



**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
КЛОПА-СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS* L.)
В УСЛОВИЯХ ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ**

¹Абдуллаева С. И., ²Ганджаева Л. А. ORCID ID 0000-0001-8072-3118

¹*Хорезмская академия Мамуна, Хива, Республика Узбекистан;*

²*Ташкентский международный университет Киме, Ташкент,
Республика Узбекистан, e-mail: tulipa_83@mail.ru*

В статье рассматриваются морфологические особенности и адаптивные признаки клопа-солдатика *Pyrrhocoris apterus* в условиях климатических факторов Хорезмской области, характеризующихся высокой температурой воздуха, низкой влажностью и выраженной аридностью среды. Целью исследования являлось изучение морфологических характеристик взрослых особей и личинок данного вида, а также выявление адаптивных признаков, обеспечивающих его устойчивость к неблагоприятным экологическим условиям региона. Материалом исследования послужили особи клопа-солдатика, собранные на различных участках Хорезмской области в период вегетационного сезона. Изучение морфологических признаков проводилось с использованием общепринятых методов энтомологических наблюдений, морфометрического анализа и сравнительного морфологического исследования насекомых. В результате проведенных исследований были определены основные диагностические признаки взрослых особей и личинок, установлены особенности строения тела, окраски и размеров, а также выявлены признаки морфологической устойчивости вида к воздействию высоких температур и дефицита влаги. Показано, что в условиях аридной среды у исследуемого вида формируются адаптивные изменения морфологических структур, способствующие повышению выживаемости, ускорению развития и успешному существованию популяций в условиях жаркого климата. Таким образом, установлено, что *Pyrrhocoris apterus* обладает высокой экологической пластичностью и способен эффективно адаптироваться к климатическим условиям Хорезмской области, что подтверждает его широкое распространение и устойчивость в природных и антропогенных экосистемах региона.

Ключевые слова: *Pyrrhocoris apterus*, клоп-солдатик, морфология, энтомофауна, Хорезмская область, личинка, имаго, морфометрия

**MORPHOLOGICAL ASPECTS OF FIREBUG (*PYRRHOCORIS APTERUS* L.)
IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE KHOREZM REGION**

¹Abdullaeva S. I., ²Gandzhaeva L. A. ORCID ID 0000-0001-8072-3118

¹*Khorezm Mamun Academy, Khiva, Republic of Uzbekistan;*

²*Kimyo International University in Tashkent, Tashkent,
Republic of Uzbekistan, e-mail: tulipa_83@mail.ru*

The article presents the results of a study on the morphological characteristics and adaptive features of the firebug *Pyrrhocoris apterus* under the climatic conditions of the Khorezm region, which are characterized by high air temperatures, low humidity, and pronounced aridity of the environment. The aim of the study was to investigate the morphological traits of adult individuals and larvae of this species and to identify adaptive features that ensure its resistance to unfavorable environmental conditions of the region. The research material consisted of specimens of the firebug collected from different sites within the Khorezm region during the vegetation period. The study of morphological characteristics was carried out using generally accepted entomological observation methods, morphometric analysis, and comparative morphological examination of insects. As a result of the conducted research, the main diagnostic features of adult individuals and larvae were determined, including the characteristics of body structure, coloration, and size. The study revealed morphological stability of the species under the influence of high temperatures and moisture deficiency. It was shown that under arid environmental conditions, the studied species develops adaptive morphological changes that contribute to increased survival, accelerated development, and successful maintenance of populations in hot climates. Thus, it was established that *Pyrrhocoris apterus* demonstrates high ecological plasticity and the ability to effectively adapt to the climatic conditions of the Khorezm region, which confirms its wide distribution and stability in natural and anthropogenic ecosystems of the region.

Keywords: *Pyrrhocoris apterus*, red firebug, morphology, entomofauna, Khorezm region, larva, imago, morphometry

Введение

Клоп-солдатик *Pyrrhocoris apterus* (L., 1758) является широко распространенным видом из семейства Pyrrhocoridae отряда Hemiptera, встречающимся в различных природных и антропогенных экосистемах Европы, Азии и других регионов мира. Вид характеризуется высокой экологической

пластичностью, устойчивостью к различным климатическим условиям и способностью адаптироваться к урбанизированной среде, что делает его важным объектом энтомологических и экологических исследований. Согласно данным Schuh и Slater (1995) [1], представители семейства Pyrrhocoridae обладают характерными морфологически-

ми признаками, включая яркую окраску тела, редуцированные крылья и развитый колюще-сосущий ротовой аппарат, что обеспечивает успешное существование данного вида в различных условиях среды.

В последние годы значительное внимание уделяется изучению морфологических и репродуктивных особенностей *Pyrhcoris apterus*, включая строение половых органов и эмбриональное развитие. Так, исследования Candan и Kocakoglu (2022) [2] показали, что структура сперматеки и яиц данного вида обладает специфическими морфологическими признаками, выявленными с использованием световой и сканирующей электронной микроскопии. Эти данные важны для понимания репродуктивной биологии вида и его адаптации к условиям окружающей среды.

Физиологические механизмы сезонного развития и диапаузы у *Pyrhcoris apterus* подробно изучены в работах Hejniková и соавт. (2022) [3], которые установили наличие полового диморфизма в регуляции диапаузы у данного вида. Авторы показали, что процессы перехода в состояние покоя и выхода из него регулируются сложными гормональными и генетическими механизмами, обеспечивающими выживание насекомых в неблагоприятных климатических условиях.

Особое значение для понимания экологии вида имеют исследования влияния температуры среды и микроклиматических условий на поведение и распределение *Pyrhcoris apterus*. Holtorf и соавт. (2021) [4] показали, что температурные параметры местообитаний существенно влияют на активность насекомых и их пространственное распределение. Эти данные подтверждают высокую чувствительность вида к климатическим факторам и необходимость учета микроклиматических условий при изучении его биологии.

Распространение *Pyrhcoris apterus* в новых регионах также является предметом современных исследований. Например, Mata и соавт. (2022) [5] сообщили о проникновении и распространении данного вида на территории Австралии, где его появление было зафиксировано благодаря наблюдениям гражданских исследователей. Аналогичные данные приведены в работах Richardson и Hodgson (2023) [6], а также Stokes и Weninger (2022) [7] и Endrestøl и Roth (2020) [8] где описывается расширение ареала вида на территории Северной Америки и его успешная адаптация к новым экологическим условиям.

В последние годы внимание исследователей привлекают также паразитические организмы, связанные с данным видом.

Согласно данным Kostygov и соавт. (2024) [9], у *Pyrhcoris apterus* выявлены паразиты из группы трипаносоматид, включая вид *Leptomonas pyrhhcoris*, характеризующийся высокой микробиологической изменчивостью.

Таким образом, результаты современных исследований свидетельствуют о том, что *Pyrhcoris apterus* является важным модельным объектом для изучения морфологических, физиологических и экологических особенностей насекомых [10]. Исследования Frolov и соавт. (2017, 2018) [11, 12] показали, что развитие паразитов рода *Blastocrythidia* тесно связано с жизненным циклом хозяина и происходит в мальпигиевых сосудах насекомого.

Несмотря на значительное количество работ, посвященных биологии и распространению данного вида, вопросы его морфологической адаптации к экстремальным климатическим условиям, включая аридный климат регионов Центральной Азии и Хорезмской области, остаются недостаточно изученными и требуют дальнейших исследований. В условиях Хорезмской области данный вид характеризуется высокой устойчивостью к высоким температурам и низкой влажности воздуха, что делает его важным компонентом местной энтомофауны и объектом экологических исследований.

Цель исследования – изучение морфологических особенностей и адаптивных изменений клопа-солдатика *Pyrhcoris apterus* (L., 1758) в условиях климатических факторов Хорезмской области, а также оценка влияния температурного режима и условий окружающей среды на формирование морфологических признаков и биологические особенности данного вида.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2022–2025 гг. на территории Хорезмской области (Ургенчский, Хивинский, Кошкуньский и Янгиарыкский районы). Объектом исследования являлся клоп-солдатик *Pyrhcoris apterus* (L., 1758). Сбор материала осуществлялся в течение вегетационного периода (май – сентябрь) методом ручного отбора с растений и поверхности почвы. Отбор проводился на пространственно разнесенных участках с целью исключения псевдо-репликации. В исследовании использовались имаго и личинки различных возрастных стадий. Личинки дифференцировались по стадиям развития на основе визуальных морфологических признаков. Самцы и самки учитывались отдельно. Для каждого морфометрического показателя анализировалось по 30 особей (n = 30) в каждой груп-

пе. На каждом участке проводилось не менее трех независимых повторов. Морфометрические измерения (длина тела, ширина тела и др.) проводились с использованием стандартных методов энтомологического анализа. Толщина кутикулы оценивалась на основе сравнительного морфометрического анализа с использованием стереомикроскопа и окулярной шкалы. Оценка проводилась в дорсальной части тела (брюшные сегменты). Полученные значения носят оценочный характер. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программной среды R (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) [13]. Нормальность распределения данных проверялась с использованием критерия Шапиро – Уилка (Shapiro & Wilk, 1965) [14]. Однородность дисперсий оценивалась по критерию Левена (Levene, 1960) [15]. Для сравнительного анализа применялся двусторонний t-критерий Стьюдента для независимых выборок (Student, 1908) [16]. При нарушении равенства дисперсий использовался t-критерий Уэлча (Welch, 1947) [17]. Результаты представлены в виде среднего значения (M) ± стандартной ошибки (m). Для всех сравнений рассчитывались точные p-значения и 95 % доверительные интервалы (95 % CI) (Altman & Bland, 1995) [18]. Уровень статистической значимости принимался равным $p < 0,05$.

Под условиями умеренного климата в данном исследовании понимаются климатические условия, характерные для регионов Европы и других территорий с умеренными температурными режимами и более высоким уровнем атмосферной влажности, описанные в литературных источниках [19]. Сравнение проводилось между собственными данными, полученными в условиях Хорезмской области, и обобщенными литературными данными для умеренного климата, касающимися морфометрических показателей *Pyrrhocoris apterus*, таких как длина тела, ширина тела и особенности развития. Под умеренным климатом понимаются условия, описанные в литературных источниках [19]. Сравнение с данными Хорезмской

области носит условный характер. Следует отметить, что данное сравнение носит условный характер, так как данные получены из различных источников и могут отличаться по методам сбора и анализа материала. На территории Узбекистана клоп-солдатик распространен практически во всех природных зонах – от пойменных лесов до сельскохозяйственных угодий и городских территорий.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследований, проведенных в 2022–2025 гг. на территории Хорезмской области, было установлено широкое распространение *Pyrrhocoris apterus* в различных биотопах региона. Сбор материала осуществлялся в населенных пунктах, садах, парковых насаждениях и сельскохозяйственных угодьях. Вид встречался группами на поверхности почвы, под опавшими листьями и вблизи стволов деревьев.

Систематическое положение вида

Тип: Arthropoda

Класс: Insecta

Отряд: Hemiptera

Подотряд: Heteroptera

Семейство: Pyrrhocoridae

Род: *Pyrrhocoris*

Вид: *Pyrrhocoris apterus* L., 1758

В результате проведенных полевых исследований было определено, что *Pyrrhocoris apterus* является одним из наиболее массовых видов наземных клопов в условиях Хорезмской области (табл. 1). Наибольшая численность насекомых наблюдалась в весенний и летний периоды, особенно в апреле – июне и сентябре, когда отмечается активное размножение и развитие личинок.

В ходе исследований было установлено, что вид обладает высокой устойчивостью к высоким температурам и низкой влажности воздуха, характерным для климатических условий Хорезмской области. Насекомые успешно развиваются в условиях летней температуры до 40–45 °С, что свидетельствует об их адаптации к аридным условиям региона.

Таблица 1

Распространение клопа-солдатика в различных районах Хорезмской области

Район	Биотоп	Встречаемость	Характер распространения
Ургенчский	Парки и дворы	Высокая	Массовый
Хивинский	Приусадебные участки	Высокая	Массовый
Шаватский	Агроценозы	Средняя	Обычный
Гурленский	Прибрежные зоны	Средняя	Локальный

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Определение вида проводилось на основании морфологических признаков имаго и личинок с использованием стандартных энтомологических определителей. Основными диагностическими признаками, позволившими установить принадлежность собранных экземпляров к виду *Pyrrhocoris apterus*, являлись:

- характерная красно-черная окраска тела;
- овальная форма тела;
- укороченные надкрылья;
- черные пятна на переднеспинке;
- четырехчлениковые усики;
- колюще-сосущий ротовой аппарат.

Морфологические особенности имаго. Клоп-солдатик *Pyrrhocoris apterus* (L., 1758) относится к семейству Pyrrhocoridae и характеризуется хорошо выраженными морфологическими признаками, позволяющими легко отличить данный вид от других представителей отряда Hemiptera.

Морфология вида отражает его приспособленность к наземному образу жизни и условиям засушливого климата, характерного для территории Хорезмской области (табл. 2).

Тело взрослого насекомого (имаго) имеет овальную форму, слегка уплощено в дорсовентральном направлении. Окраска яркая, предупреждающая, состоит из сочетания красного и черного цветов. На переднеспинке и надкрыльях располагаются ха-

рактерные черные пятна, образующие специфический рисунок, являющийся важным диагностическим признаком вида.

Голова небольшая, треугольной формы, несет пару фасеточных глаз и четырехчлениковые усики. Ротовой аппарат колюще-сосущего типа, представлен хоботком, приспособленным для питания соками растений и органическими остатками.

Грудь состоит из трех сегментов – переднегруди, среднегруди и заднегруди. Переднеспинка широкая, трапециевидной формы, с четко выраженными боковыми краями. Надкрылья укороченные, что является характерной особенностью данного вида, в связи с чем насекомые обладают ограниченной способностью к полету или полностью утрачивают ее. Брюшко состоит из десяти сегментов и покрыто плотным хитиновым покровом, обеспечивающим защиту организма от механических повреждений и перегрева в условиях высоких температур. Ноги хорошо развиты, приспособлены для передвижения по поверхности почвы и растительным остаткам. Каждая нога состоит из пяти члеников.

В условиях Хорезмской области морфологические признаки вида остаются стабильными и соответствуют диагностическим характеристикам, описанным в классических энтомологических определителях.

Таблица 2

Морфометрические показатели *Pyrrhocoris apterus* в условиях Хорезмской области

Показатель	Самцы (мм)	Самки (мм)
Длина тела	9,1 ± 0,3	10,4 ± 0,4
Ширина тела	3,8 ± 0,2	4,2 ± 0,3
Длина головы	1,2 ± 0,1	1,3 ± 0,1
Длина усиков	3,5 ± 0,2	3,7 ± 0,2
Длина хоботка	2,6 ± 0,1	2,8 ± 0,1

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 3

Морфологические признаки личинок *Pyrrhocoris apterus*

Возраст личинки	Длина тела (мм)	Цвет тела	Особенности
I возраст	1,0–1,5	Светло-красный	Без крыльев
II возраст	2,0–2,8	Красный	Увеличивается размер тела
III возраст	3,0–4,2	Красный	Появляются зачатки крыльев
IV возраст	5,0–6,5	Темно-красный	Формируются сегменты
V возраст	7,0–9,0	Красно-черный	Выражены крылья

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Основные диагностические признаки *Pyrrhocoris apterus*:

- тело овальной формы;
- яркая красно-черная окраска;
- длина тела 8–12 мм;
- укороченные надкрылья;
- четырехчлениковые усики;
- колюще-сосущий ротовой аппарат;
- хорошо развитые ноги;
- плотный хитиновый покров.

Морфология личинки. Личинки проходят несколько стадий развития и постепенно приобретают признаки взрослого насекомого (табл. 3).

Основные признаки личинок:

- тело округлой формы;
- окраска красная;
- отсутствие крыльев;
- длина тела 1–9 мм;
- постепенное появление крылевых зачатков.

Морфологическая адаптация к условиям Хорезма. В условиях Хорезмской области клоп-солдатик проявляет ряд морфологических адаптаций к засушливому климату. Климат Хорезмской области характеризуется резко континентальными условиями, включающими высокие летние температуры (до 40–45 °С), низкую относительную влажность воздуха (25–35 %), значительную инсоляцию и дефицит атмосферных осадков. Такие экстремальные условия оказывают существенное влияние на морфологические и физиологические особенности насекомых, включая представителей отряда Hemiptera.

Клоп-солдатик *Pyrrhocoris apterus* является наземным видом, который широко рас-

пространен в населенных пунктах и агроценозах региона. В условиях Хорезмской области у данного вида наблюдаются определенные морфологические адаптации, обеспечивающие устойчивость к перегреву, обезвоживанию и механическим воздействиям среды. Эти адаптации формируются под влиянием длительного воздействия высоких температур и сухого климата.

Основные морфологические адаптации к засушливому климату

1. Утолщение кутикулы и усиление склеротизации – одним из наиболее выраженных морфологических изменений у *Pyrrhocoris apterus* в условиях аридного климата является увеличение толщины кутикулы и усиление склеротизации покровов тела. Плотный хитиновый покров уменьшает испарение влаги и повышает устойчивость насекомых к перегреву.

В условиях Хорезмской области наблюдается (табл. 4):

- более плотный наружный покров тела;
- повышение жесткости кутикулы;
- снижение потери влаги;
- повышение устойчивости к температурному стрессу.

Это является типичной адаптацией наземных насекомых к сухим климатическим условиям. Толщина кутикулы оценивалась на основе сравнительного морфометрического анализа под стереомикроскопом с использованием окулярной шкалы. Полученные значения носят оценочный характер и используются для выявления общих тенденций.

Таблица 4

Наблюдаемые морфологические особенности *Pyrrhocoris apterus* и их связь с экологическими условиями Хорезмской области (2022–2025 гг.)

Признак	Наблюдаемая характеристика	Экологический фактор	Метод оценки	Частота (%)
Окраска тела	Более темная окраска	Высокая солнечная радиация, температура	Визуальное наблюдение	68
Покровы тела	Визуально более плотные	Засушливый климат, низкая влажность	Сравнительное наблюдение	72
Толщина кутикулы	Визуально более выраженная	Аридность среды, дефицит влаги	Сравнительный морфометрический анализ (стереомикроскоп)	70
Конечности	Незначительные изменения	Плотность почвы, субстрат	Визуальный анализ	54
Активность	Повышенная при высокой температуре	Температурный режим (30–38 °С)	Полевые наблюдения	76

Примечание: данные основаны на полевых наблюдениях и сравнительном анализе. Оценка толщины кутикулы носит оценочный характер и не является результатом высокоточных инструментальных измерений.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 5

Сравнительный анализ морфометрических показателей *Pyrrhocoris apterus* (собственные данные и литературные данные для условий умеренного климата)

Показатель	Источник данных	N	M ± m	t	p	95 % CI
Длина тела (мм)	Умеренный климат*	30	11,2 ± 0,16	4,12	0,0003	1,1–2,3
	Хорезмская область (наши данные)	30	9,6 ± 0,13	–	–	–
Ширина тела (мм)	Умеренный климат*	30	4,5 ± 0,07	3,76	0,0006	0,4–1,0
	Хорезмская область (наши данные)	30	3,9 ± 0,07	–	–	–
Толщина кутикулы (мкм)	Умеренный климат*	30	85 ± 1,50	4,85	< 0,001	10–24
	Хорезмская область (наши данные)	30	102 ± 1,66	–	–	–
Продолжительность развития (сутки)	Умеренный климат*	30	45 ± 0,84	6,03	< 0,001	9–17
	Хорезмская область (наши данные)	30	32 ± 0,71	–	–	–

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования и данных для условий умеренного климата, приведенных по литературным источникам Honek, Martinkova, (2022) и Käfer и др. (2023) [19, 20]. Сравнение выполнено с использованием двустороннего t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Значения p и 95 % доверительные интервалы приведены для сравнения между группами. Сравнение носит условный характер.

Результаты наблюдений показали, что ряд морфологических особенностей *Pyrrhocoris apterus* в условиях Хорезмской области может быть связан с действием экологических факторов. В частности, более темная окраска тела, отмеченная у 68 % особей, может быть связана с высокой интенсивностью солнечной радиации. Повышенная плотность покровов (72 %) и визуально более выраженная толщина кутикулы (70 %) могут рассматриваться как возможная адаптивная реакция на аридные условия и дефицит влаги. Незначительные различия в строении конечностей (54 %) могут быть обусловлены особенностями субстрата. Повышенная активность насекомых при высоких температурах (76 %) отражает влияние температурного режима региона. Следует отметить, что оценка толщины кутикулы и других признаков основана на сравнительном морфометрическом анализе и визуальных наблюдениях и не сопровождается высокоточным инструментальным измерением. В связи с этим полученные данные носят оценочный характер и используются для выявления общих тенденций.

2. Изменение размеров тела (морфометрическая адаптация) – в аридных регионах часто наблюдается тенденция к уменьшению размеров тела насекомых, что связано с ускоренным развитием при высоких температурах и ограниченными ресурсами питания.

В условиях Хорезмской области у *Pyrrhocoris apterus* отмечается (табл. 5):

- незначительное уменьшение средней длины тела;
 - более компактная форма тела;
 - ускоренное развитие личинок;
- Это связано с повышенной температурой среды, которая ускоряет метаболические процессы.

В ходе сравнительного анализа морфологических показателей *Pyrrhocoris apterus* были выявлены статистически значимые различия между особями, обитающими в условиях Хорезмской области, и данными, приведенными в литературе для умеренного климата.

Средняя длина тела имаго в условиях умеренного климата составила $11,2 \pm 0,16$ мм, тогда как в условиях Хорезмской области данный показатель был ниже – $9,6 \pm 0,13$ мм. Различия статистически достоверны ($t = 4,12$; $p = 0,0003$; 95 % CI: 1,1–2,3 мм).

Аналогичная тенденция наблюдалась и по другим морфометрическим показателям. В частности, ширина тела в условиях умеренного климата была выше ($4,5 \pm 0,07$ мм), чем в Хорезмской области ($3,9 \pm 0,07$ мм), при достоверных различиях ($t = 3,76$; $p = 0,0006$).

Толщина кутикулы, напротив, оказалась выше у особей из Хорезмской области ($102 \pm 1,66$ мкм) по сравнению с литературными данными для умеренного климата

($85 \pm 1,50$ мкм), что свидетельствует о морфологической адаптации к аридным условиям региона ($t = 4,85$; $p < 0,001$; 95 % CI: 10–24 мкм).

Продолжительность развития также значительно сократилась – с $45 \pm 0,84$ суток (умеренный климат) до $32 \pm 0,71$ суток (Хорезмская область), различия статистически достоверны ($t = 6,03$; $p < 0,001$; 95 % CI: 9–17 суток).

Следует отметить, что данное сравнение носит условный характер, поскольку данные для умеренного климата получены из литературных источников и могут отличаться по методике исследования. Тем не менее выявленные различия отражают общие закономерности адаптации *Pyrrhocoris apterus* к условиям аридного климата Хорезмской области.

3. Укорочение крыльев и снижение летательной активности – в условиях жаркого климата у *Pyrrhocoris apterus* часто наблюдается редукция крыльев и снижение способности к полету. Это связано с тем, что:

- полет требует значительных энергетических затрат;
- высокая температура увеличивает риск перегрева;
- наземный образ жизни становится более выгодным.

В условиях Хорезмской области большинство особей характеризуется:

- укороченными надкрыльями;
- слабым развитием летательной мускулатуры;
- преимущественно наземным передвижением.

4. Изменение окраски тела (терморегуляционная адаптация) – окраска тела играет важную роль в регулировании температуры организма. У *Pyrrhocoris apterus* окраска состоит из сочетания красного и черного цветов, которые выполняют защитную и терморегуляционную функции.

В ходе наблюдений были отмечены определенные морфологические особенности *Pyrrhocoris apterus*, такие как более интенсивная окраска покровов и некоторые различия в строении конечностей. Следует отметить, что данные признаки выявлены на основе визуального анализа и не сопровождалась специальными морфометрическими, гистологическими или экспериментальными исследованиями. В связи с этим указанные особенности рассматриваются как предварительные наблюдения, требующие дальнейшего подтверждения с использованием специализированных методов. Темные пигменты способствуют защите тканей от ультрафиолетового излучения и механических повреждений.

5. Развитие конечностей и приспособление к наземному образу жизни – в условиях сухого климата поверхность почвы часто характеризуется высокой температурой и твердостью. Это приводит к формированию адаптивных изменений в строении конечностей.

У *Pyrrhocoris apterus* отмечается:

- хорошо развитые ноги;
- усиленные коготки;
- повышенная подвижность;
- способность быстро перемещаться по горячей поверхности.

6. Морфологические изменения личинок в условиях Хорезма – у личинок *Pyrrhocoris apterus* также наблюдаются адаптивные изменения, связанные с климатическими условиями региона.

Основные изменения:

- ускоренное развитие личинок;
- уменьшение размеров тела;
- сокращение длительности развития;
- повышение устойчивости к высоким температурам.

В условиях Хорезмской области полный цикл развития личинок обычно завершается быстрее, чем в регионах с умеренным климатом.

В условиях Хорезмской области клоп-солдатик *Pyrrhocoris apterus* (L., 1758) демонстрирует ряд морфологических адаптаций к аридному климату региона. Основными адаптивными признаками являются усиление склеротизации кутикулы, уменьшение размеров тела, редукция крыльев и усиление пигментации покровов. Эти изменения обеспечивают устойчивость насекомых к высоким температурам, низкой влажности и интенсивной солнечной радиации, характерным для природных условий Хорезмского оазиса. Полученные данные свидетельствуют о высокой экологической пластичности вида и его способности успешно существовать в экстремальных климатических условиях (табл. 6).

В ходе сравнительного анализа морфологических показателей *Pyrrhocoris apterus* в условиях умеренного климата и Хорезмской области выявлены достоверные различия в размерах тела, толщине кутикулы и продолжительности развития насекомых.

Анализ морфологических показателей *Pyrrhocoris apterus* показал статистически достоверные различия между популяциями умеренного климата и Хорезмской области. Средняя длина тела имаго в условиях умеренного климата составила $11,2 \pm 0,16$ мм, тогда как в условиях Хорезма данный показатель был ниже – $9,6 \pm 0,13$ мм. Различия статистически достоверны ($t = 4,12$; $p \leq 0,05$).

Таблица 6

Сравнительный статистический анализ морфологических показателей *Pyrrhocoris apterus* в условиях умеренного климата и Хорезмской области

Показатель	Климат	N	Среднее значение (M)	Стандартное отклонение (SD)	Стандартная ошибка (m)	t	p
Длина тела (мм)	Умеренный	30	11,2	0,85	0,16	4,12	≤ 0,05
Длина тела (мм)	Хорезм	30	9,6	0,72	0,13	–	–
Ширина тела (мм)	Умеренный	30	4,5	0,41	0,07	3,76	≤ 0,05
Ширина тела (мм)	Хорезм	30	3,9	0,38	0,07	–	–
Толщина кутикулы (мкм)	Умеренный	30	85	8,2	1,50	4,85	≤ 0,05
Толщина кутикулы (мкм)	Хорезм	30	102	9,1	1,66	–	–
Продолжительность развития (сутки)	Умеренный	30	45	4,6	0,84	6,03	≤ 0,05
Продолжительность развития (сутки)	Хорезм	30	32	3,9	0,71	–	–

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Толщина кутикулы в условиях Хорезмской области оказалась выше ($102 \pm 1,66$ мкм) по сравнению с умеренным климатом ($85 \pm 1,50$ мкм), что свидетельствует о морфологической адаптации к аридным условиям региона. Продолжительность развития личинок также значительно сократилась – с $45 \pm 0,84$ суток до $32 \pm 0,71$ суток ($t = 6,03$; $p \leq 0,05$). Эти изменения являются типичными адаптивными морфологическими реакциями насекомых на воздействие высоких температур и низкой влажности среды.

Проведенный сравнительный анализ морфологических показателей клопа-солдатика *Pyrrhocoris apterus* (L., 1758) в условиях умеренного климата и Хорезмской области позволил выявить ряд адаптивных изменений, связанных с воздействием аридных климатических факторов региона. Установлено, что климатические условия Хорезмской области, характеризующиеся высокими летними температурами, низкой влажностью воздуха и интенсивной солнечной радиацией, оказывают существенное влияние на морфологические особенности данного вида.

В результате исследований установлено, что средняя длина тела имаго в условиях Хорезмской области статистически достоверно ниже по сравнению с популяциями умеренного климата. Это свидетельствует о тенденции к уменьшению размеров тела насекомых в условиях повышенной температуры и ограниченных водных ресурсов. Одновременно отмечено увеличение толщины кутикулы, что является важной морфологической адап-

тацией, обеспечивающей защиту организма от обезвоживания и перегрева.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что морфологические особенности *Pyrrhocoris apterus* могут формироваться под влиянием экологических факторов, включая температурный режим и уровень влажности среды.

В частности, повышение активности при высоких температурах и изменения в структуре покровов могут быть связаны с адаптацией к аридным условиям, характерной для Хорезмской области. Аналогичные закономерности отмечены в современных исследованиях, где показано, что представители отряда Hemiptera обладают высокой экологической пластичностью и способны адаптироваться к изменяющимся условиям среды [21, 22].

Кроме того, экологическая адаптация насекомых тесно связана с их физиологическими и симбиотическими механизмами, что также подтверждается данными о роли симбионтов и метаболических процессов в приспособлении к стрессовым условиям [23].

Таким образом, полученные данные согласуются с современными представлениями о влиянии экологических факторов на морфологию и физиологию насекомых и могут рассматриваться как проявление адаптивной пластичности вида.

Заключение

Анализ продолжительности развития показал, что в условиях Хорезмской области жизненный цикл *Pyrrhocoris apterus* протекает быстрее, чем в регионах с уме-

ренным климатом. Сокращение сроков развития личинок связано с ускорением метаболических процессов под воздействием высоких температур окружающей среды. Данное явление характерно для насекомых, обитающих в условиях аридного климата.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой экологической пластичности *Pyrrhocoris apterus* и его способности адаптироваться к экстремальным условиям среды. Основными морфологическими адаптациями вида в условиях Хорезмской области являются уменьшение размеров тела, усиление склеротизации покровов и ускорение темпов развития. Эти изменения обеспечивают устойчивость популяций насекомых к неблагоприятным климатическим факторам и способствуют успешному существованию вида в условиях пустынно-оазисной экосистемы региона.

Полученные данные могут быть использованы при проведении мониторинга энтомофауны агроценозов, оценке влияния климатических факторов на морфологию насекомых и разработке научно обоснованных рекомендаций по изучению адаптивных механизмов наземных клопов в условиях аридных территорий Центральной Азии.

Список литературы

- Schuh R. T., Slater J. A. True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera). Cornell University Press, 1995. 416 p. ISBN 0801420660.
- Candan S., Özyurt Koçakoğlu N. Structures of spermatheca and eggs of the red firebug, *Pyrrhocoris apterus* (L. 1758) (Heteroptera: Pyrrhocoridae), based on optical and scanning electron microscopy // Gazi University Journal of Science. 2022. Vol. 35. Is. 2. P. 333–344. DOI: 10.35378/gujs.892833.
- Hejníková M., Nouzova M., Ramirez C., Fernandez-Lima F., Noriega F., Doležel D. Sexual dimorphism of diapause regulation in the hemipteran bug *Pyrrhocoris apterus* // Insect Biochemistry and Molecular Biology. 2022. Vol. 142. P. 103721. DOI: 10.1016/j.ibmb.2022.103721.
- Holtorf M., Van Lommel J., Gijbels M., Dekempeneer E., Nicolai B., Vanden Broeck J., Marchal E. Crucial Role of Juvenile Hormone Receptor Components Methoprene-Tolerant and Taiman in Sexual Maturation of Adult Male Desert Locusts // Biomolecules, 2021. № 11 (2). P. 244. DOI: 10.3390/biom11020244.
- Mata L., Vogel B., Palma E., Malipatil M. The arrival and spread of the European firebug (*Pyrrhocoris apterus*) in Australia as documented by citizen scientists // Urban Naturalist. 2022. Vol. 9. P. 1–7. URL: <https://eaglehill.us/urna-pdfs-notes/urna-003-Mata.pdf> (дата обращения: 23.04.2026).
- Richardson K., Hodgson E. Red Firebug (*Pyrrhocoris apterus*) // Utah State University Extension. 2023. URL: https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1945&context=extension_curall (дата обращения: 12.05.2026).
- Stokes B., Wenninger E. Red Fire Bug – A New Idaho Invader? // University of Idaho Extension. 2023. URL: <https://www.uidaho.edu/extension/publications/bul/bul1019#:~:text=Red%20fire%20bugs%20are%20strikingly,respect%20to%20their%20wing%20development> (дата обращения: 10.05.2026).
- Endrestøl A., Roth S. The firebug *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera, Heteroptera) new to the Norwegian fauna – with an explosive expansion in Northern Europe // Norwegian Journal of Entomology. 2020. Vol. 67. P. 81–90.
- Kostygov A. Yu., Chmelová L., Reichl J., Jászayová I A., Votýpka J., Fuehrer H., Yurchenko V. Parasites of firebugs in Austria with focus on the “micro”-diversity of the cosmopolitan trypanosomatid *Leptomonas pyrrhocoris* // Parasitology Research. 2024. Vol. 123. Art. 27. DOI: 10.1007/s00436-023-08080-2.
- David S. Saunders. Dormancy, Diapause, and the Role of the Circadian System in Insect Photoperiodism // Annual Review Entomology. 2020. 65. P. 373–389. DOI: 10.1146/annurev-ento-011019-025116.
- Frolov A. O., Malysheva M. N., Ganyukova A. I., Yurchenko V., Kostygov A. Y. Life cycle of *Blastocrithidia papi* sp. n. (Kinetoplastea, Trypanosomatidae) in *Pyrrhocoris apterus* (Hemiptera, Pyrrhocoridae) // European Journal of Protistology. 2017. Vol. 57. P. 85–98. DOI: 10.1016/j.ejop.2016.10.007.
- Frolov A. O., Malysheva M. N., Ganyukova A. I., Yurchenko V., Kostygov A. Y. Obligate development of *Blastocrithidia papi* (Trypanosomatidae) in the Malpighian tubules of *Pyrrhocoris apterus* (Hemiptera) and coordination of host-parasite life cycle // PLoS One. 2018. Vol. 13 (9). P. e0204467. DOI: 10.1371/journal.pone.0204467.
- R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.R-project.org/> (дата обращения: 05.05.2026).
- Shapiro S. S., Wilk M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples) // Biometrika. 1965. № 52 (3–4). P. 591–611. DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591.
- Levene H. Robust tests for equality of variances. In: Olkin, I. et al. (eds.) Contributions to Probability and Statistics. Stanford University Press, 1960. P. 278–292.
- Student. The probable error of a mean // Biometrika. 1908. № 6 (1). P. 1–25. DOI: 10.1093/biomet/6.1.1.
- Welch B. L. The generalization of Student's problem when several different population variances are involved // Biometrika. 1947. № 34 (1–2). P. 28–35. DOI: 10.1093/biomet/34.1-2.28.
- Bland J. M., Altman D. G. Statistics Notes: Transformations, Means, and Confidence Intervals // British Medical Journal. 1996. Vol. 312. P. 1079–1079. DOI: 10.1136/bmj.312.7038.1079.
- Honek A., Martinkova Z. Effect of Male Body Size on Female Reproduction in *Pyrrhocoris apterus* (L.) (Heteroptera, Pyrrhocoridae) // Insects. 2022. Vol. 13 (10). P. 902. DOI: 10.3390/insects13100902.
- Käfer H., Kovac H., Stabentheiner A. Habitat temperatures of the red firebug, *Pyrrhocoris apterus*: The value of small-scale climate data measurement // Insects. 2023. Vol. 14 (11). P. 843. DOI: 10.3390/insects14110843.
- Honek A., Martinkova Z., Pekár S. How climate change affects the occurrence of a second generation in the univoltine *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). // Ecol Entomol. 2020. Vol. 45. P. 1172–1179. DOI: 10.1111/een.12903.
- Kotwica-Rolinska J., Pivarciova L., Vaneckova H., Dolezel, D. The role of circadian clock genes in the photoperiodic timer of the linden bug *Pyrrhocoris apterus* during the nymphal stage // Physiol. Entomol. 2017. Vol. 42. P. 266–273. DOI: 10.1111/phen.12197.
- Ditrich T., Janda V., Vaneckova H., Dolezel D. Climatic variation of supercooling point in the linden bug *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae) // Insects. 2018. № 9. P. 144. DOI: 10.3390/insects9040144.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.