
НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

№ 3 2026

*Журнал «Научное обозрение. Биологические науки»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57454
выдано 27.03.2014
ISSN 2500-3399*

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,670
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,351**

*Учредитель, издатель и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

*Почтовый адрес: 101000, г. Москва, а/я 47
Адрес учредителя, издателя: 410056, г. Саратов,
ул. им. Чапаева В.И., д. 56
Адрес редакции: 410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Founder, publisher and edition:
LLC SPC Academy of Natural History**

**Post address: 101000, Moscow, p.o. box 47
Founder's, publisher's address: 410056, Saratov,
56 Chapaev V.I. str.
Editorial address: 410035, Saratov,
5 Mamontovoi str.**

*Подписано в печать 30.06.2026
Дата выхода номера 30.07.2026
Формат 60×90 1/8*

*Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 30.06.2026
Release date 30.07.2026
Format 60×90 8.1**

**Typography
LLC SPC «Academy Of Natural History»
410035, Saratov, 5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Доронкина Е. Н.
Корректор Галенкина Е. С., Дудкина Н. А.*

*Распространяется по свободной цене
Тираж 1000 экз. Заказ НО 2026/3*

© ООО НИЦ «Академия Естествознания»

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П. П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P. P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М. М. Филиппов (M. M. Philipppov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: Н. Ю. Стукова
Editor in Chief: N. Yu. Stukova

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

<https://science-biology.ru>

2026 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного
и научно-практического характера***

***The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles***

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.б.н., проф. Абдуллаев Абдуманон (Душамбе), д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Айдосов Аллаярбек (Алматы), д.м.н., проф. Аксенова В. А. (Москва), д.м.н., проф. Аллахвердиев А. Р. (Баку), д.б.н., проф. Аллахвердиев С. Р. (Москва), д.м.н., проф. Ананьев В. Н. (Москва), д.т.н., проф. Артюхова С. И. (Пушино), д.м.н., доцент Барышева Е. С. (Оренбург), д.б.н., к.с.-х.н., доцент Белоус О. Г. (Сочи), д.б.н., проф. Белых О. А. (Иркутск), д.м.н., проф. Бриль Г. Е. (Саратов), д.б.н., проф. Буданцев А. Ю. (Пушино), д.б.н., проф. Бударков В. А. (Вольгинский), д.б.н., проф. Ворсанова С. Г. (Москва), д.м.н. Гансбургский А. Н. (Ярославль), д.б.н. Гемеджиева Н. Г. (Алматы), д.м.н., проф. Герасимова Л. И. (Чебоксары), д.б.н., доцент Годин В. Н. (Москва), д.б.н., проф. Гречитаева М. В. (Белгород), д.с.-х.н., к.б.н., проф. Дементьев М. С. (Ставрополь), д.м.н., доцент Евстропов В. М. (Ростов-на-Дону), д.м.н. Извин А. И. (Тюмень), д.б.н. Кавцевич Н. Н. (Мурманск), д.б.н., проф. Калаев В. Н. (Воронеж), д.м.н., к.т.н., проф. Кику П. Ф. (Владивосток), д.б.н., доцент Князева О. А. (Уфа), д.м.н. Косарева П. В. (Пермь), д.б.н. Ларионов М. В. (Балашов), д.б.н. Лебедева С. Н. (Улан-Удэ), д.б.н., д.м.н. Медведев И. Н. (Москва), д.б.н. Мосягин В. В. (Курск), д.б.н. Околенова А. А. (Волгоград), д.с.-х.н., проф. Партоев Курбонали (Душамбе), д.б.н. Петраш В. В. (Санкт-Петербург), д.т.н. Похиленко В. Д. (Оболensk), д.м.н., проф. Пучиньян Д. М. (Саратов), д.б.н. Романова Е. Б. (Нижний Новгород), д.м.н. Самигуллина А. Э. (Бишкек), д.б.н., проф. Сафонов М. А. (Оренбург), д.м.н., проф. Сентюрова Л. Г. (Астрахань), д.б.н. Симонович Е. И. (Ростов-на-Дону), д.б.н. Смирнов А. А. (Магадан), д.б.н., проф. Соловых Г. Н. (Оренбург), д.м.н., проф. Сомова Л. М. (Владивосток), д.б.н., проф. Тамбовцева Р. В. (Москва), д.б.н., доцент Хацаева Р. М. (Москва), д.м.н., доцент Хворостухина Н. Ф. (Саратов), д.б.н. Хованский И. Е. (Хабаровск), д.б.н. Шабдарбаева Г. С. (Алматы), д.б.н., проф. Шалпыков К. Т. (Бишкек), д.б.н., проф. Юров И. Ю. (Москва)

СОДЕРЖАНИЕ

Биологические науки

СТАТЬИ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КЛОПА-СОЛДАТИКА (<i>PYRRHOCORIS</i> <i>APTERUS</i> L.) В УСЛОВИЯХ ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Абдуллаева С. И., Ганджаева Л. А.</i>	5
ИЗУЧЕНИЕ ДОЛИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОСОБЕЙ ТЕРМИТОВ РОДА <i>ANACANTHOTERMES</i> ПО ОТНОШЕНИЮ К ДРУГИМ КАСТАМ В СОСТАВЕ КОЛОНИИ <i>Ганиева З. А., Рустамов К. Ж., Ахмедов В. Н., Хашимова М. Х., Тургунбаев О. С.</i>	14
ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ФИЛИНА (<i>BUBO BUBO</i>) В ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРАЛКУМА <i>Ёркулов Ж. М., Быкова Е. А., Есипов А. В., Умаров С. С., Ражабова Д. А.</i>	22
<i>JOVIBARBA GLOBIFERA</i> (L.) J. PARNELL НА ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПЕТРОЗАВОДСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА <i>Дьячкова Т. Ю., Платонова Е. А.</i>	31
РАЗНООБРАЗИЕ ВИДОВ СТРЕКОЗ (ODONATA, ANISOPTERA) ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Самандарова О. Д., Матякубов З. Ш.</i>	37
ВПЕРВЫЕ ВЫЯВЛЕННЫЙ <i>GOBIO LEPIDOLAEMUS</i> (KESSLER, 1872) ИЗ РЕКИ ЧОДАКСАЙ В ИХТИОФАУНЕ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ <i>Хамдамов А. Р.</i>	44
ПОДВИЖНЫЕ ФОРМЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ ПОЧВАХ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ <i>Холдаров Д. М., Каримова Д. Ф.</i>	50

CONTENTS

Biological sciences

ARTICLES

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

Abdullaeva S. I., Gandzhaeva L. A. 5

STUDY OF THE PROPORTION OF REPRODUCTIVE INDIVIDUALS
IN TERMITES OF THE GENUS *ANACANTHOTERMES*
IN RELATION TO OTHER CASTES WITHIN THE COLONY

Ganieva Z. A., Rustamov K. Zh., Akhmedov V. N., Khashimova M. Kh., Turgunbaev O. S. 14

DIET FEATURES OF THE EURASIAN EAGLE OWL (*BUBO BUBO*)
IN TRANSFORMED ARALQUM DESERT ECOSYSTEMS

Erkulov Zh. M., Bykova E. A., Esipov A. V., Umarov S. S., Razhabova D. A. 22

JOVIBARBA GLOBIFERA (L.) J. PARNELL IN THE NATURAL
ZONE OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE PETROZAVODSK
STATE UNIVERSITY

Dyachkova T. Y., Platonova E. A. 31

DIVERSITY OF DRAGONFLY SPECIES (ODONATA, ANISOPTERA)
IN THE TASHKENT REGION

Samandarova O. D., Matyakubov Z. Sh. 37

THE FIRST RECORDED *GOBIO LEPIDOLAEMUS* (KESSLER, 1872)
FROM THE CHODAKSAY RIVER IN THE ICHTHYOFUNA
OF THE FERGANA VALLEY

Khamdamov A. R. 44

MOBILE FORMS OF MICROELEMENTS AND HEAVY METALS
IN IRRIGATED MEADOW SAZ SOILS OF THE FERGHANA REGION
AND THEIR AGROECOLOGICAL SIGNIFICANCE

Kholdarov D. M., Karimova D. F. 50



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

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

¹Хорезмская академия Мамуна, Хива, Республика Узбекистан;

²Ташкентский 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-солдатык, 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

¹Khorezm Mamun Academy, Khiva, Republic of Uzbekistan;

²Kimyo 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-солдатык *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 *Pyrrhocoris 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 *Pyrrhocoris 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 *Pyrrhocoris apterus*. Holtof 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 *Pyrrhocoris 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 Wenninger (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 *Pyrrhocoris apterus* выявлены паразиты из группы трипаносоматид, включая вид *Leptomonas pyrrhocoris*, характеризующийся высокой микробиологической изменчивостью.

Таким образом, результаты современных исследований свидетельствуют о том, что *Pyrrhocoris 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 *Blastocrithidia* 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 *Pyrrhocoris 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, Кошкунерский и Янгиарыкский районы). Объектом исследования являлся клоп-солдатик *Pyrrhocoris 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 псевдорепликации. 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 °C, 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, характерным 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), 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.



ИЗУЧЕНИЕ ДОЛИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОСОБЕЙ ТЕРМИТОВ РОДА *ANACANTHOTERMES* ПО ОТНОШЕНИЮ К ДРУГИМ КАСТАМ В СОСТАВЕ КОЛОНИИ

Ганиева З. А. ORCID ID 0000-0001-5759-1137,
Рустамов К. Ж. ORCID ID 0009-0003-5417-0152,
Ахмедов В. Н. ORCID ID 0009-0001-4570-0081,
Хашимова М. Х. ORCID ID 0000-0003-2712-1024,
Тургунбаев О. С. ORCID ID 0000-0002-0880-149X

Республиканский научно-производственный центр борьбы с термитами
при Институте зоологии Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: m_khashimova@mail.ru

В работе рассматриваются сезонные изменения структуры колоний термита *Anacanthotermes turkestanicus* в условиях климата Узбекистана. Актуальность исследования обусловлена необходимостью понимания адаптационных механизмов социальных насекомых к изменяющимся сезонным условиям. Целью исследования является анализ численности и соотношения каст в колониях в разные периоды года. Материалом послужили данные полевых исследований девяти естественных термитников, проведенных весной (март), летом (июль) и осенью (сентябрь). Использовались методы количественного учета особей с определением процентного соотношения каст, включая репродуктивных особей, рабочих, нимф и личинок. Результаты показали значительную сезонную вариабельность структуры колоний. Весной наблюдается пик репродуктивной активности, высокая доля репродуктивных особей, а также значительное количество рабочих и нимф. Летом максимального значения достигает доля личинок – 46,5 %, при этом снижается численность рабочих и нимф, а крылатые формы отсутствуют. Осенью увеличивается доля нимф и крылатых особей, снижается количество личинок, структура колонии стабилизируется. Таким образом, установлено, что сезонные изменения температуры и условий среды оказывают существенное влияние на кастовую структуру колоний, отражая адаптационные стратегии вида к климатическим условиям региона.

Ключевые слова: термиты, *Anacanthotermes turkestanicus*, репродуктивные особи, рабочие термиты, крылатые особи, нимфы, структура колонии, сезонные изменения, условия среды, кастовая структура колоний

Благодарности: Выражаем искреннюю благодарность руководству Академии наук Республики Узбекистан, Институту зоологии Академии наук Республики Узбекистан, а также руководству нефтеперерабатывающего завода за предоставленное разрешение на проведение полевых исследований и создание благоприятных условий для выполнения данной научно-исследовательской работы.

STUDY OF THE PROPORTION OF REPRODUCTIVE INDIVIDUALS IN TERMITES OF THE GENUS *ANACANTHOTERMES* IN RELATION TO OTHER CASTES WITHIN THE COLONY

Ganieva Z. A. ORCID ID 0000-0001-5759-1137,
Rustamov K. Zh. ORCID ID 0009-0003-5417-0152,
Akhmedov V. N. ORCID ID 0009-0001-4570-0081,
Khashimova M. Kh. ORCID ID 0000-0003-2712-1024,
Turgunbaev O. S. ORCID ID 0000-0002-0880-149X

Republican Scientific and Production Center for Termite Control at of the Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: m_khashimova@mail.ru

The paper examines seasonal changes in the colony structure of the termite *Anacanthotermes turkestanicus* under the climatic conditions of Uzbekistan. The relevance of the study is determined by the need to understand adaptive mechanisms of social insects to seasonal environmental changes. The aim of the study is to analyze the abundance and caste ratio in termite colonies during different seasons. The material is based on field studies of nine natural termite mounds conducted in spring (March), summer (July), and autumn (August). Quantitative methods were used to assess the number of individuals and the percentage distribution of castes, including reproductive individuals, workers, nymphs, and larvae. The results revealed significant seasonal variation in colony structure. In spring, reproductive activity reaches its peak, with the highest proportion of reproductive individuals and many workers and nymphs. In summer, the proportion of larvae reaches its maximum (up to 46.5 %), while the number of workers and nymphs decreases and winged forms are absent. In autumn, the proportion of nymphs and winged individuals increases, the number of larvae decreases, and the colony structure becomes more stable. In conclusion, seasonal temperature fluctuations and environmental conditions significantly influence the caste structure of colonies, reflecting the adaptive strategies of this species to the regional climate.

Keywords: Termites, *Anacanthotermes turkestanicus*, reproductive individuals, worker termites, nymphs, winged individuals, colony structure, seasonal changes, environmental conditions, colony caste structure

Acknowledgements: We express our sincere gratitude to the leadership of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, as well as the management of the oil refinery for the permission granted to conduct field research and for creating favorable conditions for the execution of this scientific research work.

Введение

В регионах Центральной Азии термиты преимущественно распространены в степных и полупустынных зонах, а также в предгорьях. В Узбекистане особое значение имеют виды *Anacanthotermes turkestanicus* Jacobs, 1904 и *Anacanthotermes ahngerianus* Jacobs, которые широко распространены на территории страны [1, с. 9; 2, с. 30; 3, с. 15].

Согласно ранним и современным научным исследованиям термитов, кастовый состав семейства закаспийского термита отличается разнообразием. Помимо репродуктивных особей (царь, королева, половозрелые крылатые самки и самцы, а также неотенические самки), в колонии представлены рабочие особи, солдаты, нимфы и личинки. По имеющимся данным, численность одной колонии может достигать 9–18 тыс. особей, при этом основную ее часть (около 90 %) составляют рабочие. Однако количественное соотношение каст подвержено сезонным изменениям. В отношении фенологии и сезонной динамики состава колоний закаспийского и туркестанского термитов среди специалистов существуют различные точки зрения [1, с. 10; 3, с. 85; 4, с. 748].

Согласно данным А. Н. Лупповой [5, с. 15], в условиях Туркменистана в зимние и весенние месяцы в колониях туркестанского термита, помимо репродуктивных особей, отмечено присутствие рабочих, солдат, нимф и личинок второго возраста. Полученные в Узбекистане данные по данному виду в целом сходны, однако, в отличие от них, не была обнаружена королева, а также установлено наличие яиц и личинок в гнезде в зимний период. В результате трехмесячного (июль – сентябрь) изучения колоний термитов в жилых домах, поврежденных термитами, было установлено следующее соотношение каст: рабочие – 65,1 %, солдаты – 10,4 %, крылатые особи – 1,3 %, крупные личинки с признаками солдат – 23,2 %.

Приведенные данные, а также результаты исследований других авторов показывают, что сведения о фенологии развития и количественном соотношении каст у этих двух видов, распространенных в нашем регионе, во многих случаях остаются противоречивыми [5, с. 14; 6, с. 472].

В различных регионах Узбекистана распространены два вида термитов рода *Anacanthotermes* – туркестанский (*A. turkestanicus* Jacobs) и закаспийский (*A. ahngerianus* Jacobs). Научные исследования, проведенные за последние 30 лет и посвященные изучению их биологии и экологии, в основном были сосредоточены на рабочих кастах [6, с. 470]. Это связано с тем, что именно рабочие особи играют ключевую роль во

вредоносной деятельности этих насекомых: они строят гнезда, заготавливают пищу, ухаживают за яйцами и личинками, а также кормят личинок, солдат и других особей, не способных самостоятельно питаться на ранних стадиях развития [7, с. 25; 8, с. 219; 9, с. 596].

Вместе с тем развитию биологии и постэмбриональному развитию репродуктивных каст, которые обеспечивают жизнедеятельность и воспроизводство колонии [10, с. 73; 11, с. 7; 12, с. 2528], а также восстановление ее численности в экстремальных условиях, уделялось недостаточно внимания. Учитывая, что исследования репродуктивных каст имеют не только фундаментальное, но и важное практическое значение для разработки эффективных мер борьбы с термитами, **целью настоящего исследования** является описание сезонной динамики относительной численности различных каст в исследованных термитниках. Основное внимание уделено анализу доли репродуктивных особей термитов рода *Anacanthotermes* по отношению к другим кастам в составе колонии, а также определению периодов наибольшей выраженности ее репродуктивной активности.

Материалы и методы исследования

В 2025 г. исследование сезонных изменений соотношения каст в колониях термита *A. turkestanicus* проводилось в полевых условиях весной (март), летом (июль) и осенью (сентябрь). Объектами изучения служили естественные местообитания термитов на открытых участках территории, расположенной в Караулбазарском районе Бухарской области на территории, прилегающей к Бухарскому нефтеперерабатывающему заводу).

В условиях Бухарской области среднесуточная температура воздуха в исследуемые сезоны составляла: в марте – 11–12 °С, в июле – 31–32 °С, в сентябре – 23–24 °С. Повышение температуры в летний период и ее постепенное снижение осенью оказывали существенное влияние на сезонную динамику кастового состава и репродуктивную активность термитов *A. turkestanicus*. Мы в основном работали на естественных средах обитания термитов в разные сезоны года. Для условий Бухарской области температуры почвы в гнездах термитов *A. turkestanicus* в разные сезоны изменяются следующим образом (примерные средние значения, основанные на сезонной температуре воздуха и глубине термитника): температурный режим почвы в гнездах термитов *A. turkestanicus* существенно изменялся в зависимости от сезона года и глубины расположения ходов. Наиболее высокие

температуры почвы наблюдались в июле, особенно в верхних слоях гнезда (5–10 см), где температура достигала 30–33 °С. В сентябре отмечалось постепенное снижение температуры до 24–26 °С в поверхностных слоях, тогда как в марте температура почвы составляла в среднем 13–15 °С. С увеличением глубины наблюдалось уменьшение сезонных температурных колебаний, что обеспечивало относительную стабильность микроклимата внутри термитника.

В ходе работы вскрывались 9 термитников различного размера по общепринятой методике исследования термитов на полевых условиях [13, с. 9; 14, с. 240; 15, с. 1209].

Для отбора термитников выбирались активные гнезда, характеризующиеся наличием свежих кормовых ходов, живых особей различных каст и признаков функционирующей колонии. В исследование включались термитники различного размера и степени развития, что позволяло оценить особенности кастового состава в колониях с разной численностью. Координаты каждого исследованного термитника фиксировались с использованием GPS-навигатора. Расстояние между соседними термитниками составляло в среднем от 20 до 100 м, что снижало вероятность отбора фрагментов одной и той же колонии и обеспечивало независимость исследуемых выборок.

Вскрытие термитников проводили вручную с последовательным удалением верхних слоев почвы и разрушением основных камер гнезда. Отбор материала осуществлялся из различных частей термитника и кормовых ходов. Глубина вскрытия составляла от 0,5 до 1,5 м в зависимости от размеров и расположения подземной части гнезда.

Собранные особи распределялись по кастам (личинки, рабочие, нимфы различных возрастов, солдаты, крылатые и замещающие репродуктивные формы), после чего проводился количественный анализ структуры колонии, особое внимание уделялось центральному камерам, где концентрировались репродуктивные особи, нимфы и основные группы рабочих термитов, а также личинок и молодых возрастных стадий термитов.

Результаты исследования и их обсуждение

Термиты рода *Anacanthotermes*, как и все представители отряда Blattodea, живут колониями, численность которых бывает очень большой. Экологическая пластичность, способность адаптации к разным условиям в значительной степени определяет распределение колоний термитов на несколько морфотипов. Как известно, виды рассматриваемого рода также делятся на половых и бесполов особей. Половые представлены

самками и самцами, причем те и другие имеют две морфы – крылатые и бескрылые. Бесполое представители – солдаты и рабочие. В составе колонии термитов рода *Anacanthotermes* выделяются следующие кастовые категории:

Личинки – разновозрастные особи без зачатков крыльев и выраженной кастовой дифференциации; покровы слабо склеротизированы, светлой (белой) окраски.

Нимфы – особи с зачатками крыльев; характеризуются постепенным развитием крылевых зачатков и более выраженной склеротизацией покровов по сравнению с личинками.

Рабочие – бескрылые, морфологически недифференцированные (в сравнении с репродуктивными особями); имеют мягкие, слабо пигментированные покровы, редуцированные глаза или их отсутствие; выполняют функции питания, строительства и ухода за потомством.

Солдаты – специализированные бескрылые особи с сильно развитой головной капсулой и мощными мандибулами; характеризуются высокой степенью склеротизации головы; основная функция – защита колонии.

Крылатые (имаго) – половозрелые самцы и самки с двумя парами одинаково развитых длинных крыльев; тело более склеротизировано, хорошо развиты глаза; обеспечивают расселение и образование новых колоний.

Неотенические (вторичные) репродуктивные особи – половозрелые формы, развивающиеся внутри гнезда без стадии крылатого расселения; обычно бескрылые или с редуцированными крыльями, с умеренной склеротизацией покровов.

Замещающие репродуктивные особи – особи, формирующиеся из нимф или рабочих при утрате первичных репродуктивных форм; морфологически сходны с неотениками, характеризуются развитием половой системы при отсутствии крыльев.

Такое кастовое разделение обеспечивает функциональную организацию и устойчивость колонии. В 2025 г. изучение сезонных изменений соотношения каст в колониях термита *A. turkestanicus* проводилось в полевых условиях весной (март), летом (июль) и осенью (сентябрь). Исследования осуществлялись на открытых участках естественного распространения термитов в Караулбазарском районе Бухарской области (на территории, прилегающей к нефтеперерабатывающему заводу). В ходе работы определялись численность и относительное соотношение всех каст в колонии, при этом особое внимание уделялось репродуктивным особям, а также личинкам и молодым возрастным стадиям (рис. 1).

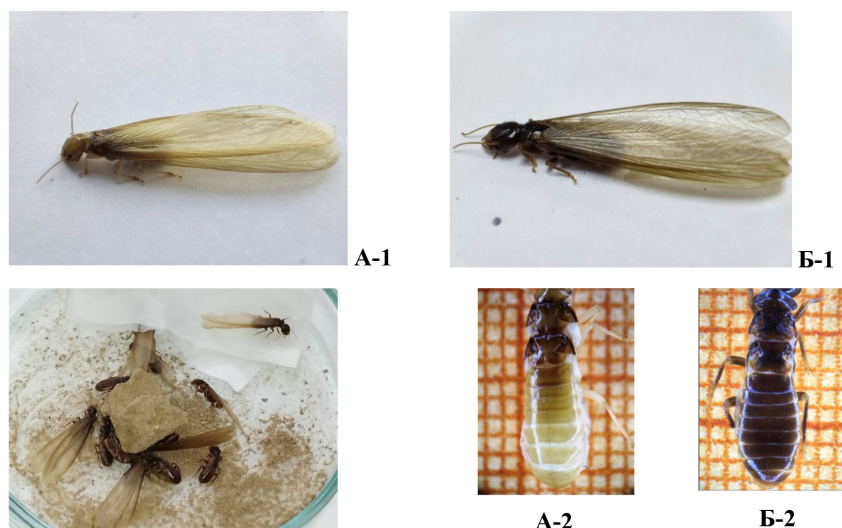


Рис. 1. Взрослые крылатые особи *A. ahngerianus* Jacobs (А-1) и *A. turkestanicus* Jacobs (Б-1); после сброса крыльев *A. ahngerianus* Jacobs (А-2) и *A. turkestanicus* Jacobs (Б-2)
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

В 2025 г. изучение сезонных изменений соотношения каст в колониях термита *A. turkestanicus* проводилось в полевых условиях весной (март), летом (июль) и осенью (сентябрь). Исследования осуществлялись на открытых участках естественного распространения термитов в Караулбазарском районе Бухарской области (на территории, прилегающей к нефтеперерабатывающему заводу). В ходе работы определялись численность и относительное соотношение всех каст в колонии, при этом особое внимание уделялось репродуктивным особям, а также личинкам и молодым возрастным стадиям.

Анализ показал, что численность и соотношение каст в колонии существенно варьируют в зависимости от сезона, температуры и стадии биологического развития сообщества. Повышение температуры в летний период и ее постепенное снижение осенью оказывали существенное влияние на сезонную динамику кастового состава и репродуктивную активность термитов *A. turkestanicus*.

Весна (март). Согласно данным табл. 1, в весенний период (март) структура колонии термита *A. turkestanicus* характеризовалась выраженным преобладанием нимф и репродуктивных форм, что свидетельствует об активизации репродуктивных процессов в колонии. Наибольшую долю в составе колонии составляли рабочие среднего возраста, средняя численность которых достигала в среднем $2526,0 \pm 343,6$ особей, или $47,13 \pm 2,27$ % от общей численности колонии. Средняя численность крылатых особей составила $1113,7 \pm 83,7$ особей, $21,03 \pm$

$0,61$ %, что свидетельствует о подготовке колонии к размножению и расширению ареала обитания, а количество солдат достигало $57,3 \pm 33,9$ особей. Высокая численность репродуктивных особей свидетельствует о подготовке колонии к сезонному роению и формированию будущих новых семей.

Численность младших рабочих термитов была сравнительно ниже и составляла $338,0 \pm 14,5$ особей ($6,47 \pm 0,58$ %). Количество личинок также оставалось относительно небольшим – $136,0 \pm 11,8$ особей, или $2,57 \pm 0,13$ %, что может быть связано с переходом части развивающихся особей в нимфальные стадии. Появление значительного количества крылатых особей в марте указывает на начало репродуктивной активности и подготовку колонии к брачному лету. Одновременно наличие замещающих репродуктивных форм свидетельствует о сохранении высокого репродуктивного потенциала колонии и способности поддерживать размножение даже при утрате основных репродуктивных особей.

Таким образом, весенний период у *A. turkestanicus* характеризуется активным развитием нимфальных стадий, увеличением численности репродуктивных форм и подготовкой колонии к сезонному размножению.

Наиболее примечательно то, что репродуктивный потенциал колонии в весенний период достигает максимального уровня.

Лето (июль). Как видно из табл. 2, данный период можно охарактеризовать как этап массового размножения личинок. В летние месяцы, особенно в июле, состав каст в термитниках резко меняется.

Таблица 1

Результаты анализа соотношения каст в колонии термита *A. turkestanicus* (март 2025 г.)

Гнездо	Количество разных каст термитов в гнезде								Всего
	Личинки	Рабочие			Нимфы	Солдаты	Крылатые	Замещающие	
		Маленький возраст	Средний возраст	Старший возраст					
Соотношения каст колонии в количестве									
Среднее ± SE	136,0 ± 11,8	338,0 ± 14,5	2526,0 ± 343,6	1057,0 ± 54,9	75,7 ± 4,7	57,3 ± 5,5	1113,7 ± 83,7	4,7 ± 0,3	5307,0 ± 498,1
(CI)	85,0 ± 187,0	275,5 ± 400,5	1047,4-4004,6	820,8-1293,2	55,6-95,7	33,9-80,8	753,3-1474,0	3,2-6,1	3163,8-7450,2
Соотношения каст в колонии в %									
Среднее ± SD	2,57 ± 0,23	6,47 ± 1,01	47,13 ± 3,94	20,12 ± 2,02	1,42 ± 0,10	1,13 ± 0,12	21,03 ± 1,05	0,10 ± 0,00	100 ± 0
Среднее ± SE	2,57 ± 0,13	6,47 ± 0,58	47,13 ± 2,27	20,12 ± 1,17	1,42 ± 0,06	1,13 ± 0,07	21,03 ± 0,61	0,10 ± 0,00	100 ± 0

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

Таблица 2

Результаты анализа соотношения каст в колонии термита *A. turkestanicus* (июль 2025 г.)

Гнездо	Количество разных каст термитов в гнезде								Всего
	Личинки	Рабочие			Нимфы	Солдаты	Крылатые	Замещающие	
		Маленький возраст	Средний возраст	Старший возраст					
Соотношения каст колонии в количестве									
Среднее ± SD	2573,0 ± 301,4	1657,3 ± 159,5	623,0 ± 38,7	610,0 ± 63,4	24,3 ± 4,5	43,3 ± 3,1	0 ± 0	5,7 ± 0,6	5536,7 ± 567,4
Среднее ± SE	2573,0 ± 174,0	1657,3 ± 92,1	623,0 ± 22,3	610,0 ± 36,6	24,3 ± 2,6	43,3 ± 1,8	0 ± 0	5,7 ± 0,3	5536,7 ± 327,6
Соотношения каст в колонии в %									
Среднее ± SD	46,42 ± 0,71	29,93 ± 0,38	11,27 ± 0,50	11,01 ± 0,02	0,43 ± 0,06	0,77 ± 0,06	0 ± 0	0,1 ± 0	100 ± 0
Среднее ± SE	46,42 ± 0,41	29,93 ± 0,22	11,27 ± 0,29	11,01 ± 0,01	0,43 ± 0,03	0,77 ± 0,03	0 ± 0	0,10 ± 0	100 ± 0

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

Таблица 3
Результаты анализа соотношения каст в колонии термита *A. turkestanicus*
(сентябрь 2025 г.)

Гнездо	Количество разных каст термитов в гнезде								Всего
	Личинки	Рабочие			Нимфы	Солдаты	Крылатые	Замещающие	
		Маленький возраст	Средний возраст	Старший возраст					
Соотношения каст колонии в количестве									
Среднее ± SD	872,0 ± 60,6	1050,0 ± 77,8	1531,0 ± 111,5	1666,0 ± 124,1	33,0 ± 5,0	32,7 ± 2,5	281,7 ± 24,1	4,7 ± 0,6	5468,3 ± 405,6
Среднее ± SE	872,0 ± 35,0	1050,0 ± 44,9	1531,0 ± 64,4	1666,0 ± 71,7	33,0 ± 2,9	32,7 ± 1,5	281,7 ± 13,9	4,7 ± 0,3	5468,3 ± 234,2
Соотношения каст в колонии в %									
Среднее ± SD	15,97 ± 0,06	19,20 ± 0,00	28,0 ± 0,1	30,47 ± 0,06	0,57 ± 0,06	0,6 ± 0	5,1 ± 0,1	0,09 ± 0,01	100 ± 0
Среднее ± SE	15,97 ± 0,03	19,20 ± 0,00	28,0 ± 0,06	30,47 ± 0,03	0,57 ± 0,03	0,6 ± 0	5,1 ± 0,06	0,09 ± 0,006	100 ± 0

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

Средняя численность личинок составила $2573,0 \pm 301,4$ особей, что соответствовало $46,42 \pm 0,71$ % от общей численности колонии. Рабочие термиты младшего возраста тоже занимали второе место по численности – $1657,3 \pm 159,5$ особей, или $29,93 \pm 0,38$ %, что свидетельствует об активном обновлении и поддержании численности колонии за счет формирования новых поколений. Количество рабочих среднего возраста в среднем составляло $623,0 \pm 38,7$ особей, что соответствовало $11,27 \pm 0,50$ % общей численности колонии. Численность солдат была близка к количеству нимф и составила $610,0 \pm 63,4$ особей, или $11,01 \pm 0,02$ %. Нимфы встречались в значительно меньшем количестве – в среднем $24,3 \pm 4,5$ особей, что составило лишь $0,43 \pm 0,06$ %. Солдаты встречались – в среднем $43,3 \pm 3,1$ особей, что составило лишь $0,77 \pm 0,06$ %. Крылатые особи в июле не обнаружены.

Количество замещающих особей было минимальным и составляло в среднем $5,7 \pm 0,6$ особей, что соответствовало приблизительно 0,1 % общей численности колонии. Общая численность одной колонии термитов в среднем составила $5536,7 \pm 567,4$ особей.

Таким образом, структура колонии *A. turkestanicus* характеризуется преобладанием личинок и рабочих особей, которые вместе составляют более 75 % всей популяции колонии, тогда как репродуктивные и крылатые формы представлены в незначительном количестве. Доля солдат оставалась относительно на постоянном уровне – 0,03–0,06 %. Крылатые особи в июле полностью отсутствовали (0 %), что свидетельствует о том, что взрослые крылатые особи к этому времени полностью покидают колонию, а новые половозрелые крылатые особи еще не образуются. В целом доля репродуктивных особей составила около 0,1 %, что в 200 раз меньше, чем весной. Это указывает на то, что летом основная энергия колонии направлена не на размножение, а на поддержание существующей численности и поиск пищи.

Осень (сентябрь). Анализ данных табл. 3 показывает, что этот период можно рассматривать как этап реконструкции и восстановления баланса в колонии.

Наибольшую долю в составе колонии составляли рабочие особи среднего и старшего возраста, численность которых варьировала от $1531,0 \pm 111,5$ до $1666,0 \pm 124,1$ особей, от $28,0 \pm 0,1$ до $30,47 \pm 0,06$ % от общей численности колонии. Значительное количество данных каст свидетельствует о высокой функциональной активности колонии и сохранении потенциала ее дальнейшего развития и обновления. Преобладание рабочих особей в осенний период указы-

вает на интенсивное обеспечение колонии пищевыми ресурсами, проведение строительных работ и формирование кормовых запасов перед зимовкой. Стабильная численность рабочих термитов играет важную роль в поддержании жизнедеятельности, микроклимата и нормального функционирования колонии в осенний сезон. Доля солдат по-прежнему оставалась низкой – $0,6 \pm 0$ %, что соответствует их функциональной роли в колонии. Количество личинок было относительно ниже и составляло около $15,97 \pm 0,06$. Снижение доли личинок по сравнению с весенним периодом может быть связано с переходом части молодых особей в нимфальные стадии развития. Репродуктивные формы были представлены в небольшом количестве. Средняя доля крылатых особей составляла около 5,1 % от общего числа колонии, а замещающих репродуктивных форм – 0,09 %. Низкая численность репродуктивных каст термитов осенью указывает на завершение основного периода роения и снижение репродуктивной активности колонии после летнего сезона размножения.

Таким образом, осенняя структура колонии *A. turkestanicus* характеризуется доминированием защитных и развивающихся каст, снижением репродуктивной активности и подготовкой колонии к зимнему периоду.

При этом предыдущие исследования показали, что даже в малых количествах эта каста может оставаться в гнезде на зимовку.

Кроме того, в ходе исследований в сентябре на этих стационарных участках в первом термитнике была обнаружена одна нимфа с ярко выраженными зачатками крыльев (рис. 2).



Рис. 2. Нимфа с зачатками крыльев
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Заключение

Таким образом, на основании данных, представленных в табл. 1–3, можно сделать следующие выводы о сезонных изменениях структуры колоний термитов *A. turkestanicus*: результаты проведенных исследований показали, что структура колонии термита *A. turkestanicus* подвержена выраженным сезонным изменениям, связанным с особенностями жизненного цикла вида и экологическими условиями среды.

Весной колонии характеризуются высокой репродуктивной активностью и интенсивным развитием нимфальных стадий, летом основные ресурсы направлены на рост численности рабочих и личиночных форм, тогда как осенью наблюдается стабилизация кастового состава и подготовка колонии к зимовке. Установлено, что формирование крылатых репродуктивных особей определяется преимущественно сезонными факторами и температурными условиями, а не размерами термитника. Полученные данные свидетельствуют о высокой адаптивности *A. turkestanicus* к сезонным изменениям окружающей среды и отражают особенности организации и функционирования их социальных колоний.

В ходе исследований замещающие королевы (репродуктивная вспомогательная каста) встречались крайне редко. Их число в каждом термитнике колебалось от 4 до 5 особей.

Согласно литературным данным последних 30 лет, у термитов рода *Anacanthotermes turkestanicus* Jacobs, 1904 и *Anacanthotermes ahngerianus* Jacobs, которые широко распространены на территории страны не встречаются крупные основательницы колоний (главные королевы) значительных размеров и веса. В проведенных исследованиях также ни в одном из изученных термитников не была выявлена основная королева. Размер термитников варьировал в зависимости от возраста колонии, но мы отбирали термитники максимально одинакового размера и количественного состава – от $5307,0 \pm 498,1$ до $5536,7 \pm 567,4$ особей.

Список литературы

1. Абдуллаев И. И. Популяционная экология термитов и их значение в естественных и урбанизированных экосистемах: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2016. 72 с. URL: <https://inlibrary.uz/index.php/autoabstract/article/view/48974> (дата обращения: 13.05.2026).
2. Лебедева Н. И., Жугинисов Т. И., Мирзаева Г. С., Каниязов С. Ж. Насекомые-ксилофаги Узбекистана // Вестник Каракалпакского отделения АН РУз. 2018. № 4 (253). С. 27–32. URL: <http://aknuk.uz/v/2018-4.html> (дата обращения: 13.05.2026).

3. Азимов Д. А., Холматов Б. Р., Абдуллаев И. И., Мирзаева Г. С., Рустамов К. Ж. Экология термитов рода *Anacanthotermes*: монография. Ташкент: Фан, 2019. 255 с. ISBN 978-9943-19-493-9.

4. Ganieva Z., Khashimova M., Rustamov K. and Akhmedov V. The use of attractants in the application of food-baits against termites // Acta Biologica Sibirica. 2023. Vol 9. P. 747–754. DOI: 10.5281/zenodo.10121028.

5. Луппова А. Н. Вхождение видов термитов СССР в систему термитов мира // Изучение термитов и разработка противотермитных мероприятий. Ашхабад, 1973. С. 13–24.

6. Khamraev A., Lebedeva N., Zuginisov T., Abdullaev I., Rakhmatullaev A., Raina A. K. Food preferences of the Turkistan termite *Anacanthotermes turkestanicus* (Isoptera: Hodotermitidae) // Sociobiology. 2007. T. 50. № 2. С. 469–478. URL: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=209367> (дата обращения: 13.05.2026).

7. Брайен М. Общественные насекомые, экология и поведение / Под ред. Г. М. Длусского. М.: Мир, 1986. 400 с.

8. Jouquet P., Traoré S., Choosai C., Hartmann C., Bignell D. E. Influence of termites on ecosystem functioning: ecosystem services provided by termites // European Journal of Soil Biology. 2011. Vol. 47. Is. 4. P. 215–222. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556311000422> (дата обращения: 13.05.2026).

9. Abdellatif M. A., Abdellah A. G. M., Abdalla I. H., Safi A. I. A., Eltayeb R. E. Entomofauna associated with tree plantations in Gezira State, Sudan // European Journal of Applied Sciences. 2026. Vol. 14. Is. 1. P. 592–610. DOI: 10.14738/aivp.1401.19794.

10. Erjigitova K. K., Zhuginisov T. I., Duysengaliyev E. S. Biological basis for integrated control of termites of the genus *Anacanthotermes* // Central Asian Journal of Academic Research. 2024. Vol. 2. Is. 6. Part 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biological-basis-for-integrated-control-of-termites-of-the-genus-isoptera-anacanthotermes> (дата обращения: 14.05.2026).

11. Korb J., Greiner C., Foget M., Geiler A. How can termites achieve their unparalleled postembryonic developmental plasticity? A Test for the Role of Intermolt-Specific High Juvenile Hormone Titers // Frontiers in Ecology and Evolution. 2021. Vol. 9. P. 619594. DOI: 10.3389/fevo.2021.619594.

12. Xu L.-J., Ji B.-Z., Liu S.-W., Ding F., Wang Y.-Z. Termite caste and postembryonic development // Chinese Journal of Ecology. 2016. Vol. 35. Is. 9. P. 2527–2536. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201609.026.

13. Revelly L., Sumner S., Eggleton P. The plasticity and developmental potential of termites // Frontiers in Ecology and Evolution. 2021. Vol. 9. P. 1–13. DOI: 10.3389/fevo.2021.552624.

14. Yuan D.-W., Li S. Mechanisms of social evolution from cockroaches to termites // Hereditas (Beijing). 2026. Vol. 48. Is. 3. P. 239–243. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41846286> (дата обращения: 23.04.2026).

15. Abdullaev L., Gandjaeva Z., Matyakubov M., Doschanova B., et al. Survival of *A. ahngerianus* (Isoptera: Hodotermitidae) Under the Influence of External Factors (Relative Humidity and Temperature) and Use of Different Water Sources // WSEAS Transactions on Environment and Development. 2022. Vol. 18. P. 1208–1215. DOI:10.37394/232015.2022.18.113.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Данная научно-исследовательская работа выполнена в рамках научно-исследовательской программы Республиканского научно-производственного центра по борьбе с термитами при Академии наук Республики Узбекистан – Программа исследований в области биоэкологии термитов на 2024–2028 годы «Изучение биоэкологических характеристик термитов рода *Anacanthotermes* и разработка новых мер и инструментов для борьбы с их вредной деятельностью», финансируемой за счет средств государственного бюджета.

Financing: This research work was carried out within the framework of the scientific research program of the Republican Scientific and Production Center for Termite Control under the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan – the 2024–2028 research program on termite bioecology entitled “Study of the bioecological characteristics of termites of the genus *Anacanthotermes* and the development of new measures and tools to combat their harmful activity”, funded by the state budget.



ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ФИЛИНА (*BUBO BUBO*) В ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРАЛКУМА

¹Ёркулов Ж. М. ORCID ID 0000-0003-2007-4886,

¹Быкова Е. А. ORCID ID 0000-0001-6047-4652,

¹Есипов А. В. ORCID ID 0000-0001-8239-539X,

^{1,2}Умаров С. С. ORCID ID 0000-0002-4933-6897, ^{1,3}Ражабова Д. А.

¹Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент,
Республика Узбекистан, e-mail: javlon.yorkulov@mail.ru;

²Кокандский государственный университет, Коканд, Республика Узбекистан;

³Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, Республика Узбекистан

На основе анализа погадок филина (*Bubo bubo*), собранных в пяти пунктах на территории пустыни Аралкум, охарактеризован трофический спектр вида в условиях аридных ландшафтов Приаралья. В общей сложности идентифицировано 382 объекта добычи. В структуре рациона доминировали млекопитающие (80,37 %), тогда как беспозвоночные составляли 14,66 %. Птицы (3,40 %) и рептилии (1,57 %) отмечены эпизодически. Среди млекопитающих наибольший вклад в рацион вносили пустынные грызуны, прежде всего представители рода *Meriones*, с абсолютным доминированием *Meriones libycus*. Существенную долю также составили *Mus musculus* и *Meriones meridianus*, тогда как *Lepus tolai* выступал значимым, но второстепенным компонентом добычи. Видовой состав беспозвоночных характеризовался преобладанием саранчовых рода *Calliptamus*, что, вероятно, связано с их высокой численностью и доступностью. Рептилии и птицы формировали незначительную долю рациона и носили факультативный характер. В составе трофического спектра данного хищника отмечено 10 видов птиц. Полученные данные свидетельствуют о выраженной ориентации филина на пустынных грызунов как основу кормовой базы в экосистемах Аралкума и отражают адаптацию трофической структуры вида к условиям аридной среды.

Ключевые слова: *Bubo bubo*, трофическая структура, рацион, погадки, Аралкум, пустынные экосистемы, грызуны, биоразнообразие

Благодарности: Авторы выражают благодарность М. Ж. Медетову и С. Кимёназарову за определение видов (родов) беспозвоночных, М. Г. Митропольскому за помощь и консультации по определению видов птиц и рептилий по плечевым костям на исследованной территории.

DIET FEATURES OF THE EURASIAN EAGLE OWL (*BUBO BUBO*) IN TRANSFORMED ARALQUM DESERT ECOSYSTEMS

¹Erkulov Zh. M. ORCID ID 0000-0003-2007-4886,

¹Bykova E. A. ORCID ID 0000-0001-6047-4652,

¹Esipov A. V. ORCID ID 0000-0001-8239-539X,

^{1,2}Umarov S. S. ORCID ID 0000-0002-4933-6897, ^{1,3}Razhabova D. A.

¹Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Republic of Uzbekistan, e-mail: javlon.yorkulov@mail.ru;

²Kokand State University, Kokand, Republic of Uzbekistan;

³Tashkent State Agrarian University, Republic of Uzbekistan

Based on the analysis of Eurasian Eagle-owl pellets (*Bubo bubo*) collected from five locations in the Aralkum Desert, the trophic spectrum of the species in the arid landscapes of the Aral Sea region was characterized. A total of 382 prey items have been identified. The structure of the diet was dominated by mammals (80.37 %), while invertebrates constituted 14.66 %. Birds (3.40 %) and reptiles (1.57 %) were noted sporadically. Among mammals, the largest contribution to the diet was made by desert rodents, primarily representatives of the genus *Meriones*, with the absolute dominance of *Meriones libycus*. *Mus musculus* and *Meriones meridianus* also made up a significant portion, while *Lepus tolai* acted as a significant but secondary component of prey. The species composition of invertebrates was characterized by the predominance of the *Calliptamus* genus of locusts, which is likely due to their high numbers and accessibility. Reptiles and birds constituted a negligible portion of the diet and were optional. The diet of this predator was found to include 10 species of birds. The data indicate that the Eurasian eagle-owl is strongly oriented towards desert rodents as its primary food source in the Aralkum ecosystems, reflecting the adaptation of the species' trophic structure to arid conditions.

Keywords: *Bubo bubo*, trophic structure, diet, pellets, Aralkum, desert ecosystems, rodents, biodiversity

Acknowledgements: The authors express their gratitude to M. Zh. Medetov and S. Kimenazarov for identifying the species (genera) of invertebrates, and to M. G. Mitropolsky for his assistance and advice in identifying the species of birds and reptiles based on their shoulder bones in the studied area.

Введение

Аралкум представляет собой молодую пустыню, сформировавшуюся во второй половине XX в. на месте высохшего дна Аральского моря вследствие резкого понижения уровня воды. Данный регион расположен преимущественно в пределах Республики Каракалпакстан (Узбекистан), а также в южной части Казахстана, формируя в природно-географическом отношении новый ландшафтный комплекс Приаралья.

Рельеф Аралкума преимущественно равнинный и слабоволнистый, сложенный аккумулятивными морскими отложениями бывшего дна. Широко распространены солончаки и песчаные массивы; в ряде участков под воздействием эоловых процессов сформировались барханы и песчаные гряды. Абсолютные высоты колеблются в пределах 30–60 м над уровнем моря. В геоморфологическом отношении территория остается нестабилизированной: активно протекают процессы дефляции, сопровождающиеся переносом солевых и пылевых частиц на значительные расстояния [1].

Растительный покров относится к пустынному типу и представлен преимущественно галофитными и псаммофитными видами. На ранних этапах формирования пустыни растительность отличалась крайней разреженностью, однако по мере развития сукцессионных процессов наблюдается расширение ареалов ксеро- и галофитных сообществ. Основу фитоценозов составляют саксаул (в особенности черный саксаул), кандим (*Calligonum*), янтак (*Alhagi*), солянки (*Salsola*) и тамарикс (*Tamarix*) [2].

Аралкум является одним из наиболее молодых и в то же время наименее изученных природных регионов Узбекистана. Его площадь продолжает увеличиваться по мере дальнейшей регрессии Аральского моря, что обуславливает динамичный характер формирования фауны и трансформацию экосистемных связей. Наибольшее видовое разнообразие приурочено к территориям бывших островов – Возрождения, Комсомольский, Константина, Лазарева и Беллинсгаузена, а также к ряду менее крупных островных участков, которые после обмеления моря соединились с материком. Систематическое изучение фауны этих изолированных в прошлом территорий началось в начале 2010-х гг., после их фактического соединения с суши и снятия ограничений на посещение [3].

Современные исследования показывают, что экосистемы Аралкума находятся в стадии активного формирования и характеризуются высокой динамичностью природ-

ных процессов. По данным I. S. Plotnikov, N. V. Aladin (2023), на осушенном дне Аральского моря постепенно формируется новый пустынный природный комплекс с измененной структурой флоры и фауны [4]. Исследование J. P. Deroin (2025) подтверждает продолжающиеся процессы опустынивания и трансформации ландшафтов региона [5]. В отчете *United Nations Development Programme* также отмечается постепенная адаптация животных и растений к новым экологическим условиям Аралкума [6].

По современным данным, на территории Аралкума зарегистрировано более 160 видов птиц, адаптирующихся к новым условиям трансформированной пустынной экосистемы [7; 8]. В частности, в исследованиях, проведенных на территории Казахстана, а также в ряде фаунистических работ, посвященных изучению животного мира региона, зарегистрировано 165 видов птиц [9; 10]. Из отряда совообразных здесь обитают филин *Bubo bubo* и домовый сыч *Athene noctua*. Оба вида являются обычными оседлыми представителями местной авифауны.

В работе Е. А. Быковой и соавт. (2020) впервые был проведен сравнительный анализ питания хищных птиц (*Bubo bubo*, *Athene noctua* и *Aquila chrysaetos*) в различных биотопах бывшего острова Возрождения и сопредельных районов; однако основное внимание уделялось позвоночным животным, вследствие чего полный спектр кормовых объектов не был рассмотрен [11]. В работах Ж. М. Ёркулова и др. (2024) относительно широко освещен рацион питания этой хищной птицы [12].

Исследование рациона филина как оседлого хищника Аралкума имеет важное научное значение для понимания формирования трофических связей в условиях молодой пустынной экосистемы и оценки направлений ее дальнейшей сукцессии.

Цель исследования – изучение трофической биологии филина в условиях Аралкума, поскольку данный аспект остается недостаточно разработанным для рассматриваемой территории.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводились на территории пустыни Аралкум – молодой природной системы, сформировавшейся под влиянием антропогенной трансформации акватории Аральского моря. Район характеризуется высоким разнообразием мелких млекопитающих (прежде всего грызунов), рептилий, а также наземных и околотовных птиц, что формирует благоприятную кормовую базу для крупного хищника – филина.

В качестве основного материала исследования использованы погадки филина. Сбор проводился в 2024–2025 гг. в пяти постоянных местах гнездования вида на коренных островах и осушенном дне бывшего Аральского моря в поздневесенний (май) и осенний (ноябрь) сезоны (рис. 1). Координаты и особенности мест гнездования представлены в табл. 1. Все обследованные станции были условно разделены

на три типа по биотопическому признаку: обрывы чинков и равнинные биотопы (солончаковая и закрепленная песчаная пустыня).

Цель исследования – оценка общего состава рациона филина, без анализа сезонной или межгодовой динамики. Полевой материал был собран в ходе двух экспедиционных выездов, после чего объединен в единую выборку для последующего анализа.

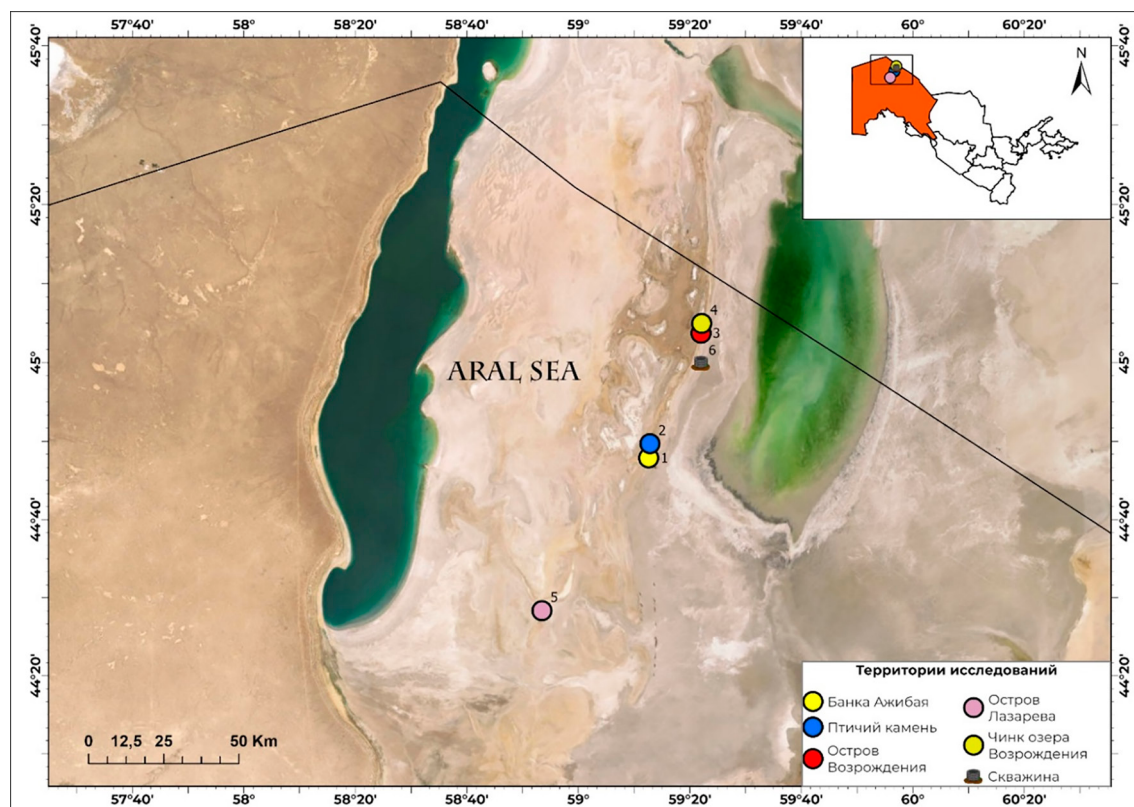


Рис. 1. Места сбора материала – гнезда филина
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 1

Географические координаты и характеристика гнездовых участков филина

Участок	Координаты	Биотоп	Краткая характеристика
1. Банка Ажибая	44.7981, 59.2106	Солончаковая пустыня	Осушенное дно Аральского моря с каменистыми выходами
2. Птичий камень	44.82824, 59.21437	Солончаковая пустыня	Каменистые участки с трещинами и пустотами
3. Остров Возрождения, бухта Комсомольская	45.0623, 59.3664	Обрывы чинка	Абразионный береговой уступ (чинк) бывшего острова
4. Остров Возрождения, озеро Возрождения	45.08255, 59.36871	Обрывы чинка	Чинковый участок рядом с сезонным озером
5. Остров Лазарева	44.472728, 58.891553	Закрепленные пески	Песчаные массивы с выходами песчаника

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

Таблица 2

Пространственное распределение погадок и жертв филина по участкам

Участок	Дата сбора	Количество погадок	Количество жертв, особи
1. Банка Ажибая	06.05.2024	5 целых и 3 фрагмента	12
2. Птичий камень	07.05.2024	18 целых, 10 фрагментов и 2 разрозненных костных остатка	66
3. Остров Возрождения, бухта Комсомольская	07.05.2024	29 целых, 13 фрагментов и 4 разрозненных костных остатков	83
4. Остров Возрождения, озеро Возрождения	09.05.2024	46 целых, 20 фрагментов и 11 разрозненных костных остатков	187
5. Остров Лазарева	02.11.2025	10 целых, 4 фрагмента	34

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

Каждая проба маркировалась индивидуально с указанием даты, географических координат и типа биотопа, после чего помещалась в бумажные пакеты и транспортировалась в лабораторию. Фрагментированные погадки и разрозненные костные остатки учитывались отдельно с четким указанием даты и места сбора в целях избегания двойного подсчета для корректной оценки количества погадок и содержащихся в них остатков добычи. Всего было собрано и обработано 108 целых и более 50 фрагментированных погадок, а также 17 остатков добычи из полностью разрушенных погадок. Объем материала и количество идентифицированных жертв представлены в табл. 2.

В лабораторных условиях погадки предварительно высушивались при естественной температуре, затем подвергались механической разборке с использованием игл и пинцетов. Костные остатки промывались, повторно высушивались и сортировались по морфологическим признакам.

Идентификация остеологического материала проводилась с применением определителей [13–15] и сопоставления с эталонными образцами, хранящимися в фондах зоологической коллекции Института зоологии АН РУз (Ташкент, Узбекистан).

Таксономическая принадлежность устанавливалась по возможности до вида или рода. В качестве диагностических элементов преимущественно использовались верхние (*maxilla*) и нижние челюсти (*mandibula*) позвоночных животных, а также части посткраниального скелета – плечевые (*os humerus*), бедренные (*os femoris*) кости и другие парные элементы скелета. Определение беспозвоночных животных проводилось специалистами-энтомологами Института зоологии АН РУз по сохранившимся остаткам хитинового покрова (кутикулы) и также хелицер, хитинизированных

отростков. Ряд беспозвоночных был определен до рода из-за выраженной фрагментации останков, недостаточной для точной видовой идентификации.

Количественная оценка добычи проводилась по методу минимального числа особей (MNI – Minimum Number of Individuals). Для каждого таксона определяли наиболее часто встречающийся парный диагностический элемент скелета (например, правую или левую *mandibula*), при этом максимальное число однотипных элементов принималось за минимальное число особей данного вида:

$$MNI = \max(R, L),$$

где R – число костей правой стороны;
L – число костей левой стороны.

Результаты исследования и их обсуждение

В изученных погадках были обнаружены останки 382 животных, относящихся к 34 видам (родам) позвоночных и беспозвоночных животных, видовой состав и количественные показатели которых представлены в табл. 3.

Поскольку специфика рациона питания хищных птиц связана с особенностями биотопических условий той территории, в которой они обитают, был проведен биотопический анализ приуроченности видов жертв. Как указывалось выше, авторы условно разделили все обследованные станции на три основных биотопа: обрывы чинков, солончаковую и песчаную пустыни. Анализ биотопической приуроченности видов жертв показал, что более высокое видовое богатство характерно для чинков и прилегающих территорий. Здесь было обнаружено 11 видов млекопитающих, 9 видов птиц, 2 вида рептилий и 10 видов беспозвоночных, всего 32 вида.

Таблица 3

Состав пищевого рациона филина
по результатам анализа погадок на территории Аралкума

Виды жертв	Место сбора материала					Всего	
	1	2	3	4	5	Кол-во, особей (N)	% от общего кол-ва особей
Беспозвоночные							
Каспийский галеод <i>Galeodes caspius</i>		6				6	1,57
Желтый скорпион <i>Anomalobuthus rickmersi</i>		2				2	0,52
Саранчи род <i>Calliptamus</i>	8	11	1		1	21	5,5
Медведка обыкновенная <i>Gryllotalpa unispina</i>		4		1		5	1,31
Афодии <i>Aphodius</i> sp.		1	1		1	3	0,79
Медляки <i>Blaps</i> sp.			2			2	0,52
Чернотелок <i>Adesmia</i> sp.			3			3	0,79
Чернотелок <i>Pisterotarsa</i> sp.			2			2	0,52
Чернотелок <i>Cyphogenia</i> sp.				1		1	0,26
Жужелицы-бегун <i>Ophonus</i> sp.			4	1		5	1,31
Златка пятнистая <i>Julodis variolaris</i>				6		6	1,57
Всего беспозвоночных	8	24	13	9	2	56	14,66
Рептилии							
Степная агама <i>Trapelus sanguinolentus</i>				3	1	4	1,05
Удавчик восточный <i>Eryx tataricus</i>				2		2	0,52
Всего рептилий				5	1	6	1,57
Птицы							
Чомга <i>Podiceps cristatus</i>				1		1	0,26
Желтая цапля <i>Ardeola ralloides</i>				1		1	0,26
Чирок-свистунок <i>Anas crecca</i>				2		2	0,52
Обыкновенный перепел <i>Coturnix coturnix</i>				1		1	0,26
Лысуха <i>Fulica atra</i>				2		2	0,52
В размер постушок*				1		1	0,26
Саджа <i>Syrrhaptes paradoxus</i>				1	1	2	0,52
Чернобрюхий рябок <i>Pterocles orientalis</i>					1	1	0,26
Хохлатый жаворонок <i>Galerida cristata</i>				1		1	0,26
Черная ворона <i>Corvus corone</i>			1			1	0,26
Всего птиц			1	10	2	13	3,4
Млекопитающие							
Еж ушастый <i>Hemiechinus auritus</i>		3		3		6	1,57
Малая белозубка <i>Crocidura suaveolens</i>			1	1		2	0,52
Заяц-толай <i>Lepus tolai</i>	1		5	17	4	27	7,07
Пустынный кожан <i>Eptesicus bottae</i>			1			1	0,26
Поздний кожан <i>Eptesicus serotinus</i>			1	1		2	0,52
Тушканчик малый <i>Scarturus (Allactaga) elater</i>	1	2	1	2	1	7	1,83
Песчанка гребенщикова <i>Meriones tamariscinus</i>	1			17		18	4,71
Песчанка краснохвостая <i>Meriones libycus</i>		11	28	43	15	97	25,39
Песчанка полуденная <i>Meriones meridianus</i>	1	13	13	22	6	55	14,40
Хомячок серый <i>Nothocrisetulus (Cricetulus) migratorius</i>		8	4	7		19	4,97
Мышь домовая <i>Mus musculus</i>		5	15	50	3	73	19,11
Всего млекопитающих	4	42	69	163	29	307	80,37
Всего	12	66	83	187	34	382	100

Примечания: * – вид не определен.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

На равнинах было найдено только 8 видов млекопитающих, 2 вида птиц, 1 вид рептилий и 4 вида беспозвоночных, всего 15 видов, то есть в 2 раза меньше видов, чем в зоне чинков. Важно отметить, что только в зоне чинков обнаружены восточный удавчик и 2 вида рукокрылых, а также 9 видов птиц, не обнаруженных в погадках их равнинных биотопов.

По результатам анализа трофического спектра филина на территории пустыни Аралкум, выявлено 382 объекта добычи. В структуре рациона доминировали млекопитающие – 80,37 %. Существенную, но второстепенную долю составили беспозвоночные – 14,66 %. Птицы и рептилии отмечены эпизодически – 3,40 и 1,57 % соответственно (табл. 1).

Среди млекопитающих наибольший вклад в пищевой рацион вносили грызуны, прежде всего песчанки. Абсолютным доминантом выступила *Meriones libycus* (25,39 %). Высокая встречаемость также характерна для *Mus musculus* (19,11 %) и *Meriones meridianus* (14,40 %). Значимым компонентом добычи являлся *Lepus tolai* (7,07 %), а также *Nothocricetulus (Cricetulus) migratorius* (4,97 %) и *Meriones tamariscinus* – 18 экз. (4,71 %). Реже *Scarturus (Allactaga) elater* (1,83 %), *Hemiechinus auritus* (1,57 %), *Crocidura suaveolens* (0,52 %), *Eptesicus serotinus* (0,52 %) и *Eptesicus bottae* (0,26 %) (табл. 1). В целом преобладание мелких пустынных грызунов указывает на их ведущую роль в кормовой базе филина в условиях аридных ландшафтов пустыни Аралкум.

Рептилии в рационе представлены двумя видами: *Trapelus sanguinolentus* (1,05 %) и *Eryx tataricus* (0,52 %), что характеризует их как редкую, факультативную добычу. Птицы также формируют малую долю рациона и представлены преимущественно видами, связанными с водно-болотными и открытыми биотопами: *Anas crecca* (0,52 %), *Fulica atra* (0,52 %), *Syrhaptes paradoxus* (0,52 %); остальные виды встречены единично (0,26 % каждый): *Podiceps cristatus*, *Ardeola ralloides*, *Coturnix coturnix*, *Pterocles orientalis*, *Galerida cristata*, *Corvus corone*.

В группе беспозвоночных наибольшая численность отмечена у саранчовых рода *Calliptamus* (5,50 %), что, вероятно, отражает их массовость и доступность. В сопутствующем комплексе добычи представлены *Galeodes caspius* (1,57 %), *Julodis variolaris* (1,57 %), *Gryllotalpa unispina* (1,31 %), *Ophonus* sp. (1,31 %), *Aphodius* sp. (0,79 %),

Adesmia sp. (0,79 %), *Anomalobuthus rickmersi* (0,52 %), *Blaps* sp. (0,52 %), *Pisterotarsa* sp. (0,52 %) и *Cyphogenia* sp. (0,26 %) (табл. 3).

Анализ биотопической приуроченности видов-жертв показал, что более высокое видовое богатство характерно для чинков и прилегающих к ним территорий по сравнению с равнинными участками. Вероятно, это связано с большей неоднородностью рельефа и высоким разнообразием микроместообитаний, формирующих благоприятные условия для пребывания различных групп позвоночных и беспозвоночных животных. Чинковые участки отличаются мозаичностью ландшафта, наличием трещин, уступов, каменистых выходов и участков с различным типом растительности, что создает многочисленные укрытия, места отдыха, ночевки и размножения для животных. Кроме того, подобные биотопы обеспечивают более широкий спектр кормовых ресурсов и защитных условий, что способствует концентрации потенциальных объектов добычи филина и повышению общего уровня биоразнообразия.

Рацион филина в пределах обследованной территории Аралкума характеризуется выраженной миофагией со смещением в сторону грызунов. Основу трофической структуры составляют песчанки рода *Meriones* и облигатный синантроп домовая мышь, что отражает как высокую численность данных видов в аридных и антропогенных экосистемах, так и их доступность для хищника. Птицы и рептилии выступают в качестве эпизодической добычи, их суммарная доля не превышает 5 %, что указывает на второстепенное значение этих таксонов в формировании рациона хищника. Доля беспозвоночных достигает 14,66 %, что является закономерным для аридных территорий, особенно в условиях массового размножения саранчовых (*Calliptamus*).

Вместе с тем, несмотря на сравнительно высокую численную представленность беспозвоночных в составе погадок, их вклад в энергетический баланс филина, вероятно, существенно ниже по сравнению с грызунами. Это связано с меньшей калорийностью и биомассой единичной добычи. Таким образом, при количественном анализе рациона наблюдается заметная роль беспозвоночных, однако с точки зрения трофической энергетики доминирующее значение сохраняют мелкие млекопитающие.

Анализ погадок, собранных на острове Возрождения, продемонстрировал значи-

тельное видовое разнообразие птиц. В исследуемом материале были идентифицированы кости и перья водоплавающих и прибрежных видов, включая *Podiceps cristatus*, *Ardeola ralloides*, *Anas crecca* и *Fulica atra*. На территории, расположенной примерно в 7 км от гнезда ночного хищника, находится единственный искусственный источник воды (скважина), что способствует концентрации большого количества птиц, особенно в период миграции (рис. 1). Птицы используют данный участок для кратковременного отдыха, кормления и ночевки, после чего вновь покидают его. На основании этих наблюдений можно заключить, что филин, вероятно, посещает этот участок и проявляет высокую эффективность трофической активности в отношении прилетающих птиц.

Ряд видов, зафиксированных в рационе филина на плато Устюрт, откуда гипотетически могло идти заселение бывших островов Аральского моря, не был обнаружен в составе погадок, собранных на территории Аралкума. Анализ данных, полученных на плато Устюрт [16; 17], по-

казал, что большинство видов, идентифицированных в качестве добычи филина (*H. auritus*, *L. tolai*, *S. elater*, *N. migratorius*, *M. libycus*, *M. meridianus*, *M. musculus*), также встречались на исследуемой территории. Вместе с тем такие виды, как *Diplomesodon pulchellum*, *Spermophilus fulvus*, *Allactaga major*, *A. jaculus*, *A. severtzovi*, *Ellobius talpinus*, *Rhombomys opimus*, *Nesokia indica* и *Mustela nivalis*, в погадках филина Аралкума не были зафиксированы. Аналогичная тенденция наблюдалась и среди беспозвоночных: состав погадок плато Устюрт характеризовался более широким видовым разнообразием таксонов. Сравнительный анализ с данными более ранних исследований [11] показал, что отмеченный ранее *Spermophilus fulvus*, составлявший 2,7 % в рационе филина, в наших исследованиях не отмечен. В то же время виды *E. bottae* и *E. serotinus*, идентифицированные в настоящем исследовании, были впервые зафиксированы на территории Аралкума в качестве добычи филина, что расширяет сведения о трофической структуре его рациона в данном регионе.

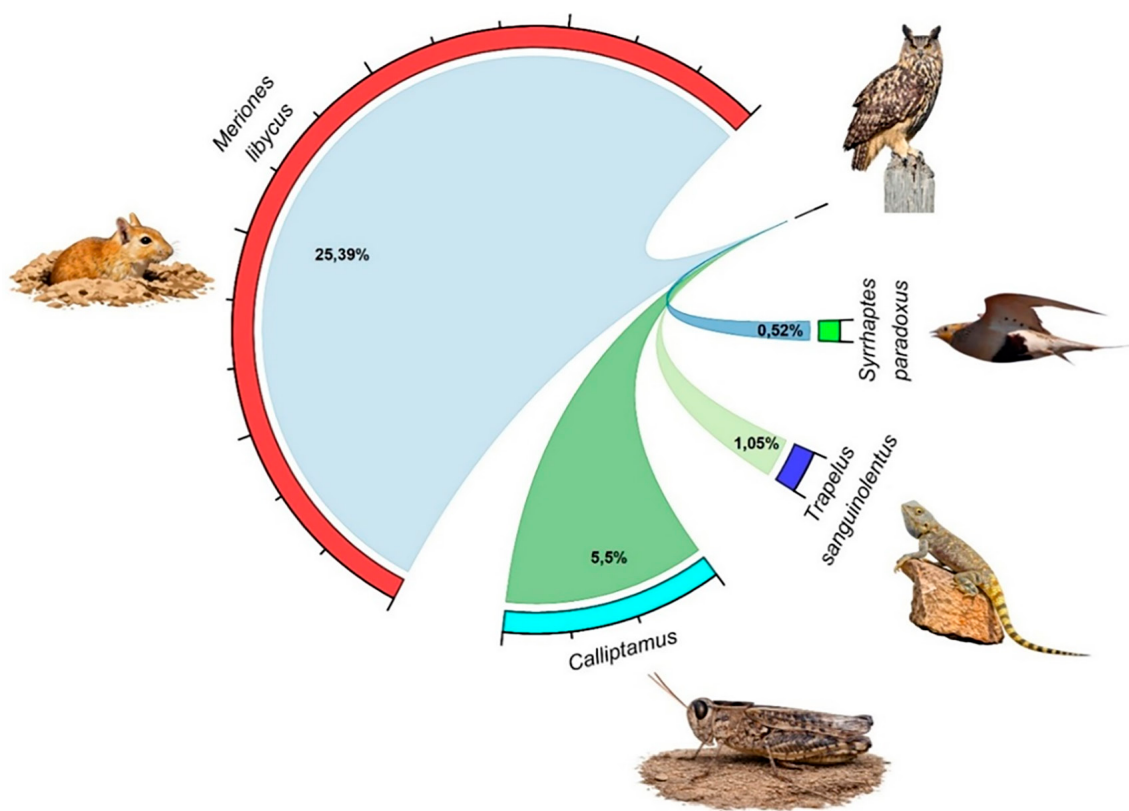


Рис. 2. Доминирующие виды добычи филина на территории Аралкума
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

При анализе рациона в разрезе крупных таксономических групп установлено, что среди беспозвоночных наибольшую долю составили представители рода *Calliptamus* (5,5%). В группе пресмыкающихся отмечен *Trapelus sanguinolentus* (1,05%). Среди птиц зафиксирован *Syrhaptes paradoxus* (0,52%). Наибольший вклад в структуру рациона среди млекопитающих, как отмечалось ранее, внес *Meriones libycus* – 25,39 %, что свидетельствует о его доминирующем значении в питании исследуемого ночного хищника (рис. 2).

Несмотря на сравнительно невысокое видовое разнообразие птиц в составе добычи, по частоте встречаемости и территориальному распространению отчетливо выделяется сажка. Данный вид широко распространен в пределах исследуемого региона, регулярно регистрируется в полевых наблюдениях и играет заметную экологическую роль в пустынных экосистемах, что отражается и в его присутствии в трофическом спектре хищной птицы.

Сопоставление полученных данных с результатами анализа погадок филина, собранных на территории плато Устюрт, выявляет отчетливые различия как в видовом разнообразии добычи, так и в ее количественном распределении в составе рациона. Трофический спектр хищных птиц, обитающих в Устюртском регионе, отличается большей широтой по сравнению с Аралкумом, что, вероятно, обусловлено неоднородностью ландшафтов и более стабильными условиями обитания потенциальных кормовых объектов плато Устюрт по сравнению с обедненной фауной островного типа Аралкума, находящейся в процессе трансформации.

Заключение

Выявленные различия, по-видимому, отражают региональную специфику фауны, различия в структуре биотопов и доступности кормовых ресурсов, а также особенности формирования молодой пустынной экосистемы Аралкума по сравнению с более устойчивыми природными комплексами плато Устюрт.

Таким образом, анализ пищевого рациона показал, что он связан как с особенностями биотопических условий пребывания видов жертв, так и с биологическими особенностями хищника. Трофическая структура филина на территории пустыни Аралкум характеризуется выраженным доминированием млекопитающих (преимущественно грызунов) при подчиненной роли беспозвоночных и эпизодическом участии птиц и рептилий.

Список литературы

1. Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Tojibaev K., Shomurodov K., Xabibullaev B.S., Idrisov K. Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea // Journal of Arid Land. 2024. Vol. 16. Is. 3. P. 315–330. DOI: 10.1007/s40333-024-0055-6.
2. Shomurodov K., Rakhimova T., Adilov B., Beshko N., Karimov F., Polvonov F. Current state of vegetation of the dried bottom of the Aral Sea // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 629. Is. 1. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/629/1/012085> (дата обращения: 26.05.2026). DOI: 10.1088/1755-1315/629/1/012085.
3. Нуриджанов А. С. Обследование популяции сайгака на полуострове Возрождения: отчет по проекту SCA. Ташкент, 2010. 18 с.
4. Plotnikov I. S., Aladin N. V., Zhakova L. V., Mossin J., Høeg, J. T. Past, Present and Future of the Aral Sea – A Review of its Fauna and Flora before and during the Regression Crisis // Zoological studies. 2023. № 62. P. e19. DOI: 10.6620/ZS.2023.62-19.
5. Deroin J.-P. Use of Remote Sensing Data to Study the Aral Sea Basin in Central Asia – Geoscience and Geological Hazards // Remote Sensing. 2025. № 17 (16). P. 2814. DOI: 10.3390/rs17162814.
6. Results of the Final Expedition on the Dried Bed of the Aral Sea Executive Summary. 2024. 30 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-04/Expedition_English.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
7. Ametov Ya. I. Biodiversity of birds in artificial planting of saxaulniks on a drained bottom // EPRA International Journal of Research and Development. 2021. Vol. 6. Is. 12. P. 190–193. URL: <https://epraajournals.com/IJSR/article/6394/abstract> (дата обращения: 09.02.2026). DOI: 10.36713/epra2016.
8. Быкова Е. А., Есипов А. В., Абдураупов Т. В. К вопросу о фауне позвоночных животных полуострова Возрождения // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2017. Т. 3. № 3. С. 61–80. DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-3-61-80.
9. Joger U., Dujsebaeva T., Belyalov O. V., Chikin Y., Guicking D., Grachev Y. A., Kadyrbekov R., Miaud C. Fauna of the Aralkum // Aralkum – a Man-Made Desert: The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia) // Ecological Studies. 2012. Vol. 218. Berlin: Springer. P. 199–269. DOI: 10.1007/978-3-642-21117-1_11.
10. Губин Б. М. Птицы Восточного Приаралья // Русский орнитологический журнал. 1999. № 80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ptitsy-vostochnogo-priaralya> (дата обращения: 09.02.2026).
11. Быкова Е. А., Есипов А. В., Ваетко Э. В., Гашев С. Н., Ганиева Г. Ж. Анализ погадок хищных птиц на территории бывших островов Аральского моря // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук: материалы международной научно-практической конференции. Петропавловск, 2020. С. 32–36.
12. Ёркулов Ж. М., Быкова Е. А., Есипов А. В. К вопросу о питании филина *Bubo bubo* пустыни Аралкум // Материалы VI Республиканской научно-практической конференции «Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития». Ташкент, 2024. С. 329–334.
13. Потапов Е. Р. Использование погадок для изучения питания хищных птиц // Методы изучения и охрана хищных птиц. Методические рекомендации М., 1990. С. 103–118. [Электронный ресурс]. URL: http://rrcn.ru/wp-content/uploads/2012/03/methods_1989.pdf (дата обращения: 23.05.2026).
14. Громов И. М., Ербаева М. А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий: Зайцеобразные и грызуны. СПб.: ЗИН РАН, 1995. 522 с.

15. Митропольский М. Г., Митропольский О. В. Морфометрическая характеристика плечевых костей отдельных видов птиц в различных популяциях // Эволюционная и функциональная морфология позвоночных: материалы Всероссийской конференции и школы для молодых ученых памяти Ф. Я. Дзержинского (Звенигород, 26 сентября – 2 октября 2017 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. С. 221–226. EDN: UPOQWW.

16. Быкова Е. А., Есипов А. В. Мелкие млекопитающие плато Устюрт в питании филина *Bubo bubo* // Русский ор-

нитологический журнал. 2021. Т. 30. Экспресс-выпуск 2095. С. 3517–3519. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/melkie-mlekovitayuschie-plato-ustyurt-v-pitanii-filina-bubo-bubo> (дата обращения: 09.02.2026).

17. Ёркулов Ж. М. Сравнительная кормовая биология некоторых хищных птиц Центрального Устюрта: материалы VII Республиканской научно-практической конференции «Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития» приуроченная к 100-летию со дня рождения профессора О. П. Богданова. Ташкент, 2025. С. 251–257.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Работа выполнена при поддержке международного проекта Darwin Initiative / Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra) «Остров Возрождения: промышленность, сохранение природы и развитие вокруг Аральского моря», а также практического проекта № AL-9424104883 «Современное состояние орнитофауны Аралкума, адаптация видов к экологическим изменениям и меры охраны».

Financing: The work was carried out with the support of the Darwin Initiative / Department for Environment, Food & Rural Affairs (Defra) international project “The Island of Revival: Industry, Conservation, and Development around the Aral Sea”, as well as the practical project No. AL-9424104883 “The Current State of the Aralkum Avifauna, Species Adaptation to Environmental Changes, and Conservation Measures”.



JOVIBARBA GLOBIFERA (L.) J. PARNELL НА ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ПЕТРОЗАВОДСКОГО ГОСУНИВЕРСИТЕТА

Дьячкова Т. Ю., Платонова Е. А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, Российская Федерация,
e-mail: tdyachkova@mail.ru*

Jovibarba globifera (L.) J. Parnell – бородник шароносный (Crassulaceae) в Республике Карелия находится у северной границы своего ареала и включен в Красную книгу Республики Карелия (2020) со статусом охраны 4 (DD) – *недостаточно изученный*. На природной территории Ботанического сада Петрозаводского государственного университета сохранилась единственная ценопопуляция вида в сосняке скальном. Целью исследования была оценка состояния данной ценопопуляции. В местообитании вида на постоянной пробной площади проведено геоботаническое описание сообщества и картирование всех особей. Анализ состояния ценопопуляции выполнен с использованием классических методов наблюдения за ценопопуляциями редких видов. Численность ценопопуляции *J. globifera* на постоянной пробной площади составляет около 400 особей. В онтогенетической структуре выделены ювенильные, имматурные, виргинильные и генеративные возрастные состояния. Отсутствие субсенильных и сенильных особей связано с особенностями биологии вида: после цветения растение погибает, возобновление происходит вегетативно за счет образования молодых розеток. Выявлено, что ценопопуляция нормальная, возрастной спектр левосторонний, по рассчитанным индексам возрастности и эффективности в классификации «дельта-омега» она характеризуется как молодая. Ввиду сокращающейся численности вида на территории сада планируется организация мониторинга состояния ценопопуляции *J. globifera*.

Ключевые слова: *Jovibarba globifera*, редкий вид, Республика Карелия, Ботанический сад, ценопопуляция, in-situ

JOVIBARBA GLOBIFERA (L.) J. PARNELL IN THE NATURAL ZONE OF THE BOTANICAL GARDEN OF THE PETROZAVODSK STATE UNIVERSITY

Dyachkova T. Y., Platonova E. A.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Petrozavodsk State University", Petrozavodsk, Russian Federation,
e-mail: tdyachkova@mail.ru*

Jovibarba globifera (L.) J. Parnell – globe-bearing beard (Crassulaceae) in the Republic of Karelia is located at the northern border of its range and it is included in the Red Book of the Republic of Karelia (2020) with protection status 4 (DD) – *insufficiently studied*. The only coenopopulation of the species in a pine rocky forest has been preserved in the Botanical Garden of Petrozavodsk State University. The purpose of the study was to assess the condition of this coenopopulation. A geobotanical description of the phytocoenosis and mapping of all individuals have been conducted in the habitat of the species on a permanent test area. The analysis of the coenopopulation state was performed using classical methods of monitoring coenopopulations of rare species. The number of *J. globifera* coenopopulation on a permanent test area is about 400 individuals. Juvenile, immature, virginal and generative age states are distinguished in the ontogenetic structure. The absence of subsenile and senile individuals is due to the biological characteristics of the species: after flowering, the plant dies, and renewal occurs vegetatively through the formation of young rosettes. It has been determined that the coenopopulation is normal, with a left-sided age spectrum, and according to the calculated indices of age and efficiency in the «delta-omega» classification, it is characterized as young. Given the declining population of the species in the garden, it is planned to monitor the condition of the *J. globifera* coenopopulation.

Keywords: *Jovibarba globifera*, rare species, Republic of Karelia, Botanical Garden, coenopopulation, in-situ

Введение

Сохранение биоразнообразия конкретных территорий и в целом планеты является важной задачей современности [1]. В связи с этим изучение состояния популяций редких и исчезающих видов растений является особенно актуальным и важным направлением в ботанических исследованиях. Изучение биологии таких видов, мониторинг

за состоянием их популяций играет значимую роль для своевременного принятия мер по организации их охраны. Особо охраняемые территории (ООПТ), к которым относятся и ботанические сады, обеспечивают сохранение видов в местах их естественного произрастания (in situ) и позволяют проводить многолетние научные исследования [2]. Ботанический сад Петрозаводско-

го госуниверситета (БС ПетрГУ) основан в 1951 году и расположен на северо-западе России, в среднетаежной подзоне, в Республике Карелия. Сохранение биоразнообразия республики, в том числе редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений, является одной из основных его задач.

Флора Карелии включает 1814 видов сосудистых растений [3], из аборигенной фракции флоры 144 вида включены в Красную книгу Республики Карелия [4, с. 7]. Многие виды в республике находятся на границах своих ареалов, иногда приурочены к редким или специфичным условиям произрастания. На территории БС произрастает 400 видов сосудистых растений, из которых 3 вида Красной книги РК образуют естественные популяции и включены в программу мониторинга БС. В коллекциях сада (ex situ) выращивается 19 видов из Красной книги РК.

Целью данной работы является анализ состояния ценопопуляции *Jovibarba globifera* (L.) J. Parnell [*J. sobolifera* (Sims) Opiz, *Sempervivum globiferum* L., *S. soboliferum* Sims] – бородника шароносного (Crassulaceae). Вид произрастает в Карелии у северной границы своего ареала и имеет в региональной Красной книге статус охраны 4 (DD) – *недостаточно изученный*. На территории республики встречается редко в Приладожском и Олонецком флористических районах, основные местообитания вида – песчаные сосновые леса, скалы [3 с. 140].

J. globifera внесен во многие Красные книги [5], в том числе смежных с Карелией регионов: Ленинградской [6] и Вологодской [7; 8, с. 40; 9, с. 8] областей. Также зафиксирована пока единственная находка вида в Архангельской области [10, с. 502]. Вид также охраняется и в более южных регионах: в Московской, Новгородской, Нижегородской, Псковской, Пензенской, Ивановской и др. областях [11, с. 158; 12, с. 9; 13, с. 130]. Новые находки вида отмечены на Урале [14, с. 193]. Популяционные исследования вида немногочисленны. Так, например, в лесах Московской области отмечено уменьшение численности исследованных популяций, и вероятной причиной авторы указывают разрастание растений нижних ярусов и увеличение сомкнутости травяного покрова [15, с. 16]. Особенности онтогенеза, пространственная и демографическая структуры популяций *J. globifera* детально исследованы на территории бассейна Среднего Дона [16, с. 17]. В Карпатах изучали действие выпаса скота на состояние ценопопуляций *J. globifera*, и было вы-

явлено, что снижение выпаса скота благоприятно сказывается на состоянии особей [17, с. 163]. В природных комплексах Украины вид исследовали с целью оценки статуса популяций и эколого-ценотической характеристики его местообитаний [18, с. 35].

J. globifera имеет практическое применение как декоративный вид, часто рекомендуется в озеленении культурных ландшафтов [19, с. 108; 20] и для экстенсивного кровельного озеленения [21, с. 43]. Вид является одним из основных культивируемых в открытом грунте видов семейства Crassulaceae в Крыму [22, с. 158].

Материалы и методы исследования

В настоящее время на территории БС находится только одна ценопопуляция *J. globifera* в дендрарии, где сохранился участок соснового леса. В 70-80-х годах прошлого столетия вид встречался также в сосняках скального типа в урочище «Чертов стул», но в связи с активной рекреационной нагрузкой этой территории природные популяции *J. globifera* были утрачены.

J. globifera – многолетнее стержнекорневое столонообразующее розеточное растение, суккулентный псаммофит с шаровидными розетками листьев и олиственным цветоносом. Цветет во второй половине июля или в начале августа, образуя щитковидный полужонтик. Растение монокарпическое, так как после цветения розетка отмирает, размножение и распространение растения происходит вегетативно при помощи столонов с образованием молодых розеток.

В месте произрастания вида заложена постоянная пробная площадь в границах изучаемой ценопопуляции, на которой было сделано геоботаническое описание по общепринятой методике [23]. Проективное покрытие видов оценивали глазомерно в %. Численность особей с учетом выделения онтогенетических групп определяли по общепринятой методике [24]. Все одиночные особи и скопления разновозрастных особей, формирующиеся в результате разрастания столонов, были закартированы для дальнейшего мониторинга. Онтогенетические состояния особей и возрастную структуру ценопопуляции определяли с использованием описания возрастных состояний особей *J. globifera* [16, с. 17]. Для определения положения ценопопуляции в классификационной сетке «дельта-омега» рассчитывали индекс возрастности – Δ [25, с. 144], который оценивает онтогенетический уровень ценопопуляции в настоящий момент времени, и индекс эффективности – ω [26, с. 3], рассматриваемый как энергетическая нагрузка растений на среду, то есть

индекс демонстрирует уровень нагрузки особей ценопопуляции на энергетические ресурсы среды.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования были проведены в 2022–2023 гг. на заповедной территории БС. Ценопопуляция *J. globifera* расположена на скальном выходе в сосняке травяно-зеленомошном (61° 50'32.1428" N, 34° 23'22.4614" E). Экспозиция склона восточная, угол наклона 30–40° (рис. 1). Площадь, занимаемая ценопопуляцией, составляет около 7 м².

Флористический состав фитоценоза включает 17 видов сосудистых растений и 2 вида мхов (таблица). Общая площадь проективного покрытия видов на пробной площади составила почти 93%. Кроме *J. globifera*, который доминировал, значительное участие в формировании фитоценоза принимали *Vaccinium vitis-idaea*, *Calamagrostis epigejos*, *Lathyrus pratensis*, *Pilosella officinarum*.

Пространственная структура ценопопуляции имеет групповой характер. Агрегации особей занимают небольшую площадь, так как у молодых дочерних особей кратковременная связь с материнским растением.

На период проведения исследования в ценопопуляции отмечены особи следующих возрастных состояний: ювенильные, имматурные, виргинильные и генеративные (рис. 2). Субсенильные и сенильные особи отсутствуют, генеративные растения отмирают после цветения.

В целом, ценопопуляция *J. globifera* не полночленная, в демографической структуре ценопопуляции преобладают особи прегенеративного (виргинильного) периода, максимум приходится на имматурные особи.

Онторморфогенез *J. globifera* в течение вегетационного периода происходит в форме активного образования новых молодых дочерних особей и формирования системы парциальных побегов, а также в переходе особей в следующее онтогенетическое состояние (рис. 3).

Состав фитоценоза на пробной площади

Виды растений	Проективное покрытие (%)
Сосудистые растения	
<i>Achillea millefolium</i> L.	2
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	5
<i>Hieracium umbellatum</i> L.	3
<i>Galium boreale</i> L.	3
<i>Geranium pratense</i> L.	+
<i>Festuca rubra</i> L.	3
<i>Fragaria vesca</i> L.	2
<i>Jovibarba globifera</i> (L.) Parnell.	44
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	5
<i>Pilosella officinarum</i> F.W. Schultz & Sch.Bip.	4
<i>Pinus sylvestris</i> L. (по краю площади)	+
<i>Populus tremula</i> L. (всходы)	+
<i>Rubus idaeus</i> L.	+
<i>Sorbus aucuparia</i> L. (всходы)	+
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	2
<i>V. vitis-idaea</i> L.	5
<i>Viola tricolor</i> L.	+
Мхи	
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	9
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	5
Общее проективное покрытие	92,7

Примечание: виды в таблице размещены по алфавиту, знаком «+» отмечено проективное покрытие меньше 1%.



Рис. 1. Пробная площадь (фото Т. Ю. Дьячковой)

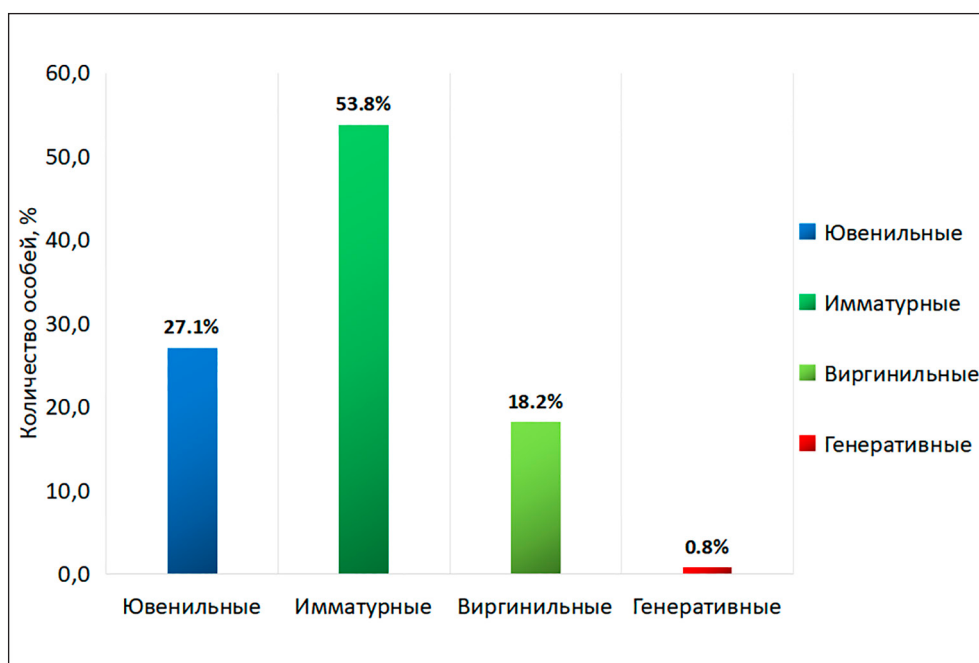


Рис. 2. Возрастной спектр ценопопуляции *J. globifera* (составлено Т. Ю. Дьячковой)

Известны возможные варианты онтоморфогенеза *J. globifera* [11, с. 17]. Согласно представленной авторами схеме, развитие растений может идти двумя путями. В изучаемой ценопопуляции самоподдержание и возобновление в основном идёт по первому типу (формирование клона в результате

вегетативного размножения и дальнейшей партикуляции материнской и дочерних особей). Вторым путём не предусматривается вегетативного размножения, а только переход от молодого до виргинильного состояния, и в дальнейшем наблюдается цветение особи, после чего розетка отмирает.

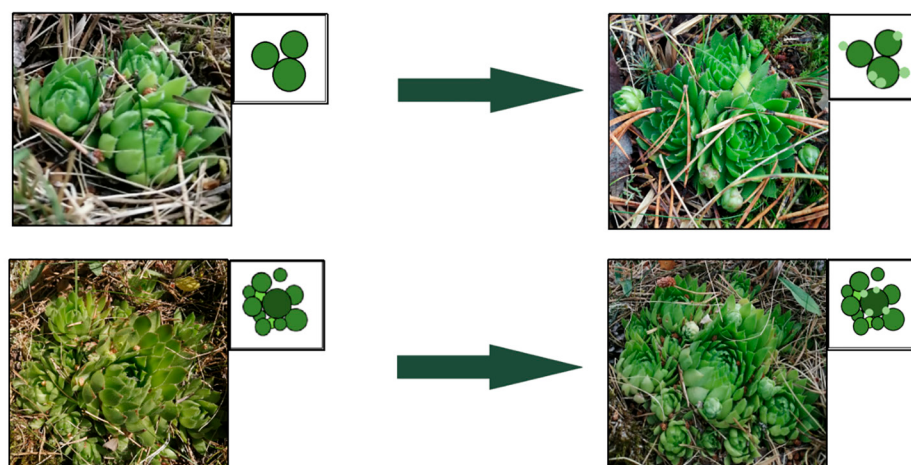


Рис. 3. Формирование системы парциальных побегов
(составлено Т. Ю. Дьячковой)

Для оценки современного состояния вида и прогнозирования его будущего были рассчитаны 2 индекса, применяемые в популяционных исследованиях: возрастности (Δ) и эффективности (ω). Полученные значения $\Delta = 0.05$ и эффективности $\omega = 0.20$ свидетельствуют о том, что изучаемая ценопопуляция *J. globifera* в настоящее время в классификационной сетке «дельта – омега» характеризуется как молодая. В ближайшем будущем при отсутствии антропогенного влияния и непредвиденных негативных природных явлений можно прогнозировать стабильное ежегодное возобновление.

Заключение

Оценка современного состояния природных популяций редких и охраняемых видов растений является темой многолетних научных исследований Ботанического сада Петрозаводского госуниверситета. Ввиду активного посещения сада флора и растительные сообщества испытывают ежегодную антропогенную нагрузку, поэтому некоторые виды растений нуждаются в постоянном контроле. Вид *J. globifera* в скальных сосняках природной территории сада формировал ранее несколько ценопопуляций, но ввиду антропогенного влияния (сбор растений, уплотнение и пересыхание почвы в ходе рекреации) и возможных природных явлений в последние годы вид стал встречаться все реже, а в данное время на территории сада сохранилась только одна ценопопуляция. В настоящее время сохранившаяся ценопопуляция *J. globifera* демонстрирует достаточную стабильность и наличие молодых возрастных состояний может указывать на текущее возобновле-

ние благодаря тому, что одиночные особи во время развития за вегетационный период могут сформировать систему парциальных (дочерних) розеток (до 5 шт.), что способствует хорошему самоподдержанию популяции. Для сохранения вида во флоре сада организован мониторинг за состоянием природной ценопопуляции и планируется выращивание его в культуре в коллекции декоративных видов.

Список литературы

1. Розенберг Г. С., Кавеленова Л. М., Костина Н. В., Прохорова Н. В., Розенберг А. Г. Стратегии сохранения биоразнообразия территорий разного масштаба: международный аспект // Биосфера. 2021. Т. 13. № 1–2. С. 1–8 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-sohraneniya-bioraznoobraziya-territoriy-raznogo-masshtaba-mezhdunarodnyy-aspekt> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.24855/biosfera.v13i1.575.
2. Дьячкова Т. Ю., Платонова Е. А. Изучение популяций редких и охраняемых растений в Ботаническом саду Петрозаводского госуниверситета в свете формирования экологической культуры у обучающихся // Современный взгляд на экологическое образование и просвещение в Ботанических садах: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Иркутск: Издательство ИГУ, 2025. С. 11–16. EDN: PWPPZM.
3. Кравченко А. В. Конспект флоры Карелии. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007 403 с.
4. Красная книга Республики Карелия. Белгород: КОНСТАНТА, 2020. 448 с.
5. Jovibarba globifera (L.) J. Parnell // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. [Электронный ресурс] URL: <https://www.plantarium.ru/page/view/item/20998.html> (дата обращения: 30.03.2026).
6. Красная книга Ленинградской области. Объекты растительного мира. СПб.: Марафон, 2018. 848 с.
7. Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы. Вологда: Русь, 2004. 359 с.
8. Филиппов Д. А. Ботаническое описание проектируемой охраняемой природной территории «Чудин Вал» (Вологодская область) // Исследования Русского Севера:

материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Вологда, 19–20 декабря 2020 года. Вологда: Издательство Вологодской областной универсальной научной библиотеки, 2021. С. 40–44. URL: https://www.researchgate.net/publication/352410126_Botaniceskoe_opisanie_proektiruemoj_ohranaemoj_prirodnoj_territorii_Cudin_Val_Vologodskaa_oblast_Botanical_description_of_the_projected_protected_natural_area_Chudin_Val_Vologda_Region (дата обращения: 23.04.2026).

9. Левашов А. Н., Романовский А. Ю., Филиппов Д. А. Находки редких и охраняемых сосудистых растений в вологодской части бассейна реки Кобожки // Полевой журнал биолога. 2024. Т. 6. № 1. С. 8–41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nahodki-redkih-i-ohranyaemyh-sosudistykh-rasteniy-v-vologodskoy-chasti-bassey-na-reki-kobozhi> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.52575/2712-9047-2024-6-1-8-41.

10. Амосова И. Б., Пыстина Т. Н., Парина Т. А. Редкие и охраняемые виды растений и лишайников на постагrogenных территориях Плещеекого сектора Кенозерского национального парка // II Лавровские чтения. Арктика: актуальные проблемы и вызовы. Архангельск, 2023. С. 502–506. URL: https://pureportal.spbu.ru/files/114097780/_pdfEDN: NWTBOR.

11. Полякова Г. А., Меланхолин П. Н. Редкие виды растений на природных территориях вдоль Москвы реки // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2017. № 4. С. 158–183. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32537933> (дата обращения: 23.04.2026). EDN: YQVLIQ.

12. Истомина Н. Б., Судницина Д. Н., Лихачёва О. В. Находки подлежащих охране видов высших сосудистых растений в Псковской области // Вестник Псковского государственного университета. Серия: естественные и физико-математические науки. 2015. № 6. С. 9–12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nahodki-podlezhaschih-ohrane-vidov-vysshih-sosudistykh-rasteniy-v-pskovskoy-oblasti> (дата обращения: 23.04.2026).

13. Курганов А. А., Борисова Е. А. Редкие виды сосудистых растений Тейковского района Ивановской области // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2025. Т. 19. № 2. С. 130–138. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/redkie-vidy-sosudistykh-rasteniy-teykovskogo-rayona-ivanovskoy-oblasti> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.24412/2072-8816-2025-19-2-130-138.

14. Zolotareva N. V., Podgaevskaya E. N., Glazunov V. A. et al. New species and noteworthy findings for flora of the Urals and adjacent territories // Turczaninowia. 2021. Vol. 24. № 2. P. 193–209. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/new-species-and-noteworthy-findings-for-flora-of-the-urals-and-adjacent-territories> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.14258/turczaninowia.24.2.18.

15. Полякова Г. А., Меланхолин П. Н. Динамика некоторых редких видов растений в лесах и лесопарках Московского региона // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2019. № 3 (12). С. 16–34. URL: <http://www.biosphere-sib.ru/science/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA%20%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B9/16-34.pdf?ysclid=mocspbl85560794873> (дата обращения: 23.04.2026).

16. Хмельёв К. Ф., Никулин А. В., Кирик А. И. Особенности онтогенеза и структуры ценопопуляций *Sempervivum ruthenicum* и *Jovibarba sobolifera* (Crassulaceae) бассейна Среднего Дона в связи с типом стратегии жизни // Ботанический журнал. 2003. Т. 88. № 4. С. 17–27. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17080867&ysclid=mocst7gl8165597383> (дата обращения: 23.04.2026).

17. Kobiv Y., Prokopiv A., Nachychko V., Borsukevych L., Helesh M. Distribution and population status of rare plant species in the Marmarosh Mountains (Ukrainian Carpathians) // Ukr. Bot. J. 2017. № 74 (2). P. 163–176. URL: <https://www.researchgate.net/publication/317430047/> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.15407/ukrbotj74.02.163.

18. Konishchuk V. V., Solomakha I. V., Dvirna T. S., Chornobrov O. Yu., Churilov A. M., Melnyk O. M., Solomakha V. A. Jovibarba globifera (L.) J. Parn. (Crassulaceae) in Ukraine: Population status and ecological-coenotic description // Wulfenia, 2022. № 29. P. 35–46. URL: https://www.zobodat.at/pdf/Wulfenia_29_0035-0046.pdf (дата обращения: 23.04.2026).

19. Фадеева И. А. Дикорастущие виды растений Смоленской области, рекомендуемые для озеленения культурных ландшафтов // Природа и общество: в поисках гармонии. 2025. № 11. С. 108–120. EDN: IDMTKZ.

20. Мялик А. Н., Житенёв Л. А. Использование этноботанических материалов для изучения истории развития культурной флоры центральной части Белорусского Полесья // Hortus bot. 2020. Т. 15. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=6686> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.15393/j4.art.2020.6686.

21. Коновалова И. А., Шаклеина М. Н., Лелекова Е. В. Список таёжных и тундровых видов природной флоры, рекомендуемых для экстенсивного кровельного озеленения // Общество, наука, инновации: Сборник статей XIX Всероссийской научно-практической конференции: в 4-х томах. Киров. 2019. Т. 1. С. 43–50. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39108245> (дата обращения: 23.04.2026).

22. Бялт В. В. Семейство Толстянковые (Crassulaceae St.-Hil) в Крыму // Turczaninowia. 2020. Т. 23. № 3. С. 158–184. URL: <http://turczaninowia.asu.ru> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.14258/turczaninowia.23.3.15.

23. Методы полевых и лабораторных исследований растений и растительного покрова: Сб. ст. / Редкол.: Е. Ф. Марковская и др. Петрозаводск: Изд-во Петрозав. гос. ун-та, 2001. 319 с. ISBN: 5-8021-0169-5.

24. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 217 с.

25. Османова Г. О., Животовский Л. А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляции растений // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144–152. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=izvbio&y=2020&v=0&n=2&a=IzvBio2002005Osmanova> (дата обращения: 23.04.2026). DOI: 10.31857/S0002332920020058.

26. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49956840> (дата обращения: 23.04.2026).

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.



РАЗНООБРАЗИЕ ВИДОВ СТРЕКОЗ (ODONATA, ANISOPTERA) ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Самандарова О. Д. ORCID ID 0009-0005-5238-6659,

²Матякубов З. Ш. ORCID ID 0000-0003-0404-7589

¹Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент,
Республика Узбекистан, e-mail: bek5253@yandex.ru;

²Хорезмская академия Мамуна, Республика Узбекистан

В данной статье всесторонне изучено разнообразие видов стрекоз, относящихся к подотряду Anisoptera, их распространение по биотопам и экологические характеристики распространения в Ташкентской области. Исследования проводились в различных природных и антропогенных водных экосистемах, включая водохранилища, реки, ирригационные каналы и водно-болотные угодья, в течение 2023–2025 гг. Виды стрекоз, выявленные в ходе полевых исследований, были систематизированы, определен их таксономический состав и экологические группы. На основе полученных данных подробно проанализированы видовой состав, закономерности их территориального распространения и уровень экологической адаптации. Установлено, что важную роль в формировании популяций стрекоз играют гидрологический режим водоемов, температура воды, растительный покров и антропогенное воздействие как основные факторы. Отмечено, что наиболее распространенные и экологически адаптируемые виды демонстрируют высокий уровень адаптации. В то же время установлено, что редкие виды характерны только для особых биотопов со стабильными экологическими условиями. Результаты исследования показали, что стрекозы являются важной составляющей водных экосистем и могут использоваться в качестве биоиндикаторов. Полученные результаты имеют важное научное и практическое значение для оценки биоразнообразия региона, мониторинга состояния водных экосистем и разработки мер по их защите и рациональному использованию.

Ключевые слова: Odonata, Anisoptera, Ташкентская область, экосистема, насекомые, фауна стрекоз, род, энтомологический сачок

Благодарности: Авторы выражают благодарность всем коллегам за оказанную научную и практическую помощь в ходе проведения исследования.

DIVERSITY OF DRAGONFLY SPECIES (ODONATA, ANISOPTERA) IN THE TASHKENT REGION

¹Samandarova O. D. ORCID ID 0009-0005-5238-6659,

²Matyakubov Z. Sh. ORCID ID 0000-0003-0404-7589

¹Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan,
e-mail: bek5253@yandex.ru;

²Khorezm Academy of Mamun, Republic of Uzbekistan

This article comprehensively studies the diversity of dragonfly species belonging to the suborder Anisoptera, their distribution by biotope, and ecological characteristics distributed in the Tashkent region. The studies were conducted in various natural and anthropogenic aquatic ecosystems, including reservoirs, rivers, irrigation canals, and wetlands, during 2023–2025. The dragonfly species identified during field research were systematized, and their taxonomic composition and ecological groups were determined. Based on the data obtained, the species composition, patterns of their territorial distribution, and the level of ecological adaptation were analyzed in detail. It was found that the hydrological regime of water bodies, water temperature, vegetation cover, and anthropogenic pressure play an important role in the formation of dragonfly populations as the main factors. It was noted that the most widespread and ecologically adaptable species demonstrate a high level of adaptation. At the same time, it was found that rare species are characteristic only of special biotopes with stable ecological conditions. The results of the study showed that dragonflies are an important component of aquatic ecosystems and can be used as bioindicators. The results obtained are of significant scientific and practical importance in assessing the biodiversity of the region, monitoring the state of aquatic ecosystems, and developing measures for their protection and rational use.

Keywords: Odonata, Anisoptera, Tashkent Region, ecosystem, insects, dragonfly fauna, genus, entomological net

Acknowledgment: The authors express their gratitude to all colleagues for their scientific and practical assistance during the research.

Введение

Стрекозы – насекомые отряда Odonata, являющиеся важным экологическим звеном между водными и наземными экосистемами. В современных исследованиях стрекозы описываются как «один из наиболее чувствительных биоиндикаторов пресноводных экосистем» [1]. Представители подотряда Anisoptera имеют также важное значение с точки зрения молекулярной генетики, что было подробно изучено F. L. Carle, K. M. Kjer и M. L. May [2]. В послед-

нее чувствительных биоиндикаторов пресноводных экосистем» [1]. Представители подотряда Anisoptera имеют также важное значение с точки зрения молекулярной генетики, что было подробно изучено F. L. Carle, K. M. Kjer и M. L. May [2]. В послед-

нее десятилетие в изучении фауны стрекоз Центральной Азии достигнуты значительные научные результаты. В частности, исследования О. Е. Костерина показали, что «распространение видов стрекоз в Узбекистане в основном определяется гидрологическими характеристиками водоемов и ландшафтными условиями» [3, 4]. Это еще больше усиливает необходимость региональных исследований. Масштабные исследования, проведенные в Европе и прилегающих регионах, создали научную основу для мониторинга биоразнообразия стрекоз, что указывает на то, что «видовой состав стрекоз служит надежным индикатором для оценки состояния водных экосистем» [5]. Кроме того, современные исследования, проведенные в глобальном масштабе, показывают, что популяции стрекоз очень чувствительны к изменению климата и антропогенным факторам. В частности, отмечается, что «стрекозы являются важной составляющей биоразнообразия пресноводных экосистем, и их состояние отражает глобальные экологические изменения» [6]. Ташкентский регион отличается разнообразными гидрологическими и экологическими условиями, а предгорья, водохранилища, реки и ирригационные системы формируют благоприятные для стрекоз среды обитания. В то же время растущее антропогенное давление оказывает значительное влияние на популяцию стрекоз [7, 8].

Цель исследования – определение видового разнообразия стрекоз, относящихся к подотряду Anisoptera, в Ташкентской области, изучение особенностей их распространения в различных биотопах и научный анализ их взаимосвязи с ключевыми экологическими факторами.

Материалы и методы исследования

Ташкентская область характеризуется своеобразным природным, экономическим и политико-географическим положением. Она граничит с тремя зарубежными государствами: на севере – с Казахстаном, на востоке – с Кыргызстаном, на юго-востоке – с Таджикистаном [9]. Исследования проводились в 13 районах Ташкентской области (Ахангаранском, Аккурганском, Уртачирчикском, Куйичирчикском, Янгиюльском, Букинском, Пскентском, Юкоричирчикском, Зангиатинском, Чиназском, Паркентском, Кибрайском, Бостанлыкском), а также в г. Ташкенте.

1. Ахангаранский район характеризуется континентальным климатом. По территории протекает р. Ахангаран и ее притоки (Бешкуль, Иртош, Куксарой, Четсув, Чинор, Карабог, Окча, Шоввоз, Новгарзон,

Гушсай и др.). Координаты: 40°58'49.1"N 69°52'01.2"E.

2. Аккурганский район расположен в долине Сырдарьи и ее притока – р. Ахангаран. Координаты: 40°49'09.8"N 69°00'10.7"E.

3. Уртачирчикский район пересекают Ташкентский канал имени Полвонова и канал Карасу; с северо-запада протекает р. Чирчик, с юга – Ахангаран. Имеются коллекторы. На юге расположен Туябугузский водоем (Ташкентское море). Координаты: 41°03'25.3"N 69°18'28.0"E.

4. Куйичирчикский район граничит: на севере – с Чиназским и Янгиюльским районами, на востоке – с Уртачирчикским, на юге – с Аккурганским, на западе – через Сырдарью с Сырдарьинской областью. Координаты: 40°56'03.9"N 68°59'51.9"E.

5. Янгиюльский район в основном равнинный, местами встречаются адырные формы рельефа. Территорию пересекает р. Чирчик. Координаты: 41°07'42.8"N 68°59'45.5"E.

6. Букинский район представлен преимущественно адырным рельефом. Координаты: 40°43'33.4"N 69°11'28.0"E.

7. Пскентский район расположен на правом берегу р. Ахангаран. Координаты: 40°50'01.9"N 69°28'55.8"E.

8. Юкоричирчикский район с востока и севера окружен Чаткальским хребтом. Координаты: 41°10'10.5"N 69°32'42.8"E.

9. Зангиатинский район расположен на правом берегу р. Чирчик, на северо-западе частично примыкает к левому берегу реки Келес. Координаты: 41°15'37.9"N 69°05'08.4"E.

10. Чиназский район находится в месте слияния р. Чирчик и Сырдарьи и известен как «город рыбаков». Координаты: 40°59'57.6"N 68°49'33.3"E.

11. Паркентский район. Координаты: 41°15'28.4"N 69°45'07.2"E.

12. Кибрайский район в северо-восточной части представлен возвышенностями и адырными формами рельефа. Координаты: 41°25'43.4"N 69°29'18.2"E.

13. Бостанлыкский район включает хребты Восточного Тянь-Шаня, Угам, Чаткал и Пскем. Рельеф разнообразный: адырный, горный и высокогорный. Координаты: 41°34'17.8"N 69°56'21.7"E.

14. Город Ташкент расположен в северо-восточной части Узбекистана, вблизи границы с Казахстаном. Координаты: 41°18'00"N 69°16'00"E.

Данное исследование проводилось в 2023–2025 гг. на территории 14 экологических районов Ташкентской области [10]. В качестве мест исследования были выбраны водохранилища, реки, ирригаци-

онные каналы и водно-болотные угодья. В процессе сбора стрекоз использовались стандартные энтомологические методы. Рекомендуется использовать энтомологические сети и визуальное наблюдение вместе как эффективный метод сбора стрекоз [11]. Для определения доминирующих видов использовался индекс Симпсона.

$$D = \left(\frac{n_1}{N} \right)^2 + \left(\frac{n_2}{N} \right)^2 + \dots + \left(\frac{n_S}{N} \right)^2,$$

где n_i – численность особей i -го вида,
 N – общее число особей,
 S – число видов.

Идентификация видов проводилась в лабораторных условиях на основе морфологических признаков. Жилкование крыльев, окраска тела и половые придатки самцов являются важными диагностическими признаками при идентификации стрекоз. В систематике стрекоз эти признаки являются основными критериями идентификации [12, 13]. При определении видов стрекоз использовались определители и интернет-сайты [14, 15].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования, проведенного по районам Ташкентской области Республики Узбекистан, были выявлены стрекозы

подотряда Anisoptera, относящиеся к 2 семействам, 7 родам и 16 видам (табл. 1).

ANISOPTERA

AESHNIDAE

Anax Leach, 1815

Anax imperator Leach, 1815

Местонахождение, координаты и дата обнаружения: район Янгиюль район (41°01'36.7"N 69°02'04.6"E), 27.05.2024 (1♀, 1♂).

Распространение: Кавказ, Малая Азия, Иран и Центральная Азия, страны Западной Европы.

Зоогеография: Это транспалеарктический вид, адаптированный к различным климатическим условиям.

Экология: Императорская анаконда в основном обитает в стоячих или медленно текущих водоемах. Она живет в озерах, прудах, водохранилищах, каналах и болотистых районах.

Anax parthenope (Selys, 1839)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Притоки реки Бостонлыкского района, Ташкентская область (41°32'31.2"N 69°38'08.5"E) 24.V.2025 (1♂), бассейны реки Чирчик, притоки реки Яни Ташкентского района, Ташкентская область (41°15'41.6"N 69°22'24.8"E) 27.06.2025 (2♀, 1♂).

Распространение: Распространен во многих странах, ареал охватывает Европу, Ближний Восток, Центральную Азию и частично Восточную Азию.

Таблица 1

Таксономическая характеристика видов стрекоз подотряда Anisoptera, выявленных на территории Ташкентской области

Подотряд	Семейство	Род	Виды
Anisoptera	Aeschnidae	<i>Anax</i>	<i>Anax imperator</i>
			<i>Anax parthenope</i>
	Libellulidae	Libellula	Libellula quadrimaculata
		Selysiothemis	Selysiothemis nigra
		Sympetrum	Sympetrum pedemontanum
			Sympetrum striolatum
			Sympetrum fonscolombii
			<i>Sympetrum vulgatum</i>
			<i>Sympetrum flaveolum</i>
			<i>Sympetrum meridionale</i>
		Crocothemis	Crocothemis servilia
		Orthetrum	Orthetrum brunneum
			Orthetrum cancellatum
			Orthetrum sabina
			<i>Orthetrum coerulescens subsp. anceps</i>
			<i>Orthetrum albistylum</i>
Итого	2	7	16

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

Зоогеография: Зоогеографически этот вид является транспалеарктическим.

Экология: Этот вид менее территориален, чем *Anax imperator*, и отличается дальним перелетом над открытой водой. *Anax parthenope* экологически связан со стоячими и медленно текущими водоемами. Он обитает в озерах, прудах, водохранилищах, каналах и других водоемах.

Libellulidae Rambur, 1842

Crocothemis

Crocothemis servilia (Drury, 1773)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: город Ташкент (41°17'07.3"N 69°21'14.7"E) – 28.07.2025 (1♀, 2♂).

Распространение: Основной ареал охватывает Южную и Юго-Восточную Азию, включая Индию, Шри-Ланку, Китай, Таиланд, Вьетнам и Индонезию.

Зоогеография: в зоогеографическом отношении относится преимущественно к Ориентальной (Индо-Малайской) области.

Экология: *Crocothemis servilia* экологически связана главным образом со стоячими или слабо текущими водоемами. Обитает в озерах, прудах, каналах, водохранилищах и заболоченных участках.

Sympetrum Newman, 1833

Sympetrum vulgatum (Linnaeus, 1758)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Паркентский район (41°16'03.8"N 69°34'16.2"E) – 26.07.2024 (1♀, 2♂).

Распространение: Широко распространен в Палеарктическом регионе, встречается в Европе и Азии.

Зоогеография: Транспалеарктический вид (Аскью, 1988).

Экология: Более приспособлен к прохладным и влажным регионам. Растет в стоячих водоемах.

Sympetrum flaveolum (Linnaeus, 1758)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Янгиюльский район (41°04'24.8"N 69°06'10.1"E) – 05.06.2025 (2♂).

Распространение: Широко распространен в Палеарктическом регионе, встречается в Европе, Сибири и Центральной Азии.

Зоогеография: Транспалеарктический вид.

Экология: В основном обитает в стоячих и временных водоемах. Адаптирован к холодным и влажным условиям, мигрирующий.

Sympetrum meridionale (Selys, 1841)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Букинский район (40°48'59.0"N 69°12'20.5"E) – 10.07.2025 (1♀, 1♂).

Распространение: Встречается в южной и центральной Европе, на Кавказе и в Центральной Азии.

Зоогеография: Элемент Южной Палеарктики (Аскью, 1988).

Экология: Связан с застойными водоемами, устойчив к засушливым условиям.

Sympetrum fonscolombii

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Город Ташкент (41°12'22.7"N 69°17'23.1"E) – 27.08.2025 (3♀, 2♂).

Распространение: В основном распространены в теплых регионах Европы, Африки и Азии.

Зоогеография: Субтропический – палеарктический вид.

Экология: Быстро заселяет временные водоемы. Адаптирован к теплomu климату, мигрирующий.

Sympetrum striolatum (Charpentier, 1840)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Город Ташкент (41°12'15.3"N 69°17'45.4"E) – 18.08.2024 (4♀, 1♂).

Распространение: Широко распространен в Европе, на Кавказе, в Центральной Азии и Северной Африке.

Зоогеография: Транспалеарктический вид.

Экология: Очень адаптивный вид, обитающий в различных водоемах. Также встречается в антропогенных средах.

Sympetrum pedemontanum (Allioni, 1766)

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Кибрайский район (41°22'14.0"N 69°31'36.1"E) – 26.06.2025 (3♀, 3♂).

Распространение: Широко распространен в Европе и Центральной Азии, с фрагментированным ареалом.

Зоогеография: Западно-палеарктический элемент (Дийкстра и Левингтон, 2006).

Экология: В основном обитает во влажных, заросших растительностью водоемах. Отличается яркими пятнами на крыльях.

Libellula Linnaeus, 1758

Libellula quadrimaculata Linnaeus, 1758

Местонахождение, координаты и дата обнаружения: Ташкентский ботанический сад (41°20'51.0"N 69°18'45.1"E) – 25.07.2025 (1♀, 1♂).

Распространение: Европа, Центральная Азия, Индия, Китай, Япония, Северная Америка.

Зоогеография: Зоогеографически этот вид считается голарктическим, то есть распространен в Палеарктическом и Неарктическом регионах (Корбет, 1999, с. 456).

Экология: Одной из важных экологических особенностей этого вида является его адаптация к прохладным и влажным условиям. Часто встречается в лесистых и болотистых районах.

Orthetrum Newman, 1833

Orthetrum brunneum (Fonscolombe, 1837)

Местонахождение, координаты и дата обнаружения: Бостонлыкский район

(41°32'31.2"N 69°38'08.5"E) – 15.V.2024 (2♂), 24.05.2025 (1♀, 2♂); ручьи, пруды Тас-Тугизак, Ташкентская область (41°22'09.5"N 69°31'29.4"E) 02.06.2025 (1♀, 1♂).

Распространение: Ареал охватывает территории Западной Европы, Кавказа, Малой Азии, Ирана и Центральной Азии.

Зоогеография: Зоогеографически этот вид является элементом южной Палеарктики и хорошо адаптирован к теплым и сухим климатическим условиям.

Экология: *Orthetrum brunneum* в основном обитает в медленно текущих или мелководных водоемах.

***Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758)**

Местонахождение, координаты и дата обнаружения: горный хребет Угом Чаткол (41°37'50.7"N 69°56'51.3"E) – 04.08.2024 (1♀); Бектемирский район Ташкентской области (41°12'15.3"N 69°17'45.4"E) – 16.05.2025 (2♀, 1♂).

Распространение: Широко распространен в Палеарктическом регионе, встречается в Европе, на Кавказе, в Малой Азии и Центральной Азии, в том числе в различных водоемах Узбекистана.

Зоогеография: Этот вид является транспалеарктическим.

Экология: Одной из важных экологических особенностей этого вида является предпочтение открытых и солнечных биотопов.

***Orthetrum sabina* (Drury, 1773)**

Местоположение, координаты и дата обнаружения: водохранилище Туябогиз, его окрестности, ручьи и озера (40°56'35.5"N 69°22'02.2"E) – 02.09.2024 (4♀ 3♂).

Распространение: вид, интродуцированный в Индию и Шри-Ланку, Китай, Таиланд, Вьетнам, Малайзию, Индонезию и на Филиппинские острова, а также в Центральную Азию.

Зоогеография: индо-малайский вид.

Экология: *Orthetrum sabina* экологически очень адаптивен, в основном связан со стоячими и медленно текущими водоемами.

***Orthetrum coerulescens subsp. anceps* (Schneider, 1845)**

Местоположение, координаты и дата обнаружения: Юкориичирчикский район, кишлак Ходжа, МФЙ Урта-Сарой (41°08'50.2"N 69°25'12.6"E) – 26.05.2025 (1♀).

Распространение: Встречается в Европе, на Кавказе, в Малой Азии и Центральной Азии.

Зоогеография: Этот вид является транспалеарктическим, мигрирующим.

Экология: *Orthetrum coerulescens* в основном обитает в медленно текущих или небольших водоемах.

***Orthetrum albistylum* (Selys, 1848)**

Местонахождение, координаты и дата обнаружения: Ташкентский ботанический сад (41°20'51.0"N 69°18'45.1"E) – 25.07.2025 (1♀, 1♂).

Распространение: Встречается на территориях России, Центральной Азии, Китая, Японии и Кореи.

Зоогеография: Этот вид является транспалеарктическим.

Экология: Этот вид экологически толерантен. Он адаптирован к различным водным условиям и встречается как в естественных, так и в антропогенных водоемах. Этот вид часто предпочитает открытые и солнечные биотопы. Самцы занимают территории у воды и проявляют активное территориальное поведение.

Selysiotthemis

***Selysiotthemis nigra* (Vander Linden, 1825)**

Местонахождение, координаты и дата обнаружения: Янгиюльский район, (40°54'19.9"N 68°43'17.2"E) – 30.08.2025 (1♀, 1♂).

Распространение: Южная Европа (Испания, Италия, Греция), Северная Африка, Ближний Восток (Турция, Иран), Центральная Азия (включая Узбекистан).

Зоогеография: рассматривается как вид, связанный с афротропическим регионом.

Экология: *Selysiotthemis nigra* отличается специфическими экологическими особенностями; преимущественно обитает в засушливых и полупустынных районах, связанных с водоемами.

Территории, на которых проводились исследования: Букинский район, аллея Бахор (40°48'59.0"N 69°12'20.5"E), Ташкентская область, Бостанлыкский район, Таваксай (41°32'31.2"N 69°38'08.5"E), Чиназский район (40°54'17.9"N 68°41'56.1"E), Ахангаранский район, махалля Енарик (40°53'57.5"N 69°46'27.4"E), Аккурганский район, махалля Бирлик (40°52'57.3"N 69°02'28.9"E), Уртачирчикский район (40°56'07.8"N 69°21'36.7"E), Паркентский район, махалля Истикбол (41°18'18.3"N 69°38'20.4"E), Пскентский район, Туябугузское водохранилище (40°56'35.5"N 69°22'02.2"E), Кибрайский район (41°23'37.6"N 69°25'03.8"E), Куйичирчикский район (40°59'11.8"N 68°57'43.1"E), город Ташкент, Ботанический сад (41°20'51.0"N 69°18'45.1"E), Янгиюльский район, махалля Обихайот (40°54'19.9"N 68°43'17.2"E), Юкориичирчикский район, кишлак Ходжа, МФЙ Урта-Сарой (41°08'50.2"N 69°25'12.6"E), Зангиатинский район (41°11'45.8"N 69°05'41.4"E). Распределение стрекоз Ташкентской области по районам представлено в табл. 2.

Таблица 2

Распределение представителей видов стрекоз подотряда Anisoptera по районам Ташкентской области

№	Виды	Ахангаран	Аккурган	Уртачирчик	Куйичирчик	Янгиюль	Бука	Пскент	Юкориичирчик	Зангиата	Чиназ	Паркент	Кибрай	Бостанлык	Ташкент
1	<i>Anax imperator</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	<i>Anax parthenope</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	<i>Libellula quadrimaculata</i>	–	–	+	+	–	–	+	+	–	–	+	–	+	+
4	<i>Selysiothemis nigra</i>	–	–	–	+	+	+	–	–	–	+	–	–	–	–
5	<i>Sympetrum pedemontanum</i>	–	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	–	+	+
6	<i>Sympetrum striolatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	<i>Sympetrum fonscolombii</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	<i>Sympetrum vulgatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
9	<i>Sympetrum flaveolum</i>	–	–	+	+	–	–	+	+	–	–	+	–	+	–
10	<i>Sympetrum meridionale</i>	–	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	–	+	+
11	<i>Crocothemis servilia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+
12	<i>Orthetrum brunneum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	<i>Orthetrum cancelatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
14	<i>Orthetrum sabina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–
15	<i>Orthetrum coerulescens</i>	–	+	+	+	–	–	+	+	–	–	+	–	+	–
16	<i>Orthetrum albistylum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Заключение

В результате комплексных энтомологических исследований, проведенных на территории Ташкентской области в 2023–2025 гг., было всесторонне проанализировано видовое разнообразие стрекоз (Odonata: Anisoptera), их распределение по биотопам и закономерности экологической адаптации. Исследования охватили 13 районов и г. Ташкент и проводились в различных гидроэкосистемах – реках, водохранилищах, ирригационных каналах и водно-болотных угодьях.

Полученные результаты показали, что на территории региона выявлено 2 семейства, 7 родов и 16 видов подотряда Anisoptera, что свидетельствует о сравнительно высоком уровне видового разнообразия и экологической неоднородности фауны стрекоз Ташкентской области. Среди выявленных видов доминируют широко распространенные и экологически пластичные представители родов *Anax*, *Sympetrum* и *Orthetrum*. Особенно отмечено, что представители родов *Sympetrum* и *Orthetrum*

встречаются практически во всех районах, что указывает на их высокую экологическую адаптивность.

Территориальный анализ показал, что распределение стрекоз предположительно связано с типом водоемов, температурным режимом, растительным покровом и уровнем антропогенного воздействия. В равнинных районах с развитой ирригационной системой преобладают экологически устойчивые виды с широким ареалом, тогда как в предгорных и горных районах (Бостанлыкский, Паркентский) отмечены более специализированные и экологически требовательные виды.

Список литературы

1. Kalkman V. J., Clausnitzer V., Dijkstra K.-D. B., Orr A. G., Paulson D. R., van Tol J. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater // *Hydrobiologia*. 2008. P. 351–363. DOI: 10.1007/S10750-007-9029-X.
2. Carle F. L., Kjer K. M., May M. L. A molecular phylogeny and classification of Anisoptera (Odonata) // *Arthropod Systematics & Phylogeny*. 2015. Vol. 73. Is. 2. P. 281–301. URL: https://www.zobodat.at/pdf/Arthropod-Systematics-Phylogeny_73_0281-0301.pdf (дата обращения: 11.05.2026).

3. Костерин О. Э. Фауна стрекоз (Odonata) и дневных бабочек (Lepidoptera: Papilionoidea) Шлюзовского лесоболотного комплекса // Уникальный памятник природы Шлюзовской лесоболотный комплекс «Сказочный». Экология и охрана: материалы региональной междисциплинарной научно-практической конференции (г. Новосибирск, 19 апреля 2018 г.). Новосибирск, 2020. С. 77–87. URL: https://pisum.icgbio.ru/kosterin/pdf/kosterin_2020_dragonflies_butterflies.pdf (дата обращения: 11.05.2026).
4. Ilyina E. V., Kosterin O. E., Onishko V. V. First data on dragonflies (Odonata) of Dagestan highlands, Russia // *Euroasian Entomological Journal*. 2024. Vol. 23. Is. 1. P. 1–17. URL: https://kmkjournals.com/upload/PDF/EEJ/23/23_1_001_017_Plyna.pdf (дата обращения: 11.05.2026).
5. Hallworth M. T., Marra P. P., McFarland K. P., Zahendra S., Studds C. E. Tracking dragons: Stable isotopes reveal the annual cycle of a long-distance migratory insect // *Biol. Lett.* 2018. Vol. 14 (12). P. 20180741. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6303508/> (дата обращения: 11.05.2026).
6. Borisov S. N., Iakovlev I. K., Borisov A. S., Zuev A. G., Tiunov A. V. Isotope evidence for latitudinal migrations of the dragonfly *Sympetrum fonscolombii* (Odonata: Libellulidae) in Middle Asia // *Ecological Entomology*. 2020. Vol. 45. P. 1445–1456. URL: https://eco.nsc.ru/publ/Borisov_et_al_2020_EE.pdf (дата обращения: 11.05.2026).
7. Азявичкова Т. В., Карнюшко О. Б. Одонатофауна различных прибрежных территорий Бобруйского района // *Наука и образование сегодня*. 2018. № 12 (35). С. 6–9. URL: <https://publikacija.ru/images/PDF/2018/35/Science-and-education-today-12-35.pdf> (дата обращения: 11.05.2026).
8. Самандарова О. Д. Распространение и экология вида *Selysiotemis nigra* (Vander Linden, 1825) на территории Ташкентской области // Актуальные вопросы науки и образования VII Международная научно-практическая конференция 5 декабря 2025 г. (г. Пенза, ул. Красная, 74). С. 17–19. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2025/12/МК-2520-1.pdf> (дата обращения: 11.05.2026).
9. O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi // O'zbekiston Respublikasining ma'muriy-hududiy bo'linishi. Toshkent, 2023. (Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике // *Административно-территориальное деление Республики Узбекистан*. Ташкент, 2023. URL: <https://stat.uz/files/349/METAMALUMOTLARuz/3188/Ozbekiston-Respublikasining-mamuriy-hududiy-tuzilishi.pdf> (дата обращения: 21.05.2026).
10. Samandarova O. D., Kalbaeva S. I. Toshkent viloyatida tarqalgan Orthetrum newman, 1833 avlodi ninachi (odonata) turlarining bio-ekologik xususiyatlari // *Xorazm ma'mun akademiyasi axborotnomasi*. 2025. №4(1). 124–127 b. (Самандарова О. Д., Калбаева С. И. Биоэкологические особенности видов стрекоз рода Orthetrum (Odonata), распространенных в Ташкентской области // *Вестник Хорезмской академии Мамуна*. 2025. № 4/1. С. 124–127. URL: <https://mamun.uz/uz/bulletin/archive/2025/4> (дата обращения: 21.05.2026).
11. Borisov A. S., Borisov S. N. Spring immigration of dragonflies (Odonata) in Tajikistan // *Евразийский энтомологический журнал*. 2019. Т. 18. С. 305–311. URL: https://kmkjournals.com/upload/PDF/EEJ/18/18_5_305_311_Borisov.pdf (дата обращения: 11.05.2026).
12. Vincent J. Kalkman, Jean-Pierre Boudot, Ryo Futahashi, John C. Abbott, Cornelio A. Bota-Sierra, Robert Guralnick, Seth M. Bybee, Jessica Ware, Michael W. Belitz Diversity of Palaearctic dragonflies and damselflies (Odonata) // *Diversity*. 2022. Vol. 14. Is. 11. Art. 966. DOI: 10.3390/d14110966.
13. Boudot J.-P., Borisov S., De Knijf G., van Grunsven R. H. A., Schröter A., Kalkman V. J. Atlas of the dragonflies and damselflies of West and Central Asia // *Brachytron*. 2021. Vol. 22 (Supplement). P. 3–248. URL: <https://www.odonata.be/LVV/images/Publicaties/Brachytron-special.pdf> (дата обращения: 21.05.2026).
14. Odonata Central Database. *Sympetrum vulgatum*. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.odonatacentral.org/app/#/wol/> (дата обращения: 11.05.2026).
15. iNaturalist Platform. *Anax imperator*. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.inaturalist.org/> (дата обращения: 11.05.2026).

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.



ВПЕРВЫЕ ВЫЯВЛЕННЫЙ *GOBIO LEPIDOLAEMUS* (KESSLER, 1872) ИЗ РЕКИ ЧОДАКСАЙ В ИХТИОФАУНЕ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

Хамдамов А. Р. ORCID ID 0009-0000-5828-5967

Ферганский государственный университет, Фергана, Республика Узбекистан,
e-mail: abdulnosirkhamdamov92@gmail.com

В данной работе представлены результаты исследования биоэкологических и морфометрических характеристик *Gobio lepidolaemus*, собранного в р. Чодакса, Наманганская область, Узбекистан, в 2024–2025 гг. Вид впервые описан К. Ф. Кесслером в 1872 г. как *Gobio fluviatilis* var. *lepidolaemus* и долгое время рассматривался как географическая форма *Gobio gobio*. Современные таксономические данные могут засвидетельствовать статус отдельного вида – *Gobio lepidolaemus* Kessler, 1872, с ареалом, ограниченным бассейном Аральского моря и соседними территориями Центральной Азии. В ходе исследования проводился сбор девяти образцов, определялись морфометрические показатели с высокой точностью, включая общую и стандартную длину, длину и высоту тела, размеры головы, плавников и чешуи боковой линии. Полученные данные показали общую длину 52,11–92,39 мм и стандартную длину 42,28–77,04 мм, что свидетельствует о преобладании молодых и полуразвитых особей. Формула лучей плавников (D III 7, A II 6, P I 12–15, V I 6, C 9+9) и число чешуи боковой линии (39–40) полностью соответствуют диагностическим признакам вида. Морфометрический анализ выявил пропорциональное строение тела и развитость спинного и хвостового плавников, что обеспечивает адаптацию к течению реки и бентосному образу жизни. Показатели головы и хвостового стебля указывают на приспособленность к питанию у донного грунта и эффективное передвижение. Результаты показывают стабильность фенотипа и хорошую экологическую адаптацию популяции *Gobio lepidolaemus* в Чодаксае. Эти данные являются важными для дальнейшего изучения биоэкологии и состояния популяции данного вида.

Ключевые слова: *Gobio lepidolaemus*, *Gobionidae*, морфометрические показатели, популяция, морфологическая изменчивость, речные экосистемы, Чодакса, бассейн Аральского моря, пресноводные рыбы, систематика, биостатистический анализ, аллопатрия, бентический образ жизни, адаптация

THE FIRST RECORDED *GOBIO LEPIDOLAEMUS* (KESSLER, 1872) FROM THE CHODAKSAY RIVER IN THE ICHTHYOFAUNA OF THE FERGANA VALLEY

Khamdamov A. R. ORCID ID 0009-0000-5828-5967

Fergana State University, Fergana, Republic of Uzbekistan,
e-mail: abdulnosirkhamdamov92@gmail.com

This study presents the bioecological and morphometric characteristics of *Gobio lepidolaemus* from the Chodaksoy River (Pop District, Namangan Region, Uzbekistan) collected during 2024–2025. The species was first described by K. F. Kessler in 1872 as *Gobio fluviatilis* var. *lepidolaemus* and long considered a geographic form of *Gobio gobio*. Recent taxonomic studies recognize *G. lepidolaemus* Kessler, 1872 as a distinct species, with a distribution mainly limited to the Aral Sea basin and connected river systems. Nine specimens were analyzed for morphometric traits, including total and standard length, body height and width, head dimensions, fin rays, and lateral line scales. Total length ranged from 52.11 to 92.39 mm, standard length from 42.28 to 77.04 mm, indicating a population dominated by juvenile and subadult individuals. Fin ray formulas (D III 7, A II 6, P I 12–15, V I 6, C 9+9) and lateral line scales (39–40) matched diagnostic characteristics. Morphometric analysis showed stable body and head proportions, well-developed dorsal and caudal fins, reflecting adaptation to flowing river habitats. Head and caudal proportions indicated benthic feeding strategies. These results show that the *G. lepidolaemus* population in the Chodaksoy River is morphologically stable, ecologically well-adapted, and provide essential baseline data for future bioecological and population studies.

Keywords: *Gobio lepidolaemus*, *Gobionidae*, morphometric parameters, morphological variability, population, river ecosystems, Chodaksoy River, Aral Sea basin, freshwater fishes, systematics, biostatistical analysis, allopatry, benthic lifestyle, adaptation

Введение

Gobio lepidolaemus впервые был описан К. Ф. Кесслером в 1872 г. на основании обширного материала, собранного в бассейне р. Зарафшан (Узбекистан) и в районе Сырдарьи в Ходженте (ныне Таджикистан), под названием *Gobio fluviatilis* var. *lepidolaemus*.

В течение большей части XX в. *G. lepidolaemus* рассматривался в основном как географическая форма или подвид широко распространенного *Gobio gobio*, что отражало традиционный морфологический подход, учитывающий значительную внутривидовую изменчивость у этого вида. В ряде обобщающих работ этот таксон счи-

тали синонимом *G. gobio*, тогда как другие авторы признавали его подвигом, указывая на устойчивые различия в костном покрове, пропорциях тела и региональном распространении.

Последние ревизии, основанные на комплексном анализе внешних признаков, ареала и зоогеографической изоляции, привели к переоценке данного подхода. Было установлено, что популяции, традиционно отнесенные к *Gobio lepidolaemus*, ограничены бассейном Аральского моря и смежными речными системами Центральной Азии и не пересекаются с ареалом *Gobio gobio sensu stricto*. Эта аллопатрическая структура, вместе с устойчивым набором диагностических признаков, стала основанием для признания таксона отдельным видом под названием *Gobio lepidolaemus* Кесслер, 1872 [1] (рис. 2).

В настоящее время *G. lepidolaemus* считается истинным видом семейства Gobionidae. Его широкий, но четко ограниченный ареал охватывает бассейн Аральского моря (Узбекистан, Таджикистан, Казахстан, Киргизия), а также прилегающие районы Афганистана и Ирана [2]. Он обитает исключительно в пресноводных средах, встречаясь в равнинных и предгорных реках и их притоках [3]. Исторически этот вид связывали с географическими формами *Gobio caucasicus*, *Gobio holurus* и *Gobio skadarensis*, однако в современной систематике они рассматриваются не как подвиды *G. lepidolaemus*, а как отдельные виды. Таким образом, эволюционное толкование данного таксона отражает общую тенденцию отказа от полиотипической концепции *Gobio gobio* и признания комплекса аллопатрических видов, сформировавшихся в отдельных гидрологических бассейнах Евразии.

Материалы и методы исследования

Образцы рыб, использованные в данном исследовании, собирались в р. Чодаксай в 2024–2025 гг. Для ловли использовалась сеть длиной 2–3 м и шириной 1,5–2 м (рис. 1).

Морфометрические измерения рыб проводились с использованием электронного штангенциркуля с точностью 0,01 мм по методике, предложенной Коттелем и Фрейхофом [4, с. 327], с измерением левой стороны тела. Для биостатистического анализа изменчивости морфометрических признаков и различий между популяциями применялись методы Г. Лакина [5, с. 47–52] и Н. Мустафоева [6, с. 77–79]. Изменчивость оценивалась через дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации.

В данном исследовании для оценки изменчивости рассчитывались дисперсия (1), среднее квадратическое отклонение (2) и коэффициенты вариации (3):

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n-1)}, \quad (1)$$

$$S = \sqrt{S^2}, \quad (2)$$

$$CV = \left(\frac{S}{\bar{x}} \right) \times 100 \%, \quad (3)$$

где S^2 – дисперсия;

x_i – измеренные значения;

$\bar{x}$ – среднее арифметическое;

S – среднее квадратическое отклонение;

CV – коэффициент вариации в процентах.

Для оценки морфологической изменчивости на основе морфометрических показателей границы процента коэффициента вариации рассчитывались по Н. Мустафоеву [6, с. 77–79]. Согласно ему, если коэффициент вариации меньше 5 %, изменчивость считается низкой; при 5–10 % – средней; больше 10 % – высокой.

Для выявления морфометрических различий между популяциями рассчитывались разницы средних морфометрических показателей двух популяций (4) и ее ошибка (5), после чего использовалась формула t -распределения:

$$d = \bar{x}^1 - \bar{x}^2, \quad (4)$$

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum_1 - \sum_2}{n_1 + n_2 - 2} \times \frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}}, \quad (5)$$

где $\bar{x}^1$ и $\bar{x}^2$ – средние значения для каждой популяции;

d – разницы средних;

s_d – ошибка разницы средних;

n_1 и n_2 – размеры выборок;

Статистические сравнения не проводились в связи с малым размером выборки ($n = 9$). Для определения статистической значимости использовался критерий Стьюдента с уровнем $P < 0,01$. Все расчеты выполнялись в MS Excel 2019 [7–9].

Результаты исследования и их обсуждение

Всего было проанализировано 9 экземпляров ($n = 9$) *Gobio lepidolaemus*, общая длина составила 52,11–92,39 мм, средняя – 61,32 мм; стандартная длина – 42,28–77,04 мм, средняя – 50,54 мм. Формула лучей плавников: D III 7, A II 6, P I 12–15, V I 6, C 9+9; количество боковых чешуй 39–40 (таблица).

Морфометрические показатели исследованных рыб (мм и %)

Показатель	min	max	mean	mean $\pm$ SD (n = 9)
Абсолютные размеры (мм)				
Общая длина (TL), мм	52,11	92,39	61,32	–
Стандартная длина (SL), мм	42,28	77,04	50,54	–
В % от стандартной длины (SL)				
Длина головы (HL)	23,94	28,07	26,49	1,14
Высота тела у основания спинного плавника	21,65	26,06	24,66	1,25
Ширина тела у основания спинного плавника	14,63	18,11	16,69	1,34
Преддorsальное расстояние	46,01	50,89	49,42	1,59
Постдorsальное расстояние	38,22	43,17	40,50	1,77
Препельвикальное расстояние	48,46	52,09	49,97	1,29
Преанальное расстояние	67,05	70,94	69,38	1,25
Преанусное расстояние	61,09	64,46	62,90	1,24
Высота спинного плавника	21,07	25,21	22,62	1,14
Длина основания спинного плавника	12,32	14,50	13,45	0,71
Высота анального плавника	15,11	19,38	16,74	1,26
Длина основания анального плавника	6,12	9,56	8,06	0,98
Длина грудного плавника	16,48	19,38	18,16	0,94
Длина брюшного плавника	14,98	16,76	15,65	0,62
Длина хвостового плавника	19,34	24,03	21,77	1,75
Длина хвостового стебля (CPL)	19,50	24,20	21,91	1,37
Высота хвостового стебля (CPD)	9,58	13,12	11,76	1,28
Ширина хвостового стебля	7,73	9,27	8,82	0,54
Расстояние между грудными и брюшными плавниками	22,12	26,24	24,68	1,47
Расстояние между брюшными и анальным плавниками	18,06	21,01	19,68	1,09
Расстояние между анусом и анальным плавником	2,67	5,62	4,44	1,12
CPL/CPD	1,60	2,24	1,88	0,18
В % от длины головы (HL)				
Высота головы в затылочной области	64,98	70,20	67,51	1,65
Высота головы в области глаза	50,13	55,09	52,85	1,92
Максимальная ширина головы	63,55	71,32	66,00	2,88
Длина рыла	30,50	37,32	35,05	2,16
Диаметр глаза	17,76	25,55	22,03	2,40
Межглазничное расстояние	33,04	39,67	35,47	2,21
Посторбитальная длина головы	39,39	46,37	42,46	2,43
Ширина рта	23,59	29,65	26,57	2,37
Длина усика верхней челюсти	22,47	32,06	26,12	3,06

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

Длина головы *Gobio lepidolaemus* (рис. 2) составила 23,94–28,07 % от стандартной длины (SL). Высота тела, измеренная у основания спинного плавника, немного меньше длины головы ($24,66 \pm 1,25$ % SL против $26,49 \pm 1,14$ %). Преддorsальная длина составляет почти половину стандартной длины ($49,42 \pm 1,59$ %). Постдorsальная длина всегда меньше преддorsальной

($40,50 \pm 1,77$ % SL против $49,42 \pm 1,59$ %). Высота спинного плавника немного меньше длины головы (21,07–25,21 % SL против 23,94–28,07 %). Среди плавников наибольшая длина характерна для спинного плавника ($22,62 \pm 1,14$ % SL), тогда как у анального она составляет $16,74 \pm 1,26$ %, грудного – $18,16 \pm 0,94$ %, брюшного – $15,65 \pm 0,62$ %, хвостового – $21,77 \pm 1,75$ %.



Рис. 1. Зоны проведения исследования
Примечание: карта была составлена Э. Нажмиддиновым и А. Кучбаевым с использованием программы Google Maps, точки исследования были отмечены Ш. Халимовым

Длина хвостового стебля превышает его высоту в 1,60–2,24 раза. Расстояние между грудным и брюшным плавниками всегда больше расстояния между брюшным и анальным плавниками ($24,68 \pm 1,47 \% > 19,68 \pm 1,09 \%$).

Высота головы, измеренная в затылочной области, составляет 64,98–70,20 % от длины головы (HL). Посторбитальная длина головы равна 39,39–46,37 % HL и больше длины рыла (30,50–37,32 %). Диаметр глаза, измеренный по горизонтали, составляет 17,76–25,55 % HL.



Рис. 2. *Gobio lepidolaemus* Кесслер, 1872
(фото авторов)

Показатели общей и стандартной длины образцов *Gobio lepidolaemus*, собранных в р. Чодаксай, соответствуют диапазонам, указанным в литературе для данного вида. Общая длина исследованных экземпляров составила 52,11–92,39 мм, что свидетельствует о том, что в популяции преобладают молодые и полуразвитые особи. Средняя стандартная длина – 50,54 мм – может указывать на преобладание молодых особей, однако для оценки стратегии роста необходимы дополнительные исследования.

Формула лучей плавников (D III 7, A II 6, P I 12–15, V I 6, C 9+9), а также количество чешуй в боковой линии (39–40) полностью соответствуют диагностическим признакам рода *Gobio*. Это может свидетельствовать о правильности систематической идентификации образцов, определенных в ходе исследования.

Результаты морфометрического анализа показали относительную стабильность пропорций тела. Длина головы составляет 23,94–28,07 % от стандартной длины (SL), что свидетельствует о приспособленности вида к бентическому образу жизни [10; 11]. Высота тела, измеренная у основания спинного плавника, немного меньше длины головы, что указывает на вытянутую и низкопрофильную форму тела, являющуюся благоприятной для передвижения в условиях течения. Преддorsальная длина составляет почти половину стандартной длины, тогда как постдorsальная длина всегда меньше, что указывает на важную роль спинного плавника в поддержании равновесия тела и механике плавания [12; 13].

Наибольшая высота среди плавников наблюдается у спинного плавника, что можно рассматривать как адаптацию, обеспечивающую устойчивое плавание у дна водоема. Длина хвостового стебля превышает его высоту в 1,60–2,24 раза, что свидетельствует о хорошо развитой хвостовой части и способности к быстрым движениям [14]. Соотношение расстояний между грудными и брюшными и брюшными и анальными плавниками указывает на пропорциональное расположение сегментов тела.

Показатели, характеризующие голову, также тесно связаны с экологическими адаптациями. Высота головы, измеренная в затылочной области, составляет 65–70 % длины головы (HL), что косвенно может указывать на развитие челюстной мускулатуры. Посторбитальная длина головы превышает длину рыла, а средний размер глаза указывает на достаточное развитие органов зрения и чувств для условий придонной среды реки [15].

В целом полученные морфометрические показатели свидетельствуют о предположительной адаптации *Gobio lepidolaemus* к условиям р. Чодаксай и относительно стабильной фенотипической структуре.

Заключение

Проведенное исследование позволило впервые зафиксировать присутствие *Gobio lepidolaemus* в р. Чодаксай, что расширяет представления о современном распространении данного вида в пределах Ферганской долины. Полученные морфометрические и биоэкологические данные в целом согласуются с литературными сведениями и подтверждают корректность видовой идентификации исследованных экземпляров.

Анализ морфометрических показателей показывает относительную стабильность пропорций тела и отсутствие выраженной изменчивости в пределах изученной выборки, что может свидетельствовать о сформировавшейся и адаптированной к локальным условиям популяции. Выявленные особенности строения, в частности пропорции тела, головы и плавников, указывают на приспособленность вида к бентическому образу жизни в условиях проточного водоема.

В то же время ограниченный объем выборки не позволяет делать окончательные выводы о популяционной структуре, динамике роста и степени внутривидовой изменчивости. В связи с этим представленные результаты следует рассматривать как предварительные. Дальнейшие исследования, включающие более широкий материал

и сравнительный анализ с другими популяциями, необходимы для углубленного понимания биоэкологии и систематического положения *Gobio lepidolaemus* в регионе.

Список литературы

1. Sheraliev B. The systematic analysis of the fish fauna of the Fergana Valley (Систематический анализ ихтиофауны Ферганской долины) // European Journal Of Biomedical And Life Sciences 2015. Vol. 2. P. 80–84. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-systematic-analysis-of-the-fish-fauna-of-the-fergana-valley/viewer> (дата обращения: 04.05.2026). EDN: TWEDRT.
2. Karimov E., Omonov O., Rozimov A., Karimov B. First information about the ichthyofauna of the mountain rivers of Morkhonasoy and Vazhaksay in the upper reaches of the Tupalang River basin // Uzbek Biological Journal 2024. Vol. 3. P. 41–46. URL: https://www.researchgate.net/publication/382975362_First_information_about_the_ichthyofauna_of_the_mountain_rivers_of_Morkhonasoy_and_Vazhaksay_in_the_upper_reaches_of_the_Tupalang_River_basin (дата обращения: 04.05.2026).
3. Sheraliev B., Peng Z. Molecular diversity of Uzbekistan's fishes assessed with DNA barcoding // Scientific Reports. 2021. T. 11. Vol. 1. P. 16894. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-96487-1> (дата обращения: 06.05.2026).
4. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European Freshwater Fishes. Berlin: Kottelat, Cornol & Freyhof, 2007. 646 p. ISBN 978-2-8399-0298-4.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 351 с. ISBN 5-06-000471-6.
6. Mustafae N. Baliqların biyometriyası: dərslık (Биометрия рыб: учебник). Baki: ADPU nəşriyyatı, 2024. 212 p. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/379339997_Baliqların_biyometriyası_Biometria_ryb (дата обращения: 06.05.2026).
7. Рахмонов М., Азамов О., Шералиев Б. Updated checklist and conservation status of ichthyofauna (Teleostei: Actinopterygii) of Shohimardonsoy – Margilonsoy River (Обновленный перечень и охранный статус ихтиофауны реки Шохимардонсой – Маргилансой) // Ilmiy xabarlar – Scientific Journal of the Fergana State University. 2024. Vol. 30. Is. 3. P. 371–376. URL: https://www.researchgate.net/publication/382844752_Updated_checklist_and_conservation_status_of_ichthyofauna_Teleostei_Actinopterygii_of_Shohimardonsoy-Margilonsoy_River (дата обращения: 06.05.2026). DOI: 10.56292/SJFSU/vol30_iss3_2t/a409.
8. Sheraliev B., Kayumova Y., Peng Z. Triplophysadaryoae, a new nemacheilid loach species (Teleostei, Nemacheilidae) from the Syr Darya River basin, Central Asia // ZooKeys. 2022. T. 1125. C. 47–67. DOI: 10.3897/zookeys.1125.85431.
9. Шералиев Б., Азамов О., Рахмонов М., Халимов Ш. Современный видовой состав ихтиофауны нижнего течения реки Исфайрамсой // Ilmiy xabarlar – Scientific Journal

of the Fergana State University. 2024. Vol. 30. Is. 3. P. 347–352. DOI: 10.56292/SJFSU/vol30_iss3_2t/a403.

10. Friedman S. T., Price S. A., Corn K. A., Larouche O., Martinez C. M., Wainwright P. C. Body shape diversification along the benthic-pelagic axis in marine fishes (Диверсификация формы тела вдоль бентопелагической оси у морских рыб) // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2020. Vol. 287. Is. 1931. Art. 20201053. DOI: 10.1098/rspb.2020.1053.

11. Халимов Ш. Distribution and geoinformation data of *Triplophysa strauchii* (Kessler, 1874) in water basins of Fergana Valley (Распространение и геоинформационные данные *Triplophysa strauchii* (Kessler, 1874) в водоемах Ферганской долины) // Ilmiy xabarlar – Scientific Journal of the Fergana State University. 2024. Vol. 30. Is. 3. P. 387–392. URL: https://www.researchgate.net/publication/382801170_DISTRIBUTION_AND_GEOINFORMATION_DATA_OF_TRIPLOPHYSA_STRAUCHII_KESSLER_1874_IN_WATER_BASINS_OF_FERGANA_VALLEY (дата обращения: 04.05.2026). DOI: 10.56292/SJFSU/vol30_iss3_2t/a412.

12. Sheraliyev B. M. Dukentsoy daryosi ixtiofaunasining hozirgi tur tarkibi (Современный видовой состав ихтиофауны реки Дуцентсой) // Ilmiy xabarlar – Scientific Journal of the Fergana State University. 2024. Vol. 30. Is. 3. P. 343–346. URL: <https://journal.fdu.uz/index.php/sjfsu/article/download/4590/3657/> (дата обращения: 04.05.2026). DOI: 10.56292/SJFSU/vol30_iss3_2t/a402.

13. Бахшуллаева Г. В. Определение видов рыб, встречающихся в сборнике Т-37МБ3 // Osiyo xalqaro universiteti axborotnomasi. 2025. Vol. 11. P. 6–11. Бухоро: Kamolat nashriyati. URL: <https://scientificjournal.uz/wp-content/uploads/docs/001-OXU/2025/11-son.pdf> (дата обращения: 04.05.2026).

14. Rakhmonov V. et al. Intensive Cultivation of Vascular Aquatic Plants in the Conditions of the Central Regions of Uzbekistan and Preparation of Feed for Herbivorous Fish (Интенсивное выращивание сосудистых водных растений в условиях центральных регионов Узбекистана и подготовка кормов для растительноядных рыб) // International Journal of Agriculture and Biosciences. 2025. Vol. 14. Is. 6. P. 1088–1097. URL: https://www.researchgate.net/profile/Nodirjon-Bobokandov-2/publication/395715006_Intensive_Cultivation_of_Vascular_Aquatic_Plants_in_the_Conditions_of_the_Central_Regions_of_Uzbekistan_and_Preparation_of_Feed_for_Herbivorous_Fish/links/68d15378220a341aa14e50b3/Intensive-Cultivation-of-Vascular-Aquatic-Plants-in-the-Conditions-of-the-Central-Regions-of-Uzbekistan-and-Preparation-of-Feed-for-Herbivorous-Fish.pdf (дата обращения: 04.05.2026).

15. Gidmark N. J., Pos K., Matheson B., Ponce E., Westneat M. W. Functional morphology and biomechanics of feeding in fishes // In book: The Science and Regulations of Naturally Derived Complex Drugs. 2023. P. 297–332. URL: https://www.researchgate.net/publication/332595011_Functional_Morphology_and_Biomechanics_of_Feeding_in_Fishes (дата обращения: 04.05.2026). DOI: 10.1007/978-3-030-13739-7_9.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Финансирование: Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.



ПОДВИЖНЫЕ ФОРМЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ ПОЧВАХ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

¹Холдаров Д. М., ²Каримова Д. Ф. ORCID ID 0009 0008 0515 6246

¹Ферганский государственный университет, Фергана, Республика Узбекистан;

²Кокандский государственный университет, Коканд, Республика Узбекистан,
e-mail: dkrmv@gmail.com

В данной статье представлен научный анализ подвижных форм микроэлементов и закономерностей их распределения по почвенному профилю в орошаемых луговых сазовых почвах, распространенных на территории Бешарьского, Фуркатского и Дангаринского районов Ферганской области. В ходе исследования почвенные образцы отбирались по генетическим горизонтам, а содержание микроэлементов определялось с помощью атомно-абсорбционного спектрометра. Полученные результаты показали, что в исследуемых почвах преобладают подвижные формы железа и марганца. Данное явление объясняется физико-химическим состоянием почв, особенностями окислительно-восстановительных процессов, а также наличием карбонатных соединений. Установлено, что подвижность цинка и меди имеет тенденцию к снижению по профилю, что связано с уменьшением содержания органического вещества и повышением карбонатности с глубиной. Кроме того, выявлено, что в отдельных районах уровень обеспеченности почв микроэлементами является относительно высоким, тогда как на других территориях наблюдается пониженная подвижность микроэлементов, что указывает на возможный риск их дефицита. В целом установлено, что содержание подвижных форм микроэлементов зависит от степени засоленности, карбонатности, механического состава и уровня гумусированности почв. Полученные результаты имеют важное научно-практическое значение для разработки эффективных агроэкологических рекомендаций и повышения плодородия орошаемых почв.

Ключевые слова: микроэлементы, подвижные формы, метод экстракции, луговые сазовые почвы, засоление, орошаемые почвы, Ферганская область, агроэкология, плодородие почв

MOBILE FORMS OF MICROELEMENTS AND HEAVY METALS IN IRRIGATED MEADOW SAZ SOILS OF THE FERGHANA REGION AND THEIR AGROECOLOGICAL SIGNIFICANCE

¹Kholidarov D. M., ²Karimova D. F. ORCID ID 0009 0008 0515 6246

¹Fergana State University, Fergana, Republic of Uzbekistan;

²Kokand State University, Kokand, Republic of Uzbekistan, e-mail: dkrmv@gmail.com

This article presents a scientific analysis of the mobile forms of microelements and the patterns of their distribution along the soil profile in irrigated meadow saz soils widespread in the Besharik, Furkat, and Dangara districts of the Fergana region. During the study, soil samples were collected according to genetic horizons, and the microelement content was determined using an atomic absorption spectrometer. The obtained results showed that mobile forms of iron and manganese predominate in the studied soils, which is associated with their physicochemical properties, redox conditions, and the presence of carbonate compounds. The mobility of zinc and copper exhibited a decreasing trend with soil depth, which is explained by a reduction in organic matter content and an increase in carbonate content. It was established that some areas are relatively well supplied with microelements, whereas other territories are characterized by reduced mobility of microelements, indicating a potential risk of their deficiency. In general, the content of mobile forms of microelements is determined by the degree of salinity, carbonate content, mechanical composition, and humus status of the soils. The results obtained are of significant scientific and practical importance for the development of effective agroecological recommendations and for improving the fertility of irrigated soils.

Keywords: microelements, mobile forms, extraction method, meadow saz soils, salinity, irrigated soils, Fergana region, agroecology, soil fertility

Введение

В биологии, медицине и сельском хозяйстве всестороннее изучение физиологической роли химических элементов и их влияния на жизнедеятельность организмов является одним из важных направлений исследований. Изучение влияния избытка или недостатка микроэлементов на рост и развитие растений ставит перед исследователями ряд задач.

Микроэлементы активно участвуют в окислительно-восстановительных процессах в почве, входят в состав ферментов, гормонов, витаминов, а также участвуют в формировании ДНК и РНК. Mn, Cu, Zn, Co, Mo, Fe и другие относятся к жизненно необходимым микроэлементам для живых организмов, эти элементы подвергаются процессам миграции и аккумуляции в цепи почва → растение → животный мир → организм человека.

Изучение данных вопросов в условиях орошаемых луговых сазовых почв, распространенных на территории Ферганской области, является актуальным.

Цель исследования – изучение подвижных форм микроэлементов и их агроэкологического значения в орошаемых луговых сазовых почвах, распространенных на территории Ферганской области.

Материал и методы исследования

В данной работе в условиях орошаемого земледелия были рассмотрены орошаемые луговые сазовые почвы, распространенные на территории Ферганской области (Бешарыкский, Фуркатский и Дангаринский районы), с целью изучения их агрохимических показателей и подвижных форм микроэлементов.

Анализ почв выполнялись на основе общепринятых в почвоведении методов. При химическом анализе почв использовались методики, изложенные в руководстве Ю. В. Аринушкиной «Руководство по химическому анализу почв» [1]. Валовые содержания макро- и микроэлементов определялись нейтронно-активационным методом в лаборатории «Экология и биотехнология» института ядерной физики АН РУз. Подвижные формы микроэлементов в почве анализировались в лаборатории Ферганского областного агрохимического аналитического центра по методам Кругловой и Веригиной. Для определения доступных для растений микроэлементов (Cu, Fe, Mn, Zn) и тяжелых металлов (Ni, Pb, Cd) применялась стандартная процедура ДТРА-экстракции [2].

Полученные результаты были математически и статистически обработаны по методическому пособию Б. А. Доспехова [3], а также использованы компьютерные технологии последних версий электронных таблиц, графиков и программ Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Микроэлементы являются неотъемлемой составляющей частью почвенного плодородия и играют важнейшую роль в процессах роста, развития и продуктивности сельскохозяйственных культур. Они участвуют в активации ферментов, фотосинтетических процессах, синтезе хлорофилла и белковых соединений, а также обеспечивают устойчивость растений к абиотическим стрессам [4].

Дефицит или избыток микроэлементов в почвах отрицательно отражается на физиологическом состоянии растений и формировании урожая, особенно в условиях интенсивного земледелия [5].

В орошаемых агроэкосистемах, особенно в зонах с засушливым и резко континентальным климатом, процессы вторичного засоления, карбонатизации и переувлажнения существенно изменяют миграцию и доступность микроэлементов [6].

В 1983–2020 гг. в лугово-сазовых почвах Центральной Ферганы при применении каскадных ландшафтно-геохимических методов закрытого типа были проведены исследования, в ходе которых изучена миграция микроэлементов – меди, цинка, марганца, молибдена и бора – в почвах и растениях, а также установлена высокая чувствительность почвенного покрова к антропогенному воздействию [7].

Ферганская долина является одним из наиболее важных сельскохозяйственных регионов Узбекистана, специализирующихся на производстве хлопчатника, зерновых культур и овощей. В этих условиях особую актуальность приобретает изучение обеспеченности почв микроэлементами и закономерностей их распределения в почвенном профиле. Несмотря на отдельные исследования, посвященные агрохимическим свойствам почв региона, комплексные данные о содержании именно подвижных форм микроэлементов в луговых сазовых почвах остаются недостаточно систематизированными [8].

В орошаемых лугово-сазовых почвах Центральной Ферганы по количеству поглощенных катионов и микроэлементов поглощательная способность считается низкой. Это объясняется малым содержанием гумуса и легким механическим составом исследованных почв. Среди поглощенных катионов основную долю составляют кальций и магний [9].

В связи с этим целью настоящего исследования является оценка содержания подвижных форм микроэлементов и их вертикального распределения в орошаемых луговых сазовых почвах Бешарыкского, Фуркатского и Дангаринского районов Ферганской области, а также выявление факторов, определяющих их доступность для растений. Ранее проведенные исследования показывают, что морфологические особенности и гидроаккумулятивные процессы в этих почвах существенно влияют на распределение и подвижность микроэлементов, формируя плотные арзлык-шоховые горизонты с ограниченной водопроницаемостью и биодоступностью элементов [10].

Установлено, что микроэлементы B, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn и Mo являются важными компонентами почвенного плодородия и играют ключевую роль в физиологических процессах растений, включая фотосинтез, дыхание и азотный обмен.

Элементы Fe и Mn обеспечивают протекание окислительно-восстановительных реакций, тогда как Zn и Cu участвуют в ферментативной активности и формировании устойчивости растений к стрессам.

Микроэлементы Mo и Co важны для азотного метаболизма. В то же время Cd и Pb относятся к токсичным загрязнителям и не выполняют физиологических функций в растениях, поэтому их содержание служит показателем экологического состояния почв.

Микроэлементы B, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn и Mo являются важными компонентами почвенного плодородия и играют ключевую роль в физиологических процессах растений [11]. Fe и Mn участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, тогда как Zn и Cu обеспечивают ферментативную активность и устойчивость растений к стрессовым условиям.

Cd и Pb относятся к токсичным загрязнителям и не выполняют физиологических функций в растениях, поэтому их содержание рассматривается как важный показатель экологического состояния почв [12].

Рациональное применение микроудобрений и регулярный мониторинг микроэлементного состава почв способствуют повышению продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранению экологической устойчивости агроэкосистем [13, 14].

В данном исследовании были определены подвижные формы микроэлементов в почвах Бешарыкского, Фуркатского и Дангаринского районов Ферганской области с целью оценки их агроэкологического состояния и обеспеченности сельскохозяйственных культур микроэлементами. Полученные результаты позволили выявить пространственные и профильные различия в распределении микроэлементов, обусловленные почвенно-экологическими условиями, прежде всего режимом орошения, карбонатностью, засоленностью и содержанием гумуса. Сравнение показателей между районами выполнено для обоснования необходимости дифференцированного применения микроудобрений.

Результаты анализа почв разреза № 21, отобранных на территории Бешарыкского района, показывают, что подвижные формы микроэлементов неравномерно распределены по профилю, и их содержание изменяется по определенной закономерности с увеличением глубины.

Содержание бора (B) в слое почвы 0–30 см составило 1,206 мг/кг, наибольшее значение наблюдалось по профилю. В последующих слоях (30–60 и 60–90 см) его со-

держание снизилось до 0,914 и 0,546 мг/кг соответственно, что указывает на то, что бор накапливается преимущественно в верхнем слое. В нижних слоях (90–150 см) его содержание относительно стабильно.

Содержание кадмия (Cd) очень низкое во всех слоях (0,002–0,008 мг/кг), и существенных изменений не наблюдается. Это указывает на его низкую подвижность в почвенном профиле.

Кобальт (Co) также распределен практически равномерно в диапазоне 0,04–0,08 мг/кг.

Содержание меди (Cu) составляет 0,460–0,484 мг/кг в верхних слоях, увеличиваясь до 0,812 мг/кг в слое 90–120 см. Это указывает на тенденцию к накоплению меди в нижних слоях, связанную, возможно, с карбонатами или иллювиальными процессами.

Содержание железа (Fe) относительно стабильно по всему профилю, колеблясь от 8,62 до 10,3 мг/кг. Наибольшее значение было обнаружено в слое 30–60 см (10,3 мг/кг).

Содержание свинца (Pb) составляет 0,652 мг/кг в верхнем слое, резко снижаясь с увеличением глубины и достигая 0,014 мг/кг в слое 120–150 см. Это указывает на то, что он накапливается в основном в поверхностном слое и, возможно, имеет антропогенное воздействие.

Содержание марганца (Mn), напротив, увеличивается с глубиной. Начиная с 0,96 мг/кг в верхнем слое, оно резко возрастает до 5,20 мг/кг в слое 60–90 см и остается на высоком уровне в нижних слоях. Это объясняется повышенной подвижностью восстановленных форм марганца в гидроморфных условиях.

Содержание никеля (Ni) находится в диапазоне 0,08–0,16 мг/кг и распределяется по профилю без существенных изменений.

Содержание цинка (Zn) составляет 1,750–1,622 мг/кг в верхних слоях и снижается до 0,770–0,552 мг/кг ниже 90 см, то есть в основном концентрируется в верхнем слое почвы.

Содержание молибдена (Mo) находится в диапазоне 0,12–0,31 мг/кг, при этом наибольшее значение обнаружено в слое 120–150 см. Это может быть связано с его повышенной подвижностью в карбонатных средах.

Таким образом, вертикальное распределение микроэлементов показывает, что бор, цинк и свинец накапливаются преимущественно в верхнем слое, в то время как марганец и частично медь чаще встречаются в нижних слоях. Железо и кобальт относительно стабильны в распределении вдоль профиля (табл. 1).

Таблица 1

Содержание подвижных форм микроэлементов
в почвах Бешарыкского района, мг/кг

№ разреза	Глубина, см	B	Cd	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Ni	Zn	Mo
21	0–30	1,206	0,004	0,06	0,484	9,86	0,652	0,96	0,16	1,750	0,14
	30–60	0,914	0,002	0,06	0,460	10,3	0,554	0,42	0,16	1,622	0,14
	60–90	0,546	0,004	0,06	0,522	9,36	0,202	5,20	0,08	1,754	0,12
	90–120	0,634	0,008	0,04	0,812	9,5	0,246	4,42	0,08	0,770	0,16
	120–150	0,592	0,008	0,08	0,500	8,62	0,014	5,02	0,1	0,552	0,31

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

Почвы Фуркатского района характеризуются значительно более низким уровнем подвижных форм микроэлементов по сравнению с другими исследованными районами. Результаты исследования, проведенного на почвенном разрезе № 15, расположенном в районе Фуркат, показали значительную дифференциацию распределения подвижных форм микроэлементов вдоль профиля.

Содержание бора (B) в слое 0–32 см почвы составляло 0,542 мг/кг, постепенно уменьшаясь в последующих слоях и снизившись до 0,406 мг/кг в слое 140–170 см. Это указывает на то, что бор накапливается преимущественно в верхнем слое.

Содержание кадмия (Cd) имеет возрастающий характер вдоль профиля, увеличиваясь с 0,008 мг/кг в слое 0–32 см до 0,020 мг/кг в слое 140–170 см. В частности, резкое увеличение наблюдается в слое 60–90 см (0,060 мг/кг), что указывает на его миграционные свойства.

Содержание кобальта (Co) находится в диапазоне 0,016–0,028 мг/кг, незначительно уменьшаясь с увеличением глубины. Это указывает на относительно стабильное распределение этого элемента в почвенном профиле.

Содержание меди (Cu) составляет 0,762 мг/кг в верхнем слое, уменьшаясь с увеличением глубины и достигая 0,108 мг/кг в слое 140–170 см. Это указывает на то, что медь в основном концентрируется в верхнем слое почвы.

Содержание железа (Fe) находится в диапазоне 7,52–9,70 мг/кг, с максимальным значением (9,70 мг/кг), наблюдаемым в слое 32–60 см. Оно резко снижается в нижнем слое, достигая 3,98 мг/кг на глубине 140–170 см.

Содержание свинца (Pb) в верхнем слое составляет 0,22 мг/кг, уменьшаясь с увеличением глубины и оставаясь на уровне 0,08 мг/кг в слоях 90–140 см. Это указывает на его накопление в поверхностном слое.

Содержание марганца (Mn) составляет 4,10 мг/кг в слое 0–32 см, увели-

чивается до 5,96 мг/кг в слое 60–90 см, а затем снова уменьшается. Это указывает на его миграцию в зависимости от условий восстановления.

Содержание никеля (Ni) уменьшается с 0,14 до 0,02 мг/кг, что означает его более высокую концентрацию в верхнем слое.

Содержание цинка (Zn) составляет 0,294 мг/кг в слое 0–32 см, увеличивается до 0,624 мг/кг в слое 32–60 см, а затем снова уменьшается. Это указывает на его максимальное накопление в среднем слое.

Содержание молибдена (Mo) находится в диапазоне 0,100–0,416 мг/кг, при этом наибольшее значение наблюдается в слое 60–90 см. Это указывает на его зависимость от карбонатной среды и гидрохимических условий.

Полученные результаты показывают, что микроэлементы обладают различными миграционными свойствами в почвенном профиле. Накопление бора, меди и свинца в верхнем слое объясняется влиянием органического вещества и антропогенных факторов. Максимальное содержание железа, цинка и марганца в средних слоях связано с их перераспределением в карбонатных и гидроморфных условиях.

Увеличение содержания кадмия с глубиной указывает на его высокую подвижность и миграцию в нижние слои в результате процессов выщелачивания.

Вертикальное распределение микроэлементов в почвах Фуркатского района тесно связано с физико-химическими свойствами почвы и гидрогеохимическими процессами, которые определяют их доступность для растений (табл. 2).

Почвы Дангаринского района отличались наиболее благоприятным микроэлементным состоянием. В почвенном разрезе № 6, расположенном в районе Дангара, было обнаружено, что подвижные формы микроэлементов распределены по глубине по-разному.

Таблица 2

Содержание подвижных форм микроэлементов
в почвах Фуркатского района, мг/кг

№ разреза	Глубина, см	B	Cd	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Ni	Zn	Mo
15	0–32	0,542	0,008	0,024	0,762	7,52	0,22	4,10	0,14	0,294	0,100
	32–60	0,514	0,010	0,028	0,708	9,70	0,31	5,42	0,10	0,624	0,120
	60–90	0,520	0,060	0,024	0,226	9,36	0,11	5,96	0,06	0,528	0,416
	90–140	0,458	0,014	0,022	0,392	7,78	0,08	4,82	0,04	0,420	0,228
	140–170	0,406	0,020	0,016	0,108	3,98	0,08	3,72	0,02	0,382	0,120

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

Количество бора (B) практически постоянно по всему профилю, варьируясь в диапазоне 0,326–0,356 мг/кг. Это указывает на то, что он не претерпевает значительной миграции в почвенном профиле.

Количество кадмия (Cd) находится в диапазоне 0,004–0,008 мг/кг и поддерживается на очень низком уровне во всех слоях, четкой закономерности не наблюдается.

Количество кобальта (Co) составляет 0,034 мг/кг в верхнем слое и стабилизируется на уровне 0,400 мг/кг в нижних слоях. Это указывает на относительно большее накопление этого элемента в глубоких слоях.

Количество меди (Cu) составляет 1,746 мг/кг в слое 0–38 см, и наибольшее значение наблюдается по всему профилю. С увеличением глубины содержание меди уменьшается, падая до 0,626 мг/кг в слое 70–100 см, а затем незначительно увеличивается. Это указывает на то, что медь в основном концентрируется в верхнем слое.

Содержание железа (Fe) составляет 12,6 мг/кг в верхнем слое, резко уменьшаясь с увеличением глубины и падая до 4,54 мг/кг в слое 70–100 см. В нижних слоях наблюдаются относительно стабильные значения (5,72–6,02 мг/кг).

Содержание свинца (Pb) составляет 1,09 мг/кг в верхнем слое, уменьшаясь вдоль профиля и падая до 0,18 мг/кг в слое 100–135 см. Это указывает на то, что он в основном концентрируется в верхнем слое почвы.

Содержание марганца (Mn) находится в диапазоне 3,26–3,92 мг/кг и относительно стабильно распределено по профилю без существенных изменений.

Содержание никеля (Ni) находится в диапазоне 0,14–0,18 мг/кг и не имеет существенных различий по глубине.

Содержание цинка (Zn) варьируется от 0,458 мг/кг до 0,670 мг/кг, незначительно увеличиваясь в средних слоях, а затем стабилизируется.

Содержание молибдена (Mo) находится в диапазоне 0,06–0,10 мг/кг и относительно стабильно распределено по профилю.

Полученные результаты показывают, что распределение микроэлементов в почвах Дангаринского района в основном определяется физико-химическими свойствами почвы. Высокое содержание меди, железа и свинца в верхнем слое объясняется влиянием органического вещества и антропогенных факторов. Уменьшение содержания железа с глубиной указывает на его чувствительность к окислительно-восстановительным условиям.

Увеличение содержания кобальта в нижних слоях и более высокое содержание цинка в средних слоях являются результатом их подвижности в почвенном растворе и взаимодействия с карбонатной средой.

В почвах Дангаринского района микроэлементы накапливаются преимущественно в верхнем слое, в то время как некоторые элементы стабильно распределены по всему профилю, что определяет их агроэкологическое значение (табл. 3).

Результаты исследования показали, что агрохимические свойства и содержание микроэлементов в орошаемых луговых сазовых почвах в районах Фуркат, Дангара и Бешарык Ферганской области различаются в зависимости от региона (табл. 4).

Содержание гумуса в почвах района Фуркат колеблется от 0,84 до 1,22 %, что соответствует типу низкогумусных почв. Почвенная среда щелочная (pH 7,65–8,10), а уровень засоленности находится в диапазоне 0,44–1,03 дСм/м, что соответствует слабозасоленным почвам.

В этих условиях подвижные формы микроэлементов умеренно высоки и, в частности, наблюдается относительно низкое содержание цинка. Это объясняется щелочной средой и наличием карбонатов. Относительно низкое содержание гумуса ограничивает удержание микроэлементов в комплексной форме.

Таблица 3

Содержание подвижных форм микроэлементов
в почвах Дангаринского района, мг/кг

№ разреза	Глубина, см	B	Cd	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Ni	Zn	Mo
6	0–38	0,332	0,006	0,034	1,746	12,6	1,09	3,92	0,18	0,458	0,08
	38–70	0,326	0,004	0,40	1,110	8,14	0,89	3,56	0,14	0,67	0,06
	70–100	0,340	0,008	0,40	0,626	4,54	0,28	3,26	0,16	0,496	0,08
	100–135	0,356	0,004	0,40	0,704	6,02	0,18	3,52	0,16	0,584	0,10
	135–180	0,352	0,004	0,40	0,690	5,72	0,29	3,66	0,16	0,654	0,10

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

Таблица 4

Агрохимические свойства орошаемых луговых сазовых почв

Район	Гумус (%)	pH	EC (dS/m)
Фуркат	0,84–1,22	7,65–8,10	0,44–1,03
Дангара	0,95–1,24	8,50–8,68	0,08–0,12
Бешарык	1,13–1,26	7,74–8,17	0,53–1,94

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

Содержание гумуса в почвах района Дангара составляет 0,95–1,24 %, что немного выше, чем в Фуркате. Однако почвенная среда сильно щелочная (pH 8,50–8,68), что отрицательно влияет на растворимость микроэлементов.

Уровень солёности очень низкий (0,08–0,12 дСм/м), что означает, что почвы практически не засолены. В этих условиях, хотя содержание железа и меди относительно высокое, наблюдается низкое содержание цинка. Это связано с переходом цинка в менее растворимые формы в щелочной среде.

Содержание гумуса в почвах района Бешарык составляет 1,13–1,26 %, что выше, чем в других регионах. Почвенная среда щелочная (pH 7,74–8,17), уровень солёности находится в диапазоне 0,53–1,94 дСм/м, при этом в некоторых слоях наблюдается умеренная солёность. В этом районе обнаружено относительно высокое содержание цинка и бора, что объясняется высоким содержанием гумуса. Однако повышенная солёность может частично ограничивать усвоение микроэлементов [15].

Заключение

Результаты исследования показали, что орошаемые луговые сазовые почвы Ферганской области характеризуются низким содержанием гумуса (0,84–1,26 %), щелочной реакцией среды (pH 7,65–8,68) и различной степенью засоленности (EC

0,08–1,94 дСм/м). Установлено, что данные факторы существенно влияют на подвижность и доступность микроэлементов.

Микроэлементы распределяются по почвенному профилю неравномерно: цинк и бор преимущественно концентрируются в верхних горизонтах, железо и марганец – в средних, а в отдельных случаях медь и молибден – в нижних слоях. Среди исследованных районов наиболее высокое содержание цинка и бора отмечено в почвах Бешарыкского района, железа и меди – в Дангаринском районе, тогда как в Фуркатском районе содержание микроэлементов характеризовалось относительно умеренными показателями. Цинк был определен как лимитирующий микроэлемент для почв Фуркатского и Дангаринского районов.

Список литературы

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
2. Lindsay W. L., Norvell W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper // Soil Science Society of America Journal. 1978. Vol. 42. P. 421–428. DOI: 10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Havlin J. L., Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 8th ed. Boston: Pearson Education, 2014. 516 p.
5. Dhaliwal S. S., Naresh R. K., Mandal A. et al. Dynamics and transformations of micronutrients in agricultural soils as

influenced by organic matter build-up: A review // *Environmental and Sustainability Indicators*. 2019. Vol. 1–2. Art. 100007. DOI: 10.1016/j.indic.2019.100007.

6. Shukla A. K., Behera S. K., Prakash C., Tripathi A., Patra A. K., Dwivedi B. S., Trivedi V., Rao Ch. S., Chaudhari S. K., Das S., Singh A. K. Deficiency of phyto-available sulphur, zinc, boron, iron, copper and manganese in soils of India // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Art. 19760. DOI: 10.1038/s41598-021-99040-2.

7. Холдаров Д. М., Собиров А. О. О биомикроэлементном составе засоленных почв и растений // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2021. № 4. С. 78–82. DOI: 10.17513/srbs.1247.

8. Абдурахмонов Н. Ю., Собитов У. Т., Юлдашев И. К. Свойства орошаемых лугово-сазовых почв Центральной Ферганы // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2023. № 2. С. 51–56. DOI: 10.17513/srbs.1328.

9. Neina D. The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation // *Applied and Environmental Soil Science*. 2019. Vol. 2019. Art. ID 5794869. DOI: 10.1155/2019/5794869.

10. Huang Y., Chen Q., Deng M., Japenga J., Li T., Yang X., He Z. Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast

China // *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 207. P. 159–168. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.10.072.

11. Rengel Z. Availability of Mn, Zn and Fe in the rhizosphere // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2015. Vol. 15. Is. 2. P. 397–409. DOI: 10.4067/S0718-95162015005000036.

12. Sarim M., Khattak S. A., Tariq M. et al. Assessment of the Ecological and Health Risks of Potentially Toxic Metals in Agricultural Soils from the Drosh-Shishi Valley, Pakistan // *Land*. 2022. Vol. 11. Is. 10. Article 1663. DOI: 10.3390/land11101663.

13. Dhaliwal S. S., Sharma V., Kaur J., Shukla A. K., Hos-sain A., Abdel-Hafez S. H., Gaber A., Sayed S., Singh V. K. The Pedospheric Variation of DTPA-Extractable Zn, Fe, Mn, Cu and Other Physicochemical Characteristics in Major Soil Orders in Existing Land Use Systems of Punjab, India // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. Is. 1. Art. 29. DOI: 10.3390/su14010029.

14. Bolan N., Kunhikrishnan A., Thangarajan R. et al. Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils To mobilize or to immobilize? // *Journal of Hazardous Materials*. 2014. Vol. 266. P. 141–166. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.12.018.

15. Alloway B. J. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. 3rd ed. Dordrecht: Springer, 2013. 614 p. DOI: 10.1007/978-94-007-4470-7.

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.