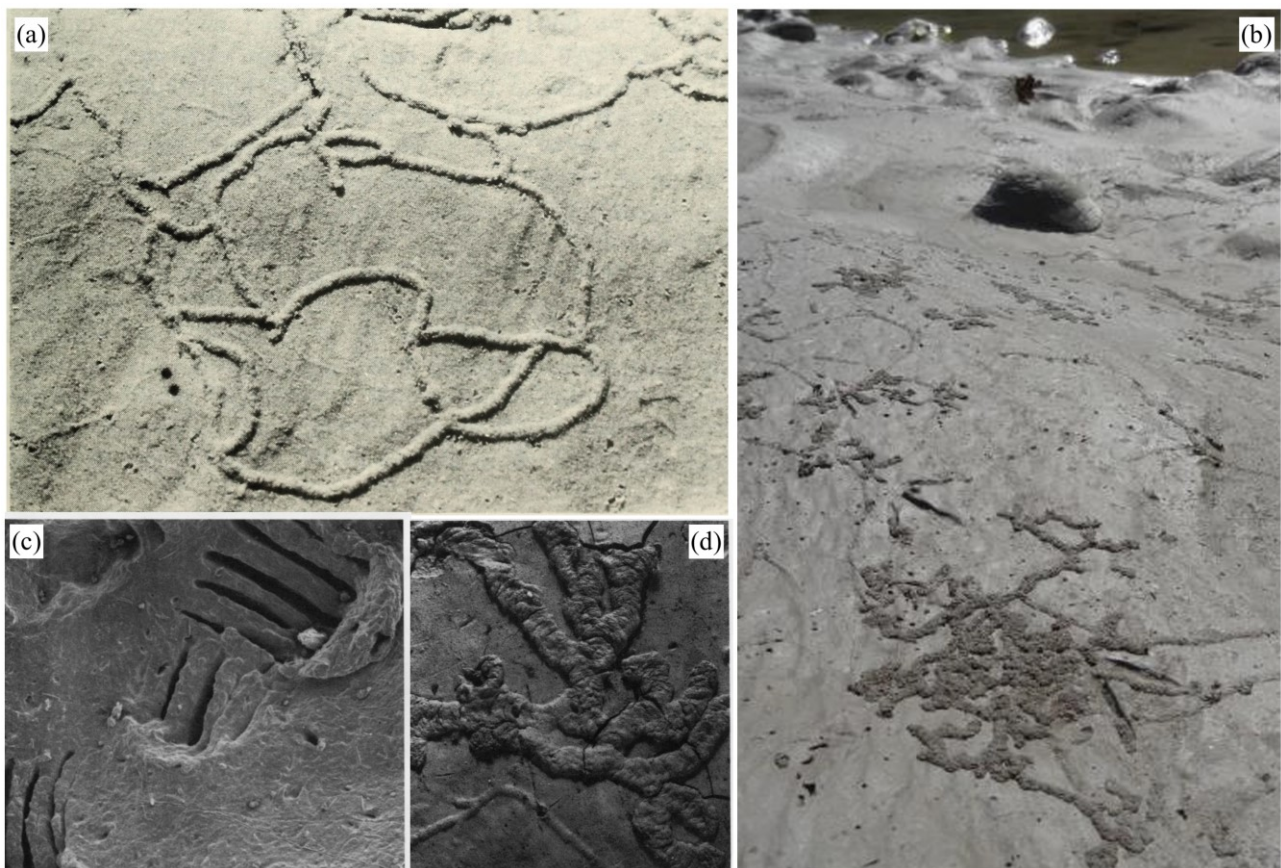


Рис. 2. Туннели взрослых Heteroceridae: (а) туннели *Heterocerus freudei* [по: Vanin et al., 1995]; (б) туннели *Heterocerus* sp. на берегу р. Бзыбь, Абхазия (фотография А.А. Прокина); (с) следы от шипов голеней *Heterocerus brunneus* (Melsheimer, 1844) на внутренних стенках туннеля [по: Clark, Ratcliffe, 1989]; (д) туннели *Heterocerus brunneus* [по: Clark, Ratcliffe, 1989].

Fig. 2. Tunnels of adults Heteroceridae: (a) tunnels of *Heterocerus freudei* by Vanin et al. [1995]; (b) tunnels of *Heterocerus* sp. on Bzyb River bank, Abkhazia (photo by A.A. Prokin); (c) impressions of tibial spines of *Heterocerus brunneus* (Melsheimer, 1844) on inner tunnel walls, by Clark and Ratcliffe [1989]; (d) tunnels of *Heterocerus brunneus*, by Clark and Ratcliffe [1989].

Живут Heteroceridae колониями, нередко синтопно (выраженная биотопическая симпатрия, проявляющаяся в совместном обитании нескольких видов) до 3–4 видов. Для имаго гетероцерид описана стридуляция [Rodionova et al., 2023] — звук они производят трением

заднего бедра о ребристую поверхность бедренных линий первого стернита брюшка. Вибрационный сигнал, вероятно, видоспецифичен и используется для общения внутри популяции и/или распознавания особей своего вида при совместном межвидовом поселении.

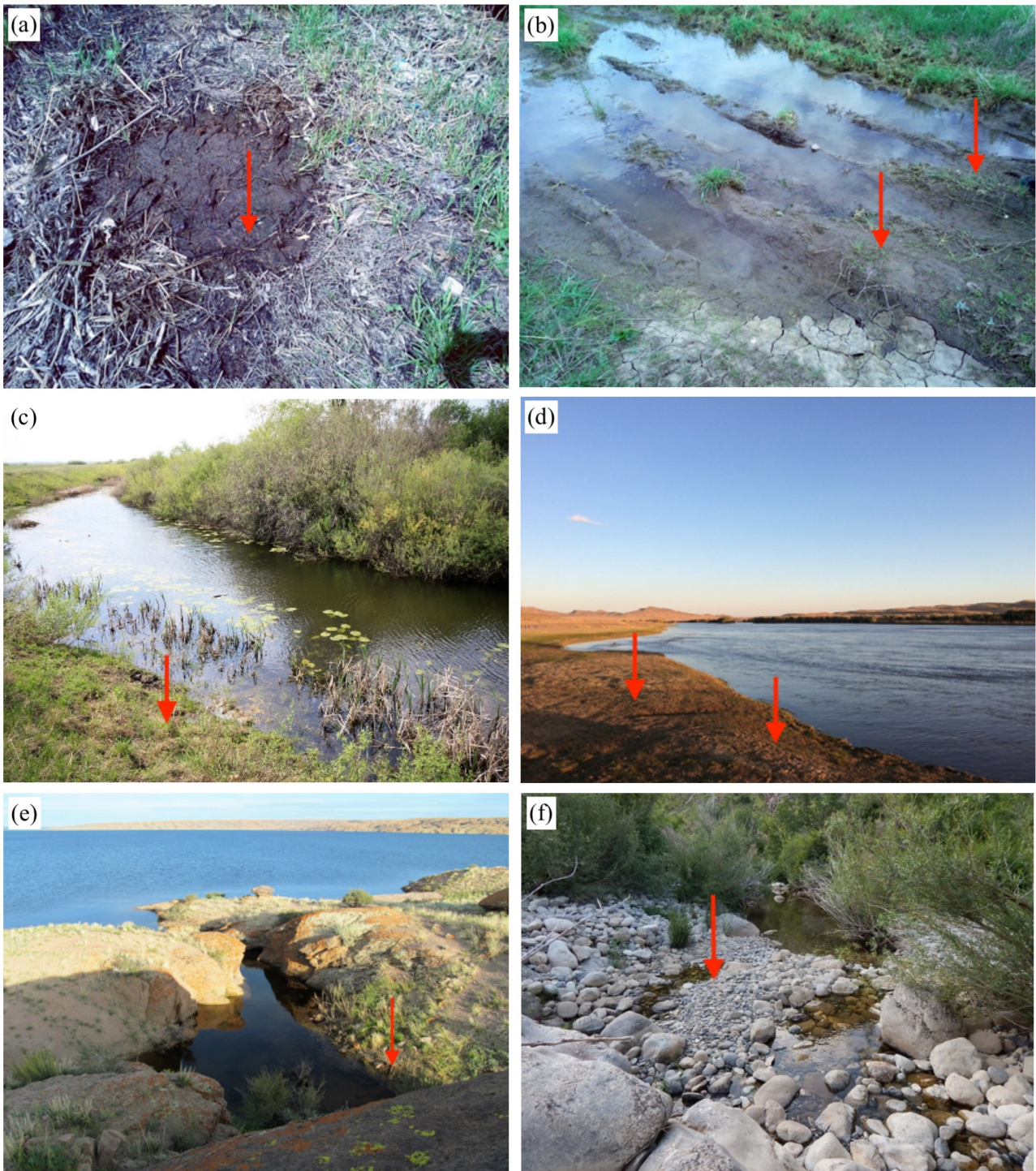


Рис. 3. Примеры местообитаний Heteroceridae: (a) пересохший эфемерный водоем (Саратовская обл., пойма р. Курдюм); (b) временный водоем (Саратовская обл., лужа у с. Сторожевка); (c) илистый берег равнинной реки (Саратовская обл., р. Бизюк); (d) песчаный берег равнинной реки (Монголия, р. Завхан); (e) остаточные водоемы на камнях (Монголия, Тайширское вдхр.); (f) галечный берег горной реки (Казахстан, р. Боралдай — фото: С.В. Литовкина). Стрелками обозначены места находок Heteroceridae.

Fig. 3. Examples of habitats of Heteroceridae: (a) dried ephemeral water body (Saratov Oblast, Kurdyum River flood-plain); (b) temporary water body (Saratov Oblast, puddle near Storozhevka village); (c) muddy bank of a plain river (Saratov Oblast, Bizyuk River); (d) sandy bank of a plain river (Mongolia, Zavkhan River); (e) residual water bodies on stones (Mongolia, Taishirskoe Reservoir); (f) gravel bank of a mountain river (Kazakhstan, Boralday River — photo by S.V. Litovkin). Arrows indicate the locations of Heteroceridae finds.

Колонии весьма мобильны, т.к. тесно связаны с ритмами колебания воды и в зависимости от степени увлажнения меняют свое положение

относительно уреза. При затоплении тоннелей имаго покидают их и быстро передвигаются по поверхности субстрата, могут совершать не-

большие перелеты. При осушении временных водоемов или длительном затоплении береговой линии жуки могут зарываться глубже в грунт и пережидать неблагоприятные условия там либо, соответственно, покидать место обитания. Имаго гетероцерид способны пережидать кратковременные разливы на стеблях травянистых растений, известны факты нахождения взрослых жуков под водой на значительном удалении от берега и в бентосе, что, вероятно, связано с паводками или сгонно-нагонными явлениями.

При выборе местообитания (рис. 3) для Heteroceridae определяющее значение имеют: гидрологический режим водного объекта, влажность заселяемого субстрата, характер грунта, наличие кормовой базы и тип зоны уреза.

Жуки предпочитают незаросшие или малозаросшие участки берега с умеренным увлажнением (при затоплении или высыхании

грунта (влажность <math><23-25\%</math>) — покидают колонии), избегая “чистых” промытых участков без детрита или наилка. Заселяют дисперсные грунты обычно на заиленных участках берега, предпочитая преимущественно второй тип зоны уреза [Пржиборо, 2001 (Przhiboro, 2001)] — умерено пологий берег, нередко с растительными наносами, без воздействия волн. Реже заселяют галечные берега, выбирая микростанции между камней; в таких условиях встречи гетероцерид нерегулярны. На небольших водных объектах, как правило, линия уреза обитаема жуками не более чем на 1 м от уреза воды. На крупных реках, озерах и водохранилищах эта зона может распространяться далее (>5–10 м). Личинки заселяют более увлажненные станции ближе к урезу воды (рис. 4а). Куколки развиваются в грязевом коконе (рис. 4б–е) здесь же — на берегу. Для большинства видов преимагинальные стадии не описаны.

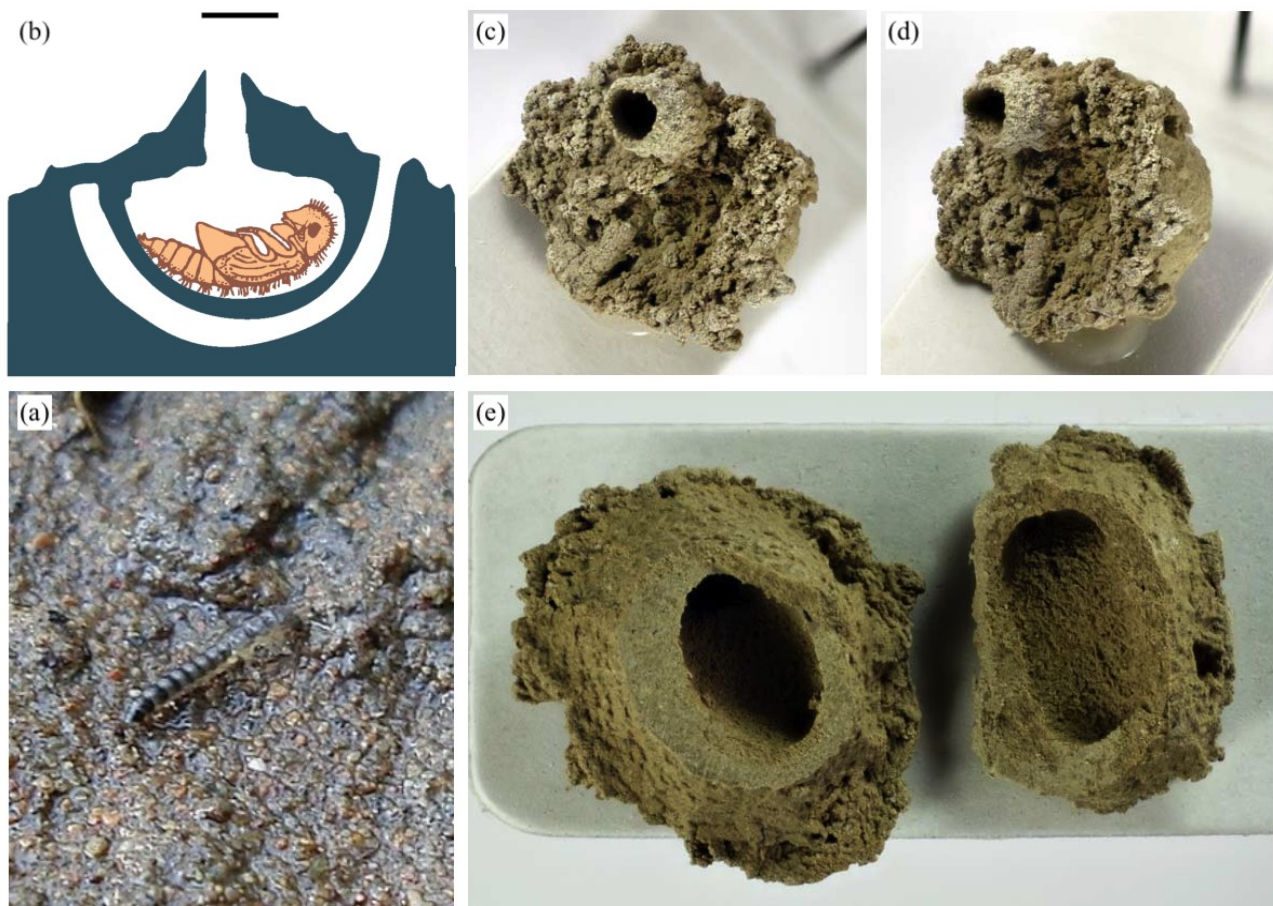


Рис. 4. Стадии развития Heteroceridae: (а) личинка *Heterocerus* sp. в естественной среде (фотография С.В. Литовкина); (б) куколка в куколочной камере (в разрезе, схематично), размерная линейка — 2 мм.; (с–д) куколочные камеры *Heterocerus fenestratus* [по: Terzani et al., 2011]; (е) вскрытая куколочная камера *H. fenestratus* [по: Terzani et al., 2011].

Fig. 4. Developmental stages of Heteroceridae: (a) larva of *Heterocerus* sp. in the natural environment (photo by S.V. Litovkin); (b) pupa in the pupal cell (in section, schematic), scale bar — 2 mm.; (c–d) pupal cells of *Heterocerus fenestratus*, by Terzani et al., 2010; (e) opened pupal cell of *H. fenestratus*, by Terzani et al., 2010.

Гетероцериды зачастую заселяют солонцы, солончаки (особенно в аридных зонах), берега солоноватых и соленых водоемов и водотоков, включая морские побережья [Bro Larsen, 1951; Howden, 1977]. Интразональные участки засоленных почв и микроклиматические условия морских берегов позволяют некоторым галофильным видам (например, *Heteroceris flexuosus* Stephens, 1828) заселять отдаленные от своего основного ареала территории, образуя “область проникновения”, которую отделяют от “области преобладания” — основной части видовой ареала [Бобринский и др., 1946 (Bobrinsky et al., 1946)], по спорадичности находок вида.

МЕТОДЫ СБОРА

В светлое время суток имаго и личинок Heteroceridae (а также других околотовидных стратобионтов) собирают при помощи методик, основанных на отпугивании беспозвоночных при создании на исследуемом участке повышенной влажности, — это методы **вытапывания** и **выплескивания**; так как Heteroceridae живут группами, эти варианты сбора обладают довольно высокой эффективностью.

Вытапывание (рис. 5а) применяется на различных водных объектах по урезу воды (кроме обрывистых и каменистых участков берега). Давление на субстрат создается посредством сборщика — ногой методично уплотняется грунт в месте сбора, что создает на участке условия повышенной влажности (вода проникает в полости и скважины субстрата), которые заставляют Heteroceridae покидать туннели. Аналогично работает **выплескивание** воды на участок берега. При выборе участка стоит обращать внимание на внешние признаки обитания Heteroceridae (норы, туннели), а также особенности берега, описанные выше. Жуков и личинок собирают руками, пинцетом (предпочтительнее мягкие варианты пинцетов, включая пластиковые и бумажные, для предотвращения повреждений насекомых) или при помощи *эксгаустера* (рис. 5с–д).

Эксгаустер — приспособление для ловли мелких насекомых, работающее по принципу насоса. Он состоит из стеклянного или пластикового цилиндра — корпуса (3), плотно заткнутого пробкой/пробками (2) с одной или обеих сторон, и двух трубок (1, 5): одна для сбора насекомых (1), вторая (5) с надетым на ее внешний конец гибким шлангом (6) для вдыхания воздуха. Эта (вторая) трубка должна быть закрыта со стороны полости эксгаустера матерчатым фильтром (4), который препятствует попаданию насекомых в рот. Трубки могут быть заменены на гибкие шланги.

В условиях зональных тундр представители семейства Heteroceridae находятся на границе своего общего ареала и встречаются локально на защищенных морских побережьях (включая приморские луга), эстуариях и по берегам крупных рек. Однако во внутренней тундре и районах Европы, Сибири и Америки с поверхностным горизонтом вечной мерзлоты и, вероятно, выше границы средних годовых температур ($\leq -10^{\circ}\text{C}$), как и на арктических и удаленных океанских островах, гетероцериды не встречаются [Сажнев, 2023 (Sazhnev, 2023)]. Не отмечены Heteroceridae на заболоченных территориях и берегах с густой растительностью, образующей дернину [Sazhnev, 2020].

Сбор насекомых с субстрата производится следующим образом: ловчую трубку (1) подносят как можно ближе к объекту и через гибкий шланг (6) делают резкий вдох. Поток воздуха насекомое втягивается в ловчую трубку и оказывается внутри эксгаустера. Для предотвращения повреждений насекомых вовнутрь корпуса эксгаустера (3) можно нарезать продольные и предварительно смятые полоски бумаги. Позже собранных таким образом насекомых перемещают в емкость для транспортировки, сосуд с фиксирующей жидкостью или в морилку. Иногда морить насекомых можно непосредственно в цилиндре эксгаустера, но тогда для разных водных объектов в таких случаях стоит иметь несколько эксгаустеров — для каждого свой.

В энтомологии используют как самодельные эксгаустеры, например, сделанные из небольших стеклянных банок с крышкой, в которую вставляют трубки, крупных пластиковых пробирок и цилиндров и т.д., так и эксгаустеры, произведенные промышленно.

В последнее время появился ряд модификаций классического варианта эксгаустера, например, насос-эксгаустер на основе устройства для отсоса припоя и емкости для сбора насекомых, разработанный А.С. Черепановым¹, различные варианты эксгаустеров с резиновой грушей и съёмными емкостями для сбора насекомых (А.С. Тилли², М.Я. Орлова-Беньковская и А.О. Беньковский³), которые обладают рядом преимуществ, они гигиеничны, т.к. сборщику не приходится контактировать с гибким шлангом или трубкой ртом, а сменные резервуары, позволяющие собирать жуков из каждого биотопа отдельно, применяя только один эксгаустер.

¹ https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/pump_asp.htm

² <https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/tillyexh.htm>

³ <https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/exhaubie.htm>

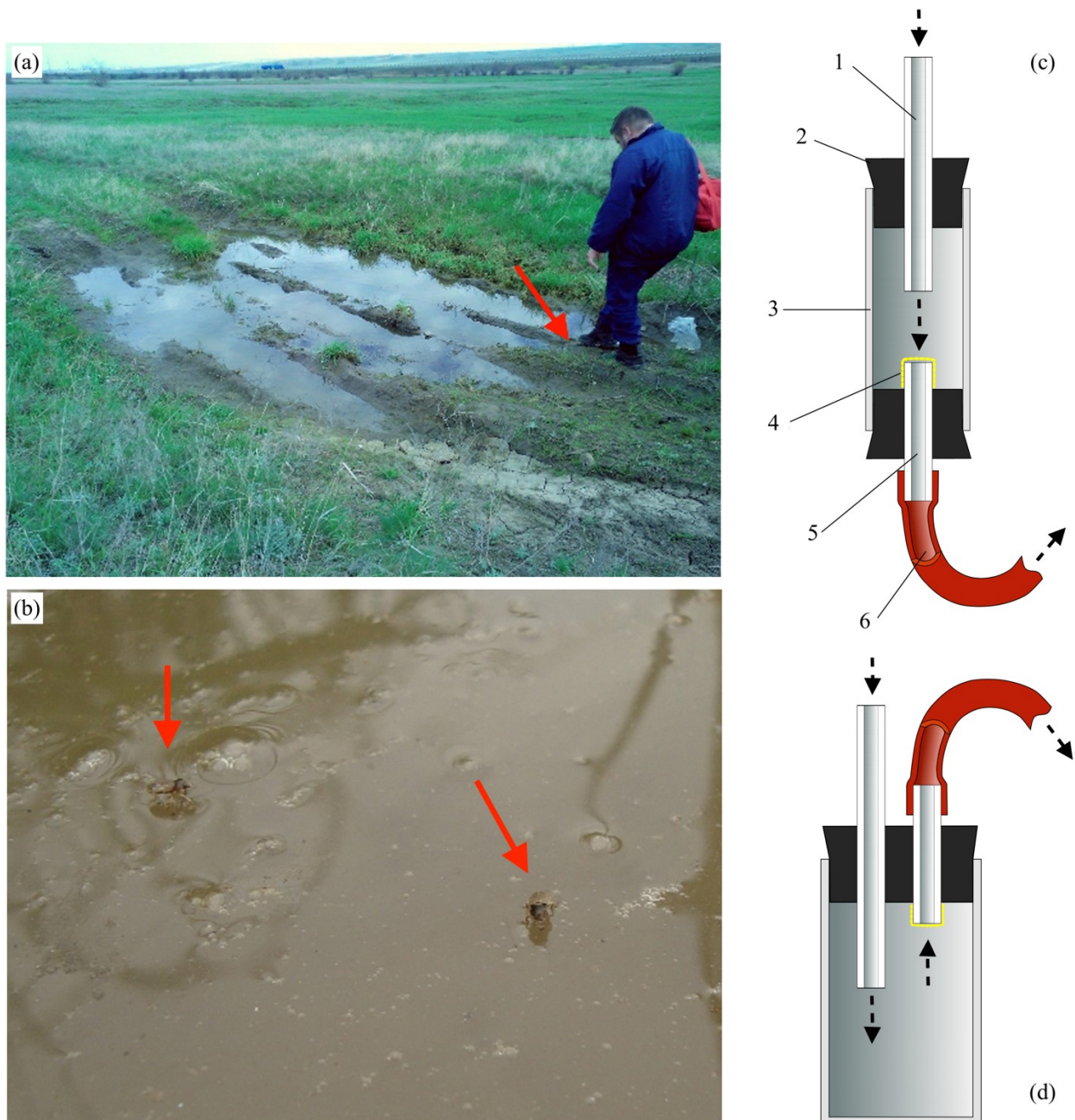


Рис. 5. Методы сбора Heteroceridae: (a) метод вытаптывания (фотография А.А. Сажневой); (b) имаго *Heterocerus* sp. на переувлажненном субстрате (фотография С.В. Литовкина); (c–d) схема устройства эксгаустера двух типов на продольном разрезе (рисунки А. Куприянова с изменениями, www.wikipedia.org): эксгаустер с двумя (c) и одной (d) пробками; 1 — трубка для ловли насекомых; 2 — пробка; 3 — корпус эксгаустера; 4 — матерчатый фильтр; 5 — трубка для крепления гибкого шланга; 6 — гибкий шланг для вдыхания воздуха; стрелками показано направление потока воздуха.

Fig. 5. Collection methods for Heteroceridae: (a) trampling method (photo by A.A. Sazhneva); (b) adults of *Heterocerus* sp. on overmoistened substrate (photo by S.V. Litovkin); (c–d) two types of aspirators in longitudinal section (scheme by A. Kouprianov with modifications, www.wikipedia.org): vial aspirator with two (c) and with one (d) stoppers; 1 — collecting tube; 2 — cork; 3 — collection jar; 4 — cloth filter; 5 — tube for attaching a flexible hose; 6 — flexible hose for breathing air; the arrows indicate the direction of air flow.

На обрывистых, каменистых берегах с недостаточным содержанием мягких грунтов или на сильно заросшем урезе воды с дерниной при сборе Heteroceridae стоит изымать часть субстрата при помощи скребка или небольшого совка для дальнейшего его **промывания в почвенных ситах** (рис. 6a–b), этот

метод также дает хорошие результаты на более привычных для Heteroceridae песчаных и глинистых грунтах. При отсутствии сита можно порционно погружать часть взятого субстрата в воду и разбирать всплывающих жуков непосредственно на мелководе водного объекта.

На заросших берегах надземная зеленая часть растений предварительно убираются. При изъятии субстрата вместе с частями растений или дерниной их следует внимательно осмотреть, промыть корни с налипшим грунтом над ситом либо разобрать вручную на светлом фоне (это лучше делать в лабораторных условиях при камеральной обработке).

Рекомендуется применять *почвенные сита* с диаметром ячеек ≤ 1 мм. После помещения субстрата в сито, содержимое промывается в воде (рис. ба–б) — можно непосредственно в водном объекте, близ которого отбирали про-

бы. Насекомых также собирают *эксгаустером*. При изучении беспозвоночных, ассоциированных в обитании с Heteroceridae, при сифтовании можно использовать набор сит с разным диаметром ячеек (от большего к меньшему), но для сбора гетероцерид достаточно одного.

Стоит помнить, что в жаркую солнечную погоду имаго Heteroceridae особенно активны и могут взлетать с поверхности субстрата и/или поверхностной пленки воды, что может негативно сказаться на результатах количественных исследований околотовных сообществ.



Рис. 6. Методы сбора Heteroceridae: (а) почвенное сито с грунтом, взятым по урезу воды (фотография С.В. Литовкина); (б) промывание грунта в почвенном сите (фотография С.В. Литовкина); (с) ограничительная рама для количественного учета околотовных беспозвоночных [Голуб и др., 2021 (Golub et al., 2021)]; (д) пример использования ограничительной рамы и эксгаустера (фотография Д.Д. Павлова).

Fig. 6. Collection methods for Heteroceridae: (a) soil sieve with soil taken at the water's edge (photo by S.V. Litovkin); (b) soil washing in a soil sieve (photo by S.V. Litovkin); (c) a limiting frame for quantitative counts of aquatic invertebrates, [Golub et al., 2021]; (d) example of using a limit frame and an aspirator (photo by D.D. Pavlov).

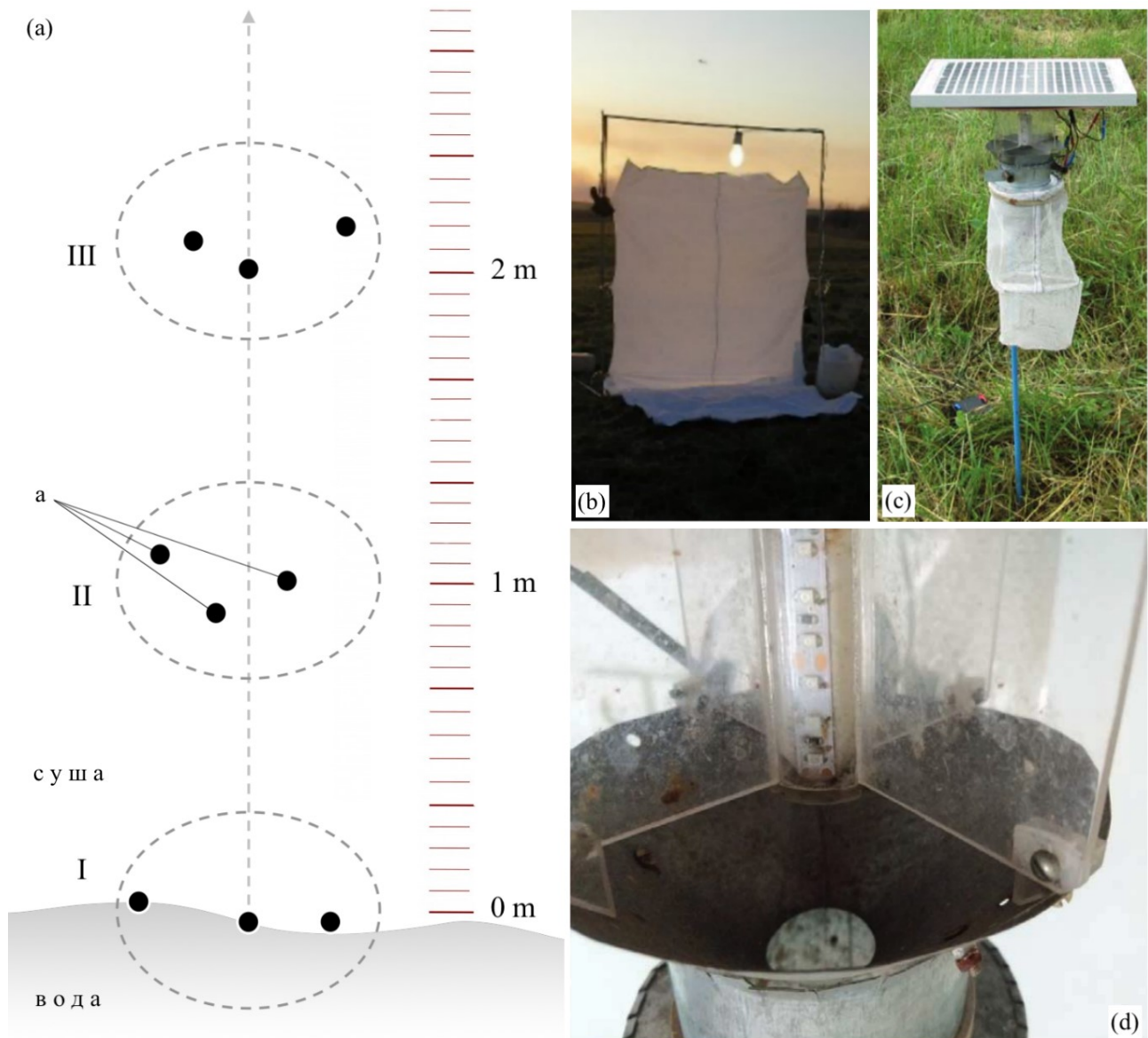


Рис. 7. Методы сбора Heteroceridae: (a) схема комплексного отбора проб околоводных беспозвоночных с использованием ограничительной рамы в градиенте удаления от водного объекта (проекция сверху); а — субпробы; I–III — интегральные пробы; стрелкой показано направление от уреза воды; (b) световой экран; (c–d) световая ловушка-апликатор; (c) общий вид с солнечной батареей [Сажнев, Родионова, 2019 (Sazhnev, Rodionova, 2019)]; (d) детали строения — видны светодиоды, прозрачные пластины и воронка насекомоприемника [Сажнев, Родионова, 2019 (Sazhnev, Rodionova, 2019)].

Fig. 7. Collection methods for Heteroceridae: (a) scheme of integrated sampling for riparian invertebrates in a gradient of distance from the water body using a limiting frame (top projection); a — subsamples; I–III — integrated samples; the arrow shows the direction from the water's edge; (b) light sheet; (c–d) light trap-applicator; (c) general view with solar panel [Sazhnev, Rodionova, 2019]; (d) details — LEDs, plastic plates and the funnel of the insect receiver are visible [Sazhnev, Rodionova, 2019].

При количественных учетах околоводных беспозвоночных, включая Heteroceridae, используют **ограничительную раму** с фиксированной площадью (рис. 6с–d). Обычно применяют квадратную раму со сторонами 25 см и высотой 10 см, которую можно изготовить из полосы жести, закрепив составные части (стороны) болтами, либо сделать парные составные прорезы, если рама разборная. Данная конструкция на 3–5 см погружается в грунт, ее внутреннее пространство заливается водой.

Heteroceridae и другие беспозвоночные-стратобионты покидают свои убежища и выходят на поверхность, где их легко можно собрать *экстаустером*. Применение этой методики позволяет получать сопоставимые данные, на основании которых возможно сравнение различных участков прибрежной полосы [Голуб и др., 2021 (Golub et al., 2021)]. Использование ограничительной рамы позволяет делать количественные учеты численности и плотности населения Heteroceridae в пересчете

на конкретную площадь поверхности. В целях репрезентативности рекомендуется соблюдать тройную повторность в использовании рамы, расценивая такую пробу как интегральную (состоящую как минимум из трех субпроб).

В экотонных местообитаниях на границе “вода–суша” важное значение для околководных беспозвоночных имеют показатели влажности (воздуха, грунта), которые естественно уменьшается от уреза воды в сторону берега. С помощью **ограничительной рамы** можно выявить основные тренды изменения сообществ беспозвоночных в качественном и количественном аспектах в градиенте удаления от водного объекта. Для этого на трансекте (рис. 7а) по направлению от уреза воды, начиная с “нулевого” уровня (непосредственно урез), отбирают интегральные (обобщенные) пробы (I–III), состоящие из нескольких (≥ 3) субпроб (а). При взятии субпроб стоит ориентироваться на участки грунта с наилком, речными наносами, единичными растениями и т.п. Построение трансекты (разреза) и выбора количества проб зависит от типа зоны уреза и берега, а также от водного объекта: на пологих берегах крупных озер и водохранилищ, морских побережьях и в устьевых зонах крупных рек зона обитания околководных беспозвоночных и Heteroceridae может быть смещена и расширена (до десятка метров, обычно зона обитания составляет 1–2 м) из-за волновой активности и/или уровневого режима водного объекта. В таких случаях целесообразно увеличить число интегральных проб. На влажных местообитаниях без открытой воды (солонцы, солончаки, обсохшие марши), где также могут обитать Heteroceridae, отбор проб **ограничительной рамой** проводится в произвольном порядке по всей территории объекта, а их количество зависит от его площади.

Существенные результаты дает ловля пилосов во время **вечернего лета на закатное небо**. Сборщик должен находиться лицом к западу (к свету солнца), что позволяет хорошо различить в полете даже мелкие виды. Ловят жуков воздушным энтомологическим сачком.

Большинство Heteroceridae активно летят в сумерках и ночью на искусственные источники света, поэтому одним из самых эффективных методов их сбора служит **привлечение на свет** (рис. 7б–д). В качестве источника света используют различные типы ламп — от ламп накали-

вания и дроссельно-ртутных ламп (ДРЛ) до специализированных ультрафиолетовых (УФ) источников и сверхъярких светодиодов (LED) с разными значениями длин волн светового спектра. Особо эффективными являются LED и так называемые “колотые” ДРЛ с удаленной наружной стеклянной колбой и оголенной кварцевой горелкой, однако при работе с такими лампами всегда стоит использовать темные очки для защиты органов зрения.

Чтобы увеличить площадь светового пятна от источника, применяют различные типы экранов — светлое (обычно белое) полотно ткани. Экраны размещают непосредственно под лампой, либо под углом к земле, или в виде буквы “L” относительно земли (рис. 7б). Источники света при сборе Heteroceridae, водных и околководных насекомых лучше устанавливать в близости от водных объектов, хотя нередко Heteroceridae летят на свет вдали от видимых источников воды (до нескольких километров), особенно на равнине. Ориентация плоского (“двухмерного”) экрана в пространстве также важна: при сборе Heteroceridae полотно должно быть направлено освещенной стороной в сторону водного объекта. В современных световых экранах лампа помещается в центр крестовины (по типу дуговой палатки), обтянутой белой тканью, что позволяет охватить все стороны света.

Особенно продуктивным может оказаться сбор в контейнерные **светоловушки (ловушки-апликаторы)** с накопителем (рис. 7с–д), в качестве источников света в которых используются сверхъяркие светодиоды разного спектра излучения. Накопительные светоловушки позволяют проводить полуколичественные учеты ночных насекомых, привлеченных светом, таким способом можно оценить относительную численность популяций Heteroceridae, выявить их половую структуру, а также изучить фенологические особенности и динамику лета на свет, если делать постоянные сезонные сборы. В современных реалиях для световых ловушек с помощью smart-устройств можно устанавливать время включения/выключения источника света (например, за полчаса до заката и после рассвета), а насекомоприемник (рис. 7д) позволяет бесконтактно собирать большую часть материала, таким образом сборщику не нужно постоянно наблюдать за экраном, отслеживая прилетающих насекомых.

ОФОРМЛЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ И ХРАНЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Одна из важных задач исследователя сохранить и систематизировать собранный энтомологический материал. Для этого нужно пра-

вильно зафиксировать, этикетировать и смонтировать насекомых.

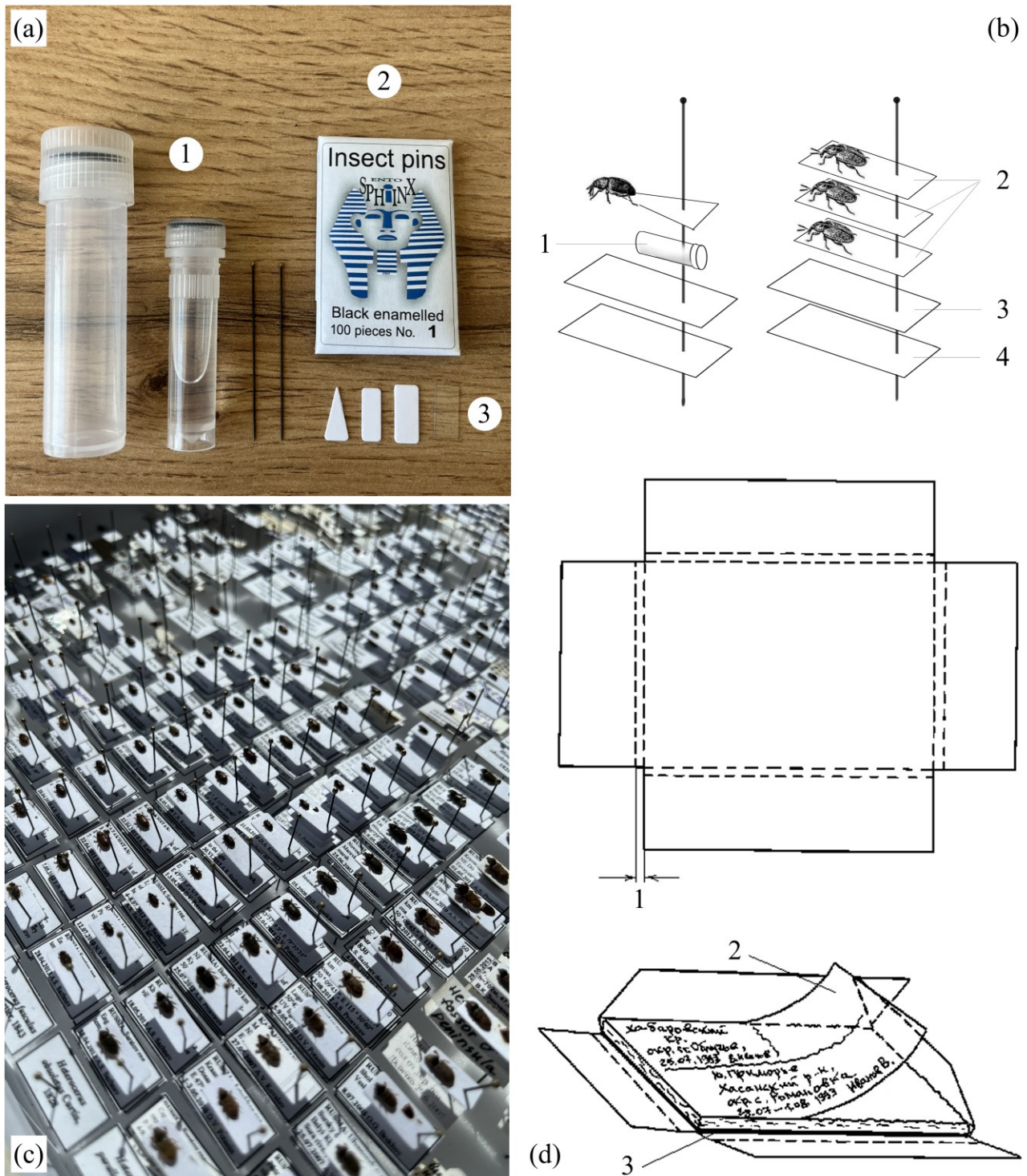


Рис. 8. Энтомологическое оборудование: (а) оборудование для коллекции; 1 — пробирки с прорезиненной крышкой; 2 — энтомологические булавки; 3 — плашки разной формы; (б) варианты монтирования жуков на булавках; 1 — микропробирка с гениталиями в глицерине; 2 — прямоугольные плашки (треугольник на варианте слева); 3 — географическая этикетка; 4 — систематическая этикетка (с названием вида); (с) пример оформления коллекции; (д) ватный матрасик и его выкройка сверху (www.entomolog.narod.ru); 1 — высота матрасика; 2 — вкладыш с этикеточными данными; 3 — поддон (более плотное основание).

Fig. 8. Entomological equipment: (a) equipment for the collection; 1 — tubes with rubber caps; 2 — insect pins; 3 — card points of various shapes; (b) options for mounting beetles on insect pins; 1 — a microtubes with genitalia in glycerin; 2 — rectangular card points (triangle on the variant on the left); 3 — geographical label; 4 — systematic label (with species name); (c) an example of the design of the collection; (d) cotton mattress and its billet from above (www.entomolog.narod.ru); 1 — mattress height; 2 — insert with labels data; 3 — pallet (tighter base).

В качестве фиксатора при сборе личинок, а не редко и имаго, Heteroceridae чаще всего используют водный раствор (60–96%) этилового спирта, он лучше всего подходит для сохранения объектов, предназначенных для дальнейшего изучения их ДНК и молекулярного анализа, однако спирт “дубит” взрослых жуков, делая их малопригодными для монтирования. При сборах в морилку применяют этилацетат (его доступный аналог можно найти в магазинах косметики и бытовой химии в виде “жидкости для снятия лака” на основе ацетатов (не ацетона!)). Можно использовать эфир и хлороформ, в гидробиологических пробах традиционно применяют формалин.

Личинок Heteroceridae и спиртовой материал лучше хранить в пластиковых пробирках (рис. 8а) с закручивающейся крышкой, где имеется прорезиненное кольцо. Такая конструкция защищает материал от высыхания, хотя периодически при необходимости спирт стоит доливать. Материал для ДНК-исследований хранят в холодильнике.

Взрослых жуков (сухой материал) чаще хранят на ватных матрасиках (рис. 8d), либо с помощью водорастворимого клея монтируют на плашки различной формы и размеров (рис. 8а–b) и накалывают на энтомологические булавки (на одну булавку можно наколоть от 1 до 4 жуков, индивидуально смонтированных на плашки), снабжая подробными этикетками — географической и систематической (рис. 8b). Первой накалывают этикетку с данными о месте, времени и методе сбора. Второй идет этикетка с названием вида. Смонтированные так жуки депонируются в коллекцию (рис. 8с). Для предотвращения повреждения коллекционного материала кожеедами и другими сапрофагами насекомых стоит хранить в ящиках с плотно прилегающей крышкой, помещать в коробки инсектициды и фумиганты, например, кристаллический тимол. Из подручных средств в коллекцию можно подкалывать нарезанные кусочки противоблошиного ошейника для домашних животных. С вредителями можно бороться холодом — помещать материал на несколько дней в морозилку (не допускать образования конденсата) или в зимнее время на балкон.

Более подробную информацию о методах ведения энтомологических коллекций можно найти в специализированной литературе [Gibb, Oseto, 2020; Голуб и др., 2021 (Golub et al., 2021)].

Полных определителей семейства в границах северной Палеарктики практически нет,

наиболее актуальны для Европы работы А. Mascagni [2014] и S. Skalický, E. Ezer [2014], а для европейской части России ключ по роду *Heterocerus* [Литовкин и др., 2013 (Litovkin et al., 2013)] с дополнением из поздних систематических работ [Litovkin et al., 2019; Sazhnev, 2018b].

Учитывая высокую изменчивость рисунка некоторых видов *Heterocerus* и, наоборот, относительную ее стабильность на фоне отсутствия явных морфологических признаков отличия у некоторых *Augyles*, проводить определение Heteroceridae рекомендуется по серийному материалу. Многие виды надежно различаются только по строению тегмена и средней доли эдеагуса, входящих в состав копулятивного аппарата самца. Препарировать стоит только размоченных и/или недавно пойманных жуков. Для растворения мышц и соединительной ткани вокруг эдеагуса, которые могут мешать при микроскопировании, гениталии нередко помещают на сутки или более в молочную кислоту (C₃H₆O₃), которая также дает эффект “просветления” препарата. Не редко половые органы вываривают (несколько минут) в растворе щелочи (обычно 10% КОН), хлопья которой после стоит смыть спиртом или дистиллированной водой. Отпрепарированных Heteroceridae и их части (иногда при операции полностью отделяется брюшко) подклеивают на плашку, относительно ниже жука можно подклеить его гениталии. В других вариантах гениталии хранят в глицерине, помещая их, например, в нарезанные блистеры от таблеток или микропробирки, которые подкалываются под плашку с имаго. Для изучения деталей строения полового аппарата Heteroceridae делают временные и/или постоянные препараты на предметном стекле, заливая их молочной кислотой, глицерином (временные препараты) или разного рода смолами, такими как жидкость Фора, эупараль и др. (постоянные препараты). На препарат кладут покровное стекло, а рядом на предметном наклеивают идентификационную этикетку с номером, названием вида, географической привязкой и т.п.

Исследуют препараты в проходящем/отраженном свете (некоторые детали могут быть лучше видны в темном поле зрения), для крупных объектов достаточно бинокулярного стереомикроскопа (увеличение ×30–50), для более детального изучения препарата, личинок и деталей морфологии используют более “сильные” микроскопы. Иногда детали внешнего строения (например, структура хитина стридуляционного аппарата) подробно можно изучить только на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор искренне признателен всем коллегам за предоставленные фотоматериалы. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ №124032500016-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобринский Н.А., Зенкевич Л.А., Бирштейн Я.А. География животных. М.: Советская Наука, 1946. 453 с.
- Голуб В.Б., Цуриков М.Н., Прокин А.А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. Второе издание. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 358 с.
- Пржиборо А.А. Экология и роль бентосных двукрылых (Insecta: Diptera) в прибрежных сообществах малых озер Северо-Запада России. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата биологических наук. СПб. 2001. 25 с.
- Литовкин С.В., Сажнев А.С., Клемин Д.А. К познанию пилоусов (Coleoptera, Heteroceridae) Самарской, Саратовской, Ульяновской областей и Республики Татарстан // Евразийский энтомологический журнал. 2013. Вып. 12. № 6. С. 561–569.
- Сажнев А.С. Состав фауны и изученность жесткокрылых семейства Heteroceridae (Coleoptera) России // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2023. Вып. 102(105). С. 47–54. DOI: 10.47021/0320-3557-2023-47-55.
- Сажнев А.С., Родионова Е.Ю. Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera), собранные в световые ловушки со сверхъяркими светодиодами на территории Краснодара // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология, 2019. Вып. 19. № 2. С.188–195. DOI: 10.18500/1816-9775-2019-19-2-188-195.
- Bernhardt K.-G. Seed burial by soil burrowing beetles // Nordic Journal of Botany. 1995. Vol. 15. P. 257–260.
- Bro Larsen E. Studies on the soil fauna of Skallingen // Oikos. 1951. Vol. 3. № 2. P. 166–192.
- Clark G.R., Ratcliffe B.C. Observations on the tunnel morphology of *Heterocerus brunneus* Melsheimer (Coleoptera: Heteroceridae) and its paleoecological significance // Journal of Paleontology. 1989. Vol. 63. No. 2. P. 228–232.
- Gibb J.T., Oseto C. Insect Collection and Identification Techniques for the Field and Laboratory. Arthropod Collection and Identification, Second Edition. London: Academic Press. 2019. 354 p.
- Howden H.F. Beetles, beach drift, and island biogeography // Biotropica. 1977. Vol. 9. No. 1. P. 53–57.
- Kaufmann T., Stansly P. Bionomics of *Neoheterocerus pallidus* Say (Coleoptera: Heteroceridae) in Oklahoma // Journal of the Kansas Entomological Society. 1979. Vol. 52. P. 565–577.
- Litovkin S.V., Sazhnev A.S., Čiampor F.Jr. Validation of *Heterocerus heydeni* Kuwert, 1890 based on morphology and DNA barcoding, with notes on the problems of classification of the Heteroceridae (Coleoptera) // Zootaxa, 2019. T. 4614. Vol. 1. P. 160–172. DOI: 10.11646/zootaxa.4614.1.7.
- Mascagni A. The Variegated Mud-Loving Beetles of Europe (first part) (Coleoptera: Heteroceridae) // Onychium. 2014. Vol. 10. P. 78–118.
- Mordkovich, V.G., Lyubchanskii I.I. The Role of Large Arthropods in the Development of Halomorphic Soils in the South of Siberia // Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50. P. 688–700. DOI: 10.1134/S1064229317040068.
- Rodionova E.Yu., Sazhnev A.S., Miroliubov A.A., Kustov S.Yu. Study of stridulatory organs in the family Heteroceridae (Insecta: Coleoptera) // Russian Entomological Journal. 2023. Vol. 32. № 1. P. 44–52. DOI: 10.15298/rusentj.32.1.05.
- Sazhnev A.S. Beetles of the family Heteroceridae (Insecta: Coleoptera) in extreme environments // Ecosystem Transformation. 2020. Vol. 3. № 2. P. 22–31. DOI: 10.23859/estr-200323a.
- Sazhnev A.S. On the position of Heteroceridae (Insecta: Coleoptera) in food webs in riparian communities // Ecosystem transformation. 2018a. T. 1. № 1. P. 49–56. DOI: 10.23859/estr-180121-en.
- Sazhnev A.S. Redescription of *Heterocerus fausti* Reitter, 1879, bona species (Coleoptera, Heteroceridae) // Zootaxa. 2018b. Vol. 444. № 3. P. 597–600. DOI: 10.11646/zootaxa.4441.3.12.
- Skalický S., Ezer E. Coleoptera: Heteroceridae. Folia Heyrovskyana // Icones Insectorum Europae Centralis. 2014. Vol. 18. P. 1–13.
- Terzani F., Mascagni A., Monte C., Cianferoni F. Qualche considerazione sulle celle pupali di *Heterocerus fenestratus* (Thunberg, 1784) raccolte in Italia centrale (Coleoptera, Heteroceridae) // Onychium, 2011. Vol. 8. P. 14–21.
- Vanin S.A., Costa C., Gianuca N.M. Larvae of neotropical Coleoptera XXI: Description of immatures and Ecology of *Ef-flagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Dryopoidea, Heteroceridae) // Iheringia, Série Zoologia. 1995. Vol. 78. P. 99–112.

REFERENCES

- Bernhardt K.-G. Seed burial by soil burrowing beetles. *Nordic Journal of Botany*, 1995, vol. 15, pp. 257–260.
- Bobrinsky N.A., Zenkevich L.A., Birshtein Ya.A. Geografiya zhivotnykh [Animal Geography]. Moscow, Sovetskaya nauka, 1946. 453 p. (In Russian).
- Bro Larsen E. Studies on the soil fauna of Skallingen. *Oikos*, 1951, vol. 3, no. 2, pp. 166–192.
- Clark G.R., Ratcliffe B.C. Observations on the tunnel morphology of *Heterocerus brunneus* Melsheimer (Coleoptera: Heteroceridae) and its paleoecological significance. *Journal of Paleontology*, 1989, vol. 63, no. 2, pp. 228–232.
- Gibb J.T., Oseto C. Insect Collection and Identification Techniques for the Field and Laboratory. Arthropod Collection and Identification, Second Edition. London, Academic Press, 2019. 354 p.
- Golub V.B., Tsurikov M.N., Prokin A.A. Insect collections: collection, processing and storage of material. Second edition. Moscow, KMK, 2021. 358 p. (In Russian).

- Howden H.F. Beetles, beach drift, and island biogeography. *Biotropica*, 1977, vol. 9, no. 1, pp. 53–57.
- Kaufmann T., Stansly P. Bionomics of *Neoheterocerus pallidus* Say (Coleoptera: Heteroceridae) in Oklahoma. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 1979, vol. 52, pp. 565–577.
- Litovkin S.V., Sazhnev A.S., Čiampor F.Jr.T Validation of *Heterocerus heydeni* Kuwert, 1890 based on morphology and DNA barcoding, with notes on the problems of classification of the Heteroceridae (Coleoptera). *Zootaxa*, 2019, t. 4614, vol. 1, pp. 160–172. doi: 10.11646/zootaxa.4614.1.7.
- Litovkin S.V., Sazhnev A.S., Klyomin D.A. Variegated mud-loving beetles (Coleoptera, Heteroceridae) of Samarskaya, Saratovskaya and Ulyanovskaya Oblasts and the Republic of Tatarstan, Russia. *Euroasian Entomological Journal*, 2013, vol. 12, no. 6, pp. 561–569. (In Russian).
- Mascagni A. The Variegated Mud-Loving Beetles of Europe (first part) (Coleoptera: Heteroceridae). *Onychium*, 2014, vol. 10, pp. 78–118.
- Mordkovich, V.G., Lyubchanskii I.I. The Role of Large Arthropods in the Development of Halomorphic Soils in the South of Siberia. *Eurasian Soil Science*, 2017, vol. 50, pp. 688–700. doi: 10.1134/S1064229317040068.
- Przhiboro A.A. Ecology and role of benthic dipterans (Insecta: Diptera) in shallow water communities of small lakes in the Northwestern Russia. *Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.* St Petersburg, 2001. 25 p. (In Russian).
- Rodionova E.Yu., Sazhnev A.S., Miroljubov A.A., Kustov S.Yu. Study of stridulatory organs in the family Heteroceridae (Insecta: Coleoptera). *Russian Entomological Journal*, 2023, vol. 32, no. 1, pp. 44–52. doi: 10.15298/rusentj.32.1.05.
- Sazhnev A.S. Beetles of the family Heteroceridae (Insecta: Coleoptera) in extreme environments. *Ecosystem Transformation*, 2020, vol. 3, no. 2, pp. 22–31. doi: 10.23859/estr-200323a.
- Sazhnev A.S. Fauna composition and knowledge about the variegated mud-loving beetles (Coleoptera: Heteroceridae) of Russia. *Transactions of Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS*, 2023. iss. 102(105), pp. 47–54. doi: 10.47021/0320-3557-2023-47-55. (In Russian).
- Sazhnev A.S. On the position of Heteroceridae (Insecta: Coleoptera) in food webs in riparian communities. *Ecosystem transformation*, 2018a, vol. 1, no. 1, pp. 49–56. doi: 10.23859/estr-180121-en.
- Sazhnev A.S. Redescription of *Heterocerus fausti* Reitter, 1879, bona species (Coleoptera, Heteroceridae). *Zootaxa*, 2018b, vol. 4441, no. 3, pp. 597–600. doi: 10.11646/zootaxa.4441.3.12.
- Sazhnev A.S., Rodionova E.Yu. The Beetles (Insecta: Coleoptera), Collected by the Light Traps with Super Bright LEDs on the Territory of Krasnodar. *Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology*, 2019, vol. 19, iss. 2, pp. 188–195 (In Russian). doi: 10.18500/1816-9775-2019-19-2-188-195.
- Skalický S., Ezer E. Coleoptera: Heteroceridae. Folia Heyrovskyana. *Icones Insectorum Europae Centralis*, 2014, vol. 18, pp. 1–13.
- Terzani F., Mascagni A., Monte C., Cianferoni F. Qualche considerazione sulle celle pupali di *Heterocerus fenestratus* (Thunberg, 1784) raccolte in Italia centrale (Coleoptera, Heteroceridae). *Onychium*, 2011, vol. 8, pp. 14–21.
- Vanin S.A., Costa C., Gianuca N.M. Larvae of neotropical Coleoptera XXI: Description of immatures and Ecology of *Eflagitatus freudei* Pacheco, 1973 (Dryopoidea, Heteroceridae). *Iheringia, Série Zoologia*, 1995, vol. 78, pp. 99–112.

METHODS OF COLLECTING, PROCESSING AND STORING FOR BEETLES FAMILY HETEROCERIDAE (COLEOPTERA); THEIR BIOLOGY AND ECOLOGY

A. S. Sazhnev*

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences,
152742 Borok, Russia, e-mail: *sazh@list.ru*

Revised 11.03.2024

Beetles of the family Heteroceridae are characteristic inhabitants of contour biotopes; as algodetritophages, they participate in the processing of organic matter, are included in detrital food webs, and in the transfer of matter and energy in the ecotone zone of the two environments "water–land". The methods of collecting these insects, methods of storage and primary processing of the collection material are discussed in detail. The general ecology and biology of the family Heteroceridae are described. The work is richly illustrated with photographs and drawings.

Keywords: the variegated mud-loving beetles, field biology, collection, habitats