

НАУЧНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

SCIENTIFIC PUBLISHING CENTER «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ № 1

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES 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 Chapayev V.I. str.
Editorial address: 410035, Saratov,
5 Mamontovoi str.

*Подписано в печать 27.02.2026
Дата выхода номера 31.03.2026
Формат 60×90 1/8*

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

Signed in print 27.02.2026
Release date 31.03.2026
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 2026/1*

© 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. Philippov)

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

www.science-education.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. Кики 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. Околелова 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. (Оболенск), 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

- СОНОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ
У ДЕВУШЕК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО
СТАТУСА И РАЙОНА ПРОЖИВАНИЯ
Борейко А. П., Чуб И. С., Еремеева Е. Н., Лукина С. Ф. 7
- К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ КЛЯЗЬМЫ ГОРОДСКОГО
ОКРУГА ПАВЛОВСКИЙ ПОСАД МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Зыков И. Е., Ваулин Д. Е. 15
- ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ ПОСЕВОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ НА ОБЪЁМНУЮ МАССУ ОРОШАЕМЫХ
СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМОВ
Исаков В. Ю., Иминчаев Р. 23
- ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ДИСАХАРИДАЗ МАЛЬТАЗЫ
И САХАРАЗЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ
У МОРСКИХ СВИНОК В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ
Кучкарова Л. С., Ганижонов П. Х., Хомидчонова Ш. Х. 29
- ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ
И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
В ПОПУЛЯЦИЯХ *ZIZIPHORA TENUIOR* L.
Мирзаева С. Т., Каримов Б. А., Тоштемуров Ж. Г., Юсупов З. О. 35
- ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ
(ОТРЯД ДИПТЕРА, РОД *ANOPHELES*) ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМАХ
И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ
(НА ПРИМЕРЕ Г. БИШКЕК И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ)
Раимкулов К. М., Шаршеева Б. К., Мейманбаева А. К. 44
- МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАВОДА
ООО «UZBEKISTAN GTL»
Узаков З. З., Рахимов Т. У., Бойиров З. Р. 52

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ HLA-DRB В ПОПУЛЯЦИИ
САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ, ОТ СЕРОЛОГИЧЕСКИХ
АНТИГЕНОВ К АЛЛЕЛЬНОМУ РАЗНООБРАЗИЮ

Зиядуллаева Г. З., Душанова Г. А., Зиядуллаев Ш. Х., Рузыбакиева М. М. 64

ФАУНА СТРЕКОЗ (INSECTA: ODONATA) ТУЯБУГУЗСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

Самандарова О. Д., Ахмедова М. Ш. 73

CONTENTS

Biological sciences

ARTICLES

- SONOGRAPHIC INDICATORS OF THE THYROID GLAND
IN GIRLS DEPENDING ON THE PSYCHOEMOTIONAL
STATUS AND AREA OF RESIDENCE
Boreyko A. P., Chub I. S., Ereemeeva E. N., Lukina S. F. 7
- ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE KLYAZMA
RIVER IN THE CITY DISTRICT OF PAVLOVSKY POSAD
MOSCOW REGION
Zykov I. E., Vaulin D. E. 15
- EFFECT OF RELAY CROPPING AND MINERAL FERTILIZERS
ON THE BULK DENSITY OF IRRIGATED LIGHT SEROZEMS
Isakov V. Yu., Iminchaev R. 23
- STUDY OF MALTASE AND SUCRASE DISACCHARIDASE
ACTIVITY UNDER STRESS EXPOSURE IN GUINEA PIGS
IN EXPERIMENTAL CONDITIONS
Kuchkarova L. S., Ganizhonov P. Kh., Khomidchonova Sh. Kh. 29
- THE RELATIONSHIP BETWEEN ECOLOGICAL FACTORS
AND MORPHOLOGICAL TRAITS IN POPULATIONS
OF *ZIZIPHORA TENUIOR* L.
Mirzaeva S. T., Karimov B. A., Toshtemirov Dh. G., Yusupov Z. O. 35
- FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF BLOOD-SUCKING
MOSQUITOES (ORDER DIPTERA, GENUS *ANOPHELES*)
IN INLAND WATER BODIES AND ANTHROPOGENIC
HABITATS OF THE CHUY VALLEY (A CASE STUDY
OF BISHKEK AND ITS SURROUNDINGS)
Raimkulov K. M., Sharsheeva B. K., Meimanbaeva A. K. 44
- BIODIVERSITY MONITORING IN THE VICINITY
OF THE UZBEKISTAN GTL LLC PLANT
Uzakov Z. Z., Rakhimov T. U., Boyirov Z. R. 52

MOLECULAR GENETIC CHARACTERIZATION OF HLA-DRB
GENE POLYMORPHISM IN THE SAMARKAND REGION POPULATION:
FROM SEROLOGICAL ANTIGENS TO ALLELIC DIVERSITY

Ziyadullaeva G. Z., Dushanova G. A., Ziyadullaev Sh. Kh., Ruzibakieva M. R. 64

FAUNA OF DRAGONFLYS (INSECTA: ODONATA)
OF THE TUYABUGIZ RESERVOIR OF THE TASHKENT REGION

Samandarova O. D., Akhmedova M. Sh. 73

СТАТЬИ

УДК 612.44-055.2:159.9



CC BY 4.0

**СОНОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ
У ДЕВУШЕК В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО
СТАТУСА И РАЙОНА ПРОЖИВАНИЯ****Борейко А. П. ORCID ID 0000-0002-1578-4333,****Чуб И. С., Еремеева Е. Н., Лукина С. Ф.**

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», Архангельск,
Российская Федерация, e-mail: repina-anna@yandex.ru*

На сегодняшний день в России йододефицитные заболевания занимают лидирующие позиции в структуре всех заболеваний щитовидной железы. Клиническая картина гипотиреоза характеризуется полиморфизмом. Астенический синдром является одним из первых психических нарушений при гипотиреозе и характеризуется многообразием проявлений, он может включать в себя раздражительность, утомляемость, слабость, адинамию, вегетативные симптомы, тревожные включения, obsессивные проявления. Целью работы было оценить уровень психоэмоционального благополучия и морфологические показатели щитовидной железы у представительниц женского пола, проживающих в различных территориальных зонах Архангельской области. В исследовании приняли участие 54 девушки без заболеваний и генетической предрасположенности к развитию йододефицитных заболеваний щитовидной железы. Средний возраст составил $19,8 \pm 1,7$ года. Все обследуемые были разделены на две группы в зависимости от места проживания девушек, учитывая административно-территориальное деление Архангельской области. На первом этапе исследования всем респондентам было проведено ультразвуковое исследование щитовидной железы, с учетом антропометрических данных. На втором этапе исследования было проведено анкетирование по оценке астении. Установлено, что общий объем щитовидной железы и ее долей преобладает у девушек, проживающих в южных районах Архангельской области, что может быть связано с недостаточностью йодообеспеченности данных районов. Для значительной части обследуемых девушек, как из северных, так и из южных районов Архангельской области, характерна правосторонняя асимметрия щитовидной железы, что является вариантом нормы. У девушек, чей объем щитовидной железы превышал возрастные нормативы, зафиксировано повышение показателей по шкале астении. Данный феномен может быть обусловлен нарушениями в продукции тиреоидных гормонов. Кроме того, выявлена прямая зависимость: выраженность снижения мотивации и симптомов психической астении нарастает пропорционально увеличению объема щитовидной железы.

Ключевые слова: щитовидная железа, астения, ультразвуковое исследование, психоэмоциональный статус, йододефицит

**SONOGRAPHIC INDICATORS OF THE THYROID GLAND
IN GIRLS DEPENDING ON THE PSYCHOEMOTIONAL
STATUS AND AREA OF RESIDENCE****Boreyko A. P. ORCID ID 0000-0002-1578-4333,****Chub I. S., Ereemeeva E. N., Lukina S. F.**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
"Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov",
Arkhangelsk, Russian Federation, e-mail: repina-anna@yandex.ru*

Iodine deficiency disorders currently occupy a leading position among all thyroid diseases in Russia. The clinical picture of hypothyroidism is characterized by polymorphism. Asthenic syndrome is one of the first mental disorders associated with hypothyroidism and is characterized by a variety of manifestations, including irritability, fatigue, weakness, adynamia, autonomic symptoms, anxiety, and obsessive-compulsive behavior. The aim of this study was to assess the level of psychoemotional well-being and morphological parameters of the thyroid gland in females living in various areas of the Arkhangelsk Region. The study involved 54 young women without any medical conditions or genetic predisposition to iodine deficiency thyroid disorders. The average age was 19.8 ± 1.7 years. All subjects were divided into two groups based on their place of residence, taking into account the administrative division of the Arkhangelsk Region. During the first stage of the study, all respondents underwent a thyroid ultrasound, taking into account anthropometric data. During the second stage, a questionnaire was administered to assess asthenia. It was found that total thyroid volume and its lobes are higher in girls living in the southern districts of the Arkhangelsk region, which may be due to iodine deficiency in these areas. A significant proportion of the girls surveyed, from both the northern and southern districts of the Arkhangelsk region, exhibited right-sided thyroid asymmetry, which is considered normal. Girls whose thyroid volume exceeded age-appropriate norms showed elevated asthenia scores. This phenomenon may be due to disturbances in thyroid hormone production. Furthermore, a direct correlation was found: the severity of decreased motivation and symptoms of mental asthenia increased proportionally with increasing thyroid volume.

Keywords: thyroid gland, asthenia, ultrasound examination, iodine deficiency, psychoemotional status

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения, почти два миллиарда жителей планеты испытывают недостаток йода, причем примерно 700 миллионов из них имеют признаки эндемического зоба. Исследования показывают, что большинство россиян также подвержены риску развития йододефицита [1]. Особенную тревогу вызывает ситуация в Архангельской области, которая признана территорией с недостатком йода и зоной распространения зобной эндемии. Тем не менее существуют различия в обеспеченности йодом среди разных районов области [2-4].

Дефицит йода проявляется различными симптомами: от нарушений развития плода и проблем с физическим и умственным развитием у взрослых и детей до патологии щитовидной железы. Среди йододефицитных состояний наиболее распространён диффузный эндемический зоб – увеличение щитовидной железы, вызванное нехваткой йода у населения, проживающего в районах с дефицитом этого элемента. Сегодня заболевания, вызванные дефицитом йода, являются самыми частыми патологиями щитовидной железы [5; 6].

Дисфункция щитовидной железы, сопровождающаяся морфологическими изменениями, нередко приводит к недостаточной выработке тиреоидных гормонов. Поскольку эти гормоны регулируют работу многих органов, их дефицит вызывает комплекс симптомов: от замедления метаболизма до нарушений в работе желудочно-кишечного тракта, дыхательной, костно-мышечной и репродуктивной систем [7]. Психические нарушения являются основным симптомом сниженной функции щитовидной железы и занимают лидирующее место в клинической картине гипотиреоза. Часто при гипотиреозе могут отмечаться раздражительность, утомляемость, слабость, адинамия, вегетативные симптомы, тревожные включения, обсессивные проявления, что объединяется в понятие «астенический синдром». Одним из основных методов четкого определения размеров и структуры щитовидной железы является ультразвуковое исследование [8].

Цель исследования – оценить уровень психоэмоционального благополучия и морфологические показатели щитовидной железы у представительниц женского пола, проживающих в различных территориальных зонах Архангельской области.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования была сформирована выборка из 54 девушек, проживаю-

щих в различных районах Архангельской области. К участию допускались только респонденты без диагностированных заболеваний щитовидной железы и генетической предрасположенности к йододефицитным патологиям. Средний возраст участниц составил $19,8 \pm 1,7$ года. Исследование проводилось с соблюдением принципов биомедицинской этики.

На первом этапе участницы были разделены на две группы в соответствии с административно-территориальным делением региона 9:

группа 1 ($n = 27$) – жительницы южных районов (Котласский, Вельский, Вилегодский, Устьянский, Шенкурский, Каргопольский и Няндомский районы);

группа 2 ($n = 27$) – жительницы северных районов (города Северодвинск, Архангельск, Новодвинск, а также Пинежский и Холмогорский районы).

В качестве исследовательского материала использованы результаты ультразвукового сканирования щитовидной железы и данные анкетирования по многомерному опроснику утомляемости MFI-20 (Multidimensional Fatigue Inventory).

При проведении УЗИ щитовидной железы учитывались антропометрические параметры обследуемых. Исследование выполнялось на аппарате ProSound Alpha 7 Premier (Hitachi Aloka Medical, Япония) с применением линейного датчика UST 567 (7,5 МГц) в соответствии с общепринятой методикой ультразвукового обследования щитовидной и паращитовидных желез у пациентов разного возраста. Для оценки асимметрии долей использовали коэффициент асимметрии щитовидной железы, рассчитанный по формуле Н. Н. Брагиной, Т. А. Доброхотовой (1988). Если коэффициент по модулю составляет 10-20% – низкая степень, 20-40% – ниже среднего, 41-50% – средняя степень, 51-70% – выше среднего, и высокая степень соответствует более 70%.

Субъективная шкала оценки астении (Ellen Smets and Garssen Bj, 1995) (Multidimensional Fatigue Inventory, MFI (многомерный опросник на утомляемость)) применялась для диагностики астенического состояния и охватывала следующие аспекты: общая астения, физическая астения, пониженная активность, снижение мотивации и психическая астения.

Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программных пакетов MS Excel 2010 и IBM SPSS Statistics 22.0. Для оценки нормальности распределения применялись графический метод и критерий Шапиро – Уилка (Shapiro – Wilk), обладающий высокой

чувствительностью к отклонениям от нормальности даже в малых выборках. Ввиду ненормального распределения исследуемых показателей был выбран непараметрический подход к описательному анализу, включающий расчёт медианы (Me), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей, а также вариационного размаха. Для сравнения независимых групп использовался U-критерий Манна – Уитни (Mann – Whitney U test), не требующий соблюдения предпосылок о нормальности распределения и гомогенности дисперсий. Взаимосвязь между объёмом щитовидной железы и степенью выраженности астении оценивалась посредством непараметрического коэффициента корреляции Спирмена (ρ).

По результатам всех статистических методик различия считались достоверными при величине уровня значимости $p < 0,05$, эти данные анализировались в работе.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно цели исследования был изучен объём щитовидной железы и ее долей у девушек, проживающих в разных районах Архангельской области.

У 50% обследованных девушек из северных районов Архангельской области объём щитовидной железы находился в диапазоне 7,01–11,06 см³ (медиана Me = 8,87 см³), при общем разбросе значений от 5,22 до 29,22 см³. В группе девушек из южных районов объём щитовидной железы варьировал от 7,50 до 21,38 см³ (Me = 13,04 см³), при

чём у половины обследованных показатели лежали в интервале 12,26–14,36 см³.

Выявлено статистически значимое различие в объёмах долей щитовидной железы: объём правой доли у жительниц северных районов (Me = 4,75 см³ [3,60; 5,92 см³]) оказался ниже, чем у девушек из южных районов (Me = 6,88 см³ [6,01; 8,00 см³]); объём левой доли у девушек южных районов (Me = 6,42 см³ [5,81; 7,33 см³]) почти вдвое превышал аналогичный показатель у жительниц северных районов (Me = 3,99 см³ [3,15; 5,37 см³]).

Общий объём щитовидной железы и отдельно долей у девушек, проживающих в южных районах Архангельской области, значимо выше, чем у девушек из северных районов (рис. 1).

На сегодняшний день для женщин старше 18 лет в ультразвуковой диагностике щитовидной железы используют международные стандарты её объёмов – 4,4-18 мл (см³). Объём щитовидной железы более 18 см³ описывают как её увеличение. Согласно проведенному исследованию, у значительной доли обследуемых девушек объём щитовидной железы находится в пределах возрастной нормы. У девушек, проживающих в южных районах Архангельской области, увеличение объёма щитовидной железы регистрировалось чаще (11,11%), чем у жительниц северных районов (3,70%). При этом ни у одной из обследованных девушек не выявлено значений объёма щитовидной железы ниже возрастной нормы (рис. 2).

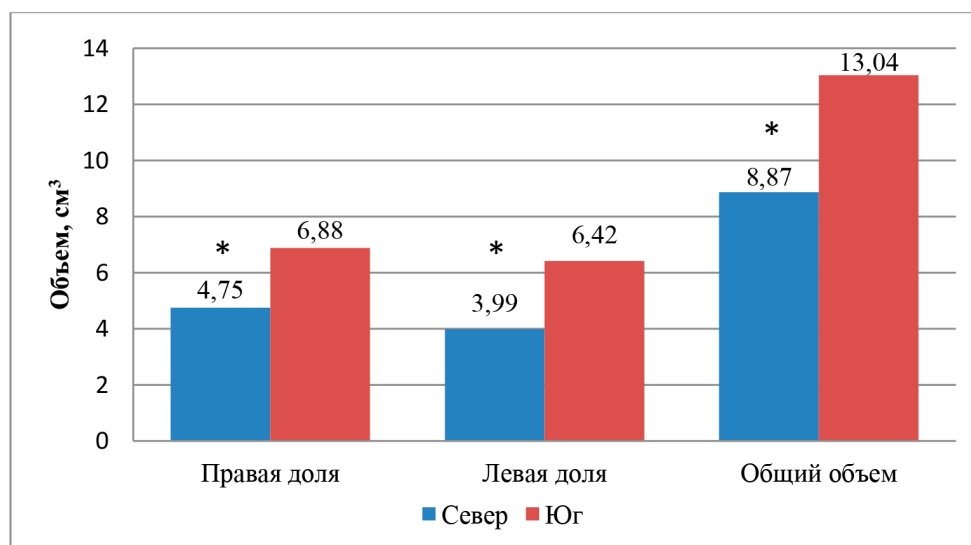


Рис. 1. Объем щитовидной железы у девушек северных и южных районов Архангельской области, см³
 Примечание: уровень значимости различий показателя по отношению к другим группам $p < 0,05$
 Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

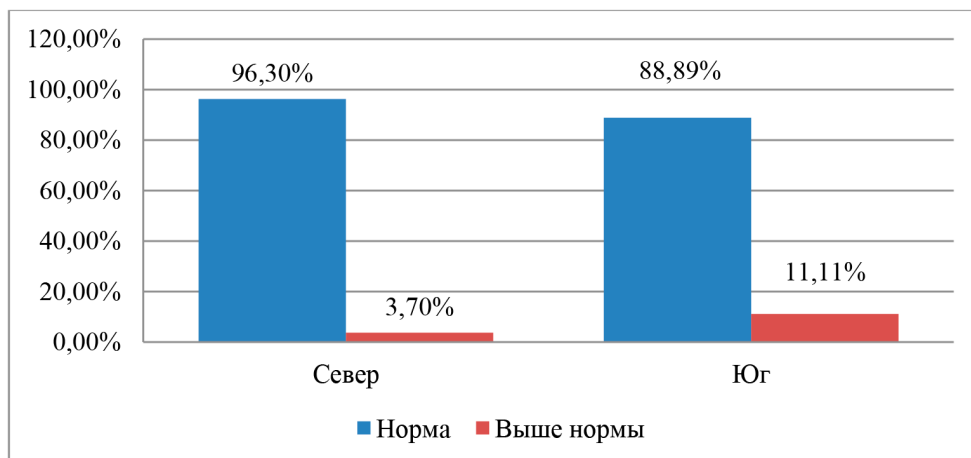


Рис. 2. Сравнение объемов щитовидной железы у девушек северных и южных районов Архангельской области
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

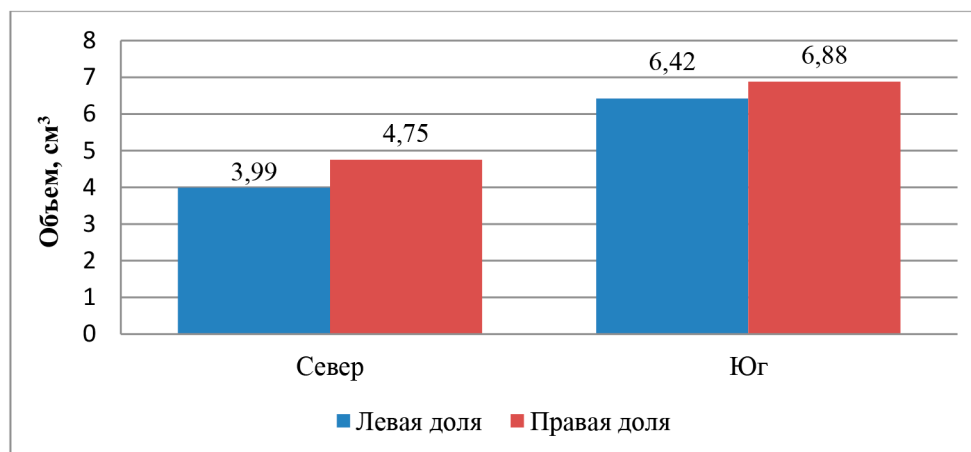


Рис. 3. Отличия объемов правой и левой доли щитовидной железы у девушек северных и южных районов Архангельской области
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

Наиболее распространенной причиной увеличения объема щитовидной железы является дефицит йода. Йододефицит приводит к уменьшению синтеза тиреоидных гормонов, при этом увеличивая содержание тиреотропных гормонов, что приводит к воздействию на щитовидную железу. В результате этих изменений тироциты увеличиваются в размерах, а, следовательно, и увеличиваются объемы самой щитовидной железы. Кроме того, на изменение объема щитовидной железы влияют факторы роста ткани (эпидермальный ростовой фактор, инсулиноподобный фактор и фактор роста фибробластов), которые в условиях йододефицита начинают активно вырабатываться, что приводит к компенсаторному увеличению щитовидной железы [10].

Архангельская область классифицируется как йододефицитная территория с эндемичной распространённостью зоба. При этом выявлены региональные различия в уровне йодообеспеченности: южные и северные районы демонстрируют неодинаковую насыщенность йодом. Согласно данным Е. Н. Сибилевой и Е. Д. Кубасовой, полученным посредством измерения йодурии у школьников (прямого маркера статуса йода в популяции), на юге области зафиксирован дефицит микроэлемента, тогда как северные районы характеризуются удовлетворительной йодной обеспеченностью. Несмотря на это, ультразвуковые исследования показали, что даже на территории севера, несмотря на благоприятный уровень йода, существует проблема зубной

эндемии. Частота встречаемости увеличенной щитовидной железы на севере ниже, чем на юге, что согласуется с ранее представленными результатами исследований [2; 3]. Это позволяет сделать предположение, что жители северных районов сталкиваются с активацией функций щитовидной железы, обусловленной специфическими факторами северной среды обитания, такими как влияние низких температур, резкая смена продолжительности светового дня и дисбаланс минералов, а также возможное присутствие экологических веществ, способствующих развитию зоба [11].

При исследовании объема щитовидной железы была установлена асимметрия долей как у девушек с юга области, так и у девушек с севера области (рис. 3).

В группе девушек из северных районов Архангельской области правосторонняя асимметрия щитовидной железы выявлена у 51,85% обследованных, в то время как среди жительниц южных районов данный показатель составил 59,25%. Симметричное строение железы зафиксировано у 22,22% северянок и 37,04% южанок. Левосторонняя асимметрия наблюдалась у 25,92% девушек с севера и лишь у 3,70% – с юга (рис. 4).

Результаты исследования демонстрируют, что правосторонняя асимметрия щитовидной железы выявляется у существенной доли респондентов как из северных, так и из южных районов Архангельской области. Данный факт согласуется с опубликованными научными данными, согласно которым у большинства людей наблюдается преобладание правых морфологических, моторных

и сенсорных асимметрий тела [12]. Наличие правосторонней асимметрии щитовидной железы характерно для всех возрастных групп. Полученные данные согласуются с результатами исследования С. С. Санджиевой, в котором установлена правосторонняя асимметрия щитовидной железы у людей пожилого возраста. Проведённые ранее научные работы демонстрируют схожую тенденцию. Так, С. С. Змеева и Е. Д. Лютая в своём исследовании выявили правостороннюю асимметрию щитовидной железы у детей. В свою очередь, Е.В. Чаплыгина в своей работе описала аналогичное преобладание правосторонней асимметрии, но уже среди людей среднего возраста [13; 14].

Данные проведенного исследования показали, что у девушек как с севера области, так и с юга преобладает низкая степень асимметрии и составляет 33% и 30% соответственно. Степень выраженности асимметрии ниже среднего встречается в 26% и в 22% у девушек с севера и юга области соответственно. Средняя степень и степень выше среднего выраженности асимметрии щитовидной железы у девушек с севера встречается в 7% и в 4% соответственно. Средняя степень и степень выше среднего не встречается в группе обследуемых с юга области. Высокая степень асимметрии щитовидной железы не встречается ни в одной из двух групп. Согласно современным клиническим представлениям, асимметрия щитовидной железы зачастую не несёт диагностической значимости. Приоритетным параметром при оценке функциональной активности органа остаётся совокупный объём тиреоидной ткани [8].

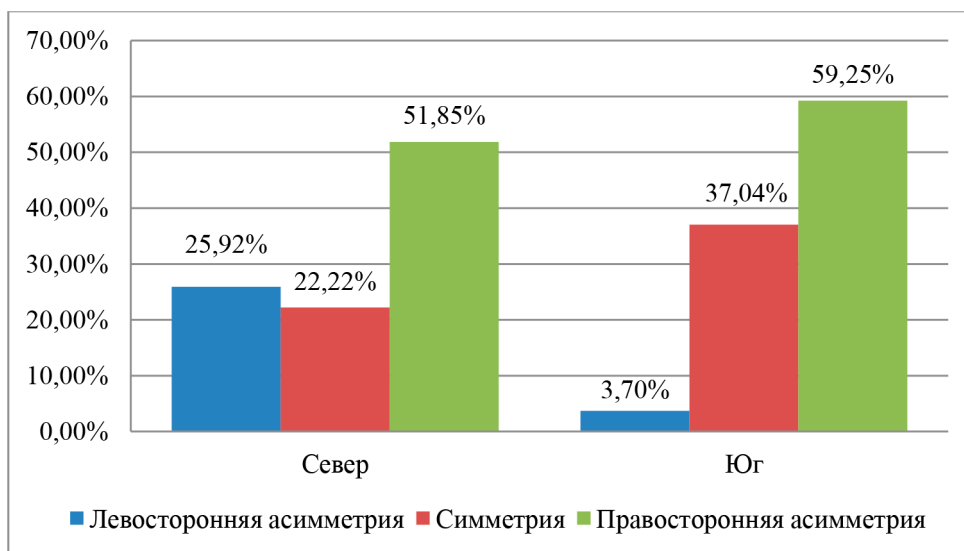


Рис. 4. Симметрия щитовидной железы у девушек северных и южных районов Архангельской области
 Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

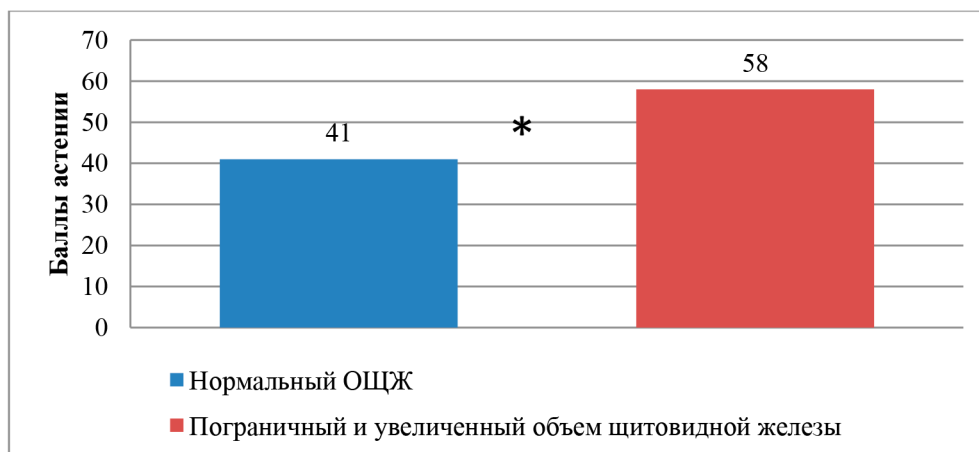


Рис. 5. Баллы шкалы астении у девушек с нормальным и пограничным, увеличенным объемом щитовидной железы
Примечание: уровень значимости различий показателя по отношению к другим группам $p < 0,05$
Источник: составлено авторами по результатам данного исследования

Зависимость выраженности астении от объема щитовидной железы у девушек Архангельской области

| Шкала астении | Объем | |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | Коэффициент корреляции, r | Достигнутый уровень значимости, p |
| Общий балл | 0,170 | 0,218 |
| Общая астения | 0,017 | 0,903 |
| Сниженная активность | 0,015 | 0,914 |
| Сниженная мотивация | 0,363 | 0,007* |
| Физическая астения | 0,259 | 0,059 |
| Психическая астения | 0,317 | 0,028* |

Примечание: показан уровень значимости – * $p < 0,05$.

Источник: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В исследовании при оценке психоэмоционального статуса главным критерием был балл по шкале астении, также проводили сравнение данных анкет, полученных в группе девушек с объемом щитовидной железы, соответствующим возрастным нормативам ($V=7-16 \text{ см}^3$) и в группе обследуемых с увеличенным объемом щитовидной железы ($V<7, V>16 \text{ см}^3$). При наличии баллов выше 30 можно говорить о наличии астенического синдрома. Стоит отметить, что лишь у 3 (5,6%) девушек полученный результат составил менее 30 баллов, при этом их объем щитовидной железы нормальный. У остальных 51 девушки (94,4%) значения по шкале астении превышали 30 баллов. Можем предположить, что повышенный балл у девушек с нормальным объемом щитовидной железы может свидетельствовать об общей усталости

(середина учебного года), личных проблемах (стресс), холодном факторе (зима), контрастной фотопериодике (короткий световой день).

В обеих группах медианные значения превышают нормальные. Однако преобладают значения у девушек с пограничным и увеличенным объемом щитовидной железы. Согласно полученным данным, баллы шкалы астении у девушек с нормальным объемом щитовидной железы варьировали от 23 до 65 ($Me = 41$), причем баллы у 50% обследуемых находились в промежутке от 35 до 47. Баллы шкалы астении у девушек с пограничным объемом щитовидной железы и с увеличенным объемом щитовидной железы варьировали от 36 до 90 ($Me = 58$), причем баллы у 50% обследуемых находились в промежутке от 47 до 71. Баллы астении в обоих случаях имеют статистически

значимое отличие, а именно: с отклонением объема щитовидной железы от нормальных значений увеличивалось значение баллов по шкале астении ($p < 0,05$) (рис. 5).

Наличие астении у обследуемых девушек можно оценить не только по общему баллу, но и по одной из 5 субшкал: общая астения, физическая астения, пониженная активность, снижение мотивации и психическая астения. В норме балл по каждому аспекту должен составлять менее 12. Если балл превышает 12, то стоит обратить внимание на данный аспект.

Согласно полученным данным, можно отметить, что у девушек с пограничным и увеличенным объемом щитовидной железы преобладает общая астения ($Me=14$), пониженная активность ($Me=13$) и психическая астения ($Me=12$).

Для изучения уровня связи объема щитовидной железы и степени выраженности астении был посчитан коэффициент корреляции Спирмена. Статистический анализ выявил наличие умеренной прямой корреляции между объемом щитовидной железы и уровнем снижения мотивации ($r = 0,363$; $p = 0,007$), а также между объемом щитовидной железы и выраженностью психической астении ($r = 0,317$; $p = 0,028$). Полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение объема щитовидной железы сопряжено с более значимым снижением мотивационной сферы и усилением симптомов психической астении (табл.).

Изменение объема щитовидной железы (как увеличение, так и уменьшение) ведёт к нарушению её функциональной активности, в частности – к дерегуляции синтеза тиреоидных гормонов. Это, в свою очередь, провоцирует развитие гипотиреоза. Одним из первых клинических проявлений данного состояния выступает астенический синдром, включающий следующие симптомы: раздражительность, лабильность настроения, повышенная утомляемость, общая слабость, адинамия, вялость и расстройства сна. Указанные нарушения нередко становятся причиной снижения работоспособности и ухудшения качества жизни пациента [15-17].

Закключение

Общий объем щитовидной железы и ее долей преобладают у девушек, проживающих в южных районах Архангельской области, что может быть связано с недостаточностью йодообеспеченности данных районов. Для значительной части обследуемых девушек, как с северных, так и южных районов Архангельской области, характерна правосторонняя асимметрия щитовид-

ной железы, что является вариантом нормы. У девушек, чей объём щитовидной железы превышал возрастные нормативы, зафиксировано повышение показателей по шкале астении. Данный феномен может быть обусловлен нарушениями в продукции тиреоидных гормонов. Кроме того, выявлена прямая зависимость: выраженность снижения мотивации и симптомов психической астении нарастает пропорционально увеличению объёма щитовидной железы.

Список литературы

1. Трошина Е. А., Платонова Н. М., Панфилова Е. А. Аналитический обзор результатов мониторинга основных эпидемиологических характеристик йоддефицитных заболеваний у населения Российской Федерации за 2009-2018 гг. // Проблемы эндокринологии. 2021. № 2 (67). С. 10-19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-rezultatov-monitoringa-osnovnyh-epidemiologicheskikh-harakteristik-yododefitsitnyh-zabolevaniy-u-naseleniya-1> (дата обращения: 26.11.2025).
2. Сибилева Е. Медико-экологические особенности зобной эндемии у детей и подростков Архангельской области: дис. ... докт. мед. наук. Архангельск, 2006. 226 с.
3. Кубасов Р. В., Кубасова Е. Д. Йодная обеспеченность населения в Архангельской области // Гигиена и санитария 2008. № 3 С. 14-15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/yodnaya-obespechennost-naseleniya-v-arhangelskoy-oblasti> (дата обращения: 26.11.2025).
4. Кубасова Е. Д. Физиологическая характеристика биоэлементного статуса и его влияние на состояние щитовидной железы детей Архангельской области: дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2007. 127 с.
5. Платонова Н. М. Йодный дефицит: современное состояние проблемы // Клиническая и экспериментальная тиреодология. 2015. № 1 (11). С. 12-21. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/yodnyy-defitsit-sovremennoe-sostoyanie-problemy> (дата обращения: 26.11.2025).
6. Абдулхабирова Ф. М., Безлепкина О. Б., Бровин Д. Н., Вадина Т. А., Мельниченко Г. А., Нагаева Е. В., Никанкина Л. В., Петеркова В. А., Платонова Н. М., Рыбакова А. А., Солдатова Т. В., Трошина Е. А., Ширяева Т. Ю. Клинические рекомендации «Заболевания и состояния, связанные с дефицитом йода» // Проблемы эндокринологии. 2021. № 3. С. 10-22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskie-rekomendatsii-zabolevaniya-i-sostoyaniya-svyazannye-s-defitsitom-yoda> (дата обращения: 26.11.2025).
7. Насвалиев З. А. У., Журакулов М. Ш. У., Жураев Ш. Б. У., Тогаева Г. С. Гипотиреоз // Наука и образование. 2023. № 5. С. 229-336. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gipotireoz> (дата обращения: 26.11.2025).
8. Методика проведения УЗИ щитовидной и паращитовидных желез у взрослых и детей: Методические рекомендации № 77. М.: ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», 2019. 31 с. EDN: PGGOGU.
9. Справочник Административно-территориальное деление Архангельской губернии и области в XVIII – XX веках. Архангельск, 1997. 413 с. ISBN: 5-85879-045-3.
10. Кравцова О. Н., Сагитова Э. Р., Аверьянов В. Н. Современное состояние заболеваемости взрослого населения патологией щитовидной железы, обусловленной дефицитом йода // Оренбургский медицинский вестник. 2021. № 2 (34). С. 56-60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-zabolevaemosti-vzroslogo-naseleniya-patologiyey-schitovidnoy-zhelezy-obuslovlennoy-defitsitom-yoda> (дата обращения: 26.11.2025).

11. Горбачев А. Л., Сибилева Е. Н., Ломакин Ю. В. Некоторые параметры и причинные факторы зобной эндемии на территории Приморского района Архангельской области // Вестник ОГУ. 2006. № 12. С. 68-69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-parametry-i-prichinnye-factory-zobnoy-endemii-na-territorii-primorskogo-rayona-arhangel'skoy-oblasti> (дата обращения: 26.11.2025).
12. Дударев А. А., Горбанев С. А., Фридман К. Б. О международном научном сотрудничестве ФБУН «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья» в области медицинской экологии и гигиены окружающей среды в Арктике // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: материалы научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 05–06 октября 2017 года. СПб.: ООО «ИПК «Коста», 2017. С. 89-95. EDN: XULRNB.
13. Чаплыгина Е. В., Неласов Н. Ю., Кучиева М. Б., Морозова А. В. Региональные особенности строения щитовидной железы в норме и патологические изменения ее паренхимы у жителей ростовской области // Журнал анатомии и гистопатологии. 2015. Т. 4. № 4 С. 56-61. DOI: 10.18499/2225-7357-2015-4-4-56-61.
14. Лагутина С. Н., Мячина Д. С., Деряева О. Г., Перцев А. В. Оценка показателей психоэмоциональной сферы у женщин с увеличенной щитовидной железой (по данным УЗИ – исследования) // Молодежный инновационный вестник. 2020. Т. 9. № S2. С. 91-93. EDN: TLENXT.
15. Антонова К. В., Танащян М. М., Спрышков Н. Е., Панина А. А. Гипотиреоз и неврологические нарушения // Эффективная фармакотерапия. 2023. № 19 (3). С. 42-50. DOI: 10.33978/2307-3586-2023-19-3-42-50.
16. Куташов В. А., Будневский А. В., Ульянова О. В., Припутневич Д. Н. К вопросу о нервно-психических расстройствах у больных гипотиреозом // Саратовский научно-медицинский журнал. 2016. № 3. С. 375-378. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-nervno-psihicheskikh-rastroystvah-u-bolnyh-gipotireozom> (дата обращения: 26.11.2025).
17. Шаповалова А. Б., Бабушкина И. В. Особенности психических нарушений у больных аутоиммунным тиреоидитом // Медицина: теория и практика. 2020. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-psihicheskikh-narusheniy-u-bolnyh-autoimmunnym-tireoiditom> (дата обращения: 26.11.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ КЛЯЗЬМЫ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ПАВЛОВСКИЙ ПОСАД МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Зыков И. Е. ORCID ID 0000-0002-6027-3700, Ваулин Д. Е.

Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево, Российская Федерация, e-mail: zikov-oz@yandex.ru

Обследован поверхностный лотический водоём средней полосы России, который подвергается постоянному техногенному воздействию, приводящему к изменениям водной экосистемы, что отражается на общем состоянии прибрежных биоценозов и населения региона. Цель исследования – получение информации о естественном качестве воды и оценке его изменения в результате влияния антропогенных факторов. Работы выполнены на реке Клязьме в городском округе Павловский Посад Московской области в 2021-2023 годах. Приведено описание двух створов в местах отбора проб: в черте города вблизи моста через реку Клязьму и в зоне разбавления сточных вод очистных сооружений, в районе деревни Саурово. Определен физико-химический состав воды, отмечены случаи превышения предельно допустимых концентраций по некоторым фоновым показателям. Представлена динамика изменений концентраций ионов приоритетных загрязняющих веществ (аммония, нитратов, фосфатов) в течение каждого года исследования. Проведена биоиндикация по обнаруженным индикаторным видам макрозообентоса и по состоянию популяций семейства рясковых, в частности по *Lemna minor* L., установлен уровень сапробности водоёма (3-4 класс качества – альфа-, бета-мезосапробная). Представлены трехлетние тренды концентраций некоторых поллютантов в черте города и ниже по течению реки у деревни Саурово. Отмечено относительное постоянство уровня загрязнения воды в течение трех лет по большинству исследованных параметров.

Ключевые слова: экологический мониторинг, биоиндикация, макрозообентос, сапробность, поллютанты, сезонная динамика, река Клязьма

ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE KLYAZMA RIVER IN THE CITY DISTRICT OF PAVLOVSKY POSAD MOSCOW REGION

Zykov I. E. ORCID ID 0000-0002-6027-3700, Vaulin D. E.

State educational institution of higher education of the Moscow region «State University of Humanities and Technology», Orekhovo-Zuyevo, Russian Federation, e-mail: zikov-oz@yandex.ru

The study examined a surface lotic reservoir in central Russia, which constantly exposed to anthropogenic influences that lead to changes in the aquatic ecosystem and affect the overall condition of the coastal biocenoses and the population of the region. The purpose of the study is to obtain information about the natural water quality and assess its changes due to anthropogenic factors. The study conducted on the Klyazma River in the Pavlovsky Posad urban district of the Moscow Region in 2021-2023. The article provides a description of two sampling sites: one within the city limits near the bridge over the Klyazma River, and the other in the wastewater dilution zone of the treatment plant near the village of Saurovo. The physical and chemical composition of the water was determined, and cases of exceeding the maximum permissible concentrations for some background indicators noted. The dynamics of changes in the concentrations of priority pollutants (ammonium, nitrates, and phosphates) during each year of the study presented. Bioindication was performed based on the detected indicator species of macrozoobenthos and the condition of the duckweed family, particularly *Lemna minor* L., and the level of saprobity of the water body was determined (3-4 quality class – alpha-beta mesosaprobic). Three-year trends of concentrations of some pollutants within the city limits and downstream of the river near the village of Saurovo are presented. The relative constancy of the water pollution level over three years for most of the studied parameters is noted.

Keywords: environmental monitoring, bioindication, macrozoobenthos, saprobity, pollutants, seasonal dynamics, Klyazma River

Введение

Увеличение антропогенной нагрузки на природные комплексы приводит к необходимости разработки и апробации методик оценки экологического состояния природно-антропогенных сред. Поэтому актуальность проблемы развития мониторинговых подходов в системе экологического контроля и управления качеством окружающей среды сегодня не вызывает сомнения [1; 2].

Сильное антропогенное воздействие на поверхностные водоёмы приводит к изменениям водных экосистем, отражается на общем состоянии природы и человеческого общества [3]. Для биологической индикации качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющих водоёмы. Каждая из них играет важную роль в общем круговороте веществ в водоёме, имеет свои преимуще-

щества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации [4]. Многие организмы-биоиндикаторы ответственны за самоочищение водоёма, создание первичной продукции, трансформацию веществ и энергии в водных экосистемах [5]. Заключение по результатам биологического исследования должно строиться на основании совокупности всех полученных данных, а не на единичных находках индикаторных организмов. При выполнении исследования и оценке результатов нужно учитывать возможность случайных, местных загрязнений в точке наблюдения [6; 7].

Для биоиндикации необходимо выбирать наиболее чувствительные группы организмов с максимальной скоростью отклика и выраженностью параметров. В водных экосистемах таковыми являются планктонные сообщества, быстро реагирующие на изменение среды благодаря короткому жизненному циклу и высокой скорости воспроизводства. Бентосные сообщества, в которых организмы имеют достаточно продолжительный жизненный цикл, более консервативны: перестройки происходят в них при длительном хроническом загрязнении, приводящем к необратимости процессов [8].

Мониторинг поверхностных вод – система последовательных наблюдений, сбора и обработки данных о состоянии водных объектов, прогноза их изменений и разработки научно обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений по улучшению качества воды [9; 10].

Цель исследования – получение информации о естественном качестве воды лотического водоема и оценка его изменения в результате влияния антропогенных факторов.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на реке Клязьме в черте городского округа Павловский Посад Московской области (55°47'00" с. ш., 38°39'00" в. д.). Клязьма – левый приток реки Оки длиной 686 км и площадью водосбора 41 699 км². Речная система Клязьмы включает 3508 рек общей протяженностью 16 598 км. В пределах Московской области Клязьма течет на протяжении 245 км. В верховьях река протекает по южным склонам Клинско-Дмитровской гряды, от города Щёлково до поселка Городищи – по Мещерской низменности. Рельеф района моренно-зандрово-равнинный. Междуречные пространства Приклязьминской Мещеры сильно заболочены. Клязьма имеет широкую долину с двумя террасами и поймой. Обе террасы аккумулятивные, песчаные

с плоским, местами всхолмленным рельефом. Пойма реки шириной до 2 км, высотой до 3 м, с плоским, в излучинах грядистым рельефом. Ширина русла до 95 м. Расход реки около 51,5 м³/сек. В районе исследования ширина реки составляет около 30 м, глубина – около 2,5 м.

Для исследования экологического состояния реки Клязьмы в черте городского округа Павловский Посад выбраны 2 пробных створа, каждый площадью около 1 м²:

1 – расположен вблизи моста через реку Клязьма по ул. Интернациональная;

2 – расположен в зоне разбавления сточных вод очистных сооружений, в районе деревни Саурово.

Основанием для выбора створов послужили разный уровень антропогенной нагрузки в местах исследования и возможность подхода к кромке воды для забора проб ряски и макрозообентоса. Для описания гидрохимических параметров воды реки Клязьмы и их пространственно-временной динамики проанализирован материал, собранный в период с 2021 по 2023 год. Отбор проб осуществлялся 1 раз в месяц на каждом створе. Ряска *Lemna minor* L. и макрозообентос отбирались в весенне-осенние периоды с помощью сачка или драги. Физико-химический анализ воды, определение и исследование собранных гидробионтов проведены в лабораторных условиях по стандартным методикам [11; 12].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование реки проведено с использованием физико-химических методов и оценки состояния водной экосистемы по растительному и животному населению водоема. Физико-химические измерения позволяют оценить качество воды на текущий момент, исследование присутствия индикаторных видов растений или животных даёт возможность оценить степень антропогенного воздействия на протяжении более длительного периода времени [13].

На рисунках 1-9 представлена динамика изменений физико-химических показателей воды в течение каждого года исследования по содержанию ионов NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^- [14-16], аналогичная информация по pH, NO_2^- и БПК₅ не приводится в связи с ограничением объема публикации.

Результаты физико-химического исследования воды, биоиндикации по состоянию популяций ряски и индикаторных видов беспозвоночных [17] реки Клязьмы в пределах городского округа Павловский Посад за трёхлетний период приведены в таблицах 1–3.

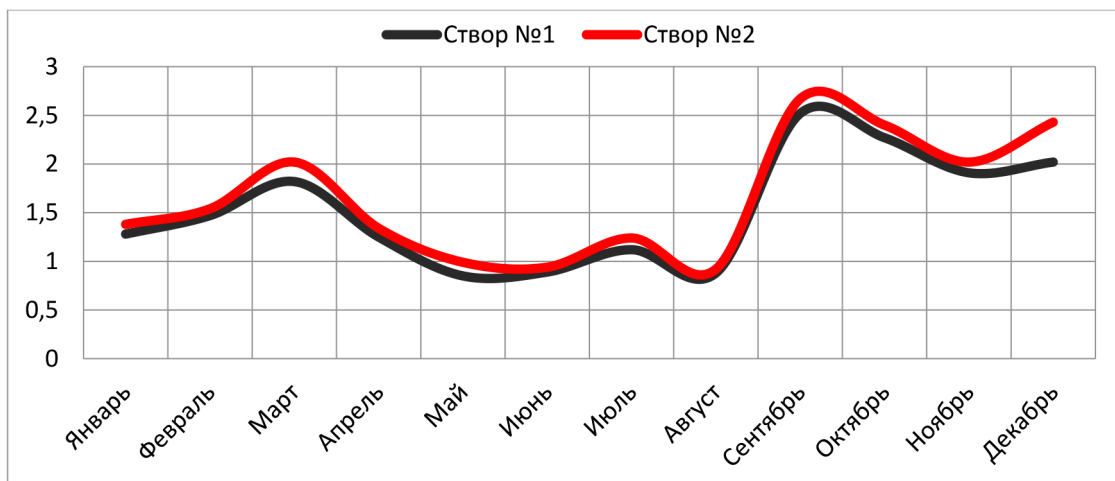


Рис. 1. Динамика значений (NH_4^+), мг/дм³, в реке Клязьме за 2021 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [14]

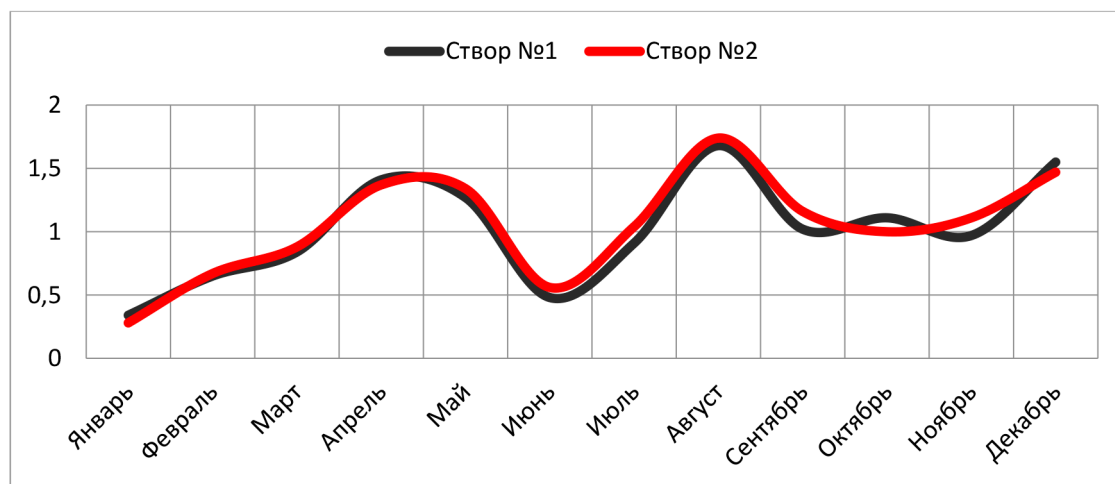


Рис. 2. Динамика значений (NH_4^+), мг/дм³, в реке Клязьме за 2022 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [15]

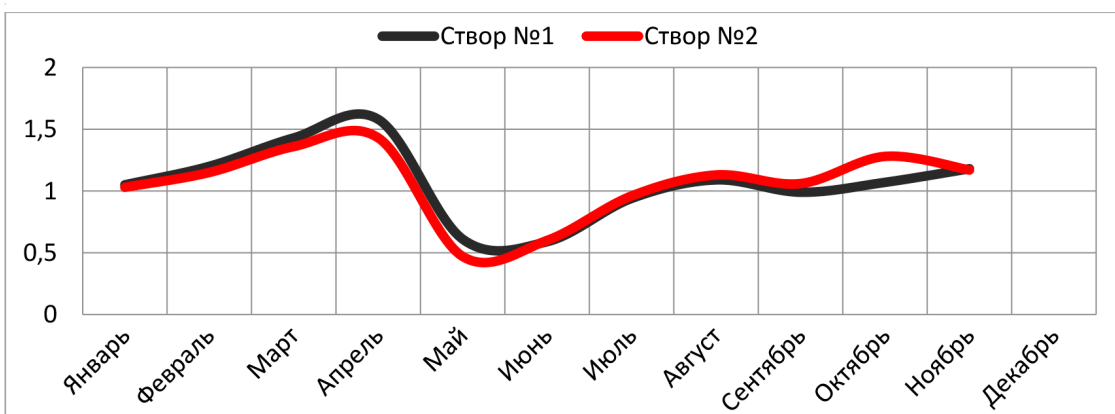


Рис. 3. Динамика значений (NH_4^+), мг/дм³, в реке Клязьме за 2023 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [16]

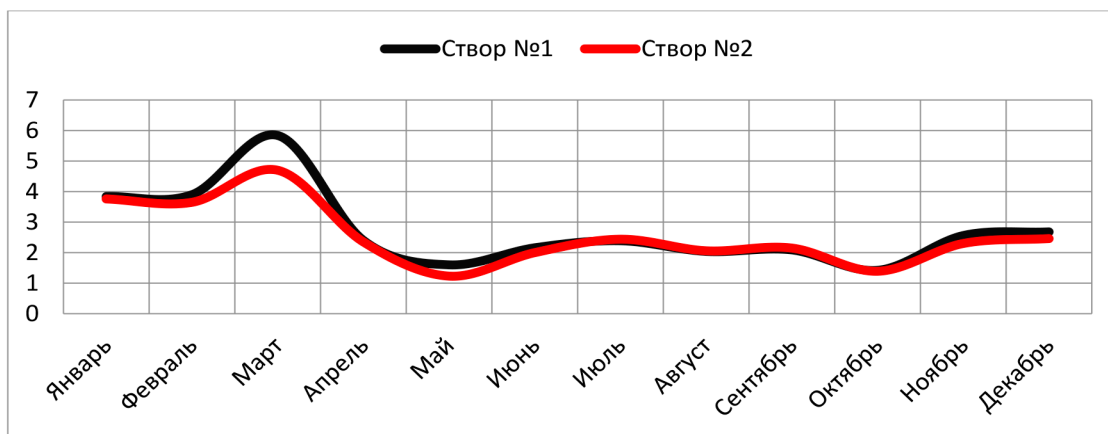


Рис. 4. Динамика значений (NO_3^-), мг/дм³, в реке Клязьме за 2021 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [14]

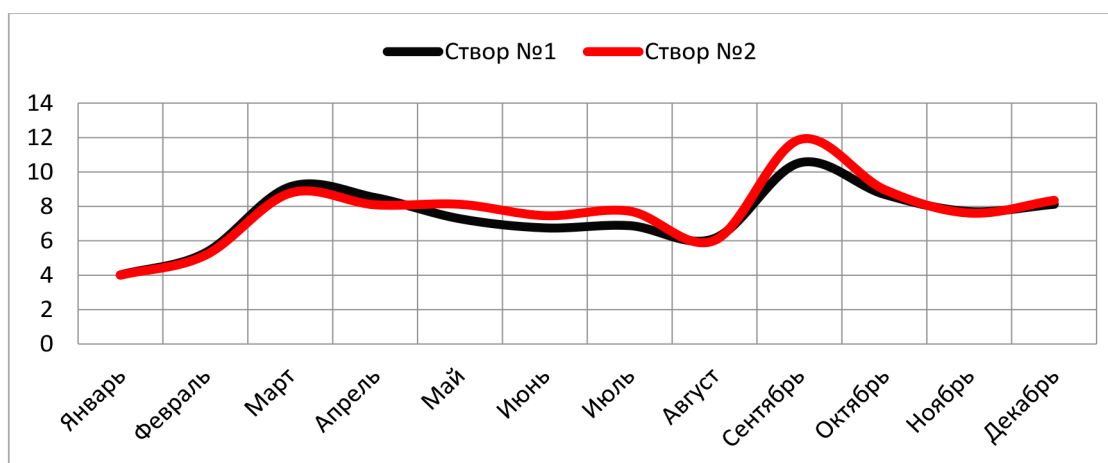


Рис. 5. Динамика значений (NO_3^-), мг/дм³, в реке Клязьме за 2022 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [15]

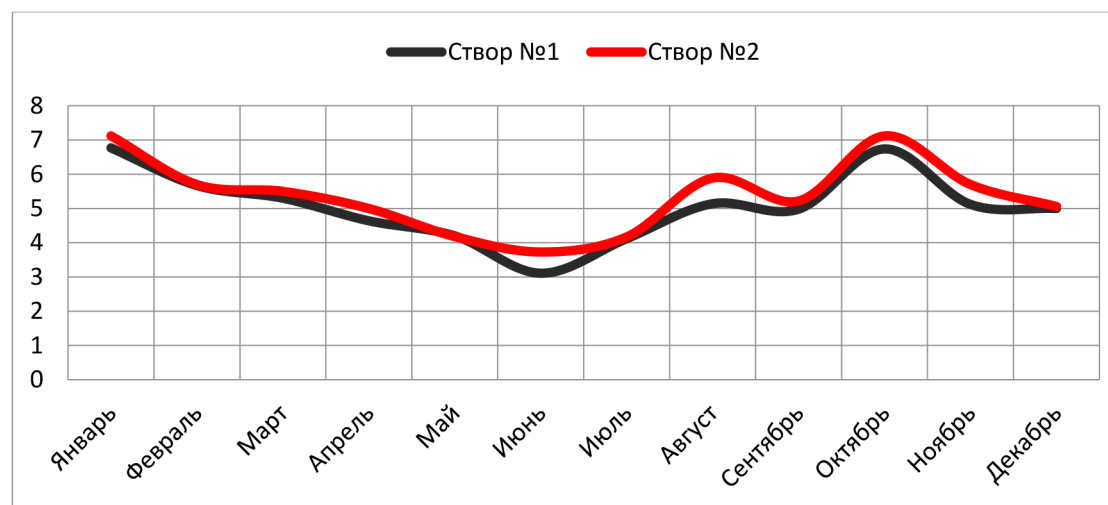


Рис. 6. Динамика значений (NO_3^-), мг/дм³, в реке Клязьме за 2023 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [16]

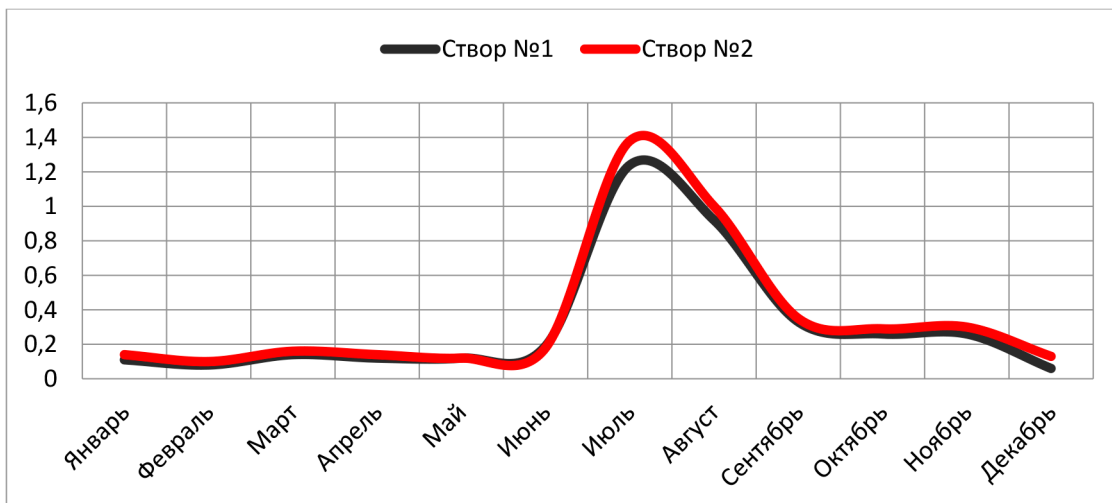


Рис. 7. Динамика значений (PO_4), мг/дм³, в реке Клязьме за 2021 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [14]

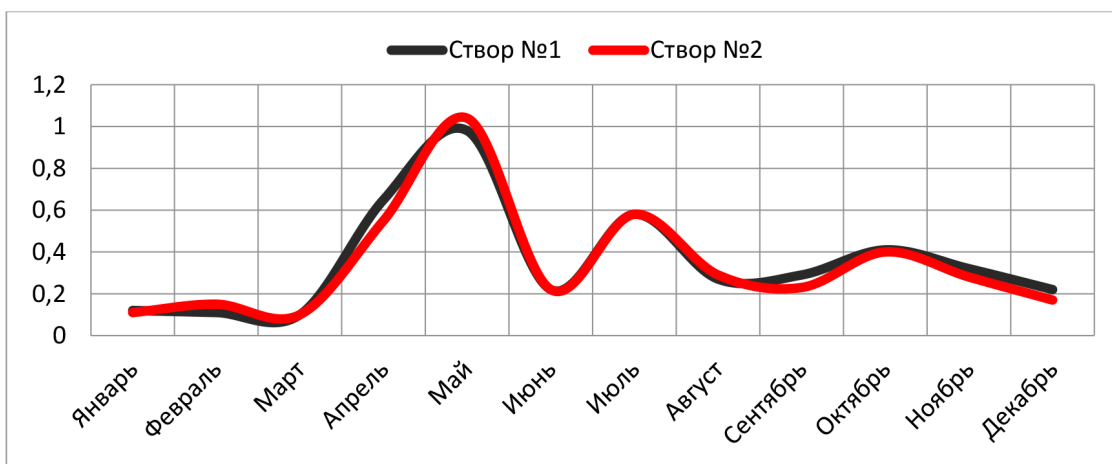


Рис. 8. Динамика значений (PO_4), мг/дм³, в реке Клязьме за 2022 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [15]

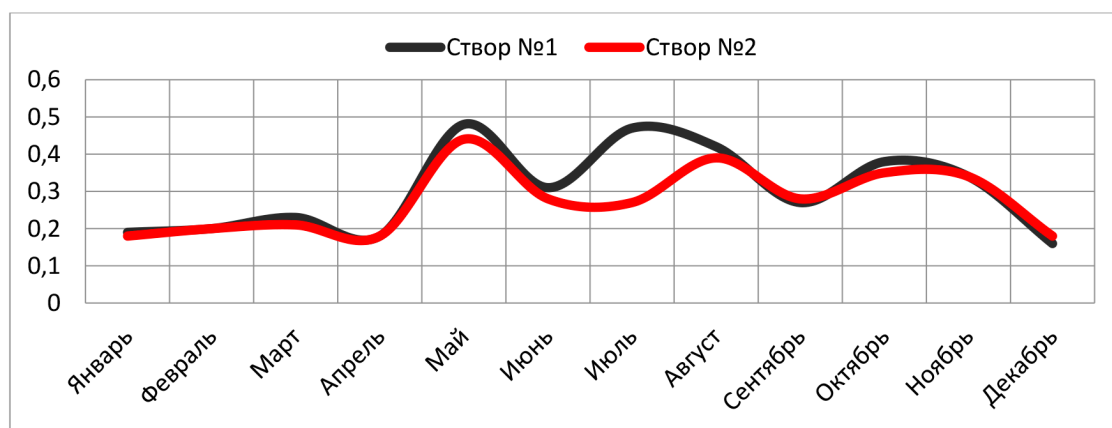


Рис. 9. Динамика значений (PO_4), мг/дм³, в реке Клязьме за 2023 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [16]

Таблица 1

Физико-химические свойства воды на пробных створах
реки Клязьмы (2021-2023 годы)

| Показатели | ПДК | Створ 1 | | | Створ 2 | | |
|---|-----------|---------|------|------|---------|------|-------|
| | | 2021 | 2022 | 2023 | 2021 | 2022 | 2023 |
| рН | 6,50-8,50 | 7,47 | 7,8 | 7,33 | 7,40 | 7,85 | 7,27 |
| Температура, С° | - | 13,83 | 13,5 | 15,0 | 14,16 | 13,4 | 14,83 |
| Прозрачность, см | < 30 | 25,0 | 30,0 | 45,0 | 20,0 | 30,0 | 40,0 |
| Запах, баллы | 2 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| Аммоний (NH ₄ ⁺), мг/дм ³ | 2,0 | 1,59 | 0,97 | 0,99 | 1,74 | 1,11 | 1,01 |
| Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/дм ³ | 3,0 | 0,28 | 0,22 | 0,33 | 0,31 | 0,21 | 0,38 |
| Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм ³ | > 45,0 | 3,64 | 8,0 | 5,85 | 3,41 | 8,3 | 6,30 |
| Фосфаты (PO ₄ ⁻), мг/дм ³ | 3,5 | 0,38 | 0,37 | 0,33 | 0,42 | 0,39 | 0,29 |
| БПК ₅ , мг/л | 2,0 | 6,33 | 4,16 | 3,72 | 6,39 | 4,24 | 3,86 |

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

Таблица 2

Качество воды реки Клязьмы по индикаторным беспозвоночным
(2021-2023 годы)

| | 2021 | 2022 | 2023 |
|---------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Створ 1 | Hirudinea | <i>Tubifex sp.</i> | Hirudinea |
| | Lymnaeidae | Hirudinea | <i>Unio sp.</i> |
| | <i>Sphaerium sp.</i> | Valvatidae | <i>Sphaerium sp.</i> |
| | Amphipoda | <i>Unio sp.</i> | Amphipoda |
| | <i>Asellus aquaticus</i> | Amphipoda | <i>Asellus aquaticus</i> |
| | Hydrachnidia | <i>Asellus aquaticus</i> | Ephemeroptera |
| | Trichoptera | Calopterygidae | Trichoptera |
| | Megaloptera | Gerridae | Chironomidae |
| | | Megaloptera | |
| | | Chironomidae | |
| | 3 класс качества, β-мезосапробная | 3 класс качества, β- мезосапробная | 3 класс качества, β-мезосапробная |
| Створ 2 | Hirudinea | Hirudinea | <i>Tubifex sp.</i> |
| | <i>Asellus aquaticus</i> | Lymnaeidae | Hirudinea |
| | Trichoptera | Anodonta | Anodonta |
| | Simuliidae | Odonata | <i>Asellus aquaticus</i> |
| | Tipulidae | Simuliidae | Calopterygidae |
| | Chironomidae | Tipulidae | Simuliidae |
| | | | Tipulidae |
| | 4 класс качества, α-мезосапробная | 4 класс качества, α-мезосапробная | 3 класс качества, β-мезосапробная |

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

Таблица 3

Качество воды реки Клязьмы по состоянию популяции *Lemna minor* L. (2021-2023 годы)

| № створа | Количество особей ряски в пробе | Суммарное количество щитков | Отношение числа щитков к числу особей | Количество поврежденных щитков | Отношение числа поврежденных щитков к общему количеству щитков, % | Класс качества воды |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---|---------------------|
| 2021 | | | | | | |
| 1 | 155 | 204 | 1,32 | 35 | 17,2 | 3 |
| 2 | 106 | 241 | 2,27 | 73 | 30,3 | 4 |
| 2022 | | | | | | |
| 1 | 150 | 300 | 2,0 | 65 | 21,7 | 4 |
| 2 | 165 | 254 | 1,54 | 51 | 20,1 | 4 |
| 2023 | | | | | | |
| 1 | 180 | 214 | 1,19 | 45 | 21,0 | 3 |
| 2 | 210 | 268 | 1,27 | 55 | 20,5 | 3 |

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

Заключение

За период исследования БПК₅ во всех пробах превышает допустимую норму, что свидетельствует о присутствии большого количества органических соединений. Значение рН – нейтральное или близкое к таковому. Прозрачность воды ниже нормы отмечена в 2021 году на створе 2, там же превышена ПДК по запаху. По содержанию ионов аммония, нитритов, нитратов и фосфатов превышений ПДК не обнаружено.

Наибольшую антропогенную нагрузку река Клязьма на исследованных участках испытывала в 2021-2022 годах. По состоянию популяции *Lemna minor* L. класс качества воды меняется с 3 (створ 1) до 4 (створ 2), что свидетельствует об увеличении загрязнения реки в зоне разбавления сточных вод, в районе деревни Саурово. В 2023 году 3 класс качества на всех исследуемых участках указывает на умеренное загрязнение воды.

Биоиндикация по животному населению подтверждает 3 класс качества воды (β-мезосопробная) за весь период исследования, кроме результатов на створе 2 в 2021-2022 годах (α-мезосопробная, класс качества 4). В целом экологическое состояние водоёма в точках исследования близко к удовлетворительному за счёт очистки сточных вод на очистных сооружениях города Павловского Посада и способности реки к самоочищению. Это подтверждается наличием разветвлённых пищевых цепей гидробионтов с большим числом взаимозаменяемых видов.

Список литературы

1. Носкова Т. В., Панина М. С., Лабузова О. М., Папина Т. С., Ильина Е. Г. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты в городской черте // Мониторинг природных и антропогенно нарушенных территорий: теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 98-103. URL: https://case.asu.ru/files/form_312-41947. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-3-098-103 (дата обращения: 15.10.2025).
2. Ваулин Д. Е., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Возможности использования методов экологического мониторинга для оценки состояния водных биоценозов восточного Подмосковья // Актуальные проблемы современной экологии и экологического образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Орехово-Зуево. 2015. С. 10. URL: <https://www.academia.edu/19348145> (дата обращения: 15.10.2025).
3. Стоящева Н. В. Антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна реки Томи // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 95–103. URL: https://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=186174&ARTICLE_ID=186185&ysclid (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(95-103).
4. Селезнёва А. В. Оценка техногенной нагрузки на водные экосистемы // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы VII Всероссийской конференции по водной экотоксикологии и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки». Институт биологии внутренних вод РАН. 2020. С. 166-169. URL: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/20213/280> (дата обращения: 15.10.2025).
5. Безматерных Д. М., Кириллов В. В., Винокурова Г. В., Вдовина О. Н., Ермолаева Н. И., Зарубина Е. Ю., Котовщиков А. В., Митрофанова Е. Ю., Пузанов А. В. Сообщества гидробионтов как индикаторы экологического состояния водных объектов для мониторинга влияния ракетно-космической деятельности на природную среду (на примере космодрома «Восточный») // Приоритетные задачи обеспечения безопасности и экологического сопровождения пусков РН типа «Союз», направления их реализации. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2017. С. 235-243. URL: <https://www.researchgate.net/publication/315572038> (дата обращения: 15.10.2025).

6. Ваулин Д. Е., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Возможно-сти социальной сети iNATURALIST в экологических исследованиях и образовании // Проблемы современного педагогического образования. 2023. Вып. 81. Ч. 2. С. 143-145. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-sotsialnoy-seti-inaturalist-v-ekologicheskikh-issledovaniyah-i-obrazovanii/viewer> (дата обращения: 15.10.2025).
7. Зыков И. Е. Оценка качества воды реки Клязьмы восточных районов Подмосквья // Вестник Московского государственного областного гуманитарного института. 2013. Т. 2. № 2. С. 11-19. URL: https://vestnikggtu.ru/wp-content/uploads/2016/11/medbio_1_2013.pdf (дата обращения: 15.10.2025).
8. Лямперт Н. А., Ничипорова И. П., Лобченко Е. Е., Первышева О. А. Современное состояние и динамика качества воды р. Клязьма // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 104-110. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37800> (дата обращения: 15.10.2025).
9. Селезнев В. А. Методика оценки и анализа антропогенной нагрузки на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского НЦ РАН: Экология – технические науки. 2021. Т. 23. Вып. 5. С. 135-143. URL: <https://sciup.org/148323585> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-135-143.
10. Helsel D. R., Hirsch R. M., Ryberg K. R., Archfield S. A., Gilroy E. J. Statistical methods in water resources // U.S. Geological Survey Techniques and Methods. 2020. Book 4. Chap. A3. 458 p. URL: <https://pubs.usgs.gov/tm/04/a03/tm4a3> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.3133/tm4a3.
11. Зуева Н. В., Алексеев Д. К., Куличенко А. Ю., Примак Е. А., Зуев Ю. А., Воякина Е. Ю., Степанова А. Б. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах. СПб.: РГТМУ, 2019. 140 с. URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_bc980f344501434587067731d9a292f6 (дата обращения: 15.10.2025).
12. Молчанова Я. П., Заика Е. А., Бабкина Э. И. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 2000. 87 с. URL: <https://www.ozon.ru/product/gidrohimicheskie-pokazateli-sostoyaniya-okruzhayushchey-sredy-277695115> (дата обращения: 15.10.2025).
13. Каверина Н. В., Прожорина Т. И., Иванова Е. Ю., Клевцова М. А., Куролап С. А., Клепиков О. В., Муравьев А. Г., Никольская А. Н., Синегубова В. В. Методы экологических исследований. Воронеж: Научная книга, 2019. 355 с. ISBN: 978-5-98222-988-5. EDN: ZTDZCW.
14. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2021 год / под ред. М. М. Трофимчука. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2022. 620 с. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2021 (дата обращения: 15.10.2025).
15. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2022 год / под ред. М. М. Трофимчука. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2023. 613 с. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2022 (дата обращения: 15.10.2025).
16. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2023 год / под ред. М. М. Трофимчука. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2024. 596 с. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2023 (дата обращения: 15.10.2025).
17. Чертопруд М. В. Основные классы реофильных сообществ макробеспозвоночных и их региональная изменчивость в Евразии // Биология внутренних вод. 2021. Т. 14. № 5. С. 481-500. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?-j=biouv&y=2021&v=0&n=5&a=BioVV2105003> (дата обращения: 15.10.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ ПОСЕВОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОБЪЁМНУЮ МАССУ ОРОШАЕМЫХ СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМОВ

¹Исаков В. Ю. ORCID ID 0009-0009-6095-1768,

²Иминчаев Р. ORCID ID 0009-0006-2720-6473

¹*Кокандский государственный университет, Коканд, Узбекистан;*

²*Ферганский государственный университет, Фергана, Узбекистан,
e-mail: ahmadjonovmashhurbek060@gmail.com*

Устойчивое развитие сельского хозяйства неразрывно связано с поддержанием плодородия почвы, ключевым аспектом которого являются её агрофизические свойства. Плотность почвы (объёмная масса) напрямую влияет на водно-воздушный режим, активность микроорганизмов и развитие корневой системы растений, что делает её важным показателем физического состояния орошаемых земель. Целью настоящего исследования являлась комплексная оценка влияния повторных культур (маш, фасоль) и различных доз минеральных удобрений на агрофизические свойства орошаемых светлых серозёмов Южной Ферганы. Полевые опыты проводились в 2022–2024 гг. по общепринятым методикам на почвах Капчугайского адыра и межадырного понижения Ханкиз. В ходе исследования изучалась динамика объёмной массы пахотного и подпахотного горизонтов в течение вегетационного периода, данные были обработаны с использованием дисперсионного анализа. Результаты показали, что к концу эксперимента в контрольных вариантах (без удобрений) наблюдалось значительное уплотнение почвы. В то же время применение бобовых повторных культур в сочетании с минеральными удобрениями способствовало заметному снижению плотности по сравнению с контролем. Было установлено, что наиболее благоприятные агрофизические условия, с наименьшими показателями объёмной массы, зафиксированы в вариантах с внесением оптимальных доз удобрений под маш и фасоль. Таким образом, исследование подтвердило, что бобовые культуры при повторном посеве действуют как естественные мелиоранты, улучшая структуру и водно-воздушный режим почвы, а их комплексное применение с оптимальными дозами удобрений является эффективным агроприёмом для повышения физического плодородия.

Ключевые слова: почва, объёмная масса, агрофизические свойства, повторные культуры, маш, минеральные удобрения, фасоль, Ферганская долина

EFFECT OF RELAY CROPPING AND MINERAL FERTILIZERS ON THE BULK DENSITY OF IRRIGATED LIGHT SEROZEMS

¹Isakov V. Yu. ORCID ID 0009-0009-6095-1768,

²Iminchaev R. ORCID ID 0009-0006-2720-6473

¹*Kokand State University, Kokand, Uzbekistan;*

²*Fergana State University, Fergana, Uzbekistan,
e-mail: ahmadjonovmashhurbek060@gmail.com*

Sustainable agricultural development is inextricably linked to maintaining soil fertility, a key aspect of which is its agrophysical properties. Soil density (bulk density) directly affects the water-air regime, microbial activity, and plant root system development, making it a critical indicator of the physical condition of irrigated lands. This study provides a comprehensive assessment of the impact of relay crops (mung bean, common bean) and different rates of mineral fertilizers on the agrophysical properties of irrigated light serozems in Southern Fergana. Field experiments were conducted from 2022–2024 using standard methodologies on the soils of the Kapchugay adyr and the Khankiz inter-adyr depression. The dynamics of bulk density in the plough and sub-plough horizons during the vegetation period were studied, and the data were analyzed using analysis of variance. The results showed that by the end of the experiment, significant soil compaction was observed in the control treatments (without fertilizers). In contrast, the application of leguminous relay crops combined with mineral fertilizers contributed to a noticeable reduction in density compared to the control. The most favorable agrophysical conditions, with the lowest bulk density values, were recorded in the treatments with the application of optimal fertilizer rates for mung bean and common bean. Thus, the study confirmed that leguminous crops used in relay sowing act as natural ameliorants, improving soil structure and the water-air regime, and their combined use with optimal fertilizer rates is an effective agro-practice for enhancing physical soil fertility.

Keywords: soil, bulk density, agrophysical properties, relay crops, mung bean, common bean, mineral fertilizers, Fergana Valley

Введение

Плодородие почвы является важнейшим условием устойчивого развития сельского хозяйства. Среди многочисленных показателей плодородия особое место занимают её агрофизические свойства: механический состав, структурность, плотность (объём-

ная масса), порозность, водопроницаемость и влагоёмкость. Оптимальные водный, воздушный, тепловой и питательный режимы почвы обеспечивают интенсивное развитие корневой системы растений, благоприятный обмен веществ и активизацию микробиологических процессов. Многочисленные ис-

следования показывают, что при достаточном содержании влаги, воздуха и питательных веществ в пахотном слое создаются оптимальные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, что положительно отражается на физических свойствах почвы.

Южная часть Ферганской долины, на границах Узбекистана, состоит из горных и предгорных равнин: предадырной равнины, двух рядов цепочечных адырных гряд, тянущихся с запада на восток, и межадырных и заадырных долинообразных понижений. Общие сведения о почвенном покрове этого региона были получены в ходе генетико-географических исследований, проведенных в 20-30-х годах прошлого века. Эти сведения зафиксированы в трудах М. А. Панкова, Б. В. Горбунова, А. Н. Розанова и других исследователей. В результате почвенных обследований, проведенных институтом «Узгипрозем» в 60-х годах, были составлены почвенные карты административных областей долины. Гипсоносные почвы занимают большое место в почвенном покрове Южной Ферганы. В 80-х годах изучались агрофизические, агрохимические и другие свойства гипсоносных почв с целью их освоения и эффективного использования в сельском хозяйстве [1]. Плотность гипсоносных почв варьируется в зависимости от формы и размера кристаллов гипса, а также от текстуры.

В последние десятилетия, наряду с традиционными свойствами почв [2], особое внимание уделяется изучению геохимических и биогеохимических свойств. Основное внимание в научных исследованиях М. И. Исагалиева [3] уделяется изучению миграции и аккумуляции химических

элементов, особенно тяжелых металлов и микроэлементов. Кроме того, детально изучаются биогеохимические процессы в почвах, формируемых в высотных зонах Южной Ферганы, и произрастающие в них лекарственные растения. Важный вклад в изучение почв региона внесли исследования Г. Т. Сотиболдиевой [4] по кольматированным почвам, Х. А. Абдухакимовой [5] по орошаемым сероземам и З. Ж. Исомидинова и др. [6] по системе «серо-бурые почвы – *Allium sera* L. (лук)».

Из этого краткого обзора литературы по изучению почв Южной Ферганы известно, что отдельных исследований их агрофизических свойств, а также системы «почва – растение – удобрение» не проводилось.

Плотность почвы оказывает прямое влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Согласно данным ряда авторов, для таких культур, как маш и белая фасоль, оптимальной является объемная масса в пределах 1,1–1,3 г/см³. При таких условиях обеспечивается достаточный газообмен, активность микроорганизмов и усвоение питательных веществ. В тяжелых суглинистых почвах чрезмерное уплотнение затрудняет развитие растений, в то время как агротехнические мероприятия способны регулировать плотность и улучшать физическое плодородие почв [7-9].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния повторных культур, в частности маша и фасоли, а также различных норм минеральных удобрений на агрофизические свойства орошаемых светлых серозёмов Южной Ферганы, в том числе на изменение их объёмной массы.

Таблица 1

Варианты опыта и нормы внесения минеральных удобрений

| № | Варианты | Нормы удобрения, кг/га | | |
|---|--|------------------------|-------------------------------|------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 1 | Контроль N ₀ P ₀ K ₀ | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Маш N ₀ P ₆₀ K ₄₀ | 0 | 60 | 40 |
| 3 | Маш N ₂₀ P ₈₀ K ₆₀ | 20 | 80 | 60 |
| 4 | Маш N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 20 | 40 | 20 |
| 5 | Маш N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ | 40 | 60 | 40 |
| 6 | Фасоль N ₀ P ₆₀ K ₄₀ | 0 | 60 | 40 |
| 7 | Фасоль N ₂₀ P ₈₀ K ₆₀ | 20 | 80 | 60 |
| 8 | Фасоль N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 20 | 40 | 20 |
| 9 | Фасоль N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ | 40 | 60 | 40 |

Примечание: составлено авторами.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в условиях орошаемого земледелия Ферганской долины в 2022–2024 гг. Объектом изучения послужили орошаемые светлые серозёмы среднесуглинистого гранулометрического состава, приуроченные к Капчугайскому адыру и межадырному понижению Ханкиз.

Все наблюдения, анализы и расчёты выполнялись по общепринятым методикам: «Методы исследования физических свойств почв» [10] и «Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований» [11]. Определялись следующие показатели: объёмная масса почвы в слоях 0–10, 10–20, 20–30 и 30–50 см, а также её динамика в начале и конце вегетационного периода.

Опыты закладывались по методу рандомизированных блоков (РКБ) в 4-кратной повторности. Учёт и анализ проводились три года подряд. В опыте предусматривались варианты, представленные в таблице 1.

Экспериментальные данные были подвергнуты дисперсионному анализу (ANOVA) для оценки достоверности различий между вариантами опытов. Проверка значимости различий проводилась при уровне $p < 0.05$ и $p < 0.01$. Для выделения однородных групп использовался критерий Дункана [12], который позволяет оценить относительные различия между вариантами при малых отклонениях средних значений. Все расчёты выполнялись в программной среде R (пакет *agricolae*, версия 1.3-3) и Microsoft Excel 2021.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные данные были подвергнуты дисперсионному анализу (ANOVA) для оценки статистической значимости различий между вариантами опытов.

Данные о влиянии повторных культур и доз NPK на объёмную массу почвы представлены в таблице 2.

Дисперсионная оценка показала, что в начале опыта различия между вариантами по объёмной массе почвы в слоях 0–30 и 30–50 см статистически недостоверны ($p > 0,05$). Это указывает на однородное физическое состояние почвы до закладки опыта. К концу опыта наблюдались существенные различия между вариантами как в пахотном (0–30 см), так и в подпахотном (30–50 см) слоях ($p < 0,01$).

Наиболее низкие значения объёмной массы отмечены в вариантах с посевом маша и фасоли при умеренных дозах мине-

ральных удобрений ($N_{20}P_{40}K_{20} - N_{40}P_{60}K_{40}$), где плотность почвы увеличилась с 1,26–1,27 г/см³ в начале эксперимента до 1,31–1,32 г/см³. Наибольшая плотность характерна для контрольного варианта без удобрений ($N_0P_0K_0 - 1,45$ г/см³). В вариантах с повторным посевом этот рост был медленнее и плотность оказалась на 0,02–0,06 г/см³ ниже, чем в контрольном варианте. Значительное уплотнение в контроле можно объяснить отсутствием поступления свежего органического вещества и естественным уплотняющим воздействием оросительной воды и агротехники. В свою очередь, корневая система бобовых культур действовала как биологический рыхлитель, создавая сеть мелких каналов и пор. После завершения вегетации и разложения корней эти поры сохраняются, улучшая общую аэрацию и водопроницаемость пахотного слоя. Таким образом, формируются более устойчивые почвенные агрегаты, противостоящие уплотнению.

Это свидетельствует о благоприятном воздействии бобовых культур на структурное состояние орошаемых светлых серозёмов.

В начале эксперимента все варианты находились практически в одной группе (разницы в плотности не было).

В конце эксперимента наблюдалось снижение плотности в вариантах с машем и фасолью по сравнению с контролем, особенно в вариантах $N_{20}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{60}K_{40}$.

Плотность увеличилась до максимального уровня в контрольном варианте и в вариантах с машем и фасолью $N_0P_{60}K_{40}$.

Согласно результатам теста Дункана, варианты можно разделить на статистические группы (рис.).

На диаграмме анализа ANOVA + Дункана:

- черные линии – планки погрешностей (стандартная ошибка);

- буквы над планками – группы в тесте Дункана.

К группе «а» относятся самые рыхлые почвы (маш $N_{20}P_{40}K_{20}$, фасоль $N_{40}P_{60}K_{40}$), тогда как контрольный вариант формирует отдельную группу «i» с наибольшей плотностью. Такое распределение указывает на тенденцию снижения плотности при увеличении доли биомассы корней и поступления органических остатков.

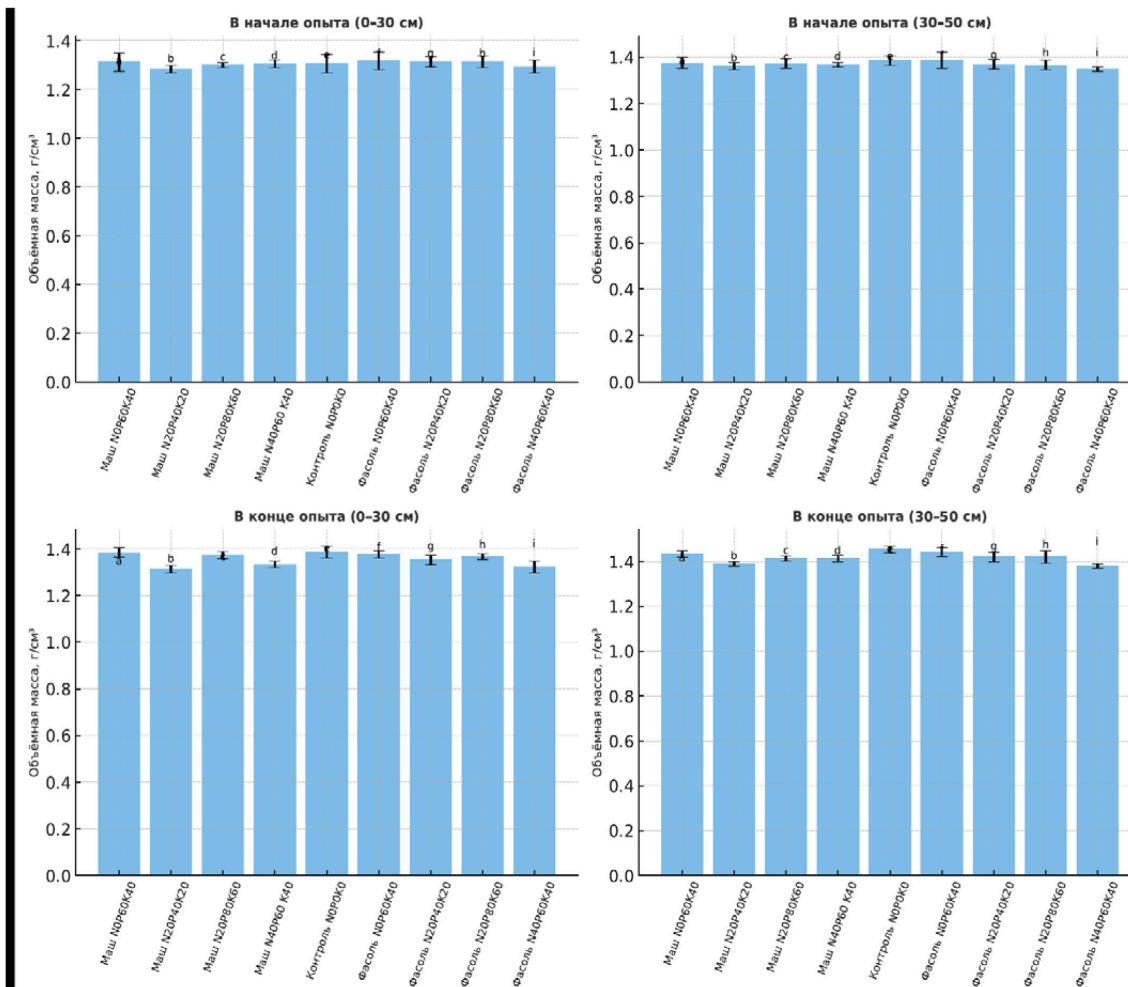
Анализ данных, полученных авторами, а также другими исследователями, показывает, что бобовые культуры улучшают структуру почвы, снижают её плотность, увеличивают содержание органических веществ и азота. Также они повышают вододерживающую способность за счет увеличения азотфиксации и биомассы.

Таблица 2

Влияние повторных культур и доз NPK на объёмную массу почвы (г/см³), среднее за 2022–2024 гг.

| № | Варианты | В начале опыта | | | | | | В конце опыта | | | | | | | | | |
|---|--|----------------|-------|------|-------|------|-------|---------------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| | | 2022 | | 2023 | | 2024 | | 2022 | | 2023 | | 2024 | | | | | |
| | | 0-30 | 30-50 | 0-30 | 30-50 | 0-30 | 30-50 | 0-30 | 30-50 | 0-30 | 30-50 | 0-30 | 30-50 | | | | |
| 1 | Контроль N ₀ P ₀ K ₀ | 1,28 | 1,37 | 1,35 | 1,41 | 1,29 | 1,38 | 1,31 | 1,38 | 1,36 | 1,44 | 1,41 | 1,47 | 1,39 | 1,45 | 1,39 | 1,45 |
| 2 | Маш N ₀ P ₆₀ K ₄₀ | 1,27 | 1,38 | 1,34 | 1,40 | 1,33 | 1,35 | 1,31 | 1,38 | 1,39 | 1,42 | 1,40 | 1,45 | 1,36 | 1,43 | 1,38 | 1,43 |
| 3 | Маш N ₂₀ P ₈₀ K ₆₀ | 1,29 | 1,35 | 1,30 | 1,39 | 1,31 | 1,38 | 1,30 | 1,38 | 1,37 | 1,42 | 1,36 | 1,40 | 1,39 | 1,42 | 1,37 | 1,41 |
| 4 | Маш N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,27 | 1,35 | 1,30 | 1,36 | 1,28 | 1,38 | 1,28 | 1,36 | 1,31 | 1,39 | 1,33 | 1,40 | 1,30 | 1,38 | 1,31 | 1,39 |
| 5 | Маш N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ | 1,29 | 1,38 | 1,32 | 1,36 | 1,30 | 1,37 | 1,30 | 1,37 | 1,32 | 1,40 | 1,33 | 1,43 | 1,35 | 1,41 | 1,33 | 1,41 |
| 6 | Фасоль N ₀ P ₆₀ K ₄₀ | 1,32 | 1,42 | 1,28 | 1,35 | 1,35 | 1,39 | 1,32 | 1,39 | 1,38 | 1,46 | 1,36 | 1,42 | 1,39 | 1,44 | 1,38 | 1,44 |
| 7 | Фасоль N ₂₀ P ₈₀ K ₆₀ | 1,29 | 1,36 | 1,31 | 1,39 | 1,34 | 1,35 | 1,31 | 1,37 | 1,36 | 1,45 | 1,36 | 1,40 | 1,38 | 1,41 | 1,37 | 1,42 |
| 8 | Фасоль N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀ | 1,32 | 1,39 | 1,29 | 1,35 | 1,33 | 1,37 | 1,30 | 1,37 | 1,36 | 1,42 | 1,33 | 1,40 | 1,37 | 1,44 | 1,35 | 1,42 |
| 9 | Фасоль N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀ | 1,27 | 1,34 | 1,29 | 1,36 | 1,32 | 1,35 | 1,29 | 1,35 | 1,32 | 1,38 | 1,30 | 1,37 | 1,35 | 1,39 | 1,32 | 1,38 |

Примечание: составлено авторами.



Изменение объёмной массы почвы (Δ) под посевами фасоли и маша при разных дозах минеральных удобрений (0-30 и 30-50 см, средние за 2022–2024 гг.)

Источник: составлено авторами

Анализ полученных данных показал, что плотность почвы изменялась в зависимости от дозы удобрений и вида бобовой культуры. Для фасоли наименьшие изменения отмечены в варианте $N_{40}P_{60}K_{40}$, что свидетельствует о сохранении оптимальной структуры. В вариантах с машем чётко проявилось влияние доз удобрений: повышенные нормы фосфора и калия ($N_{20}P_{80}K_{60}$) вызывали увеличение плотности, тогда как умеренные дозы ($N_{20}P_{40}K_{20}$) способствовали её стабилизации. Такая тенденция, вероятно, связана с более активной корневой системой маша, что согласуется с результатами других исследований [7; 13].

Выращивание маша и фасоли в качестве повторной культуры в сочетании с рациональным применением минеральных удобрений способствует снижению объёмной массы почвы на 0,02–0,06 г/см³ по сравнению с контролем. Это свидетельствует

о формировании более благоприятной порозности и улучшении водно-воздушного режима. Сходные данные приводят Blanco-Canqui & Ruis [7], которые отмечают, что использование покровных культур способствует уменьшению плотности почвы. Koudahe et al. [14] в своём обзоре также подчёркивают, что бобовые культуры улучшают водопроницаемость почв. В условиях длительных экспериментов De Notaris et al. [15] показали, что покровные культуры и севообороты способны значительно улучшать качество почвы. Полученные авторами данные подтверждают эти выводы и дополняются результатами по орошаемым светлым серозёмам Южной Ферганы.

В проведенном опыте снижение плотности почвы проявилось при дозах $N_{40}P_{60}K_{40}$ и $N_{20}P_{40}K_{20}$, что также подтверждается работами Zamukulu et al. и Baza et al. [13, 16]. Таким образом, результаты исследования

согласуются с глобальными метаанализами о положительном влиянии покровных культур на физическое плодородие почв, но расширяют их применительно к специфическим условиям Средней Азии. Получена комплексная оценка влияния повторных культур и различных доз удобрений на динамику объёмной массы почв в условиях орошаемых светлых серозёмов южной части Ферганской долины.

Заключение

Комплексная оценка влияния повторных культур и различных доз удобрений на динамику объёмной массы почв в условиях орошаемых светлых серозёмов южной части Ферганской долины показала, что выращивание маша и фасоли способствует улучшению агрофизических свойств почвы.

1. Маш оказывает более выраженное влияние на физическое состояние почвы по сравнению с фасолью, что связано с особенностями его корневой системы и агротехники.

2. Оптимальными комбинациями для поддержания плотности почвы в пределах агрономической нормы (1,31–1,32 г/см³) являются внесение N₄₀P₆₀K₄₀ под фасоль и N₂₀P₄₀K₂₀ под маш.

3. Внедрение бобовых повторных культур в сочетании с оптимизированными дозами минеральных удобрений является эффективным агроприёмом для сохранения и повышения физического плодородия почв региона.

Список литературы

- Исаков В. Ю. Гипсоносные, арзыковые и шоховые почвы Ферганской долины: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 1993. URL: <https://earthpapers.net/gipsonosnye-arzykovye-i-shohovye-pochvy-ferganskoy-doliny-usloviya-ih-formirovaniya-i-puti-ratsionalnogo-ispolzovaniya> (дата обращения: 15.10.2025).
- Исаков В. Ю., Иминчаев Р. А. Водно-физические свойства гипсоносных почв Южной Ферганы // *International Scientific Journal Science and Innovation Special Issue "Actual issues of agricultural development solutions: problems and"* June 2023, Part 2. С. 156–161. DOI: 10.5281/zenodo.8003944.
- Исагалиев М. Т. Исследование эколого-генетических особенностей, плодородия горных и предгорных почв: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 2016. URL: https://www.dissbor.uz/index.php?route=product&product_id=2678 (дата обращения: 15.10.2025).
- Sotiboldiyeva G. T. Kolmatajlangan tuproqlarning biogeokimyoviy holati // *Земля Узбекистана*. 2022. № 1. С. 125–132. URL: <https://uzzamin.uz/en/magazines/1-2022/kolmatajlangan-tuproqlarning-biogeokimyoviy-holati-uzzamin.pdf> (дата обращения: 15.10.2025).
- Абдухакимова Х. А. Геохимия орошаемых почв шахимардансайского конуса выноса (Шохимардонсой ко-

нус ёйилмаси сугориладиган тупрокларининг геохимёси): Автореф. дис. ... доктора философии (PhD) по биологическим наукам. Фергана, 2021. URL: <https://www.fdu.uz/admin/uploads/4/322092b2f6-habduhakimova-avtoreferat.pdf> (дата обращения: 15.10.2025)

6. Исомиддинов З. Ж., Исагалиев М. Т., Юлдашев Г. Ю. Биогеохимические особенности серо-бурых почв и лука // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2022. № 1. С. 22–27. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1255> (дата обращения: 31.10.2025). DOI: 10.17513/srbs.1255.

7. Blanco-Canqui H., Ruis S. J. Cover crop impacts on soil physical properties: A review // *Soil Science Society of America Journal*. 2020. Т. 84. № 5. С. 1527–1576. DOI: 10.1002/saj2.20129. URL: <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=3823016> (дата обращения: 15.10.2025).

8. Busari M. A., Kukul S. S., Kaur A., Bhatt R., Dulazi A. A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment // *International Soil and Water Conservation Research*. 2015. № 3 (2). С. 119–129. DOI: 10.1016/j.iswcr.2015.05.002. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300630> (дата обращения: 15.10.2025).

9. Haruna S. I. et al. Improving soil physical properties through the use of cover crops // *Agricultural & Environmental Letters*. 2020. № 5 (1). e20005. DOI: 10.1002/ael2.20005. URL: https://www.researchgate.net/publication/345006397_Improving_soil_physical_properties_through_the_use_of_cover_crops_A_review (дата обращения: 15.10.2025)

10. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв М.: Агропромиздат, 1986. 416 с. URL: <https://k.twirpx.link/file/859878/> (дата обращения: 15.10.2025)

11. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований / М-во сел. хоз-ва СССР. Гл. упр. землепользования и землеустройства. М.: Колос, 1973. 95 с.

12. Duncan D. B. Multiple range and multiple F tests // *Biometrics*. 1955. № 11 (1). P. 1–42. DOI: 10.2307/3001478. URL: <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1914284> (дата обращения: 15.10.2025).

13. Zamukulu P. M. et al. Optimization of plant density and fertilizer application for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) // *Heliyon*. 2023. Т. 9. № 6. e17293. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17293. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37408887/> (дата обращения: 15.10.2025).

14. Koudahe K., Allen S. C., Djaman K. Critical review of the impact of cover crops on soil properties // *International Soil and Water Conservation Research*. 2022. Т. 10. № 3. С. 343–354. DOI: 10.1016/j.iswcr.2022.03.003. URL: https://www.researchgate.net/publication/359512905_Critical_Review_of_the_Impact_of_Cover_Crops_on_Soil_Properties (дата обращения: 15.10.2025).

15. De Notaris C., et al. Long-term soil quality effects of soil and crop management in organic and conventional systems // *Geoderma*. 2021. Vol. 404. 115383. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115383. URL: https://www.researchgate.net/publication/353933939_Long-term_soil_quality_effects_of_soil_and_crop_management_in_organic_and_conventional_arable_cropping_systems (дата обращения: 15.10.2025).

16. Baza M., Shanka D., Bibiso M. Agronomic and economic performance of mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties in response to blended NPS fertilizer rates // *Biology*. 2022. Vol. 11. № 10. P. 1461. URL: https://www.researchgate.net/publication/363389095_Agronomic_and_economic_performance_of_mung_bean_Vigna_radiata_L_varieties_in_response_to_rates_of_blended_NPS_fertilizer_in_Kindo_Koysha_district_Southern_Ethiopia (дата обращения: 15.10.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ДИСАХАРИДАЗ МАЛЬТАЗЫ И САХАРАЗЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ У МОРСКИХ СВИНОК В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Кучкарова Л. С., Ганижонов П. Х., Хомидчонова Ш. Х.

*Ферганский медицинский институт общественного здоровья, Фергана, Узбекистан,
e-mail: ganizhonov94@mail.ru*

Данный эксперимент был направлен на исследование влияния химического и иммобилизационного стресса на массу тела, морфометрические характеристики внутренних органов, а также активность энтеральных ферментов у морских свинок. Целью исследования было сравнительное изучение воздействия этих стрессовых факторов на физиологическое состояние животных, а также морфологические изменения в тонком кишечнике. В ходе эксперимента использовались морские свинки, которых подвергали химическому и иммобилизационному стрессу. Оценивались масса тела, масса тонкого кишечника, активность энтеральных ферментов, таких как мальтаза и сахараза, а также гистологические изменения тканей кишечника. Для статистической обработки данных применялись методы сравнения групп. Результаты показали, что химический стресс оказывал более значительное влияние на массу тела и массу тонкого кишечника по сравнению с иммобилизационным стрессом. Активность ферментов мальтазы и сахаразы значительно возросла при химическом стрессе, в то время как при иммобилизации изменения были менее выражены. Гистологический анализ подтвердил более сильное воздействие химического стресса, что проявлялось в воспалительных процессах и повреждениях тканей кишечника. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о более выраженных физиологических и морфологических изменениях при химическом стрессе по сравнению с иммобилизационным стрессом, что подтверждает важность учета различных факторов стресса в экспериментальных исследованиях.

Ключевые слова: тонкий кишечник, иммобилизационный и химический стресс, биохимические изменения

STUDY OF MALTASE AND SUCRASE DISACCHARIDASE ACTIVITY UNDER STRESS EXPOSURE IN GUINEA PIGS IN EXPERIMENTAL CONDITIONS

Kuchkarova L. S., Ganizhonov P. Kh., Khomidchonova Sh. Kh.

*Fergana Medical Institute of Public Health, Fergana, Uzbekistan,
e-mail: ganizhonov94@mail.ru*

This experiment was aimed at studying the effects of chemical and immobilization stress on body mass, morphometric characteristics of internal organs, and the activity of enteric enzymes in guinea pigs. The goal of the study was to compare the impact of these stressors on the physiological condition of the animals, as well as morphological changes in the small intestine. Guinea pigs subjected to chemical and immobilization stress were used in the experiment. Body mass, small intestine mass, enteric enzyme activity (such as maltase and sucrase), and histological changes in the tissues were evaluated. Statistical analysis was performed using group comparison methods. The results showed that chemical stress had a more significant effect on body mass and small intestine mass compared to immobilization stress. The activity of maltase and sucrase enzymes increased significantly under chemical stress, whereas changes were less pronounced with immobilization. Histological analysis confirmed the stronger impact of chemical stress, which manifested as inflammatory processes and tissue damage in the intestine. Thus, the results of the study indicate more pronounced physiological and morphological changes under chemical stress compared to immobilization stress, emphasizing the importance of considering various stress factors in experimental research.

Keywords: small intestine, immobilization and chemical stress, biochemical changes

Введение

В последнее время возрастает интерес к исследованию стресса и его воздействия на организм животных и человека. Стресс является важным фактором, способствующим развитию заболеваний ЖКТ. В условиях стресса происходит нейрогуморальная дисрегуляция, которая нарушает моторику кишечника, вызывая его спазмы и патологическое растяжение [1, с. 104–112; 2, с. 286–291]. Так, например, в регионах с холодным климатом одним из ключевых стрессовых факторов является холод. Под его воздействием у самок крыс наблюдаются морфофункциональные изменения, включая увеличение

числа тромбоцитов и лейкоцитов в крови, а также изменения в тканях тимуса и селезенки. Эксперимент вызвал физиологическое напряжение у животных, при котором холодовой стресс вызывал разные иммунные и морфофункциональные изменения в ободочной кишке самцов и самок. Это указывает на половые различия в реакции организма и подчеркивает значимость холодового стресса как фактора, влияющего на иммунную систему и ткани [3, с. 50–64]. Стресс активирует нервную систему и способствует высвобождению нейроэндокринных гормонов, что может нарушать защитные механизмы организма, включая баланс

нормальной микрофлоры (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*). М. Т. Bailey сообщает, что стресс оказывает значительное влияние на кишечную микрофлору животных, особенно тех, кто испытал стресс во время беременности, или у пожилых особей. Особое внимание уделяется транслокации микрофлоры, что указывает на воздействие стресса на иммунные процессы. В заключение автор выдвигает гипотезу, что изменения в микрофлоре могут способствовать повышению уровня воспалительных маркеров в организме, подчеркивая важность дальнейшего изучения этого взаимодействия для лучшего понимания заболеваний [4, с. 255–276]. Вместе с тем В. Аскарьянц и соавт. провели исследование ферментативной активности тонкой кишки у крыс в условиях стресса с применением феназепам – препарата из группы бензодиазепинов. Было установлено, что у крыс из агрессивных групп наблюдаются значительные изменения в функциональной активности тонкой кишки по сравнению с другими группами. Результаты исследования показали, что ферментативная активность у потомства зависит от поведенческих особенностей родителей и возраста животных. Применение феназепам оказало более выраженное корректирующее воздействие на агрессивных взрослых крыс, в то время как у молодых животных эффект был минимальным, особенно в возрасте 21 дня. Эти данные подчеркивают необходимость учета поведенческих и возрастных факторов при оценке фармакологических воздействий на функциональное состояние органов животных [5, с. 109–112].

Цель исследования – изучение воздействия различных стрессовых факторов на ферментативную активность тонкой кишки у морских свинок в экспериментальных условиях.

Материалы и методы исследования

Опыты проводились на 20 беспородных самцах морских свинок массой 300–350 г. Их содержание и проведение всех манипуляций осуществлялись в соответствии с общепринятыми нормами обращения с лабораторными животными, установленными Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 г. по защите животных, используемых в научных и иных целях Животных разделили на три группы:

- 1) группа 1 (7 животных) – контрольная (здоровые животные);
- 2) группа 2 (7 животных) – животные, подвергшиеся химическому стрессу;
- 3) группа 3 (6 животных) – животные, подвергшиеся иммобилизационному стрессу.

В группе 2 химический стресс у животных вызывался интрагастральным введением 0,5%-ного раствора уксусной кислоты (2 мл ежедневно в течение недели). В группе 3 стресс проводился путем иммобилизации морских свинок на специальной доске, где их конечности фиксировались в растянутом положении в течение 3 ч ежедневно на протяжении 14 дней. После декапитации животных извлекали тонкий кишечник, отделяли его от тканей и промывали 5 мл раствора Рингера.

Для оценки ферментативной активности использовали метод глюкозооксидазы А. Dahlqvist, который позволяет определить количество глюкозы, образующейся при гидролизе дисахаридов (мальтозы, сахарозы, лактозы) [6, с. 169–172]. Для исследования готовили 2% растворы этих дисахаридов в физиологическом растворе. В пробирки с 0,5 мл субстрата добавляли 0,5 мл кишечного гомогената и инкубировали смеси в водяной бане при 38 °С в течение 30 мин. После инкубации из пробирок отбирали пробы, к которым добавляли реагент, и измеряли активность ферментов по интенсивности окрашивания, вызванной образованием глюкозы.

Специфическая активность α -амилазы и интегральная активность ферментов определялись в условных единицах, а активность кишечных карбогидраз выражалась в мкмоль/мин, образующемся при гидролизе дисахаридов, на 1 г белка или на общий белок органа. Различия показателей считались статистически значимыми при уровне значимости $p < 0,05$.

Методы гистологического исследования тканей ПЖ и ТК

Для микроскопического исследования кусочки подвздошной части ТК длиной 10 см фиксировали в 10% растворе формалина на 72 ч, затем промывали в проточной воде, пропускали через спиртовые растворы градиентно повышающейся концентрации для обезвоживания ткани и обезвоженный высушенный кишечник заливали парафином. Из парафиновых блоков готовили срезы толщиной 5–8 мкм, окрашивая последние гематоксилин-эозином. Срезы изучали с помощью светового микроскопа Leica Microsystems GmbH (Германия), с компьютерной приставкой. Со срезов получали фотографии, увеличенные в 400 раз. Также уровень статистической достоверности значений между экспериментальными результатами и контрольной группой рассчитывали на основании t-критерия Стьюдента. Различия считали статистически достоверными при $P < 0,05$.

Таблица 1

Масса тела, поджелудочной железы и тонкой кишки у морских свинок при воздействии стрессоров ($M \pm m$, $n = 10$)

| Масса | Контроль | Химический стресс | | Иммобилизационный стресс | |
|---|-------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| | $M \pm m$ | $M \pm m$ | Δ к контролю | $M \pm m$ | Δ к контролю |
| Тела (г) % к контролю | 202,1 \pm 10,9 100 | 179,6 \pm 8,3*** 88,3% | -21,7 | 184,6 \pm 18,5* 91,3% | -17,5 |
| Тонкого кишечника (г) % к контролю | 10,4 \pm 1,5 100 | 8,81 \pm 0,62** 84,7% | -1,59 | 9,24 \pm 0,4* 88,8% | -1,16 |
| Поджелудочной железы (мг) % к контролю | 486,1 \pm 5,04 100 | 479,0 \pm 6,8* 98,5% | -7,1 | 380,3 \pm 4,4** 78,2% | -105,8 |

Примечание: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$, *** – $P < 0,001$, по отношению к контролю. Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Результаты исследования и их обсуждение

Как видно из табл. 1, воздействие химического и иммобилизационного стресса оказывает влияние на морфометрические показатели животных.

Интрагастральное введение уксусной кислоты приводило к снижению массы тела морских свинок на 11,1% по сравнению с контролем, тогда как под влиянием иммобилизационного стресса по сравнению со здоровыми животными уменьшение массы тела составило 8,7%.

Масса ТК также уменьшилась в условиях химического стресса на 15,3%, а при иммобилизационном стрессе – на 11,1% по сравнению с контрольными группами морских свинок.

Масса ПЖ у морских свинок, подвергавшихся химическому стрессу, снизилась на 1,5% относительно здоровых животных, тогда как у животных после воздействия иммобилизационного стресса уменьшение массы ПЖ по сравнению с контролем составило 21,8%. Таким образом, масса тела, ПЖ и ТК у морских свинок независимо от вида стрессового воздействия, химического или физического, уменьшается. Эти изменения свидетельствуют о негативном влиянии стрессовых факторов не только на массу тела и органов пищеварения, но и на метаболизм в целом.

Было выявлено, что специфическая активность энтеральной мальтазы при химическом стрессе, вызванном интрагастральным введением CH_3COOH , увеличивалась на 309,5% по сравнению с контрольными величинами, достигая $32,3 \pm 0,6$ мкмоль/мин/г ткани в экспериментальной группе. Подобным образом, при иммобилизационном стрессе уровень специфической активности фермента уве-

личивался на 173,6% по сравнению с нестрессированными животными, достигая $22,4 \pm 5,13$ мкмоль/мин/г у животных, обработанных CH_3COOH (табл. 2).

Такая же картина наблюдалась и в изменении интегральной активности мальтазы у стрессированных животных. При интрагастральном введении 0,5% CH_3COOH морским свинкам она увеличивалась на 221,4% ($P < 0,001$), а при иммобилизационном стрессе уровень активности фермента возрастал на 130,8% ($P < 0,001$) по сравнению с животными контрольной группы.

Видно, что возрастание специфической активности энтеральной мальтазы у морских свинок было на 11,1 мкмоль/мин/г ($P < 0,05$) больше при воздействии CH_3COOH по сравнению с иммобилизационным влиянием. Увеличение интегральной активности фермента при химическом стрессе у животных по сравнению с воздействием физического стресса было выше на 7,1 мкмоль/мин/г ткани. Следовательно, и в этом химическое воздействие на активность мальтазы ТК было выше физического.

Заметные изменения после влияния двух видов хронического стресса на морских свинок были отмечены и в активности кишечной сахаразы (табл. 2).

При химическом стрессе, то есть интрагастральном введении 0,5% раствора CH_3COOH морским свинкам, уровень специфической активности энтеральной сахаразы увеличивался на 196,9%, достигая $7,3 \pm 1,86$ мкмоль/мин/г, тогда как в контроле этот показатель составлял $2,12 \pm 0,43$ мкмоль/мин/г. После иммобилизационного стресса животных наблюдалось также увеличение специфической активности фермента на 130,1% ($5,59 \pm 0,63$ мкмоль/мин/масса органа в контроле против $2,1 \pm 0,15$ мкмоль/мин/масса органа) по сравнению с контрольной группой).

Таблица 2

Изменение активности энтеральных мальтазы и сахаразы при воздействии стрессовых факторов

| В % по отношению к контролю | Контроль | Химический стресс | | Имобилизационный стресс | |
|-----------------------------|--------------------|-------------------------|------|-------------------------|------|
| | M±m | M±m | Δ | M±m | Δ |
| Мальтаза, % | 8,17±4,18 100 % | 32,3±0,6 *** 309,5 % | 24,1 | 22,4±0,6 *** 173,6 % | 14,2 |
| Сахараза, % | 2,12±0,43 100 % | 7,3±1,86 ** 196,9 % | 5,18 | 5,59±1,79 ** 130,1 % | 2,47 |

Специфическая (А) и интегральная (Б) активность мальтазы у морских свинок при воздействии стрессоров (M±m, n = 10).

Примечание: *** – P < 0,001, по отношению к контрольной группе; К – контроль, ХС – химический стресс, ИС – иммобилизационный стресс. Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Как и ожидалось, интегральная активность мембраносвязанной сахаразы ТК после воздействия химического и физического стрессоров на животных резко увеличивалась – на 243,5 и 163,4 % соответственно.

Следует отметить, что специфическая активность сахаразы после интрагастрального введения 0,5 % CH₃COOH морским свинкам была выше на 1,71 мкмоль/мин/г ткани по сравнению с активностью фермента после иммобилизационного стресса. Интегральная активность фермента при химическом стрессе превышала показатели интегральной активности сахаразы после физического стресса на 14,5 мкмоль/мин/г ткани (табл. 1). Химический стресс является разновидностью стрессового воздействия, возникающего под влиянием экзо- или эндогенных химических факторов – токсинов, лекарственных средств, загрязняющих веществ окружающей среды, продуктов метаболизма и других соединений, способных нарушать клеточный и системный гомеостаз. В отличие от физического и эмоционального стресса, химический стресс непосредственно воздействует на ткани, клетки, клеточные структуры, а также на биохимические процессы, вызывая каскад клеточных, тканевых и системных изменений. Воздействие химических стрессоров приводит к развитию нарушений гомеостаза на различных уровнях организации живой системы – от клеточного до системного [7, с. 731–745]. Второй вид стресса, который был применен в данных наблюдениях, это иммобилизационный стресс – форма физического стресса, возникающая у человека и животных в ответ на вынужденное обездвиживание или ограничение подвижности, который широко используется в экспериментальной физиологии

и биомедицине как модель общего стресса для изучения нейроэндокринных, метаболических и морфофункциональных реакций организма [8, с. 23; 9, с. 421–427].

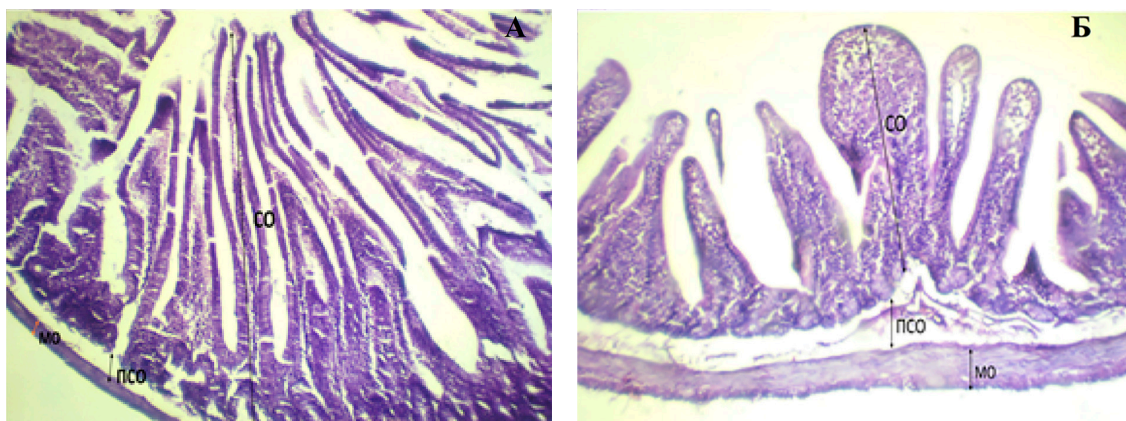
Из полученных результатов можно сделать вывод, что стрессовые факторы, независимо от их природы, нарушают гомеостаз ферментов, участвующих в начальных и заключительных стадиях обмена углеводов. Это проявляется в повышении специфической и интегральной активности ферментов, участвующих в углеводном пищеварении в тканях поджелудочной железы и тонкой кишки.

Гистоструктура поперечного среза тонкой кишки

Как видно из рисунка, при обзорной микроскопии поперечного среза стенки ТК морских свинок контрольной группы четко дифференцировались слизистая, подслизистая, мышечная и серозная оболочки. В слизистой оболочке кишечные ворсинки имеют удлиненную пальцевидную форму и покрыты однослойным призматическим эпителием. Границы клеток эпителиального пласта достаточно отчетливо выражены, особенно преимущественно в апикальных отделах ворсинок.

Отсутствие признаков воспаления и деструкции свидетельствует о нормальном морфофункциональном состоянии кишечной стенки.

При микроскопическом исследовании поперечного среза ТК морских свинок, подвергшихся химическому стрессу, оказалось, что ворсинки расположены менее плотно и беспорядочно. Это проявлялось в укорочении и неоднородности ворсинок слизистой и слущивании эпителия в отдельных участках. В подслизистом слое отмечается отечность, расширение капилляров и скопление клеток воспаления.



Поперечный срез стенки ТК у intactных (А), химически спрессованных (Б) животных: СО – слизистая оболочка, ПСО – подслизистая оболочка, МО – мышечная оболочка. Окраска гематоксилин-эозином. Leica Microsystems GmbH (Германия) x 100
Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Таблица 3

Гистоморфология крипто-ворсиночной оси морских свинок, подвергшихся химическому стрессу с последующей коррекцией куркумином (M±m; n = 10)

| Показатель | Контроль | Химический стресс | | Стресс + куркумин | |
|--|-----------------------|-------------------------|-------|------------------------|-------|
| | M±m | M±m | Δ | M±m | Δ |
| Высота ворсинок (Мкм), % | 463,4 ± 21,6 100,0 | 437,0 ± 20,2* 94,3 % | -26,4 | 446,8 ± 20* 96,4 % | -16,6 |
| Глубина крипт (мкм), % | 195,3 ± 17,1 100,0 | 212,1 ± 18* 108,6 % | 16,3 | 215,0 ± 13,8* 1,1 % | 19,7 |
| Воспалительные клетки (шт/0,01 мм²), % | 14,0 ± 2,5 100,0 | 24,7 ± 8* 176,4 % | 10,7 | 21,3 ± 2,1* 152,1 % | 7,3 |

Примечание: * – P < 0,05. Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Как показали гистологические исследования при воспалении повреждаются ацинусы и дуктулоциты поджелудочной железы, которые и являются одной из причин нарушения оттока панкреатического сока и гиперферментации, в том числе и гиперамилаземии ткани органа [10, с. 499–512; 11, с. 17–60]. О нарушении секреции панкреатического сока в полость тонкой кишки свидетельствует и возрастание активности липазы, которая является специфичным маркером панкреатита [12].

Гистоморфология крипто-ворсиночной оси

Морфометрический анализ крипто-ворсиночной оси ТК показал, что химический стресс вызывает выраженные изменения в ее структуре

Как видно из табл. 3, химический стресс вызвал снижение высоты ворсинок ТК на 5,6%, углубление крипт на 8,6%, а также возрастание числа воспалительных клеток на 76,4%. Введение куркумина за-

метно способствовало восстановлению морфометрических параметров структурной единицы слизистой оболочки ТК, хотя полного «оздоровления» в системе после введения препарата в течение двух недель еще не наступало.

Результаты показывают, что функциональные сдвиги в гидролитической способности ПЖ и ТК ассоциируют с серьезными гистоморфологическими изменениями органов пищеварения у стрессированных морских свинок [13, с. 102–111; 14, с. 839–846; 15, с. 652–666].

Заключение

Таким образом, стрессоры оказывают различное воздействие на организм, включая изменения на клеточном и молекулярном уровнях через нервные и гуморальные механизмы. В ходе исследования было установлено, что при воздействии стрессовых факторов наблюдается повышение активности дисахаридаз, причем более выраженное увеличение активности было зафиксирова-

но при химическом стрессе. Патоморфологические изменения также подтвердили эти данные, демонстрируя изменения в структуре и функции тонкой кишки. Особую роль в этих процессах играет гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось, которая регулирует гормональные изменения в ответ на стресс. Тонкая кишка, как важный орган пищеварения, является чувствительной мишенью для гормональных изменений, вызванных стрессом. В данной работе анализируются воздействия химического и иммобилизационного стресса на состояние тонкой кишки и выявляются изменения в ее функциональной активности и морфологии. Следовательно, наши исследования впервые показали роль стресса в начальной и заключительной стадии гидролиза углеводов. Хронический умеренный стресс вызывает адаптационные перестройки в переваривающей способности поджелудочной железы и тонкой кишки, направленные на сохранение энергетического баланса.

Список литературы

1. Шкляев А. Е., Галиханова Ю. И., Толмачев Д. А. Влияние уровня депрессии и стресса на функциональное состояние желудочно-кишечного тракта // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2023. № 3 (67). С. 104–112. DOI: 10.21685/2072-3032-2023-3-11.
2. Расулова М. Т., Ганижонов П. Х., Хомидчинова Ш. Х., Одилов Х. А. Стресс и его влияние на состояние слизистой оболочки пищеварительного тракта: морфологические и функциональные изменения (обзор литературы) // Consilium Medicum. 2024. Т. 26. № 5. С. 286–291. DOI: 10.26442/20751753.2024.5.202671.
3. Золотова Н. А., Цветков И. С., Хочанский Д. Н., Джалилова Д. Ш., Косырева А. М., Михайлова А. Л., Михайлова Л. П., Макарова О. В. Морфофункциональные изменения ободочной кишки и иммунные реакции при холодом стрессе у самцов и самок мышей C57BL/6 // Клиническая и экспериментальная морфология. 2020. № 9 (4). С. 50–64. DOI: 10.31088/CEM2020.9.4.50-64.
4. Bailey M. T. Influence of stressor-induced nervous system activation on the intestinal microbiota and the importance for immunomodulation // Microbial endocrinology: the microbiota-gut-brain axis in health and disease. 2014. Vol. 4. P. 255–276. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4939-0897-4_12 (дата обращения: 13.11.2025).
5. Аскарьянц В., Абдумажидов А. А., Курбанова М. Б., Нигманов Б. Б. Влияние феназепам на топографию и активность энтеральных ферментов у растущих крыс в условиях иммобилизационного стресса // Журнал проблемы биологии и медицины. 2014. Т. 4. № 1 (81). С. 109–112. URL: https://in-library.uz/index.php/problems_biology/article/view/4530 (дата обращения: 23.11.2025).
6. Dahlqvist A. Assay of intestinal disaccharidases // Scand J Clin Lab Invest. 1984. № 44. P. 169–172. DOI: 10.3109/00365518409161400.
7. Galluzzi L., Yamazaki T., Kroemer G. Linking cellular stress responses to systemic homeostasis // Nature Reviews Molecular Cell Biology. 2018. Vol. 19 (11). P. 731–745. DOI: 10.1038/s41580-018-0068-0.
8. Mariotti A. The effects of chronic stress on health: new insights into the molecular mechanisms of brain-body communication // Future Sci OA. 2015. Vol. 1 (3). P. 23. DOI: 10.4155/fso.15.21.
9. Matsuura T., Takimura R., Yamaguchi M., Ichinose M. Estimation of restraint stress in rats using salivary amylase activity // J Physiol Sci. 2012. Vol. 62. P. 421–427. DOI: 10.1007/s12576-012-0219-6.
10. Beyer G., Habtezion A., Werner J., Lerch M. M., Mayerle J. Chronic pancreatitis. The Lancet. 2020. Vol. 396. Is. 10249. P. 499–512. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)31318-0.
11. Kleeff J., Whitcomb D. C., Shimosegawa T. et al. Chronic pancreatitis. Nature Reviews Disease Primers. 2017. Vol. 3. Article 17060. DOI: 10.1038/nrdp.2017.60.
12. Vege S. S., Chari S. T. Chronic Pancreatitis // The New England Journal of Medicine, 2022. Vol. 386 (9). P. 869–878. DOI: 10.1056/NEJMcpl809396.
13. Banks P. A., Bollen T. L., Dervenis C., Gooszen H. G., Johnson C. D., Sarr M. G., Tsiotos G. G., Vege S. S. Acute Pancreatitis Classification Working Group. Classification of acute pancreatitis – 2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus. Gut. 2013. Vol. 62 (1). P. 102–111. PMID: 23100216. DOI: 10.1136/gut-jnl-2012-302779.
14. Filaretova L. P. Gastroprotective role of glucocorticoids during NSAID-induced gastropathy // Current Pharmaceutical Design. 2013. Vol. 19. Is. 1. P. 29–33. DOI: 10.2174/13816128130106. PMID: 22950503.
15. Peña-Juárez M. C., Campos-Rodríguez R., Godínez-Victoria M., Cruz-Hernández T. R., Reyna-Garfias H., Barbosa-Cabrera R. E., Drago-Serrano M. E. Effect of bovine lactoferrin treatment followed by acute stress on the IgA-response in small intestine of BALB/c mice // Immunological Investigations. 2016. Vol. 45. Is. 7. P. 652–667. DOI: 10.1080/08820139.2016.1202959.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ *ZIZIPHORA TENUIOR* L.

¹Мирзаева С. Т., ²Каримов Б. А., ²Тоштемиров Ж. Г., ²Юсупов З. О.

¹Андижанский государственный университет, Андижан, Узбекистан;

²Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент,
Узбекистан, e-mail: ziyo-nur87@mail.ru

Настоящее исследование посвящено анализу взаимосвязей между экологическими градиентами, морфологической изменчивостью и генетической адаптацией у девяти природных популяций *Ziziphora tenuior* L., произрастающих на территории Узбекистана. Изученные популяции обитают в разнообразных экологических условиях, различающихся по высоте над уровнем моря (738–1346 м), средней годовой температуре (10,11–16,24 °C) и количеству осадков (294–797 мм). Эти экологические различия связаны с выраженной фенотипической вариабельностью, включая степень ветвления побегов, размеры листьев, окраску цветков и плотность соцветий, что отражает фенотипическую пластичность и локальную адаптацию. Секвенирование пластидного гена *matK* выявило высокий уровень его консервативности: в восьми популяциях обнаружен идентичный гаплотип, тогда как в популяции Хаятсай (Z7) – единственная уникальная однонуклеотидная замена (SNP), указывающая на локальную генетическую дифференциацию. Распределение 16 генов, ассоциированных с ответом на стресс, носило выраженный мозаичный характер. Популяция Z1 была преимущественно связана с солеустойчивостью (ген NHX2), тогда как популяция Z7 продемонстрировала наибольший адаптивный потенциал, обладая 12 стресс-ассоциированными генами. Напротив, популяции Z5, Z8 и Z9 не выявили детектируемых стресс-ответных генов и характеризовались более низкой устойчивостью. В целом полученные результаты показывают, что экологические градиенты формируют как фенотипическое разнообразие, так и популяционно-специфическую генетическую адаптацию *Z. tenuior*; подчеркивая популяцию Z7 как ценный генетический ресурс для сохранения и медицинского использования.

Ключевые слова: *Ziziphora tenuior*, морфологические признаки, экологические градиенты, высота над уровнем моря, количество осадков, температура, ген *matK*, отвечающие на стресс, фенотипическая адаптация к условиям окружающей среды, гены

THE RELATIONSHIP BETWEEN ECOLOGICAL FACTORS AND MORPHOLOGICAL TRAITS IN POPULATIONS OF *ZIZIPHORA TENUIOR* L.

¹Mirzaeva S. T., ²Karimov B. A., ²Toshtemirov Dh. G., ¹Yusupov Z. O.

¹Andijan State University, Andijan, Uzbekistan;

²Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan, e-mail: ziyo-nur87@mail.ru

This study explores the relationships between ecological gradients, morphological variation, and genetic adaptation in nine natural populations of *Ziziphora tenuior* L. across Uzbekistan. The populations inhabit diverse environments differing in altitude (738–1346 m), mean annual temperature (10.11–16.24 °C), and precipitation (294–797 mm). These ecological differences are associated with distinct phenotypic variation in stem branching, leaf size, flower color, and inflorescence density, reflecting phenotypic plasticity and local adaptation. Sequencing of the plastid *matK* gene revealed high conservation, with eight populations sharing an identical haplotype and a single unique SNP detected in the Khayotsoy population (Z7), indicating localized genetic differentiation. The distribution of 16 stress-responsive genes showed a pronounced mosaic pattern among populations. The Z1 population was mainly associated with salt tolerance (NHX2), whereas Z7 exhibited the highest adaptive potential, possessing 12 stress-related genes. In contrast, populations Z5, Z8, and Z9 lacked detectable stress-responsive genes and appeared less resilient. Overall, the results demonstrate that ecological gradients shape both phenotypic diversity and population-specific genetic adaptation in *Z. tenuior*, highlighting Z7 as a valuable genetic resource for conservation and medicinal use.

Keywords: *Ziziphora tenuior*, morphological traits, ecological gradients, altitude, precipitation, temperature, *matK* gene, stress-responsive genes, phenotypic adaptation

Введение

Экологические факторы (высота над уровнем моря, температура воздуха, количество осадков и др.) оказывают существенное влияние на морфологические признаки популяций растений. Вдоль высотных и климатических градиентов у растений происходят клинальные изменения в строении листьев, стеблей и цветков, что хорошо

задокументировано и отражает адаптации на уровне вида и фенотипическую пластичность. В качестве общих тенденций отмечается, что температурные и влажностные факторы связаны с изменениями размеров листьев, плотности устьиц, ветвления стебля и структуры соцветий [1].

Предыдущие исследования рода *Ziziphora* также показали, что морфологическая

изменчивость внутри популяций связана с экологическими условиями. Так, морфологические анализы *Ziziphora clinopodioides* и родственных видов показали, что морфологическая дифференциация между популяциями часто соответствует местным экологическим условиям, включая высотные и микроклиматические различия [2].

Ziziphora tenuior также характеризуется рядом специфических особенностей, проявляя химическую (эфирные масла) и морфологическую изменчивость. В нескольких исследованиях показано, что состав и количество эфирных масел в популяциях *Z. tenuior* варьируют в зависимости от региональных различий, что вместе с морфологическими и микроморфологическими признаками может служить индикатором экологических адаптаций [3].

В условиях глобального изменения климата такие факторы, как засуха, засоление, высокая температура и окислительный стресс, оказывают сильное влияние на выживание и распространение растительных популяций [4, 5]. В связи с этим изучение механизмов устойчивости растений к стрессам на молекулярном уровне, выявление адаптивных генетических маркеров и оценка разнообразия популяций стали ключевыми направлениями современной экологии, ботаники и геномики.

Ziziphora tenuior L. (Lamiaceae) – лекарственное растение, богатое эфирными маслами, широко распространенное в Центральной Азии и используемое в народной медицине в качестве седативного, антисептического и противовоспалительного средства [6]. Данный вид обычно встречается в полупустынных и аридных районах, что указывает на его естественную устойчивость к различным стрессовым факторам. Однако распределение генов, связанных со стрессоустойчивостью, и их молекулярные механизмы на популяционном уровне остаются недостаточно изученными.

Пластидные гены, связанные с фотосинтетическим аппаратом, в частности ген *matK*, характеризуются высокой скоростью мутаций и широко используются в качестве маркеров в филогенетических и популяционных исследованиях [7]. В связи с этим анализ последовательностей *matK* у популяций *Ziziphora tenuior* важен для оценки их филогенетических взаимоотношений и генетического разнообразия.

Кроме того, наличие генов, отвечающих за стрессовые реакции, играет ключевую роль в понимании адаптивных стратегий популяций. Так, *CSP3* участвует в формировании холодоустойчивости; *CYP707A* задействован в адаптации к засухе и засо-

лению посредством катаболизма абсцизовой кислоты; *GST* и *CAT* функционируют в системе антиоксидантной защиты; *NHX2* регулирует ионный гомеостаз; а *PP2C* и *SAPK2* являются ключевыми компонентами сигнальных путей, связанных с абиотическим стрессом [8].

Цель исследования – системный анализ взаимосвязей между основными экологическими факторами, такими как высота над уровнем моря, среднегодовая температура и количество осадков, и морфологическими признаками (ветвление стебля, размер листьев, окраска цветков и плотность соцветий) у девяти изученных популяций *Z. tenuior*.

Наша гипотеза заключается в том, что экологические градиенты (в особенности высота над уровнем моря и количество осадков) приводят к клинальным изменениям морфологических фенотипов; например, в сухих и теплых местообитаниях листья могут уменьшаться в размерах или увядать, а степень ветвления увеличиваться, тогда как во влажных и холодных условиях могут наблюдаться специфические тенденции в изменении размеров листьев, окраски цветков или плотности соцветий.

Материалы и методы исследования

Были изучены девять природных популяций *Z. tenuior*, распространенных на территории Узбекистана. Они расположены от Ферганской долины (север) до районов Байсун и Гузар (юг) и характеризуются значительными экологическими различиями по высоте над уровнем моря, среднегодовой температуре и количеству осадков (таблица).

Результаты исследования и их обсуждение

Диапазон высот. Изученные популяции распространены на высотах от 738 м (Z1, Фергана) до 1346 м (Z4, Чодак), при среднем значении высоты 995,7 м. Популяции, расположенные на более низких высотах (например, Z1 – Фергана, Z3 – Гузар, Z8 – Тангимуш), развиваются в теплых и засушливых условиях, тогда как популяции высокогорных районов (Z4 – Чодак, Z5 – Хумсон, Z6 – Заркенд) – в относительно более холодной и влажной среде.

Температурный градиент. Среднегодовая температура в изученных популяциях варьировала от 10,11 °C (Z5, Хумсон) до 16,24 °C (Z8, Тангимуш), при общем среднем значении 13,1 °C. Между высотой над уровнем моря и температурой выявлена выраженная отрицательная корреляция ($r = -0,64$), что подтверждает снижение температуры с увеличением высоты.

Некоторые экологические характеристики местообитаний
деяти популяций *Ziziphora tenuior* L.

| Гербарный образец | Ареал распространения популяций | GPS | Высота над уровнем моря (м) | Среднегодовая температура (°C) | Среднегодовое количество осадков (мм) |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Z1 | Фергана | 40.590838, 72.631190 | 738 | 12,72 | 294 |
| Z2 | Байсун | 38.11550921, 67.22220658 | 942 | 14,71 | 379 |
| Z3 | Гузар | 38.50390129, 66.34358483 | 770 | 15,59 | 356 |
| Z4 | Чодак | 40.99200371, 70.78167529 | 1346 | 12,08 | 368 |
| Z5 | Хумсон | 41.68871005, 69.94606287 | 1087 | 10,11 | 797 |
| Z6 | Заркент | 41.4051887, 71.6875435 | 1166 | 10,22 | 378 |
| Z7 | Хайотсой | 40.518024, 66.760226 | 1098 | 11,40 | 378 |
| Z8 | Тангимуш | 38.05099325, 67.44568893 | 805 | 16,24 | 320 |
| Z9 | Боботог | 38.11991134, 68.14501283 | 1009 | 14,98 | 389 |

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

Наиболее теплые условия отмечены в южных равнинных популяциях (Z3, Z8, Z9), тогда как самые холодные условия характерны для северных горных популяций (Z5, Z6).

Градиент осадков. Среднегодовое количество осадков в изученных популяциях варьировало от 294 мм (Z1, Фергана) до 797 мм (Z5, Хумсон), при среднем значении 406,6 мм. Большинство популяций произрастают в полуаридных условиях (320–389 мм), тогда как популяция Z5 существенно выделяется почти двукратным увеличением количества осадков. Между высотой над уровнем моря и количеством осадков выявлена слабая положительная корреляция ($r = +0,30$), тогда как между температурой и осадками установлена умеренная отрицательная корреляция ($r = -0,51$).

Различия между популяциями. Популяция Z1 (Фергана, 738 м) расположена на наименьшей высоте и характеризуется наиболее сухими и теплыми условиями. Популяция Z8 (Тангимуш, 805 м) отличается самой высокой среднегодовой температурой (16,24 °C), что типично для сухой и теплой среды. Популяция Z4 (Чодак, 1346 м) приурочена к наибольшей высоте и характеризуется пониженной температурой (12,08 °C) и умеренным количеством осадков (368 мм). Популяция Z5 (Хумсон, 1087 м) резко отличается от остальных: для нее характерны очень высокое количество осадков (797 мм) и самая низкая температура (10,11 °C), что отражает уникальные микроклиматические условия. Популяции Z2 (Байсун), Z3 (Гузар), Z6 (Заркент), Z7 (Хайотсой) и Z9 (Боботог) занимают промежуточные высоты и характеризуются относительно

сходными значениями температуры (11,4–15,6 °C) и осадков (356–389 мм).

В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что высота над уровнем моря оказывает существенное влияние на климатические условия произрастания популяций *Z. tenuior*. Изученные популяции отличаются высокой экологической неоднородностью и охватывают спектр условий от теплых и засушливых равнин до холодных и влажных горных склонов. В частности, популяции Z1, Z5 и Z8 представляют собой экологически «экстремальные» варианты и могут отличаться от остальных популяций по уровню фенотипических или генетических адаптаций (рис. 1).

Морфологические наблюдения девяти популяций *Ziziphora tenuior* выявили значительные различия во внешних признаках, соответствующие экологическим условиям произрастания. Популяция Z1 (Фергана) отличается сильным ветвлением, большим числом боковых побегов, мелкими и густо расположенными листьями и стелющимся габитусом, близким к поверхности почвы. Популяция Z2 (Байсун) характеризуется прямостоячим и компактным стеблем, толстыми и прямыми листьями, фиолетовыми цветками и плотным соцветием. Популяция Z3 (Гузар) сходна с Z2, но менее ветвистая; листья у нее несколько удлиненные, цветки фиолетовые, что отражает адаптацию к засушливым условиям. Популяция Z4 (Чодак) произрастает на каменистых склонах и имеет прямостоячий стебель, более тонкие листья, фиолетовые цветки и более разреженное соцветие. Популяция Z5 (Хумсон) является наиболее морфологически отличающейся и характеризуется бе-

лыми цветками, более широкими листьями и компактным стеблем. Популяция Z6 (Заркент) отличается вытянутым и тонким стеблем, узкими и длинными листьями, а также длинным и плотным соцветием. Популяция Z7 (Хайотсой) имеет прямостоячий стебель, разделенный на две основные ветви, с мелкими и редко расположенными листьями. Популяция Z8 (Тангимуш) характеризуется плотным соцветием, фиолетовыми цветками и подсыханием листьев,

вероятно обусловленным сухими и теплыми условиями среды.

В ходе исследования были проведены морфологические сравнения девяти популяций *Z. tenuior*, между ними были выявлены выраженные различия во внешнем облике растений (рис. 2).

Популяция Z9 (Боботог) характеризуется компактным стеблем, более широкими темно-зелеными листьями и плотным соцветием с фиолетовыми цветками.

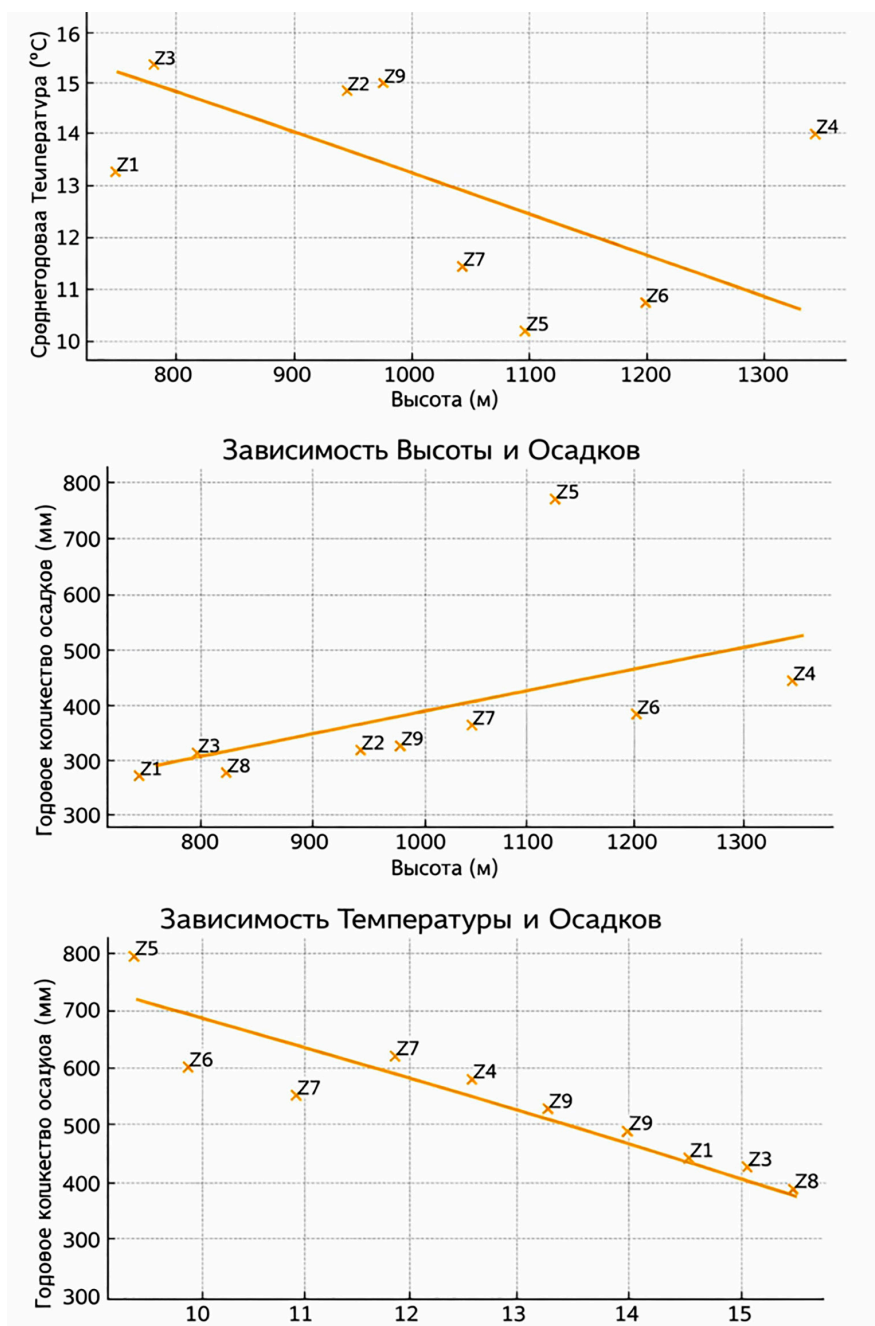


Рис. 1. Взаимосвязи между экологическими факторами: высотой над уровнем моря, температурой и количеством осадков

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

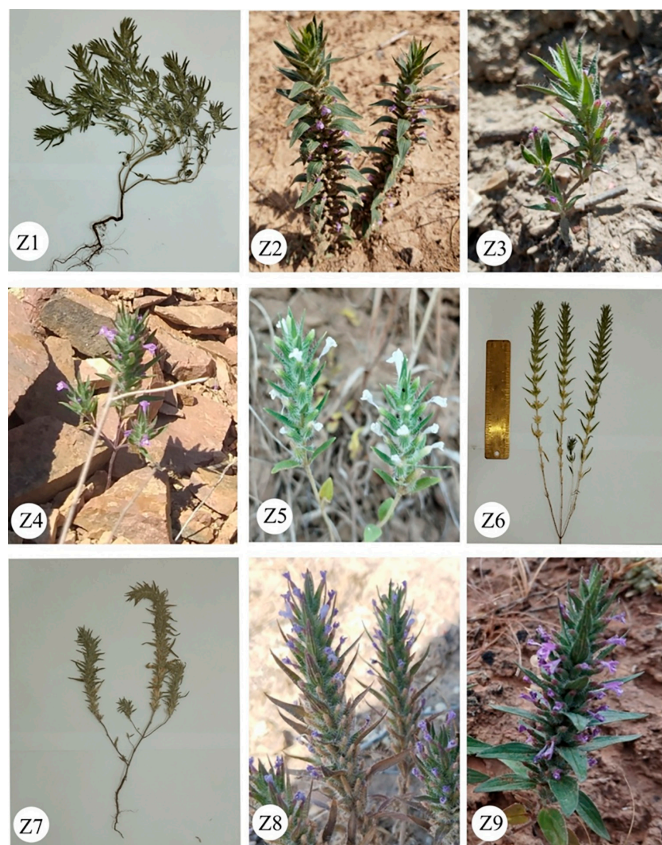


Рис. 2. Сравнение основных морфологических признаков девяти популяций *Ziziphora tenuior*
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Выраженные различия между популяциями включают сильное ветвление у Z1, белую окраску цветков у Z5, вытянутый стебель у Z6 и подсыхание листьев у Z8. Для большинства остальных популяций характерны фиолетовые цветки, однако также отмечены различия в форме стебля, размере листьев и плотности соцветий. Экологические условия, по-видимому, существенно влияют на формирование этих морфологических признаков: во влажных условиях (Z5, Хумсон, 797 мм осадков) отмечаются белые цветки и более широкие листья; сухие и теплые условия (Z8, Тангимуш, 16,2°C, 320 мм осадков) соответствуют подсыханию листьев и плотным соцветиям; низкое количество осадков (Z1, Фергана, 294 мм) связано с сильным ветвлением, возможно как стратегией увеличения площади поверхности для эффективного водообеспечения; а высокогорные условия (Z6, Заркент, 1166 м) ассоциируются с вытянутыми соцветиями и узкими листьями.

В этом контексте в настоящем исследовании были секвенированы последовательности гена *matK* у девяти популяций *Ziziphora tenuior*, а также с использова-

нием электрофореза изучено наличие 16 генов стрессового ответа. Такой подход позволяет получить ценную информацию для оценки генетического и функционального разнообразия популяций *Z. tenuior* и для более глубокого понимания механизмов их устойчивости к стрессовым факторам.

Генетическая изменчивость гена *matK* у популяций *Ziziphora tenuior*. Ген *matK* был успешно амплифицирован у всех девяти популяций *Z. tenuior*, и был секвенирован фрагмент длиной 671 п.н. (табл. X). Сравнение полученных последовательностей показало, что восемь популяций (Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z8 и Z9) обладали идентичными последовательностями *matK*, что свидетельствует о высокой консервативности данного пластидного маркера. Лишь популяция Хайтосой (Z7) продемонстрировала наличие однонуклеотидного полиморфизма (SNP) в позиции 517 (рис. 3).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ген *matK* у популяций *Z. tenuior* является высоко консервативным и характеризуется крайне низким уровнем последовательностной изменчивости.

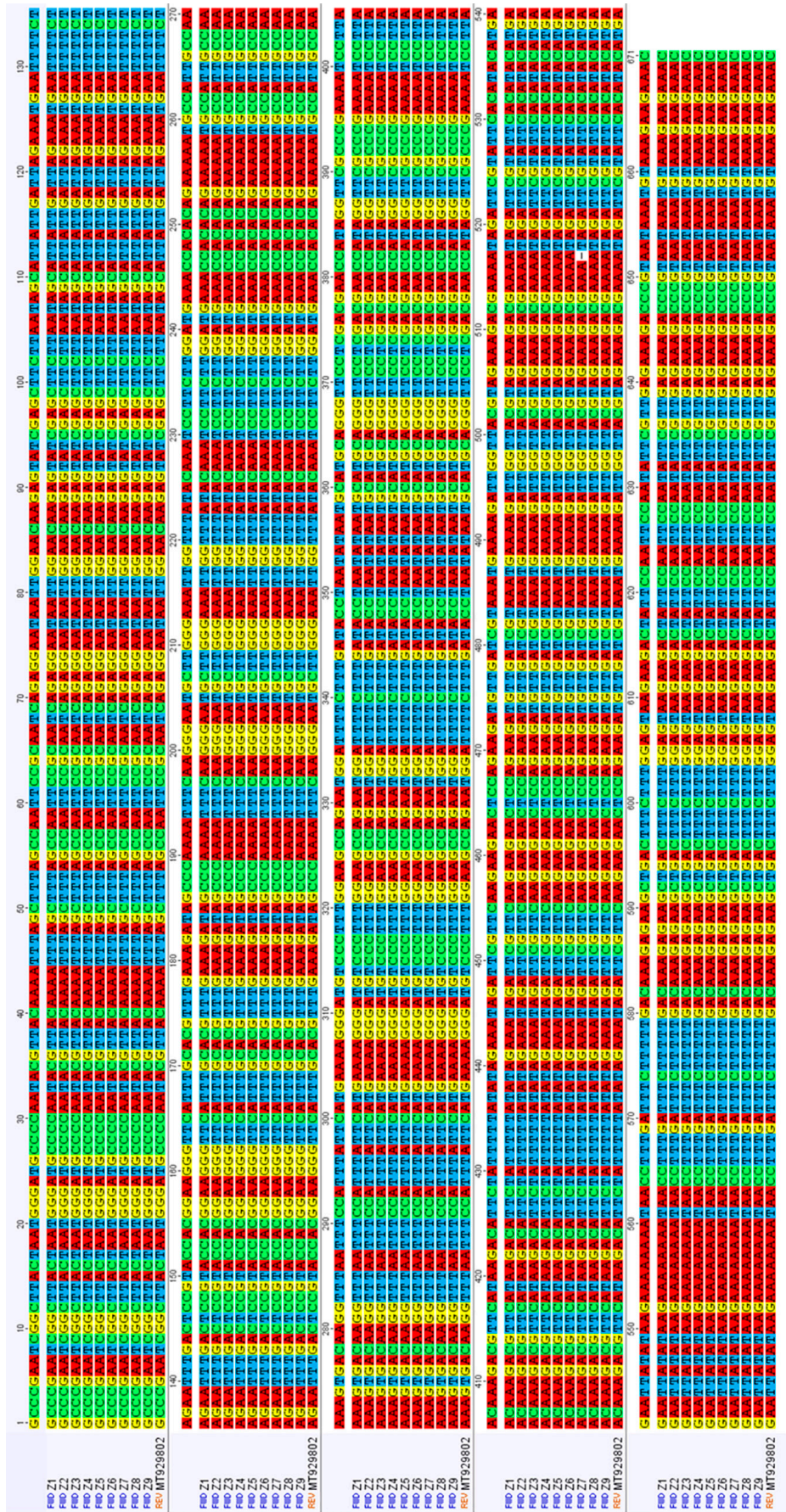


Рис. 3. Сравнительный анализ последовательностей гена *mtk* у различных популяций *Ziziphora tenuior* L.
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

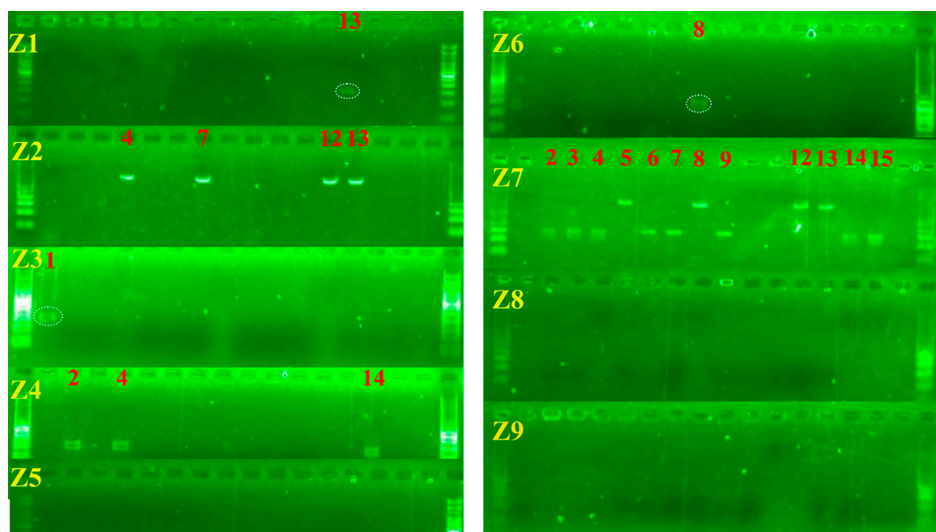


Рис. 4. Результаты гель-электрофореза генов стрессового ответа у девяти популяций (Z1–Z9) *Ziziphora tenuior*. Обнаруженные гены обозначены красными цифрами
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

В то же время единственный SNP, выявленный в популяции Z7 (Хайотсой), формирует уникальный гаплотип, отличающий ее от остальных популяций. В целом среди девяти изученных популяций было выявлено два гаплотипа: основной гаплотип, присутствующий в восьми популяциях, и уникальный гаплотип, обнаруженный исключительно в популяции Хайотсой.

Изученные популяции распространены в различных экологических условиях Узбекистана, при высотах от 738 м (Фергана, Z1) до 1346 м (Чодак, Z4). Среднегодовая температура варьирует от 10,11 °С (Хумсон, Z5) до 16,24 °С (Тангимуш, Z8), а годовое количество осадков – от 294 мм (Фергана, Z1) до 797 мм (Хумсон, Z5). Несмотря на различия по высоте и климатическим условиям, последовательность гена *matK* остается практически идентичной у большинства популяций. Лишь популяция Z7 (Хайотсой: 1098 м, 11,40 °С, 378 мм) обладает уникальным однонуклеотидным полиморфизмом (SNP).

Это свидетельствует о том, что экологические градиенты в пределах ареала *Z. tenuior* оказывают незначительное влияние на изменчивость гена *matK*. Уникальный гаплотип, выявленный в популяции Хайотсой, может отражать локальную адаптацию либо быть результатом случайной мутации. Данный гаплотип может представлять собой важный маркер для последующих филогенетических исследований этого вида.

Также было проанализировано распределение генов, отвечающих за стрессовые реакции, в различных популяциях. Каждая

популяция характеризуется собственным генетическим профилем, что указывает на различный потенциал адаптации к тем или иным абиотическим стрессам (рис. 4, 5).

Популяция Z1 характеризовалась наличием исключительно гена NHX2 (268). Данный ген играет ключевую роль в формировании солеустойчивости и поддержании ионного гомеостаза, что указывает на преимущественную адаптацию популяции Z1 к условиям засоленных почв. Популяция Z2 отличалась более широким генетическим составом: у нее были выявлены гены PYL4 (278), NCED2 (267), GR (263) и NHX2 (268). Данное сочетание свидетельствует о наличии выраженных и комплексных защитных механизмов, направленных на устойчивость к засухе и засолению. Популяция Z3 содержала только ген холодоустойчивости CSP3 (253), что указывает на возможную адаптацию данной популяции к условиям пониженных температур. В популяции Z4 были выявлены гены CYP707A (254), PYL4 (278) и PP2C78 (275), что отражает значительный адаптивный потенциал к стрессам, связанным с засухой и засолением. В популяции Z5 гены стрессового ответа выявлены не были, что позволяет предположить значительно более низкий уровень устойчивости данной популяции по сравнению с другими изученными популяциями. Популяция Z6 характеризовалась наличием гена POD1 (273), который способствует повышению засухоустойчивости за счет снижения окислительного стресса посредством пероксидазной активности.

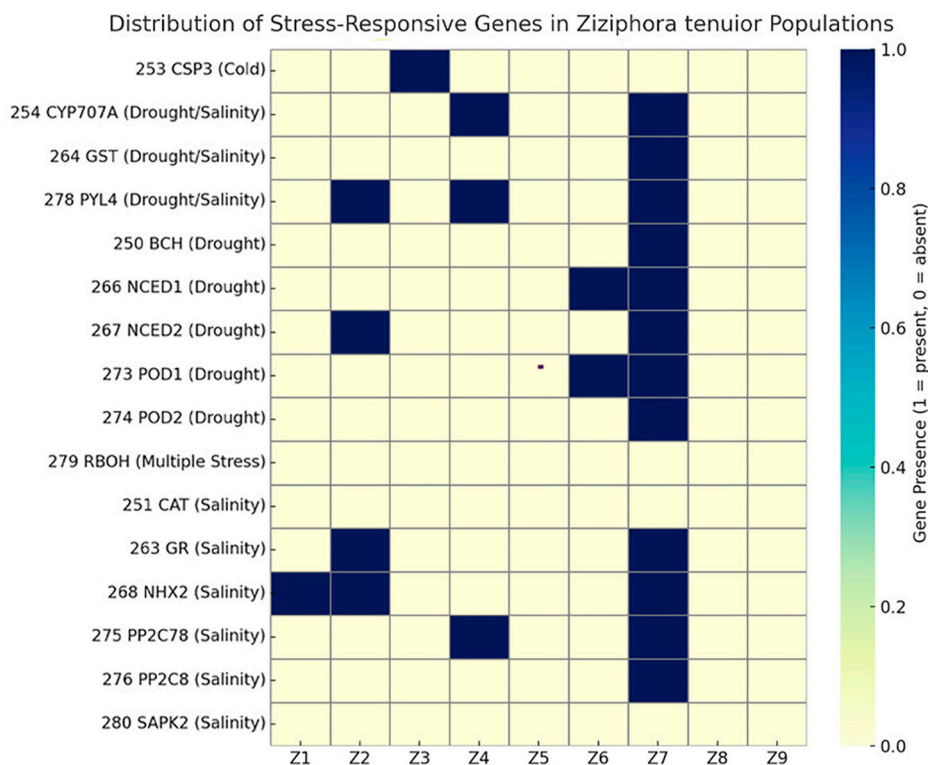


Рис. 5. Распределение генов стрессового ответа в популяциях *Ziziphora tenuior*
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Популяция Z7 продемонстрировала наибольшее генетическое разнообразие: в ней было выявлено в общей сложности 12 генов (CYP707A, GST, PYL4, BCH, NCED1, NCED2, POD1, POD2, GR, NHX2, PP2C78, PP2C8). Это указывает на наличие мощных защитных механизмов, обеспечивающих устойчивость к засухе, засолению и другим абиотическим стрессовым факторам. В популяциях Z8 и Z9 гены стрессового ответа обнаружены не были, что позволяет предположить относительно низкую способность этих популяций противостоять воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Полученные результаты демонстрируют мозаичный характер распределения генов стрессового ответа среди популяций *Z. tenuior*. Некоторые популяции (Z2 и Z7) обладают широким генетическим адаптивным потенциалом, тогда как другие (Z5, Z8, Z9) являются более уязвимыми к экологическим стрессовым факторам. Эти различия указывают на то, что региональные экологические условия непосредственно влияют на формирование генетических механизмов адаптации.

Полученные данные выявили выраженную мозаичность распределения генов стрессового ответа у *Ziziphora tenuior*, что отражает высокую степень популяционной

адаптации к локальным экологическим условиям. Подобная гетерогенность согласуется с этноботаническими и эколого-географическими обзорами рода *Ziziphora*, в которых подчеркивается его экологическая пластичность и способность к выживанию в засушливых, засоленных и горных местообитаниях [9, 10]. Популяции Z2 и Z7, характеризующиеся наибольшим числом генов, связанных с засухо-, соле- и окислительным стрессом, обладают повышенным адаптивным потенциалом. Это может объяснить устойчивость вторичного метаболизма и высокую биологическую активность *Z. tenuior*, ранее отмеченные в химических и фармакологических исследованиях [11–13]. Напротив, популяции Z5, Z8 и Z9, в которых гены стрессового ответа не выявлены, потенциально более уязвимы к воздействию неблагоприятных факторов среды, что важно учитывать при разработке мер охраны и устойчивого использования вида [11, 14]. Выявленные различия дополняют данные филогенетических исследований на основе хлоропластных геномов, показавших генетическую структурированность видов *Ziziphora* в регионе [15]. В совокупности эти результаты подчеркивают, что адаптация *Z. tenuior* формируется под влиянием как исторических, так и современных экологических факторов.

В дальнейшем необходимо объединять популяционную генетику с экологическими и фитохимическими исследованиями для оценки функциональной роли генов стрессового ответа и их связи с биологической активностью растения. Такой интегративный подход позволит более эффективно разрабатывать стратегии сохранения, рационального использования и возможной культивации *Ziziphora tenuior* в условиях усиливающихся климатических стрессов [15, 16].

Заключение

Проведенное исследование показало, что экологические градиенты, прежде всего высота над уровнем моря, температура и количество осадков, существенно влияют на морфологические признаки популяций *Ziziphora tenuior* на территории Узбекистана. Морфологическая изменчивость, включая степень ветвления стебля, размер листьев и плотность соцветий, отражает адаптивные стратегии растений к локальным климатическим условиям. Ген *matK* оказался высококонсервативным во всех изученных популяциях, за исключением одного уникального SNP в популяции Z7, что свидетельствует об ограниченной вариабельности на уровне пластидного генома. В то же время гены стрессового ответа продемонстрировали мозаичный характер распределения, выявляя популяционно-специфические адаптивные возможности к засухе, засолению, холоду и окислительному стрессу. Популяции Z2 и Z7 показали наибольший адаптивный потенциал, тогда как Z5, Z8 и Z9 оказались более уязвимыми. Полученные результаты подчеркивают тесную взаимосвязь между экологическими условиями, фенотипической пластичностью и генетической адаптацией и предоставляют важные сведения для сохранения и устойчивого использования данного лекарственного растения.

Список литературы

1. Wang H., Wang R., Harrison S. P., Prentice I. C. Leaf morphological traits as adaptations to multiple climate gradients // *Journal of Ecology*. 2022. Vol. 110. Is. 6. P. 1344–1355. DOI: 10.1111/1365-2745.13873.
2. Keshavarzi M., Jahandideh R., Bokae Z. N. Morphological and anatomical studies on *Ziziphora clinopodioides* Lam. (Labiatae) // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2008. Vol. 11. Is. 23. P. 2599–2605. DOI: 10.3923/pjbs.2008.2599.2605.

3. Bakhtiar A., Khaghani S., Ghasemi Pirbalouti A., Gormarian M., Chavoshi S. Essential oil variation among different populations of *Ziziphora tenuior* L. cultivated at semiarid climate // *Journal of Essential Oil Research*. 2021. Vol. 33. Is. 4. P. 385–393. DOI: 10.1080/10412905.2021.1909666.

4. Zhu J. K. Abiotic stress signaling and responses in plants // *Cell*. 2016. Vol. 167. Is. 2. P. 313–324. DOI: 10.1016/j.cell.2016.08.029.

5. Bailey-Serres J., Parker J. E., Ainsworth E. A., Oldroyd G. E. D., Schroeder J. I. Genetic strategies for improving crop yields // *Nature*. 2019. Vol. 575. P. 109–118. DOI: 10.1038/s41586-019-1679-0.

6. Ақобиршоева А., Оленников Д. Н. Химический состав эфирного масла *Ziziphora pamiroalaica* Lam. (Lamiaceae), произрастающей в Таджикистане // *Химия растительного сырья*. 2017. № 1. С. 51–58. DOI: 10.14258/jcpm.2017011458.

7. Hilu K. W., Liang H. The *matK* gene: sequence variation and application in plant systematics // *American Journal of Botany*. 1997. Vol. 84. Is. 6. P. 830–839. DOI: 10.2307/2445819.

8. Umezawa T. et al. CYP707A3, a key enzyme in ABA catabolism, regulates seed dormancy and drought tolerance // *The Plant Journal*. 2006. Vol. 46. Is. 2. P. 171–182. DOI: 10.1111/j.1365-3113X.2006.02683.x.

9. Bussmann R. W., Paniagua-Zambrana N. Y., Kikvidze Z., Batsatsashvili K., Khutsishvili M., Maisaia I., Aleksanyan A. *Ziziphora clinopodioides* Lam., *Z. puschkinii* Adams, *Z. serpyllacea* M. Bieb., *Z. tenuior* L. (Lamiaceae) // *In: Ethnobotany of the Caucasus*. Cham: Springer. 2024. P. 1–13. DOI: 10.1007/978-3-031-91369-3_72.

10. Khojimatov O. K., Bussmann R. W. *Ziziphora clinopodioides* Lam., *Z. clinopodioides* subsp. *bungeana* (Juz.) Rech. f., *Z. pamiroalaica* Juz., *Z. pedicellata* Pazij et Vved., *Z. tenuior* L. (Lamiaceae) // *In: Ethnobiology of Uzbekistan: Ethnomedical Knowledge of Mountain Communities*. Cham: Springer International Publishing. 2023. P. 781–790. DOI: 10.1007/978-3-031-23031-8_81.

11. Youssif Y., Ragab A., Zahran M. A., Ahmed F. A. Chemical composition and biological activity of extracts and essential oils of *Ziziphora capitata* L. and *Ziziphora tenuior* L.: A review // *Egyptian Journal of Chemistry*. 2025. DOI: 10.21608/ejchem.2025.381947.11714.

12. Soltani A., Soleimani A., Mirzaei S. M., Soltani L., Jalili-Nik M. *In vitro* anti-colorectal cancer activity of green-synthesized selenium nanoparticles using *Ziziphora tenuior* L. extract // *Journal of Cluster Science*. 2026. Vol. 37. Is. 1. P. 2. DOI: 10.1007/s10876-025-02959-z.

13. Najafian S. Preservation of essential oil quality in endangered *Ziziphora tenuior* L. under different storage conditions // *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Is. 1. P. 40535. DOI: 10.1038/s41598-025-24422-9.

14. Dakah A., Zaid S., Suleiman M., Abbas S., Wink M. *In vitro* propagation of the medicinal plant *Ziziphora tenuior* L. and evaluation of its antioxidant activity // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014. T. 21. № 4. С. 317–323. DOI: 10.1016/j.sjbs.2013.12.002.

15. Nikitina E., Mirzaeva S., Alieva K., Ergashov I., Yusupov Z. Complete chloroplast genomes and phylogenetic positions of species of the genus *Ziziphora* (Lamiaceae) from Uzbekistan // *Ukrainian Botanical Journal*. 2025. Vol. 82. Is. 4. P. 314–325. DOI: 10.15407/ukrbotj82.04.314.

16. Mehdipour A., Akbarzadeh M., Kermani S., Shams S., Karimi A. Comparison of antibacterial effects of *Heracleum persicum* and *Ziziphora tenuior* L. extracts, calcium hydroxide and chlorhexidine on *Enterococcus faecalis* as intracanal medicaments in root canal therapy – an *in vitro* study // *J Evol Med Dent Sci*. 2021. T. 10. C. 3395–3400. DOI: 10.14260/jemds/2021/688.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Данное исследование было выполнено при финансовой поддержке проекта «Молекулярно-генетическая идентификация лекарственных видов растений флоры Узбекистана и Беларуси с использованием ДНК-маркеров» (FL-7923051878).

Financing: This study was supported by the project “Molecular genetic identification of medicinal plant species of the flora of Uzbekistan and Belarus using DNA markers” (FL-7923051878).



ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (ОТРЯД DIPTERA, РОД *ANOPHELES*) ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМАХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. БИШКЕК И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ)

¹Раймкулов К. М., ²Шаршеева Б. К. ORCID ID 0009-0006-1345-218X,
²Мейманбаева А. К.

¹Киргизская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева,
Бишкек, Киргизская Республика, e-mail: raimkulovkursanbek@gmail.com;

²Киргизский национальный университет имени Ж. Баласагына,
Бишкек, Киргизская Республика

Малярийные комары рода *Anopheles* являются ключевыми переносчиками *Plasmodium*, вызывающих малярию, что определяет высокий уровень заболеваемости и смертности, особенно в странах Африки. В Киргизии, где ранее отмечались вспышки трёхдневной малярии, мониторинг популяций комаров критически важен для оценки эпидемиологического риска на фоне урбанизации и климатических изменений. Цель данной работы – провести эколого-эпидемиологический анализ популяций малярийных комаров *Anopheles* в антропогенно изменённой среде Чуйской долины с определением видового состава, сезонной динамики и маляриогенного потенциала. Исследование проводилось в анофелогенных водоёмах города Бишкек и окрестностей в 2023–2025 гг. Собирались имаго и личинки каждые десять дней с использованием стандартного сачка, с последующим морфологическим определением. Применялись полевые наблюдения, климатический и морфологический анализы, статистическая обработка данных. Определены фенологические особенности комаров в городской среде, сроки сезонной активности, динамика развития личинок и имаго. Выявлен видовой состав переносчиков и периоды максимальной численности. Климатический анализ позволил рассчитать потенциальную продолжительность малярийного сезона, подтверждая возможность местной передачи инфекции. Повышение температур, сокращение заморозков и удлинение тёплого сезона способствуют росту и расширению популяций комаров, ускоряя спорогонию *Plasmodium* и повышая эпидемиологический риск. В Бишкеке существуют все условия для возможного возобновления малярии: места размножения комаров, наличие переносчиков и благоприятные температурные условия. Полученные данные подчёркивают необходимость постоянного мониторинга, управления городскими водоёмами и применения современных методов контроля векторов для предотвращения локальных очагов заболевания.

Ключевые слова: комары *Anopheles*, Чуйская долина, гонотрофический цикл, среднесуточная температура, малярийный сезон, энтомологический мониторинг

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF BLOOD-SUCKING MOSQUITOES (ORDER DIPTERA, GENUS *ANOPHELES*) IN INLAND WATER BODIES AND ANTHROPOGENIC HABITATS OF THE CHUY VALLEY (A CASE STUDY OF BISHKEK AND ITS SURROUNDINGS)

¹Raimkulov K. M., ²Sharsheeva B. K. ORCID ID 0009-0006-1345-218X,
²Meimanbaeva A. K.

¹I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, Kyrgyz Republic,
e-mail: raimkulovkursanbek@gmail.com;

²Jusup Balasagyn Kyrgyz National University, Bishkek, Kyrgyz Republic

Anopheles mosquitoes are key vectors of *Plasmodium*, the causative agents of malaria, which results in high morbidity and mortality, particularly in African countries. In Kyrgyzstan, where outbreaks of *Plasmodium vivax* malaria have been previously reported, monitoring mosquito populations is critical for assessing epidemiological risk in the context of urbanization and climate change. The aim of this study was to conduct an ecological and epidemiological analysis of *Anopheles* mosquito populations in the anthropogenically altered environment of the Chuy Valley, focusing on species composition, seasonal dynamics, and malariogenic potential. The study was carried out in anopheline breeding sites in Bishkek and its surroundings from 2023 to 2025. Adult mosquitoes and larvae were collected every ten days using a standard net and identified morphologically. Field observations, climatic and morphological analyses, and statistical data processing were applied. The phenological features of mosquitoes in the urban environment, timing of seasonal activity, and dynamics of larval and adult development were determined. The species composition of vectors and periods of peak abundance were identified. Climate analysis allowed estimation of the potential duration of the malaria transmission season, confirming the possibility of local infection. Rising temperatures, reduced frost periods, and prolonged warm seasons contribute to the growth and expansion of mosquito populations, accelerating *Plasmodium* sporogony and increasing epidemiological risk. Bishkek presents all conditions for potential malaria re-emergence, including breeding sites, presence of vectors, and favorable temperature conditions. The findings highlight the need for continuous monitoring, management of urban water bodies, and application of modern vector control methods to prevent local malaria foci.

Keywords: *Anopheles* mosquitoes, Chuy Valley, gonotrophic cycle, malaria season, mean daily temperature, entomological monitoring

Введение

Комары рода *Anopheles*, безусловно, являются переносчиками *Culicidae* и наиболее подвержены усилиям по борьбе с переносчиками. Этот переносчик ответственен за передачу малярии – инфекционного заболевания, вызываемого простейшими паразитами рода *Plasmodium*, переносимыми самками комаров *Anopheles* [1]. Малярия, тяжелое трансмиссивное заболевание, поражает миллиарды людей во всем мире и ежегодно уносит более полумиллиона жизней [2].

Как отмечают авторы [3], малярия ежегодно становится причиной более полумиллиона смертей во всем мире. Большинство смертей, связанных с малярией, происходит в Африке среди беременных женщин и маленьких детей [4]. Она быстро реагирует на изменения климатических переменных [5]. Прогресс в борьбе с малярией достигается, однако проблема по-прежнему остается актуальной. В Африке значительная часть населения не имеет доступа к эффективным средствам профилактики и лечения, что делает малярию по-прежнему серьезной угрозой для здоровья миллионов людей [6].

Надзор за малярией является основой профилактики и контроля заболеваний и особенно важен для программ по ликвидации малярии, предоставляя информацию о заболевании, необходимую для разработки мер вмешательства и контроля их эффективности [7].

После достигнутого на данный момент заметного прогресса в программе борьбы с малярией Эфиопия добивается ликвидации малярии в 239 выбранных районах с низким уровнем заболеваемости, расположенных в 6 различных регионах. Из них 50 районов были отобраны для ликвидации местной передачи тропической малярии на основе стандартных критериев ВОЗ [8]. Как показывают авторы [9], применение опросов населения в рамках исследований EAG в школах и медицинских учреждениях на Гаити является эффективным и приемлемым методом для выявления остаточных очагов малярии в условиях низкой передачи. Они демонстрируют преимущество включения пространственной информации на уровне домохозяйств, что позволяет обнаруживать локальные очаги инфекции, которые пропускаются как национальными обследованиями, так и системой пассивного надзора. В начале XXI века в Киргизской Республике наблюдались эпидемические подъемы заболеваемости трехдневной малярией (*P. vivax*), что подтверждает сохранение высокого маляриогенного потенциала территории.

Чуйская долина, расположенная на севере республики, является крупным аграрно-промышленным регионом с развитой ирригационной системой и значительным антропогенным воздействием. Наличие многочисленных внутренних водоемов (каналы, арыки, пруды, подтопленные участки) в сочетании с благоприятными климатическими условиями (среднемесячная температура выше 16 °C в течение теплого сезона) создает идеальные условия для выплода и развития малярийных комаров [10]. Город Бишкек – столица Киргизской Республики, является уникальной средой обитания, 20% населения страны (более 1,0 млн человек) проживает в этом городе. Территория города имеет равномерный уклон в 2,5–3° с юга на север. Отметки в пределах города составляют от 700 до 950 м над уровнем моря. Город возник в пойме бассейнов двух рек – Аламедина и Ала-Арча. Площадь, занятая городами, составляет около 200 тыс. га [11].

В структуре твердых отходов преобладают промышленные и горнопромышленные отходы. В целом и на душу населения они особенно велики в России, США, Японии и др. Для города Бишкек большие проблемы создают так называемые твердые бытовые отходы, или просто мусор [12]. Антропогенная трансформация ландшафта оказывает существенное влияние на передачу патогенов, переносимых насекомыми-переносчиками. Однако влияние урбанизации на сообщества комаров до сих пор изучено недостаточно [13]. Гидроландшафтное районирование имеет значение для оценки степени состояния биогеоценоза при годовых колебаниях температуры воздуха и количества выпадающих осадков. С усилением влагооборота температурные условия являются доминирующими факторами, влияющими на распространение кровососущих комаров, можно полагать, что и популяция *Culicidae* будет подверженности различным колебаниями в зависимости от особенностей гидроландшафтов [14].

Отсутствие актуальных, детализированных данных об особенностях распространения личинок и имаго *Anopheles* в конкретных типах водоемов и антропогенных условиях Чуйской долины (на примере Бишкека) затрудняет точное прогнозирование риска и разработку эффективных, локализованных противокомариных мероприятий. Хотя количество заражений резко сократилось, малярийная лихорадка по-прежнему представляет собой серьезную угрозу для стран данного региона. Основными факторами уязвимости выступают перемещение людей, неблагоприятные климатические условия, а также недостаточное внимание со

стороны служб, ответственных за предотвращение эпидемий. Для недопущения будущих массовых вспышек абсолютно необходимо активизировать контроль и усилить превентивные мероприятия.

Целью исследования является провести комплексный эколого-эпидемиологический анализ популяций кровососущих комаров рода *Anopheles* в антропогенно измененных условиях Чуйской долины (на примере г. Бишкек и его окрестностей) для определения их видового состава, оценки сезонной динамики, расчета малярийного сезона и установления текущего малярийного потенциала региона.

Материалы и методы исследования

Объектом данного научного исследования послужили данные фенологического характера и результаты подсчёта взрослой формы (имаго) малярийных комаров. Эти работы систематически выполнялись в шести ключевых зонах размножения (анофелогенных водоёмах) в черте города Бишкек: в прудах под условными названиями «Три ребрышка», «Жунуспайкина», «Блоха», «Пиявочный», а также на пруду войсковой части 7702 и прилегающих к ним участках. Наблюдения велись в течение шести месяцев (с апреля по сентябрь) на протяжении периода с 2023 по 2025 год.

Фенологические циклы отслеживались регулярно – каждые десять суток. Для оценки плотности личинок и куколок, находящихся в воде, применялся энтомологический сачок из мельничного газа (стандартизированные параметры: диаметр 20 см, глубина 25 см). Учёт личинок на единицу площади проводился путём пятикратного забора проб в выбранных точках. Общее количество анофелогенных водоёмов в Бишкеке, подвергшихся инспекции на присутствие личинок не менее одного раза в декаду, составило 16 (рисунок). Подсчёт численности имаго на местах дневного отдыха (днёвках) осуществлялся в одном и том же животноводческом помещении (хлеву) с крупным рогатым скотом, расположенном в границах города Бишкек.

Исследование основывалось на комплексном подходе, включавшем полевые энтомологические изыскания, климатологический анализ, лабораторный анализ образцов и статистический расчёт данных.

Личиночные стадии консервировались раствором спирта и уксусной кислоты в соотношении (3:1) для последующей идентификации вида. Видовая принадлежность рода *Anopheles* определялась с использованием определительных таблиц [15] по морфологическим признакам как у взрослых особей, так и у личинок четвёртой стадии развития.



Анофелогенные водоёмы города Бишкек

Примечание: составлено авторами на основе результатов данного исследования

Оценка популяции комаров проводилась двумя способами.

1. При низкой плотности: фиксировалось абсолютное число особей, обнаруженных на внутренних поверхностях помещения.

2. При высокой плотности: оценивалось количество насекомых на 1 м путём взятия проб в 2-3 точках.

Относительная плотность популяции была выражена как среднее число особей, зафиксированное на 1 кв. метре. Для проведения морфометрических замеров использовался стереомикроскоп МБС-10.

Результаты исследования и их обсуждение

Южные регионы Киргизской Республики, включая Ошскую, Баткенскую и Джалал-Абадскую области, имеют наибольший малярийный потенциал, главным образом из-за наличия большого количества рисовых плантаций. В Киргизской Республике среди распространенных видов малярийных комаров рода *Anopheles* можно выделить следующие 8 видов: *An. (An.) artemievi* (Гордеев и др., 2005), *An. (An.) claviger* (Мейген, 1804), *An. (An.) hircanus* (Паллас, 1771), *An. (An.) maculipennis* (Мейген, 1818), *An. (An.) messeae* (Фаллерони, 1926), *An. (An.) plumbeus* (Стивенс, 1828), *An. (C.) pulcherrimus* (Тобальд, 1902), *An. (C.) superpictus* (Грасси, 1899). Эти виды малярийных комаров распространены во всех регионах Киргизской Республики.

В рамках работы на территории города Бишкек и его окрестностей были организованы регулярные выезды и велись фенологические наблюдения за численностью переносчика (комаров рода *Anopheles*). Из-

учалось влияние сезонных факторов на развитие преимагинальных стадий (яйца, личинки, куколки) и активность имагинального лета взрослых комаров. При этом за трехлетний период были проведены следующие исследования:

1) фенологические наблюдения: начало вылета комаров с зимовок, массовый вылет с зимовок, первые самки с кровью, первые личинки, куколки и вылет первой генерации и т.д.;

2) установлены сроки малярийного сезона;

3) изучена фауна переносчика;

4) проведена энтомологическая работа по контрольным точкам (по комарам) и проводилось определение вида комаров.

Как мы зафиксировали, взрослые особи комаров начали покидать места зимовки на территории Бишкека в период с 26 апреля по 15 мая. Этот процесс происходил при температурном режиме, когда среднесуточная отметка находилась в пределах от +11,4 до +21,1 °C (табл. 1).

Взрослые самки, приступившие к питанию, были впервые обнаружены в Бишкеке в период с 27 апреля по 15 мая в течение 2023 и 2024 годов.

Развитие водной фазы. Появление личинок первой стадии в постоянных водоёмах Бишкека было отмечено с 9 по 24 мая, что совпало со среднесуточными температурами воздуха от +8,9 до +16,2 °C (табл. 1).

• Наибольшая численность личиночной популяции зафиксирована с 10 июня по 9 июля.

• В пиковый период сезона плотность личинок *Anopheles* варьировалась от минимального значения (2 особи на 1 квадратный метр) до максимального (65 особей на 1 квадратный метр).

Таблица 1

Результаты наблюдений за циклами развития комаров рода *Anopheles* (виды группы *maculipennis*) в Бишкеке (2023-2024 годы)

| Фенологические наблюдения | Начало вылета с зимовок | Первое обнаружение напивавшихся самок | Первое обнаружение самок с созревшими яйцами | Первое обнаружение личинок 1-го возраста | Первое обнаружение куколок | Вылет первой генерации | Первые диапаузирующие самки | Массовый уход в диапаузу |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|--|----------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 2023 | 13.05 | 14.05 | 17.05 | 23.05 | 10.06 | 14.06 | 15.08 | 10.09 |
| 2024 | 04.05 | 07.05 | 08.05 | 21.06 | 03.06 | 06.06 | 01.09 | 12.09 |

Примечание: сведения получены авторами на основе материалов, собранных в ходе текущего исследования.

Появление взрослых особей. Согласно предоставленным материалам, стадия куколки наблюдалась с 28 мая по 8 июня (табл. 1). Первая генерация взрослых комаров появилась уже с 4 по 12 июня.

- Пик численности имаго на местах днёвок пришёлся на 20 июня – 8 июля. В этот период преобладали особи первого поколения, а также отмечалось появление первых представителей второго поколения.

- Максимальная плотность взрослой популяции в разные годы колебалась в том же диапазоне, что и личинки: от 2 до 65 особей на 1 квадратный метр.

Уход на зимовку (диапауза). Самки группы *maculipennis*, переходящие в состояние зимней диапаузы, впервые фиксировались с 10 по 30 августа. Массовый переход этих особей в места зимовки был зарегистрирован с 27 августа по 12 сентября (табл. 1) [16].

Статистическая оценка плотности (табл. 2). При анализе усреднённой плотности популяции комаров группы *maculipennis* в Бишкеке обнаружены следующие данные:

- в 2023 году средний показатель составил 8,02 особи на 1 квадратный метр;
- в 2024 году зафиксировано снижение до 6,14 особи на 1 квадратный метр.

Таблица 2

Усредненная плотность популяции взрослых особей *Anopheles* (виды группы *maculipennis*) в местах их дневного отдыха на территории Бишкека (показатели за 2023-2024 годы)

| Год | Численность экз./м ² |
|------|---------------------------------|
| 2023 | 8.02 ± 2.24 |
| 2024 | 6.14 ± 2.12 |

Источник: составлено авторами на основе результатов данного исследования.

Индикатор вариабельности (2,24 для 2023 года против 2,12 для 2024 года) указывает, что изменчивость плотности популяции была более выражена в 2023 году. Это может быть следствием более нестабильных экологических условий или влияния иных факторов в тот период. Снижение среднегодовой плотности может быть обусловлено комплексом явлений, включая климатические сдвиги, изменения в экосистеме или другие природные воздействия [16]. Для выявления долгосрочных закономерностей и потенциальных причин флуктуаций крайне важно продолжить энтомологический мониторинг в последующие годы, а также учитывать внешние воздействия, такие как антропогенная нагрузка и глобальное изменение климата.

Эпидемиологический сезон передачи малярии: расчет и анализ. Ретроспективная оценка временного отрезка, когда риск инфицирования людей малярией был максимален, проводилась с опорой на среднесуточные температуры воздуха и использованием методологии М. Д. Мошковского (1950).

Методика расчета

(сумма эффективных температур)

Данный подход основан на принципе накопления определенной суммы эффективных температур (СЭТ), необходимой для завершения процесса спорогонии возбудителя (*P. vivax* требует 105 °С) в организме переносчика.

1. *Алгоритм:* из среднесуточной температуры ежедневно вычитается нижний температурный порог (14,5 °С).

2. *Начало передачи:* суммирование полученных суточных разниц продолжается до тех пор, пока СЭТ не достигнет 105 °С. Следующий день после достижения этого показателя считается моментом начала эпидемического сезона и возникновения вероятности заражения человека.

Сроки и фенологическая зависимость. Необходимая климатическая информация (для расчета начала/конца спорогонии, периодов передачи и последнего дня возможного инфицирования комаров *Plasmodium*) была получена в Центре гидрометеорологии и экологического мониторинга Бишкека.

Малярийный сезон (то есть время, когда могла происходить передача заболевания) различался по продолжительности в разные годы в Бишкеке и прямо зависел от климатических условий и, как следствие, от фенологии жизненного цикла переносчиков.

Комары становятся эффективно инфицируемыми (способными к заражению) с того момента, как среднесуточная температура воздуха установится не ниже +16 °С, после вылета первой генерации имаго.

Прогнозные сроки для 2023–2024 гг. Анализ температурных данных региона позволяет сделать следующие выводы:

- начало эффективной заражаемости комаров в 2023-2024 годах могло быть зафиксировано с 1 июня по 2 июля;
- завершение спорогонии у малярийных переносчиков происходило с 21 июня по 20 июля.

Таким образом:

- старт сезона передачи малярии мог быть отмечен с 21 июня по 24 июля;
- завершение эффективной заражаемости комаров (последний день возможной передачи инфекции) и начало окончательной спорогонии наблюдались в период с 10 июня по 1 августа (табл. 3) [16].

Таблица 3

Хронологические рамки периода, когда *Anopheles* могли эффективно инфицироваться, и сезона потенциальной передачи трёхдневной малярии человеку в черте города Бишкек (данные 2023-2024 гг.).

| Элементы малярийного сезона | Начало – окончание сезона эффективной заражаемости | Дней | Начало – окончание сезона передачи малярии | Дней |
|-----------------------------|--|-------|--|-------|
| 2023 | 2.07-20.07 | 19-20 | 24.07-12.08 | 19-21 |
| 2024 | 12.06-20.07 | 38-40 | 26.06-05.09 | 68-70 |

Источник: составлено авторами на основе результатов данного исследования.

Таблица 4

Календарь фенологических наблюдений за развитием малярийного комара и анализ сезонности передачи малярии по г. Бишкек за 2025 г. (по А.Е. Беляеву)

| № | Наименование фенологических наблюдений | г. Бишкек | |
|----|---|-----------|---------------|
| | | дата | t воздуха, °C |
| 1 | Начало вылета с зимовки | 16.04. | |
| 2 | Массовый вылет с зимовки | 26.04. | 19,6 |
| 3 | Первые самки с кровью | 19.05. | 17 |
| 4 | Массовое появление самок с кровью | 24.05. | 23,1 |
| 5 | Личинки: | | |
| | 1-го возраста | 03.06. | 20,7 |
| | 2-го возраста | 06.06. | 17,1 |
| | 3-го возраста | 08.06. | 21,3 |
| | 4-го возраста | 10.06. | 21,9 |
| 6 | Куколки | 15.06. | 21,8 |
| 7 | Вылет 1-й генерации | 23.06. | 27,6 |
| 8 | Начало массового кровососания | 28.06. | 21,7 |
| 9 | Пик численности имаго | 05.07. | 18,5 |
| 10 | Последние самки с кровью | 11.07. | 27 |
| 11 | Первые диапазирующие самки | 28.07. | 23,7 |
| 12 | Массовый уход в диапаузу | 04.08. | 25 |
| 13 | Сроки последней регистрации | 12.09. | 20 |
| 14 | Начало сезона эффективности зараженности комаров (СЭЗ) | 20.09. | 17 |
| 15 | Начало сезона передачи малярии человеку | 29.08 | 16,5 |
| 16 | Вероятное время появления первых случаев заражения 3-дневной малярией | 09.09. | |
| 17 | Конец СЭЗ комаров | 09.09. | 12,7 |
| 18 | Число возможных случаев спорогонии | 10 | |

Источник: составлено авторами на основе результатов данного исследования.

По результатам мониторинга, финальная фаза возможного эпидемического сезона малярии в Бишкеке определялась моментом появления самок, уходящих на зимовку (диапауза), и была зафиксирована в период с 15 августа по 12 сентября.

Угроза передачи инфекции. В течение летних периодов 2023 и 2024 годов в Бишкеке сохранялась потенциальная опасность

распространения трёхдневной малярии в случае её заноса. Это подтверждается тем, что сумма накопленного тепла (105 °C), требуемая для полного развития (*спорогонии*) возбудителя *P. vivax*, была успешно достигнута в оба года (табл. 3).

Классификация зоны риска. Территория города Бишкек классифицирована как II зона риска передачи малярии. Данная кате-

гория обусловлена следующими климатическими параметрами:

- количество дней со средней температурой выше $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ в среднем составляет 65 суток;

- продолжительность потенциального сезона для передачи малярии колеблется от 0 до 70 дней (табл. 3) [16].

В г. Бишкек первая спорогония для *Pl. vivax* началась 10.04.2025 г. и завершилась 22.06.2025 г. Последняя спорогония началась 12.08.25 г. и завершилась 04.09.25 г. Отмечалось 9 циклов спорогонии. Для *Pl. falsiparum* 1 спорогония началась 15.04.2025 г. и завершилась 23.08.2025 г. Отмечалось 8 циклов спорогонии.

Начало вылета комаров с зимовок – 16 апреля. Вылет комаров с зимовок происходит не одновременно. Зимняя температура в январе и феврале была низкой, средняя температура января была $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Календарь фенологических наблюдений за развитием малярийного комара и анализ сезонности передачи малярии по г. Бишкек за 2025 г. (по А.Е. Беляеву) представлены в таблице 4.

Начало сезона кровососания и репродуктивного цикла. В 2025 году первые взрослые самки, приступившие к питанию кровью (особи с кровью в желудке), были зарегистрированы 19 мая. Это произошло, когда средняя максимальная температура воздуха за декаду достигла $+14,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Массовое присутствие самок, отдохнувших после кровососания, на местах их дневного пребывания было зафиксировано в среднем с 24 мая, при этом средняя декадная температура воздуха составляла $+19,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самки, готовые к откладке яиц (особи с созревшими яйцами), впервые наблюдались 26 мая. Появление личинок первого возраста в анофелогенных водоёмах было отмечено 3 июня, что ознаменовало собой период активного массового кровососания в популяции.

Сроки появления диапаузы. Жирные диапазирующие самки появились во второй декаде сентября. Интенсивность диапаузы большинства комаров падает со второй половины октября. Для оценки весенних фенодат использованы в качестве вспомогательных признаков феносигналы в растительном мире, которые по срокам совпадают с фенодатами комаров. Так, распускание почек тополя совпадает с появлением первых личинок *Aedes caspius*, первым вылетом с мест зимовок *Anopheles maculipennis*, *Culex*, *Anopheles hyrcanus*.

Таким образом, по результатам расчетов на 2025 год, были определены следующие ключевые даты маляриологического сезона для г. Бишкек:

- начало сезона эффективной заражаемости комаров – 20 августа 2025 г.;

- начало сезона передачи малярии (для самок первой генерации) – 29 августа 2025 г.;

- вероятное время появления первых случаев местного заражения людей – 09 сентября 2025 г.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что в Бишкеке существуют все предпосылки для возникновения локального очага малярии: места размножения *Anopheles*, комары-переносчики малярии и температурные условия, благоприятные для развития паразита *Plasmodium*. Однако, помимо природных факторов, важную роль в этом процессе играет ввоз инфекции больными людьми и носителями трёхдневной малярии в активный сезон переносчиков. Например, в осенне-зимний период 2023-2024 годов было зарегистрировано 2 случая ввоза трёхдневной малярии.

Расчет количества гонотрофических циклов был проведен по методу Оганова-Раевского. Гонотрофический цикл определяется как период в днях, в течение которого накопленная теплота по сумме равна $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эта сумма необходима для создания одной партии яиц у самки комара. Разница в суточной температуре в загоне для скота (не ниже $16\text{ }^{\circ}\text{C}$) вычитается на $9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (нижний предел фолликулярного развития). Разница температур затем накапливается до тех пор, пока не достигнет $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следующий календарный день пропускается для переваривания, откладки яиц и кровососания, и разница температур снова суммируется до достижения $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжаясь до завершения спорогонии.

Заключение

Результаты проведённого исследования подтверждают данные предыдущих работ, выявляя ключевые тенденции в динамике передачи малярии, а также подчёркивают региональные особенности, обусловленные местными климатическими и экологическими факторами. Изменение климата способствует увеличению популяций *Anopheles spp.*, расширению их географического ареала и сокращению периода спорогонии малярийного паразита, что повышает риск передачи малярии. Эти данные подчеркивают необходимость долгосрочного мониторинга воздействия изменения климата на эпидемиологию малярии. В Бишкеке, несмотря на официальное отсутствие малярии в Киргизской Республике, сохраняется риск возвращения местной передачи из-за завозных случаев. Недавние климатические изменения, такие как повышение среднегодовых температур, сокращение периодов стабильных заморозков и продолжительные теплые сезоны, способствуют более

раннему завершению диапаузы у комаров и увеличению периода размножения. В результате сезон передачи малярии в Бишкеке, вероятно, будет удлинен, что повысит риск распространения заболевания. Кроме того, изменения климата и измененные паттерны осадков способствуют расширению географического ареала *Anopheles*, создавая новые участки для их размножения в ранее не затронутых районах. Городские условия, особенно в Бишкеке, способствуют размножению малярийных векторов: в городе выявлено 16 водоемов, 8 из которых подходят для размножения *Anopheles*. Неадекватное управление стоячими водами способствует росту популяций комаров. Для защиты общественного здоровья необходимо внедрение эффективных методов мониторинга и контроля для управления этими популяциями и минимизации последствий изменения климата.

Это исследование демонстрирует важность междисциплинарного сотрудничества и применения современных методов контроля комаров для снижения потенциальных рисков для здоровья, что обеспечит долгосрочную стабильность эпидемиологической ситуации в регионе. С учетом ускоряющихся изменений климата постоянный мониторинг малярийных комаров становится еще более важным. Потенциал климатических изменений в распределении векторов, динамике их популяций и способности к передаче заболевания требует адаптивных и проактивных стратегий общественно-го здравоохранения.

Список литературы

1. Wiebe A., Longbottom J., Gleave K., Shearer F. M., Sinka M. E., Massey N. C., Cameron E., Moyes C. L., Tatem A. J., Bhatt S., Hay S. I. Geographical distributions of African malaria vector sibling species and evidence for insecticide resistance // *Malaria Journal*. 2017. Vol. 16. P. 85. URL: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-017-1734-y> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.1186/s12936-017-1734-y. PubMed PMID: 28320369. PMCID: PMC5343324.
2. Megersa D. M., Luo X. S. Effects of climate change on malaria risk to human health: a review // *Atmosphere*. 2025. Vol. 16 (1). P. 71. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/16/1/71> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.3390/atmos16010071.
3. Al-Awadhi M., Ahmad S., Iqbal J. Current status and the epidemiology of malaria in the Middle East region and beyond // *Microorganisms*. 2021. Vol. 9. P. 338. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/2/338> (дата обращения: 17.10.2025). DOI: 10.3390/microorganisms9020338. PubMed PMID: 33672009. PMCID: PMC7926317.
4. Van Eijk A. M., Hill J., Noor A. M., Snow R. W., ter Kuile F. O. Prevalence of malaria infection in pregnant women compared with children for tracking malaria transmission in sub-Saharan Africa: a systematic review and meta-analysis // *The Lancet Global Health*. 2015. Vol. 3. P. e617–e628. URL: [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(15\)00085-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(15)00085-2/fulltext) (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.1016/S2214-109X(15)00085-2. PubMed PMID: 26248591.
5. Fouque F., Reeder J. C. Impact of past and on-going changes on climate and weather on vector-borne diseases transmission: a look at the evidence // *Infectious Diseases of Poverty*. 2019. Vol. 8. P. 51. URL: <https://idpjournals.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-019-0562-4> (дата обращения: 19.10.2025). DOI: 10.1186/s40249-019-0562-4. PubMed PMID: 31030192. PMCID: PMC6480412.
6. World Health Organization. World malaria report 2016. Geneva: WHO, 2016. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/252038> (дата обращения: 15.10.2025).
7. World Health Organization. A framework for malaria elimination. Geneva: WHO, 2017. URL: <http://www.who.int/malaria/publications/atoz/9789241511988/en/> (дата обращения: 18.10.2025).
8. Nigatu W. Entomological surveillance in the context of malaria elimination in some selected sentinel sites of Ethiopia // *Ethiopian Journal of Public Health and Nutrition*. 2019. Vol. 3. P. 72–83. URL: <https://ejphn.eph.gov.et/index.php/ejphn/article/view/140> (дата обращения: 25.10.2025).
9. Druetz T., Stresman G., Ashton R. A., et al. Programmatic options for monitoring malaria in elimination settings: easy access group surveys to investigate *Plasmodium falciparum* epidemiology in two regions with differing endemicity in Haiti // *BMC Med*. 2020. № 18. P. 141. URL: <https://bmcmecicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-020-01611-z> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.1186/s12916-020-01611-z. PubMed PMID: 32573663. PMCID: PMC7301468.
10. Мейманбаева А. К. Сезонные колебания популяций малярийных комаров рода *Anopheles* и их влияние на эпидемиологическую ситуацию малярии в городе Бишкек // *In the world of science and education*. 2025. № 3. С. 77-84. DOI: 10.24412/3007-8946-2025-152-77-84.
11. Осмонбетов К. О., Ырсалиева А. Ж. Экология Бишкека // *Молодой учёный*. 2016. № 6 (110). С. 334–339. URL: <https://moluch.ru/archive/110/27147/> (дата обращения: 15.10.2025).
12. Осмонбетов К. О., Ырсалиева А. Ж. Опыт работы с твердыми бытовыми отходами (ТБО) в России // *Вестник киргизско-российского славянского университета*. 2016. № 16 (1). С. 106-109. EDN: VWNDYL.
13. Ferraguti M., Martínez-de la Puente J., Roiz D., Ruiz S., Soriguer R., Figuerola J. Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance // *Sci Rep*. 2016. № 6. 29002. URL: <https://www.nature.com/articles/srep29002> (дата обращения: 17.10.2025). DOI: 10.1038/srep29002.
14. Пашокова Е. В., Канев В. А. Ландшафтные особенности распространения кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) в Республике Коми // *Принципы экологии*. 2023. № 2. С. 78–93. URL: <https://ecopri.ru/index.php/ecopri/article/view/164> (дата обращения: 15.10.2025).
15. Sallum M. A. M., Obando R. G., Carrejo N., Wilkerson R. C. Identification keys to the *Anopheles* mosquitoes of South America (Diptera: Culicidae). IV. Adult females // *Parasites Vectors*. 2020. № 13. P. 584. URL: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-04487-0> (дата обращения: 12.10.2025). DOI: 10.1186/s13071-020-04487-0.
16. Мейманбаева А. К., Рахманов А. А., Раимкулов К. М., Шаршеева Б. К., Ямщикова Т. В. Эпидемиологическая ситуация в мире по заболеваемости малярией и распространенность её переносчиков (обзор литературы) // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2025. № 1. С. 24–32. EDN: YZHGHV.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАВОДА ООО «UZBEKISTAN GTL»

Узаков З. З. ORCID ID 0000-0001-6284-2383,
Рахимов Т. У., Бойиров З. Р.

*Каршинский государственный технический университет, Карши, Узбекистан,
e-mail: uzakov.zafar@mail.ru*

В статье приводится анализ данных о биоразнообразии (флористическом и фаунистическом составе) видов, встречающихся и обитающих в окрестностях завода ООО «Uzbekistan GTL» Гузарского района Кашкадарьинской области, на основании полевых наблюдений, проведенных в 2023–2024 гг. Целью исследования являлись мониторинг и оценка биоразнообразия в зоне влияния предприятия. Мониторинг биоразнообразия проводился с использованием общепринятых методов полевых и стационарных исследований. В результате было выявлено 80 видов растений и 93 вида животных. Особого упоминания заслуживают редкие виды, внесенные в Красную книгу Узбекистана (2019): центральноазиатская пустынная черепаха (*Testudo (Agrionemys) horsfieldii* Gray, 1844) и серый варан (*Varanus griseus* (Daudin, 1803) ssp. *caspius* (Eichwald, 1831)). Установлено, что промышленное освоение региона в целом оказывает негативное воздействие на биоразнообразие, особенно в связи с расчисткой площадок под строительство и прокладкой сети грунтовых дорог. Однако в ряде случаев в результате техногенного воздействия создаются благоприятные условия для расселения некоторых видов. Например, среди видов животных – для желтого суслика, а среди растений – для гармалы обыкновенной, выступающей в качестве индикатора антропогенного воздействия.

Ключевые слова: пустынная почва, млекопитающие, редкие виды, биоразнообразие, антропогенное воздействие

Благодарности: Авторы выражают признательность Корпорации «Узбекнефтегаз» за содействие в организации и проведении ночных биоэкологических наблюдений на исследуемых участках.

BIODIVERSITY MONITORING IN THE VICINITY OF THE UZBEKISTAN GTL LLC PLANT

Uzakov Z. Z. ORCID ID 0000-0001-6284-2383,
Rakhimov T. U., Boyirov Z. R.

*Karshi State Technical University, Karshi, Republic of Uzbekistan,
e-mail: uzakov.zafar@mail.ru*

The article presents an analysis of biodiversity data (floristic and faunal composition) of species occurring and inhabiting the surroundings of the “Uzbekistan GTL” plant located in the Guzar District of the Kashkadarya Region, based on field observations conducted during 2023–2024. The aim of the study was to conduct monitoring and assessment of biodiversity within the area affected by the enterprise. Biodiversity monitoring was carried out using commonly accepted methods of field and stationary research. As a result, 80 species of plants and 93 species of animals were identified. Of particular note are rare species listed in the Red Data Book of Uzbekistan (2019): the Central Asian tortoise (*Testudo (Agrionemys) horsfieldii* Gray, 1844) and the Desert Monitor (*Varanus griseus* (Daudin, 1803) ssp. *caspius* (Eichwald, 1831)). It was established that the industrial development of the region generally has a negative impact on biodiversity, especially due to land clearing for construction and the laying of dirt road networks. However, in some cases, technogenic impacts create favorable conditions for the settlement of certain species. For example, for animals such as the yellow ground squirrel, and for plants such as *Peganum harmala* (common harmala), which serves as an indicator of anthropogenic influence.

Keywords: desert soil, mammals, rare species, biodiversity, anthropogenic impact

Acknowledgements: The authors express their gratitude to Uzbekneftgaz Corporation for its assistance in organizing and conducting nighttime bioecological observations at the studied sites.

Введение

Биоразнообразие включает весь спектр живых организмов планеты и играет решающую роль в поддержании устойчивости экосистем. Генетическое и видовое разнообразие служат фундаментом стабильности природных систем, обеспечивая их способность адаптироваться к внешним изменениям. За последние десятилетия рост антропо-

генной нагрузки вызвал заметное сокращение природных ресурсов и ухудшение состояния местообитаний живых организмов. Одним из главных деструктивных факторов выступает разрушение и фрагментация естественных экосистем. Рост промышленных зон и инфраструктуры сопровождается деградацией растительного покрова, уплотнением и загрязнением почв, а также нако-

плением токсичных отходов. Эти процессы ведут к истощению биологических ресурсов, ослаблению экосистем и ускоряют процессы опустынивания. Развитие крупных промышленных комплексов на пастбищах и в аридных зонах, характерных для юга Узбекистана, способствует сокращению численности многих видов. Переселение организмов за пределы их естественных ареалов, вызванное деятельностью человека, представляет собой скрытую, но крайне опасную угрозу для экосистемного равновесия. В условиях аридного климата одним из наиболее значимых факторов, влияющих на биоразнообразие, остается изменение климата [1, 2].

Воздействие человека на окружающую среду проявляется не только в загрязнении атмосферы и почв, но и в нарушении устойчивости экосистем и жизни обитающих в них организмов [3].

Снижение антропогенной нагрузки и восстановление природных экосистем требует координации усилий на всех уровнях – от международного до регионального. Углубленное изучение биоэкологического мониторинга позволяет выявлять наиболее уязвимые виды и сообщества, анализировать характер и масштаб влияния человека на природу, а также разрабатывать научно обоснованные меры по их сохранению [4, 5].

Организация Объединенных Наций в последние годы определила конкретные задачи по охране окружающей среды и формированию устойчивых моделей природопользования, направленных на минимизацию ущерба экосистемам [6, 7].

С конца XX в. наблюдается устойчивый рост интереса к вопросам экологии, что отражается в научных исследованиях, касающихся жизненных циклов экосистем и их устойчивого функционирования [8]. Сокращение биоразнообразия рассматривается как одна из ключевых глобальных экологических проблем, она включена в перечень ключевых целей Конвенции о биологическом разнообразии и Повестки дня ООН в области устойчивого развития до 2030 г. [9].

Современные исследования акцентируют внимание на необходимости комплексного подхода к решению экологических задач и разработке новых индикаторов оценки воздействия хозяйственной деятельности на экосистемы [10].

Загрязнение окружающей среды промышленными выбросами остается серьезной угрозой здоровью человека и состоянию живой природы, поскольку многие химические вещества оказывают токсическое действие не только на организм человека, но и на флору и фауну [11–14].

Во многих районах планеты нагрузка на экосистемы уже превышает их потенциал естественного самовосстановления [15]. Поэтому разработка эффективных мер по сохранению биоразнообразия, восстановлению естественных местообитаний и снижению воздействия промышленных факторов является одной из приоритетных задач экологической науки. В условиях Кашкадарьинской области, где активно развиваются нефтегазовая и химическая промышленность, актуальность мониторинга биоразнообразия возрастает. Окрестности промышленных зон, включая территорию вокруг завода ООО «Uzbekistan GTL», испытывают значительное техногенное воздействие. Регулярный экологический мониторинг позволяет своевременно выявлять изменения в структуре экосистем и определять направления природоохранных мероприятий.

Цель исследования – мониторинг и оценка состояния биоразнообразия в зоне влияния выбросов ООО «Uzbekistan GTL» с учетом сезонных и пространственных изменений.

Материалы и методы исследования

Исследование состояния биоразнообразия проводилось в 2023 г. в рамках договора между ООО «Uzbekistan GTL» и Каршинским инженерно-экономическим институтом. Работы выполнялись с февраля по ноябрь и были направлены на получение достоверных данных о флористическом и фаунистическом составе территорий, испытывающих техногенное воздействие.

Для целей мониторинга было выделено четыре участка наблюдений, отличающихся уровнем антропогенной нагрузки и природно-ландшафтными особенностями. При их отборе учитывались такие факторы, как характер рельефа, степень хозяйственного освоения, разнообразие растительных сообществ и географическая репрезентативность. Каждый участок имел собственные координаты, площадь и высотное положение, что позволило проанализировать пространственные различия условий обитания организмов. В пределах зон с промышленным воздействием были организованы опытные и контрольные площадки, что обеспечило возможность сравнения биологических показателей между участками с разной степенью нагрузки. Опытные площадки размещались в пределах санитарно-защитных зон предприятий, тогда как контрольные находились за их пределами, вне прямого влияния выбросов. При выполнении исследований применя-

лись полевые и маршрутные наблюдения, визуальные учеты животных и растений, а также определение видов по морфологическим признакам и справочной литературе. Численность индикаторных видов оценивалась по ширине маршрута – 10 м с каждой стороны. В дневное и ночное время проводились визуальные наблюдения с использованием искусственного освещения. Количественные и качественные показатели фиксировались по шкале обилия Друде.

С учетом низкой плотности популяций и частичной деградации экосистем региона применялись выборочные наблюдения, позволившие оценить динамику биоразнообразия без нарушения естественной среды.

Флористические исследования опирались на сведения из «Кадастра флоры Узбекистана: Кашкадарьинская область» [16], а также на собственные геоботанические описания, выполненные на каждой площадке. Таксономическая принадлежность видов уточнялась с использованием современных определителей и справочников.

Результаты исследования и их обсуждение

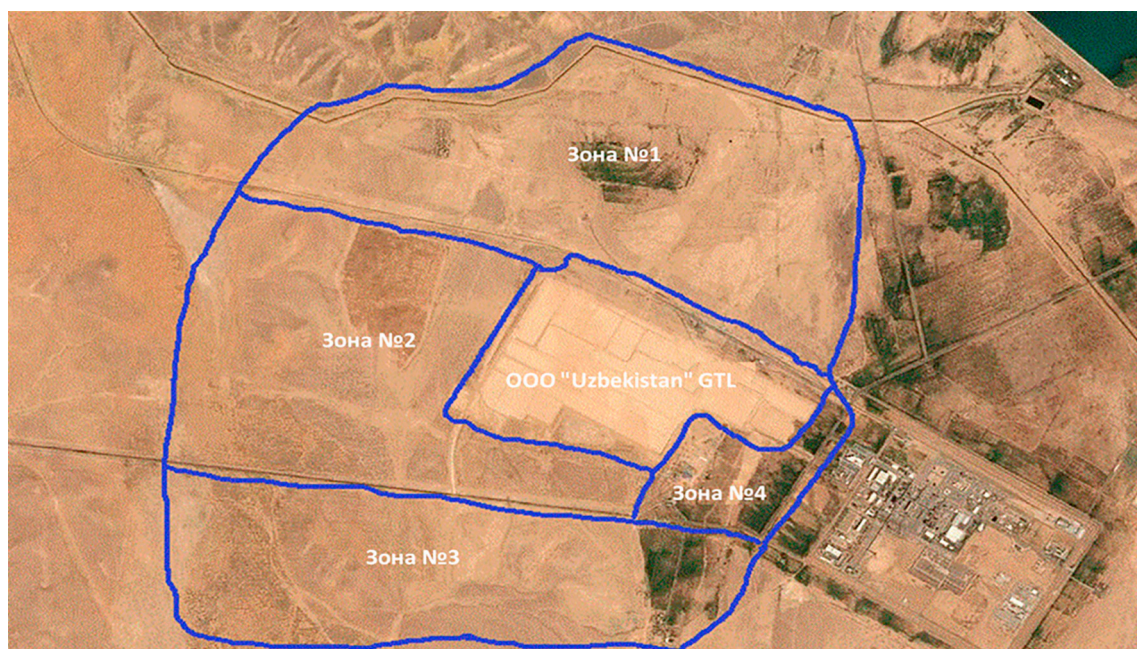
Общая площадь мониторинговой территории ООО «Uzbekistan GTL», где изучали биоразнообразие, составляет 420 га. Эти территории были разделены на четыре участка в зависимости от их месторасположения, они представлены в табл. 1 и на рисунке.

Таблица 1

Мониторинговые участки биоразнообразия ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Название участка | Начало координат участков | | Высота над уровнем моря (м) | Окончание координат участков | | Высота над уровнем моря | Общая площадь (га) |
|---|------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------|-------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | Северный | 38°47'67"21 | 65°80'83"53 | 356 | 38°47'89"53 | 65°77'40"51 | 359 | 150 |
| 2 | Западный | 38°47'89"53 | 65°77'40"51 | 359 | 38°45'62"62 | 65°79'62"21 | 347 | 130 |
| 3 | Южный | 38°45'62"62 | 65°79'62"21 | 347 | 38°45'70"96 | 65°78'89"12 | 343 | 120 |
| 4 | Восточный | 38°46'29"61 | 65°78'89"12 | 343 | 38°45'70"96 | 65°80'26"03 | 351 | 20 |

Примечание: координаты участков исследований составлены авторами на основе источника <https://www.google.com/maps/> (дата обращения: 01.12.2025)



Общая схема мониторинговых участков ООО «Uzbekistan GTL»
Примечание: составлен авторами на основе источника <https://www.google.com/maps/place/Uzbekistan+GTL> (дата обращения: 01.12.2025)

Таблица 2

Список встречаемых растений на исследуемой территории
ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Наименование растений | | | Жизненная форма | Изобилие по шкале Друде | Встречаемость на участке |
|-----|--------------------------------|---|----------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | Семейство | Род / вид на латыни | Русское название | | | |
| 1. | Peganaceae (Zygophyllaceae) | Peganum. harmala L | Гармала обыкновенная | Хамефиты | sol | 1, 2, 3, 4 |
| 2. | Papaveraceae | <i>Papaver paoninum Schrenk.</i> | Мак красный | Терофиты | sol | 1, 2, 3, 4 |
| 3. | Tamaricaceae | <i>Tamarix hohenackeri Bge.</i> | Тамарикс хохенахер | Хамефиты | un | 2 |
| 4. | Tamaricaceae | <i>Tamarix hispida L.</i> | Тамаркс Хиспида | Хамефиты | un | 1, 2, 3, 4 |
| 5. | Chenopodiaceae | <i>Haloxylon persicum Bunge ex Boiss. & Buhse</i> | Белый саксаул | Фанерофит | sol | 1, 2, 3, 4 |
| 6. | Chenopodiaceae | <i>Salsola leptoclada Gand.</i> | Солянка тонкоцветистая | Гемикриптофиты | sol | 1, 2, 3, 4 |
| 7. | Chenopodiaceae | <i>Horaninovia ulicina Fisch. & C.A. Mey.</i> | Гораниновия улесовидная | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 8. | Chenopodiaceae | <i>Atriplex dimorphostegia Kar. & Kir.</i> | Лебеда диморфная | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 9. | Chenopodiaceae | <i>Halimocnemis molissima Bunge</i> | Галимокнемис мягковолоосый | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 10. | Lamiaceae | <i>Ajuga turkestanica (Regel) Briq.</i> | Живучка туркестанская | Гемикриптофиты | un | 1, 3, 4 |
| 11. | Asteraceae | <i>Cousinia microcarpa Boiss</i> | Кузиния мелкоцветковая | Гемикриптофиты | sp | 1, 2, 3, 4 |
| 12. | Asteraceae | <i>Scorzonera circumflexa Krasch. & Lipsch</i> | Козелец завитой | Гемикриптофиты | sp | 1, 2, 3, 4 |
| 13. | Asteraceae | <i>Koelpinia macrantha C.</i> | Кельпиния крупноцветковая Winkl. | Терофиты | un | 1 |
| 14. | Asteraceae | <i>Cousinia resinosa Juz.</i> | Кузиния смолистая | Терофиты | un | 2, 3, 4 |
| 15. | Asteraceae | <i>Carthamus oxyacanthus Bieb.</i> | Сафлор острошипый | Терофиты | un | 3 |
| 16. | Asteraceae | <i>Echinops leiopolyceras Bornm.</i> | Мордовник гладкорогий | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 17. | Asteraceae | <i>Cousinia microcarpa Boiss.</i> | Кузиния мелкоцветковая | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 18. | Asteraceae | <i>Cousinia resinosa Juz.</i> | Кузиния смолистая | Гемикриптофиты | cop-2 | 2, 3 |
| 19. | Asteraceae | <i>Artemisia trinidata L.</i> | Полынь обыкновенная | Гемикриптофиты | sp | 1, 2, 3 |
| 20. | Asteraceae | <i>Centaurea squarrosa Willd</i> | Василек растопыренный | Гемикриптофиты | cop-2 | 3, 4 |
| 21. | Asteraceae | <i>Onopordon olgae Rgl.</i> | Татарник Ольгии | Гемикриптофиты | sp | 1, 4 |
| 22. | Asteraceae | <i>Achillea biebersteinii Afan.</i> | Тысячелистник Биберштейна | Гемикриптофиты | sp | 1, 2, 3, 4 |
| 23. | Asteraceae | <i>Crepis sibirica L.</i> | Скерда сибирская | Гемикриптофиты | sp | 1, 4 |
| 24. | Asteraceae | <i>Carthamus turkestanicus M. Pop.</i> | Сафлор туркестанский | Терофиты | un | 1, 2, 3, 4 |
| 25. | Asteraceae | <i>Carthamus oxyacantha M.B.</i> | Махсар | Терофиты | sol | 1, 2, 3, 4 |
| 26. | Asteraceae | <i>Pseudohandelia umbellifera (Boiss.) Tzvelev</i> | Псевдоханделия зонтичная | Терофиты | sol | 1, 2, 3, 4 |

Продолжение табл. 2

| № | Наименование растений | | | Жизненная форма | Изобилие по шкале Друде | Встречаемость на участке |
|-----|-----------------------|--|-----------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | Семейство | Род / вид на латыни | Русское название | | | |
| 27. | Apiaceae | <i>Carum carvi L.</i> | Тмин обыкновенный | Гемикриптофиты | un | 1, 2, 3, 4 |
| 28. | Boraginaceae | <i>Nonea caspica (Willd.) G. Don</i> | Ноня каспийская | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 29. | Boraginaceae | <i>Lappula microcarpa (Ledeb.) Gurke</i> | Липучка мелкоплодная | Терофиты | sol | 1, 3, 4 |
| 30. | Boraginaceae | <i>Arnebia decumbens (Vent.) Coss. & Kralik</i> | Арнебия простертая | Терофиты | un | 4 |
| 31. | Euphorbiaceae | <i>Chrozophora gracilis Fisch. & C.A. Mey. ex Ledeb.</i> | Хрозофора изящная | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 32. | Ranunculaceae | <i>Nigella integrifolia Rgl.</i> | Чернушка дикая | Терофиты | un | 3 |
| 33. | Violaceae | <i>Viola tricolor L.</i> | Фиалка степная | Терофиты | un | 1, 2 |
| 34. | Poaceae | <i>Aegilops erassa Boiss.</i> | Эгилопс толстый | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4, |
| 35. | Poaceae | <i>Poa. bulbosa L</i> | Мяглик луковичный | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 4, 3 |
| 36. | Poaceae | <i>Taeniatherum</i> | Лентоостник | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 4, 3 |
| 37. | Poaceae | <i>Erianthus ravennae (L.) P. Beauv.</i> | Эриантус равеннский | Гемикриптофиты | un | 1, 2, 3, 4 |
| 38. | Poaceae | <i>Melica hohenackeri Boiss</i> | Мелика хохенаккер | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 3 |
| 39. | Poaceae | <i>Aegilops erassa Boiss.</i> | Эгилопс толстый | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 3, 4 |
| 40. | Poaceae | <i>Bromus oxyodon Schrenk.</i> | Костер острозубый | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 3, 4 |
| 41. | Poaceae | <i>Bromus danthoniae Trin.</i> | Костер Дантонии | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 3, 4 |
| 42. | Poaceae | <i>Bromus lanceolatus Roth</i> | Костер ланцетный | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4, |
| 43. | Poaceae | <i>Echinochloa crus-galli (L.) et Sch</i> | Ежовник обыкновенный | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 44. | Poaceae | <i>Stipagrostis pennata (Trin.) De Winter</i> | Селин перистый | Гемикриптофиты | un | 3, 4 |
| 45. | Poaceae | <i>Melica hohenackeri Boiss</i> | Мелика хохенаккер | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 46. | Poaceae | <i>Dactylis glomerata L.</i> | Ежа сборная | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 47. | Poaceae | <i>Eremopyrum bonaepartis (Spreng.) Nevski</i> | Мортук Бонапарта | Терофиты | cop-3 | 1, 2, 3, 4 |
| 48. | Capparaceae | <i>Capparis spinosa L.</i> | Каперсы колючие | Гемикриптофиты | un | 1, 3, 4 |
| 49. | Convolvulaceae | <i>Convolvulus subhirsutus Regel & Schmalh.</i> | Вьюнок шерстистый | Терофиты | un | 1, 2, 3 |
| 50. | Brassicaceae | <i>Strigosella arvensis L.</i> | Дала рангүти | Терофиты | cop-2 | 1, 3, 4 |
| 51. | Brassicaceae | <i>Strigosella intermedia (C.A. Mey.) Botsch.</i> | Стригозелла промежуточная | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 52. | Brassicaceae | <i>Descurainia sophia (L.) Webb ex Prantl</i> | Дескурения Софьи | Терофиты | un | 3, 4 |
| 53. | Brassicaceae | <i>Cardaria repens (Schrenk) Jarm.</i> | Сердечница ползучая | Гемикриптофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 54. | Brassicaceae | <i>Cardaria repens (Schrenk) Jarm.</i> | Сердечница ползучая | Терофиты | un | 1, 2, 3, 4 |
| 55. | Brassicaceae | <i>Strigosella scorpio-ides (Bunge) Botsch.</i> | Стригозелла скорпионовидная | Терофиты | un | 1, 2, 3, 4 |
| 56. | Brassicaceae | <i>Neslia apiculata Fisch. & C.A. Mey.</i> | Неслия остроконечная | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |

Окончание табл. 2

| № | Наименование растений | | | Жизненная форма | Изобилие по шкале Друде | Встречаемость на участке |
|-----|-----------------------|---|----------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | Семейство | Род / вид на латыни | Русское название | | | |
| 57. | Cyperaceae | <i>Carex pachystylis</i> J. Gay | Осока толстостолбиковая | Терофиты | cop-2 | 2, 3 |
| 58. | Ariaceae | <i>Bunium chaerophylloides</i> (Regel & Schmalh.) Drude | Буниум бутенивидный | Терофиты | un | 3, 4 |
| 59. | Caryophyllaceae | <i>Acanthophyllum pungens</i> (Bunge) Boiss. | Акантофиллум пунгенс | Хамефиты | un | 2 |
| 60. | Lamiaceae | <i>Lallemantia royleana</i> (Benth.) Benth. | Лаллеманция Ройля | Гемикриптофиты | sp | 1, 4 |
| 61. | Lamiaceae | <i>Salvia spinosa</i> L. | Шалфей колючий | Гемикриптофиты | sp | 4 |
| 62. | Lamiaceae | <i>Ziziphora tenuior</i> | Зизифора тонкая | Терофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 63. | Iridaceae | <i>Juno</i> sp. | Юнона | Криптофиты | sol | 2 |
| 64. | Fabaceae | <i>Astragalus campylotrichus</i> Bunge. | Астрагал крючково-ватоволосистый | Гемикриптофиты | sp | 2, 3 |
| 65. | Fabaceae | <i>Psoralea drupacea</i> Bunge | Псоралея костянковая | Гемикриптофиты | sol | 1, 2, 3, 4 |
| 66. | Fabaceae | <i>Astragalus turkestanus</i> Bunge | Астрагал туркестанский | Гемикриптофиты | sp | 2, 3 |
| 67. | Fabaceae | <i>Lathyrus cicera</i> L. | Чина нутовая | Терофиты | sp | 2, 3 |
| 68. | Fabaceae | <i>Cicer songaricum</i> Stephan ex DC | Нут джунгарский | Гемикриптофиты | sp | 3 |
| 69. | Fabaceae | <i>Alhagi pseudalhagi</i> (M. Bieb.) Fisch. | Верблюжья колючка обыкновенная | Гемикриптофиты | cop-2 | 1, 2, 3, 4 |
| 70. | Fabaceae | <i>Psoralea drupacea</i> Bunge | Псоралея костянковая | Хамефит | un | 2, 3, 4 |
| 71. | Lamiaceae | <i>Leonurus turkestanicus</i> V.I. Krecz. & Kuprian. | Пустырник туркестанский | Гемикриптофиты | sp | 1, 4 |
| 72. | Hydrocaryaceae | <i>Hydrocaryum parviflorum</i> Kar. & Kir. | Гипекоум мелкоцветковый | Терофиты | un | 3, 4 |
| 73. | Malvaceae | <i>Malva</i> sp. | Мальва | Гемикриптофиты | sp | 1, 2 |

Примечание: видовой состав участков исследований составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования только за 2023 г.

Таблица 3

Список встречаемых гидро- и гигрофитов на участке 1 исследуемой территории ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Семейство | Название растения на русском языке | Научное название растения | Название растения на национальном языке |
|---|-------------|------------------------------------|--|---|
| 1 | Charophyta | Топняк | <i>Chara fragilis</i> Desvaux | |
| 2 | Charophyta | Обыкновенная хара | <i>Chara vulgaris</i> | Хара |
| 3 | Chlorophyta | Рдест курчавый | <i>Potamogeton crispus</i> | Рдест |
| 4 | Chlorophyta | Хлорелла | <i>Chlorella</i> sp. | Хлорелла |
| 5 | Chlorophyta | Кладофора (нитевидная форма) | <i>Cladophora</i> sp | Кладофора |
| 6 | Poaceae | Тростник обыкновенный | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud. | Қамиш |
| 7 | Typhaceae | Рогоз широколистный | <i>Typha angustifolia</i> L. | Лух |

Таблица 4

Список встречаемых рыб на открытом коллекторе участка 1
исследуемой территории ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Род | Латинское название | Русское название | Питание |
|---|-----------|---|--------------------|---------|
| 1 | Siluridae | <i>Silurus glanis Linnaeus, 1758</i> | Обыкновенный сом | хищник |
| 2 | Percidae | <i>Stizostedion Lucioperca Linnaeus, 1758</i> | Обыкновенный судак | хищник |

Примечание: видовой состав участков исследований составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования только за 2023 г.

Таблица 5

Список встречаемых животных (млекопитающие, амфибии, пресмыкающиеся)
на исследуемом участке территории ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Семейство | Род вид на латыни | Русское название | Жизненная форма | Встречаемость на участке |
|----|---------------|---|------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | Leporidae | <i>Lepus carensis</i> Linnaeus, 1758 | Заяц талай | Фитофаг | 1, 2, 3 |
| 2 | Canidae | <i>Canis aureus</i> Linnaeus, 1758 | Шакал | Хищник | 1 |
| 3 | Dipodidae | <i>Allactaga elater</i> (Lichtenstein, 1825) | Малый тушканчик | Фитофаг | 3 |
| 4 | Cricetidae | <i>Ellobius talpinus</i> (Pallas, 1770) | Обыкновенная слепушонка | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 5 | Sciuridae | <i>Spermophilus fulvus</i> Lichtenstein, 1823 | Желтый суслик | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 6 | Gerbellidae | <i>Rhombomys opimus</i> | Большая песчанка | Фитофаг | 2, 3 |
| 7 | Testudinidae | <i>Agrionemys</i> (Testudo) <i>horsfieldi</i> (Gray, 1884) UzRDB CITES II | Среднеазиатская (степная) черепаха | Фитофаг | 2 |
| 8 | Agamidae | <i>Phrynocephalus helioscopus</i> (Pallas, 1771) | Такырная кругло-головка | Насекомоядный | 2, 3 |
| 9 | Varanidae | <i>Varanus griseus</i> (Daudin, 1803) UzRDB CITES I | Серый варан | Хищник | 2, 3 |
| 10 | Myocastoridae | <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782) | Нутрия | Фитофаг | 2 |
| 11 | Lacertidae | <i>Eremias intermedia</i> Strauch 1876 non Boulenger 1921 | Средняя ящурка | Насекомоядный | 1, 2, 3 |
| 12 | Gekkonidae | <i>Tenuidctylus fedtchenkoi</i> | Туркестанский геккон | Насекомоядный | 1, 2, 3 |
| 13 | Letcertidae | <i>Eremias grammica</i> | Сетчатая ящурка | Насекомоядный | 1, 2, 3 |
| 14 | Letcertidae | <i>Eremias lineolata</i> | Линейчатая ящурка | Насекомоядный | 2, 3 |
| 15 | Letcertidae | <i>Eremias velox</i> | Бистрая ящурка | Насекомоядный | 2, 3 |
| 16 | Erinaeidae | <i>Hemiechinus auritus</i> (Gmelin, 1770) | Ушастый еж | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 17 | Canidae | <i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758) | Лисица | Хищник | 1, 2, 3 |
| 18 | Ranidae | <i>Pelophylax ridibundus</i> | Озерная лягушка | Хищник | 1 |
| 19 | Bufoidea | <i>Bufo viridis</i> | Зеленая жаба | Насекомоядный | 1 |

Примечание: видовой состав участков исследований составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования только за 2023 г.

Таблица 6

Список встречаемых птиц на исследуемом участке территории
ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Название | | | Жизненная форма | Встречаемость на участке |
|-----|-------------------|---|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| | Семейство | Латинское название | Русское название | | |
| 1. | Passeridae | <i>Passer montanus (Linnaeus, 1758)</i> | Полевой воробей | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 2. | Passeridae | <i>Passer domesticus</i> | Домовый воробей | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 3. | Hirundidae | <i>Delichon urbica Linnaeus, 1758</i> | Воронок | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 4. | Alaudidae | <i>Ammomanes deserti</i> | Пустынный жаворонок | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 5. | Alaudidae | <i>Galerida cristata (Linnaeus, 1758)</i> | Хохлатый жаворонок | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 6. | Accipitridae | <i>Accipiter nisus (Linnaeus, 1758)</i> | Перепелятник | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 7. | Accipitridae | <i>Circus pygargus (Linnaeus, 1771) UzRDB RL CITES II</i> | Степной лунь | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 8. | Accipitridae | <i>Aquila nipalensis Circus pygargus (Linnaeus, 1771) UzRDB RL CITES II</i> | Степной орел | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 9. | Upupidae | <i>Upupa epops (Linnaeus, 1758)</i> | Удод | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 10. | Corvidae | <i>Corvus corone Linnaeus, 1857</i> | Черная ворона | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 11. | Phasianidae | <i>Coturnix coturnix Linnaeus, 1758</i> | Перепел | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 12. | Phasianidae | <i>Phasianus colchicus</i> | Обыкновенный фазан | Фитофаг | 2 |
| 13. | Columbidae | <i>Streptopelia senegalensis (Linnaeus, 1766)</i> | Малая горлица | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 14. | Columbidae | <i>Streptopelia turtur</i> | Обыкновенная горлица | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 15. | Apodidae | <i>Apus (Linnaeus, 1758)</i> | Черный стриж | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 16. | Sturnidae | <i>Acridotheres tristis (Linnaeus, 1766)</i> | Майна | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 17. | Corvidae | <i>Pica pica (Linnaeus, 1758)</i> | Сорока | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 18. | Phalacrocoracidae | <i>Phalacrocorax carbo</i> | Большой баклан | Хищник | 2 |
| 19. | Gruidae | <i>Gallinula chloropus (Linnaeus, 1758)</i> | Камышница | Хищник | 2 |
| 20. | Gruidae | <i>Grus grus</i> | Серый журавль | Хищник | 2 |
| 21. | Oriolidae | <i>Oriolus oriolus (Linnaeus, 1766)</i> | Обыкновенная иволга | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 22. | Turdidae | <i>Phoenicurus erythrogaster (Guldenstsd, 1775)</i> | Краснобрюхая горихвостка | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 23. | Ardeidae | <i>Ardea cinerea Linnaeus, 1758</i> | Серая цапля | Хищник | 2 |
| 24. | Laniidae | <i>Lanius exubitor Linnaeus, 1758</i> | Серый сорокопут | Хищник | 2 |
| 25. | Alliformes | <i>Fulica atra</i> | Лысуха | Хищник | 2 |
| 26. | Laridae | <i>Sterna hirundo Linnaeus, 1758</i> | Речная крачка | Хищник | 2 |
| 27. | Upupidae | <i>Alcedo atthis</i> | Зимородок | Хищник | 2 |
| 28. | Motacillidae | <i>Motacilla personata Gould, 1861</i> | Маскированная трясогузка | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 29. | Motacillidae | <i>Motacilla flava Linnaeus, 1758</i> | Желтая трясогузка | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 30. | Falconidae | <i>Falco vespertinus</i> | Кобчик | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 31. | Falconidae | <i>Falco naumanni</i> | Степная пустельга | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 32. | Anatidae | <i>Anas platyrhynchos</i> | Кряква | Хищник | 2 |
| 33. | Anatidae | <i>Anas crecca</i> | Чирок-свистунок | Хищник | 2 |
| 34. | Alaudidae | <i>Ammomanes deserti</i> | Пустынный жаворонок | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 35. | Alaudidae | <i>Galerida cristata</i> | Хохлатый жаворонок | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 36. | Alaudidae | <i>Alauda arvensis</i> | Полевой жаворонок | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 37. | Turdidae | <i>Turdus merula</i> | Черный дрозд | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |

| № | Название | | | Жизненная форма | Встречаемость на участке |
|-----|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------------|
| | Семейство | Латинское название | Русское название | | |
| 38. | Cuculidae | <i>Cuculus canorus</i> | Обыкновенная кукушка | Фитофаг | 1, 2, 3, 4 |
| 39. | Cuculidae | <i>Athene noctua</i> | Домовый сыч | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 40. | Caprimulgidae | <i>Caprimulgus europaeus</i> | Обыкновенный козодой | Хищник | 1, 2, 3, 4 |
| 41. | Apodidae | <i>Hirundapus caudacutus</i> | Иглохвостый стриж | Хищник | 1, 2, 3, 4 |

Примечание: видовой состав участков исследований составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования только за 2023 г.

Таблица 7

Список встречаемых насекомых на исследуемом участке территории
ООО «Uzbekistan GTL»

| № | Наименование насекомых | | | Встречаемость на участке |
|-----|------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| | Таксон | Латинское название | Русское название | |
| 1. | Searataidae | <i>Searabaeus sacer</i> L. | Скарабей | 1, 2, 3 |
| 2. | Searataidae | <i>Lethus rosmarus</i> Ball. | Темносветлый кравчик | 1, 2, 3, 4 |
| 3. | Tenebrionodae | <i>Blaps halophila</i> F.W | Чул сускаши | 1, 2, 3 |
| 4. | Carabidae | <i>Zabrus tenebrioides</i> | Жужелица хлебная | 1, 2, 3, 4 |
| 5. | Pieridae | <i>Pieris brassicae</i> | Капустница | 1, 2, 3, 4 |
| 6. | Lycaenidae | <i>Polyommalus icarus</i> | Голубянка икар | 1, 2, 3, 4 |
| 7. | Lycaenidae | <i>Glaucopsyche charibdis</i> (Staudinger, 1886) UzRDB RL CITES II | Голубянки тугайная | 1, 2, 3, 4 |
| 8. | Sphingidae | <i>Sphingidae</i> | Бражники | 1, 2, 3, 4 |
| 9. | Vespaе | <i>Prionyx macula</i> (Fabricius, 1804) ssp. <i>lugens</i> Kohl, 1890) UzRDB RL CITES II | Прионикс траурный | 1 |
| 10. | Noctuidae | <i>Scotia segetum</i> | Совка озимая | 1, 2, 3, 4 |
| 11. | Acrididae | <i>Dociostaurus marocanus</i> | Марокканская саранча | 1, 2, 3, 4 |
| 12. | Acrididae | <i>Locusta migratoria</i> L | Азиатская саранча | 1, 2, 3, 4 |
| 13. | Acrididae | <i>Acridida</i> sp. | Коул акридинового | 2 |
| 14. | Fopmicidae | <i>Messor apalocaspius</i> Ruzsky | Жнет муравей | 1, 2, 3, 4 |
| 15. | Blattoptera | <i>Polyphaga saussurei</i> | Тараканы-черепашки | 1, 4 |
| 16. | Arachnida | <i>Buthus eupeus</i> | Чип скорпион | 4 |
| 17. | Arachnida | <i>Galeodes cuspicus</i> | Каспийская солфуга | 1, 2, 3, 4 |
| 18. | Lycosidae | <i>Lycosa singoriensis</i> | Тарантул русский | 3, 4 |
| 19. | Tabanidae | <i>Tabanus bovinus</i> | Слепень бычий | 1, 2, 3, 4 |
| 20. | Hodototermitidae | <i>Anacanthotermes turkestanicus</i> | Термит | 1, 2, 3, 4 |
| 21. | Manteidae | <i>Mantis religiosa</i> | Богомол обыкновенный | 1, 2, 3, 4 |
| 22. | Manteidae | <i>Hierodula tenuidentata</i> | Богомол дерево | 1, 2, 3, 4 |
| 23. | Manteidae | <i>Bolivaria bruchyptera</i> | Богомол короткокрылатый | 1, 2, 3, 4 |
| 24. | Sphécidae | <i>Ammaphila sabulosa</i> L. | Пескорой песочный | 1, 3, 4 |
| 25. | Planorbidae | <i>Planorbis planorbis</i> | Катушка окаймленная | 1, 2, 3, 4 |
| 26. | Lymantridae | <i>Dasyhira pudibunda</i> | Шерстолапка стыдливая | 1, 2, 3, 4 |
| 27. | Grullidae | <i>Acheta domesticus</i> | Сверчок домовый | 1, 2, 3, 4 |
| 28. | Grullidae | <i>Tettigonia cantans</i> | Кузнечик певчий | 1, 2, 3, 4 |
| 29. | Grullidae | <i>Gryllus campestris</i> | Сверчок полевой | 1, 2, 3, 4 |
| 30. | Scutelleridae | <i>Eurygaster Intericeps</i> | Черепашка вредная | 1, 3, 4 |

Примечание: видовой состав участков исследований составлен авторами на основе полученных данных в ходе исследования только за 2023 г.

Северный мониторинговый участок № 1 расположен в северной части территории ООО «Uzbekistan GTL». Данная зона находится под воздействием сильных техногенных факторов. Здесь в период с 2014 по 2018 г. проводились масштабные строительные работы, в результате которых на поверхности накопились значительные объемы вывезенного грунта. Территория пронизана сетью временных и постоянных грунтовых дорог, используемых для доставки строительных материалов и персонала на объект. Интенсивное техногенное воздействие привело к серьезным изменениям рельефа и естественного покрова. Процессы восстановления почв происходят медленно: на данный момент формирование плодородного слоя только начинается. Из общей площади участка, 150 га, около 35 га занимают сохранившиеся фрагменты естественной почвы. Тип почв – песчано-светло-сероземный. Ландшафт участка значительно изменен по сравнению с природным состоянием. На окраине территории проходит открытый дренажный коллектор, вдоль которого формируются заросли гидро- и гигрофитной растительности. Здесь отмечены такие виды, как *Phragmites australis* (тростник обыкновенный), *Typha latifolia* (рогоз широколистный), *Potamogeton crispus* (рдест курчавый), *Chara vulgaris*, *Cladophora* – нитевидные водоросли, а также водные организмы – сом (*Silurus glanis*) и судак (*Sander lucioperca*). В ходе биоэкологических наблюдений зафиксированы редкие представители фауны, внесенные в Красную книгу Республики Узбекистан, – среднеазиатская черепаха (*Agriemys horsfieldii*) и серый варан (*Varanus griseus*). Несмотря на сравнительно высокий уровень видового разнообразия, общая численность животных на участке остается низкой. Это объясняется постоянным воздействием факторов техногенного происхождения – загрязнением почв, шумом, движением транспорта и недостаточной растительностью. На территории участка заложен фруктовый сад, где преобладают сорные агроценозные растения, занесенные при его создании. Такие виды нехарактерны для естественного фитоценоза региона и формируют особую агроценозическую растительность.

Западный мониторинговый участок № 2 расположен в западной части территории ООО «Uzbekistan GTL». Он частично находится в зоне влияния техногенных факторов – на ширину около 75 м вдоль западного оградительного забора. Несмотря на близость к промышленной площадке, природная среда здесь сохранилась значительно лучше, чем на северном участке. Об-

щая площадь территории составляет примерно 130 га, из которых около 105 га занимают участки с естественным почвенным покровом. Почвы преимущественно песчаные, местами встречаются участки светлого серозема. Рельеф практически не изменен, за исключением отдельных зон, где проводится озеленение саксаульными саженцами в целях укрепления почв и предотвращения дефляции.

На западной окраине участка расположен населенный пункт Откудук. Несмотря на периодический выпас овец местными жителями, общая структура биоразнообразия остается относительно стабильной. Здесь отмечено пять видов млекопитающих: ушастый еж (*Hemiechinus auritus*), заяц-толай (*Lepus tolai*), большая песчанка (*Rhombomys opimus*), домовая мышь (*Mus musculus*) и обыкновенная лисица (*Vulpes vulpes*). Особенно многочисленна большая песчанка, что связано с благоприятными условиями для существования многолетней растительности. Фитоценоз характеризуется разнообразием ранневесенних видов растений, формирующих плотный травяной покров. Среди них встречаются: *Papaver rhoeas* (мак красный), *Viola arvensis* (фиалка степная), *Carum carvi* (тмин обыкновенный), *Arnebia decumbens* (арнебия простертая), *Poa bulbosa* (мятлик луковичный), *Bromus scoparius* (костер острозубый), *Dactylis glomerata* (ежа сборная) и *Hordeum leporinum* (моргук Бонапарта).

Благодаря хорошему состоянию растительного покрова и умеренной хозяйственной нагрузке, западный участок отличается высоким уровнем сохранности биоразнообразия. Здесь наблюдается постепенное восстановление природных фитоценозов и устойчивое присутствие типичных для региона животных.

Южный мониторинговый участок № 3 располагается в южной части территории ООО «Uzbekistan GTL». Значительная часть участка находится на искусственно созданном саксаульнике, частично – в зоне воздействия техногенных факторов. Здесь размещены складские помещения и вспомогательные постройки предприятия. Территория используется местными пастухами для выпаса домашнего скота, включая овец и крупный рогатый скот, что усиливает антропогенное воздействие на почвенно-растительный покров. Несмотря на это, природные условия участка в целом сохраняют стабильность: из общей площади 120 га около 110 га занимают территории с естественным почвенным покровом. Тип почв – песчаный, рельеф в основном выровненный. Растительный покров участка сформир-

рован из многолетних ксерофитных видов, типичных для аридных ландшафтов. Ранневесенняя флора представлена такими растениями, как *Papaver rhoeas* (мак красный), *Viola arvensis* (фиалка степная), *Carum carvi* (тмин обыкновенный), *Arnebia decumbens* (арнебия простертая), *Poa bulbosa* (мятлик луковичный), *Bromus scoparius* (костер остроzubый), *Dactylis glomerata* (ежа сборная) и *Hordeum leporinum* (мортух Бонапарта). Фауна участка отличается сбалансированным по составу, хотя и ограниченным числом видов. На данной территории зарегистрировано пять видов млекопитающих: ушастый еж (*Hemiechinus auritus*), заяц-толай (*Lepus tolai*), большая песчанка (*Rhombomys opimus*), домовая мышь (*Mus musculus*) и обыкновенная лисица (*Vulpes vulpes*). Особенно многочисленна большая песчанка, что объясняется наличием устойчивых зарослей многолетних растений, создающих благоприятные условия для питания и размножения.

На территории встречаются также техногенные включения – заброшенные навесы, остатки строительных материалов и площадки с нарушенным почвенным покровом. Эти зоны характеризуются слабой растительностью, наличием бытового и промышленного мусора, а также измененным микрорельефом. Однако даже здесь наблюдаются признаки естественного восстановления: отдельные колонии песчанок и сусликов адаптировались к жизни в измененной среде. В целом на участке зафиксировано семь видов млекопитающих, включая *Lepus tolai*, *Allactaga elater*, *Spalax microphthalmus*, *Hemiechinus auritus*, *Rhombomys opimus*, *Canis aureus* и *Vulpes vulpes*. Присутствие этих видов указывает на частичное восстановление фитоценоза и адаптацию биоценозов к умеренному техногенному воздействию (табл. 2–5).

Восточный мониторинговый участок № 4 расположен в восточной части территории ООО «Uzbekistan GTL». Значительная часть данной зоны представляет собой искусственно созданный агроценоз, сформированный в пределах фитозащитной полосы предприятия. Этот участок был организован как элемент озеленительной системы завода, что обусловило существенные изменения природного ландшафта. Общая площадь участка составляет около 20 га. Почвы – типичные сероземы, подвергшиеся значительному преобразованию в процессе хозяйственного освоения. Естественный рельеф на большей части территории полностью изменен, а природная растительность замещена искусственно высаженными культурами. Не-

смотря на это, в отдельных микроразонах все еще сохраняются участки с элементами естественного биоразнообразия. Благодаря фитозащитной функции, восточный участок выполняет роль буфера между промышленной площадкой и прилегающими природными экосистемами. В пределах агроценоза отмечены виды растений, занесенные в процессе озеленения, а также сорные и рудеральные формы, нехарактерные для природной флоры региона. Среди них преобладают представители семейств *Amaranthaceae*, *Poaceae* и *Asteraceae*, активно распространяющиеся на нарушенных почвах. В составе фауны наблюдается значительное присутствие вредителей сельскохозяйственных культур и насекомых-фитофагов, занесенных вместе с агроценозными растениями. Кроме того, в этой зоне отмечены единичные экземпляры представителей местной энтомофауны, что указывает на адаптацию отдельных видов к условиям искусственных насаждений. Несмотря на полное изменение природного ландшафта, восточный участок сохраняет экологическую значимость как элемент системы стабилизации микроклимата и снижения запыленности воздуха на промплощадке. Частичное присутствие естественных компонентов флоры и фауны указывает на способность экосистемы к постепенному восстановлению даже в условиях техногенного освоения.

Заключение

Мониторинговые исследования, проведенные в окрестностях ООО «Uzbekistan GTL», позволили оценить текущее состояние биоразнообразия региона.

В ходе работ зарегистрировано свыше 173 видов живых организмов, среди которых 93 вида животных и 80 видов растений. В фаунистическом составе выявлен один региональный эндемик – малый тушканчик, а также два редких вида, занесенных в Красную книгу Республики Узбекистан и Международный Красный список МСОП: центральноазиатская пустынная черепаха (*Testudo (Agrionemys) horsfieldii* Gray, 1844) и серый варан (*Varanus griseus* (Daudin, 1803) ssp. *caspius* (Eichwald, 1831)).

Среди наиболее распространенных представителей хищных и грызунов выделяются желтый суслик (*Spermophilus fulvus*) и большая песчанка (*Rhombomys opimus*).

Растительные сообщества представлены преимущественно видами, характерными для аридных ландшафтов: *Artemisia diffusa*, *Arnebia decumbens*, *Poa bulbosa*, *Bromus scoparius*, *Dactylis glomerata* и *Hordeum leporinum*.

Кроме того, на обследованных территориях отмечены пролетные виды птиц – серый журавль (*Grus grus*), степной орел (*Aquila nipalensis*) и беркут (*Aquila chrysaetos*).

К числу массовых относятся пустынные грызуны – песчанки, тушканчики и суслики. Особенно широко распространена обыкновенная слепушонка, обитающая на различных типах почв – от светлых сероземов до песчаных массивов.

При существующем уровне антропогенной нагрузки состояние экосистем можно считать сравнительно устойчивым и удовлетворительным. Результаты подтверждают способность природных комплексов к адаптации и частичному самовосстановлению при снижении интенсивности техногенного воздействия.

Список литературы

1. Al-Sheikh B., Qumsiyeh M. B. Imperiled ecosystems in Palestine: Rare plants as Indicators // Dominic DiPaolo & John Villeda Imperiled: The Encyclopedia of Conservation”, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier. 2021. P. 1–7. DOI: 10.1016/B978-0-12-821139-7.00076-3.
2. Qumsiyeh M. B., Abusarhan M. A. Biodiversity and environmental conservation in Palestine // Biodiversity, conservation and sustainability in Asia: volume 1: prospects and challenges in West Asia and Caucasus. Cham: Springer International Publishing. 2021. P. 1–22. DOI: 10.1007/978-3-030-59928-7_1.
3. Schaltegger S., Gibassier D., Maas K. Managing and accounting for corporate biodiversity contributions. Mapping the field // Business Strategy and the Environment. 2023. T. 32. № 5. С. 2544–2553. DOI: 10.1002/bse.3166.
4. Быкова Е. А., Есипов А. В., Головцов Д. Е., Нуриджанов Д. А. Фауна наземных позвоночных Восточного чинка плато Устюрт // Вестник Тюменского государственного университета. Серия: Экология и природопользование. 2017. Т. 3. № 4. С. 74–88. DOI: 10.21684/2411-7927-2017-3-4-74-88.
5. Жобборов Б. Т., Акрамов А. А. Изменение экологического состояния растений под воздействием промышленных отраслей (на примере территории города Ширин Сырдарьинской области республики Узбекистан) // Научное обозрение. Биологические науки. 2025. № 2. С. 12–17. URL: <https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1399> (дата обращения: 20.09.2025).

6. Bebbington J., Unerman J. Achieving the United Nations Sustainable Development Goals: an enabling role for accounting research // Accounting, Auditing & Accountability Journal. 2018. Т. 31. № 1. С. 2–24. DOI: 10.1108/AAAJ-05-2017-2929.

7. Sobkowiak M., Cuckston T., Thomson I. Framing sustainable development challenges: accounting for SDG-15 in the UK // Accounting, Auditing & Accountability Journal. 2020. Т. 33. № 7. С. 1671–1703. DOI: 10.1108/AAAJ-01-2019-3810.

8. Österblom H. et al. Transnational corporations, biosphere stewardship, and sustainable futures // Annual Review of Environment and Resources. 2022. Т. 47. № 1. С. 609–635. DOI: 10.1146/annurev-environ-120120-052845.

9. Dai Y., Peng G., Wen C., Zahoor B., Ma X., Hacker C. E., Xue Y. Climate and land use changes shift the distribution and dispersal of two umbrella species in the Hindu Kush Himalayan region // Science of the Total Environment. 2021. Т. 777. С. 146207. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146207.

10. Feger C., Mermet L. New business models for biodiversity and ecosystem management services: action research with a large environmental sector company // Organization & Environment. 2022. Т. 35. № 2. С. 252–281. DOI: 10.1177/1086026620947145.

11. García-Pérez J., de Larrea-Baz N. F., Lope V., Molina A. J., O’Callaghan-Gordo C., Alonso M. H., Pollán M. Residential proximity to industrial pollution sources and colorectal cancer risk: A multicase-control study (MCC-Spain) // Environment international. 2020. Т. 144. С. 106055. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106055.

12. Fernández-Navarro P., García-Pérez J., Ramis R., Bol-do E., López-Abente G. Industrial pollution and cancer in Spain: An important public health issue // Environmental research. 2017. Т. 159. С. 555–563. DOI: 10.1016/j.envres.2017.08.049.

13. Nguyen H. T., Aviso K. B., Fujioka M., Ito L., Tokai A. Decomposition analysis of annual toxicological footprint changes: Application on Japanese industrial sectors, 2001–2015 // Journal of Cleaner Production. 2021. Т. 290. С. 125681. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125681.

14. Nordborg M., Arvidsson R., Finnveden G., Cederberg C., Sörme L., Palm V., Molander S. Updated indicators of Swedish national human toxicity and ecotoxicity footprints using USEtox 2.01 // Environmental Impact Assessment Review. 2017. Т. 62. С. 110–114. DOI: 10.1016/j.eiar.2016.08.004.

15. Bjørn A., Chandrakumar C., Boulay A. M., Doka G., Fang K., Gondran N., Ryberg M. Review of life-cycle based methods for absolute environmental sustainability assessment and their applications // Environmental Research Letters. 2020. Т. 15. № 8. С. 083001. DOI: 10.1088/1748-9326/ab89d7.

16. Тожибаев К. Ш., Бешко Н. Ю., Шомуродов Х. Ф., Кодиров У. Х., Тургинов О. Т., Шарипова В. К. Кадастр флоры Узбекистана. Кашкадарьинская область. Ташкент: ФАН АН Рўз, 2019. 256 с. ISBN 978-9943-19-468-7.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: Исследования выполнены в рамках хоздоговора отделом экологии ООО «Uzbekistan GTL».

Financing: The research was carried out within the framework of the environmental agreement by the Ecology Department of Uzbekistan GTL LLC.



МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ HLA-DRB В ПОПУЛЯЦИИ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ, ОТ СЕРОЛОГИЧЕСКИХ АНТИГЕНОВ К АЛЛЕЛЬНОМУ РАЗНООБРАЗИЮ

¹Зиядуллаева Г. З. ORCID ID 0009-0009-8307-9490,

¹Душанова Г. А. ORCID ID 0000-0003-0971-5160,

²Зиядуллаев Ш. Х. ORCID ID 0000-0002-9309-3933,

²Рузыбакиева М. М. ORCID ID 0000-0002-5982-945X

¹Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, Самарканд,
Республика Узбекистан, e-mail: gavhardushanova456@gmail.com;

²Институт иммунологии и геномики человека Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Республика Узбекистан

Изучение генетического разнообразия системы человеческих лейкоцитарных антигенов является актуальной задачей современной иммунологии и популяционной генетики, так как позволяет понять особенности регуляции иммунной системы и сформировать эталонные иммуногенетические профили региональных популяций. Целью данного исследования было определение распределения функциональных вариантов генов, участвующих в иммунном ответе, у здорового населения Самаркандской области. Для исследования были отобраны образцы крови 67 практически здоровых жителей региона, представителей одной этнической группы, и проведено молекулярно-генетическое исследование с использованием высокоточных методов генотипирования. В ходе анализа определены основные функциональные варианты исследованных генов и их паралогов, изучено их сочетание в гаплотипах, оценены уровень гетерозиготности и популяционная структура. Результаты показали высокий полиморфизм локусов, значительную генетическую диверсификацию и присутствие паралогичных генов, которые играют важную роль в формировании гаплотипов и поддержании иммунного разнообразия популяции. Полученные данные позволяют создать эталонный иммуногенетический профиль населения Самаркандской области, который может быть использован в клинической практике, трансплантологии, оценке предрасположенности к иммунным заболеваниям и для проведения дальнейших популяционных исследований. Работа подчеркивает значимость комплексного анализа генетического разнообразия для понимания иммунных особенностей региона и развития персонализированной медицины.

Ключевые слова: система HLA, HLA-DRB1, полиморфизм аллелей, иммуногенетика, генотипирование, ПЦР-SSP, паралоги DRB3/4/5, популяционная генетика

MOLECULAR GENETIC CHARACTERIZATION OF HLA-DRB GENE POLYMORPHISM IN THE SAMARKAND REGION POPULATION: FROM SEROLOGICAL ANTIGENS TO ALLELIC DIVERSITY

¹Ziyadullaeva G. Z. ORCID ID 0009-0009-8307-9490,

¹Dushanova G. A. ORCID ID 0000-0003-0971-5160,

²Ziyadullaev Sh. Kh. ORCID ID 0000-0002-9309-3933,

²Ruzibakieva M. R. ORCID ID 0000-0002-5982-945X

¹Sharof Rashidov Samarkand State University, Samarkand, Republic of Uzbekistan,
e-mail: gavhardushanova456@gmail.com;

²Institute of Human Immunology and Genomics of the Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

The study of genetic diversity in the human leukocyte antigen system is a relevant task in modern immunology and population genetics, as it allows understanding the features of immune system regulation and creating reference immunogenetic profiles for regional populations. The aim of this study was to determine the distribution of functional variants of genes involved in immune response among the healthy population of the Samarkand region. Blood samples were collected from 67 practically healthy residents of the region, all belonging to a single ethnic group, and molecular genetic analysis was performed using high-precision genotyping methods. The study identified the main functional variants of the investigated genes and their paralogs, examined their combinations in haplotypes, and assessed heterozygosity levels and population structure. The results revealed high polymorphism of the loci, significant genetic diversification, and the presence of paralogous genes, which play an important role in haplotype formation and maintaining population immune diversity. These findings allow the creation of a reference immunogenetic profile for the population of the Samarkand region, which can be used in clinical practice, transplantation, evaluation of predisposition to immune-related diseases, and further population studies. This work highlights the importance of a comprehensive analysis of genetic diversity for understanding regional immune characteristics and developing personalized medicine.

Keywords: HLA system, HLA-DRB1, allele polymorphism, immunogenetics, genotyping, PCR-SSP, DRB3/4/5 paralogs, population genetics

Введение

На сегодняшний день изучение иммунной системы и генов, участвующих в ее регуляции, а также функций, в которых они участвуют, является одной из актуальных проблем. Система HLA (Human Leukocyte Antigens – человеческие лейкоцитарные антигены) обладает высокой полиморфностью [1–3]. В настоящее время изучение этой системы в профиле различных народов и этнических групп необходимо для разработки HLA-профиля каждой популяции, что обеспечивает понимание регуляции иммунной системы и развитие показателей ее высокой или низкой активности. Сегодня актуально изучение особенностей иммуногенетического профиля, определяемого историческим развитием различных этнических групп и отношениями между популяциями. Знание «нормального» распределения HLA-генов и антигенов в отдельных популяциях важно для выявления связи HLA с заболеваниями, характерными для конкретных регионов, а также для понимания генетических основ патогенеза различных болезней [4, 5]. С другой стороны, данные о фенотипе и генотипе HLA популяции вместе с историческими, лингвистическими и другими исследованиями могут дать интересную информацию для определения происхождения различных этнических групп. Известно, что гены и антигены HLA участвуют в иммунных ответах, обеспечивая не только иммунный гомеостаз организма, но и взаимодействие иммунной системы с другими системами организма – нервной, эндокринной и другими, а также межклеточные взаимодействия во всех физиологических процессах [6, 7]. Изучение генов системы HLA и их аллелей на уровне конкретной популяции позволяет разработать маркеры на уровне HLA для этой популяции и предсказывать вероятность возникновения заболеваний [8, 9]. Исследование генов HLA класса I имеет большое значение при трансплантации органов для решения проблемы гистосовместимости, а эти данные широко применяются в клинической практике. Известно, что население Самаркандской области исторически характеризуется богатым этногенезом. Согласно историческим данным, формирование узбекского народа связано с участием двух крупных расовых элементов кавказского и монголоидного. Поэтому изучение HLA-профиля населения Самаркандской области является актуальной задачей. На сегодняшний день учеными широко применяется интеграционный подход к изучению системы HLA. Для этого создана международная биоин-

формационная база, в которую исследователи и ученые вносят первичную информацию о HLA-генах и белках [www.alleles.org/nomenclature/index.html]. Поэтому изучение генетической структуры и этнических особенностей населения Самаркандской области имеет большое значение не только с исторической, но и с медицинской точки зрения. HLA-DRB1 относится к β-цепям генов HLA класса II. Молекулы II класса являются гетеродимерами, состоящими из α-цепи DRA и β-цепи DRB, обе из которых локализованы в мембране. HLA-DRB играет центральную роль в иммунной системе, представляя пептиды, полученные из клеток [10, 11]. Молекулы II класса экспрессируются в антиген-презентирующих клетках – В-лимфоцитах, дендритных клетках и макрофагах. β-цепь имеет молекулярную массу примерно 26–28 kDa и кодируется 6 экзонами, 1-й экзон кодирует сигнальный пептид, 2-й и 3-й экзоны кодируют два внешних домена, 4-й экзон кодирует трансмембранный домен, 5-й экзон кодирует цитоплазматический хвост [12–14].

Цель исследования – определить частоту встречаемости функциональных аллелей генов HLA-DRB у здорового населения Самаркандской области и оценить их популяционную структуру.

Материал и методы исследования

Молекулярно-генетические исследования проводились на базе отдела молекулярной генетики и цитогенетики Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра гематологии Министерства здравоохранения Республики Узбекистан. Для исследования были отобраны образцы венозной крови 67 практических здоровых жителей Самарканда, не страдающих от серьезных хронических заболеваний. Формирование групп для молекулярно-генетических исследований проводилось методом случайного отбора. В качестве контрольной группы для проверки соответствия распределения генотипов равновесию Харди – Вайнберга использовалась вся совокупность обследованных здоровых индивидов ($n = 67$, $n = 30$ женщин, $n = 37$ мужчин) проживающих в Самаркандской области, представляющая однородную по этническому происхождению популяционную выборку. От всех участников было получено информированное согласие в соответствии с Хельсинкской декларацией. Средний возраст исследованных лиц составил $38,3 \pm 2,8$ года. Ожидаемые частоты гомо- и гетерозигот рассчитывались на основании наблюдаемых аллельных частот

HLA-DRB, что соответствует стандартному подходу в популяционно-генетических исследованиях. Полученные данные не выявили статистически значимых отклонений от равновесия Харди – Вайнберга, что указывает на относительную генетическую стабильность исследуемой популяции.

ДНК выделялась из крови с помощью колоночного метода QIAamp DNA Blood Mini Kit. Концентрация ДНК определялась флуориметрическим методом на приборе Qubit® 3.0. Генотипирование HLA-DRB проводилось методом ПЦР-SSP с использованием тест-систем, HLA-DRB1 и его аллелей HLA-DRB3 (Item number VHPS-4160), HLA-DRB4 (Item number VHPS-4161), HLA-DRB5 (Item number VHPS-4162), Biomol (Германия), ПЦР-условия: 10 мкл реакции, включающей 1 мкл ДНК, dNTP 0,2 мМ, Tris-HCl 67 мМ (pH 8,8), MgCl₂ 2,5 мМ, NaCl 50 мМ, 2-меркаптоэтанол 1 мМ, 1 ед. термостабильной ДНК-полимеразы.

Для анализа экспериментальных данных и проведения статистических расчетов в ходе исследования использовались специальные биостатистические модули программного комплекса Arlequin 3.5.2. Анализ проводился в соответствии со стандартами медицинской и генетической статистики,

при этом применялись основные статистические показатели. В частности, в исследуемой группе определялись частоты аллелей, характерные для HLA-локусов.

Результаты исследования и их обсуждение

Частоты распространения аллелей HLA-DRB1 в узбекской популяции различаются среди этнических групп и популяций. Распределение аллелей DRB1 и его паралогов DRB3/4/5 и данные о частоте встречаемости полиморфизмов HLA-DRB в узбекской популяции Самарканда представлены в табл. 1.

В табл. 1 представлено популяционное распределение аллелей генов HLA-DRB, включающее количество выявленных аллелей, частоту их встречаемости (%) и аллельную (генную) частоту (X). Как видно из табл. 1, наибольшую распространенность имеют аллели DRB1*01:01, DRB1*03:01 и DRB1*04:01, частота встречаемости которых составляет соответственно 11,19; 10,45 и 9,70%, что отражается и в высоких значениях аллельной частоты (0,112; 0,104; 0,097). Это указывает на их доминирующее положение в исследуемой популяции.

Таблица 1

Популяционное распределение аллелей генов HLA-DRB

| HLA-DRB аллели | Кол-во аллелей | Частота встречаемости (%) | Аллельная частота | Частоты генов (X) |
|----------------|----------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
| DRB1*0101 | 15 | 11,19 | 0,112 | 0,112 |
| DRB1*01:02 | 11 | 8,21 | 0,082 | 0,082 |
| DRB1*03:01 | 14 | 10,45 | 0,104 | 0,104 |
| DRB1*04:01 | 13 | 9,70 | 0,097 | 0,097 |
| DRB1*07:01 | 8 | 5,97 | 0,060 | 0,060 |
| DRB1*08:01 | 3 | 2,24 | 0,022 | 0,022 |
| DRB1*09:01 | 5 | 3,73 | 0,037 | 0,037 |
| DRB1*11:01 | 3 | 2,24 | 0,022 | 0,022 |
| DRB1*14:01 | 4 | 2,99 | 0,030 | 0,030 |
| DRB1*15:01 | 3 | 2,24 | 0,022 | 0,022 |
| DRB3*01:01 | 11 | 8,21 | 0,082 | 0,082 |
| DRB3*01:02 | 4 | 2,99 | 0,030 | 0,030 |
| DRB3*02:02 | 6 | 4,48 | 0,045 | 0,045 |
| DRB4*01:01 | 9 | 6,72 | 0,067 | 0,067 |
| DRB4*01:03 | 6 | 4,48 | 0,045 | 0,045 |
| DRB5*01 | 8 | 5,97 | 0,060 | 0,060 |
| DRB5*02 | 7 | 5,22 | 0,052 | 0,052 |

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

Таблица 2

Ожидаемые гомо- и гетерозиготы аллелей HLA-DRB по закону Харди – Вайнберга

| Аллель | p (частота) | p ² -гомозиготы (%) | 2p(1-p)-гетерозиготы (%) |
|------------|-------------|--------------------------------|--------------------------|
| DRB1*01:01 | 0,112 | 1,25 | 19,84 |
| DRB1*01:02 | 0,082 | 0,67 | 15,08 |
| DRB1*03:01 | 0,104 | 1,08 | 18,64 |
| DRB1*04:01 | 0,097 | 0,94 | 17,55 |
| DRB1*07:01 | 0,060 | 0,36 | 11,28 |
| DRB1*08:01 | 0,022 | 0,05 | 4,30 |
| DRB1*09:01 | 0,037 | 0,14 | 7,13 |
| DRB1*11:01 | 0,022 | 0,05 | 4,30 |
| DRB1*14:01 | 0,030 | 0,09 | 5,82 |
| DRB1*15:01 | 0,022 | 0,05 | 4,30 |
| DRB3*01:01 | 0,082 | 0,67 | 15,08 |
| DRB3*01:02 | 0,030 | 0,09 | 5,82 |
| DRB3*02:02 | 0,045 | 0,20 | 8,55 |
| DRB4*01:01 | 0,067 | 0,45 | 12,46 |
| DRB4*01:03 | 0,045 | 0,20 | 8,55 |
| DRB5*01 | 0,060 | 0,36 | 11,28 |
| DRB5*02 | 0,052 | 0,27 | 9,88 |

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

Аллели с умеренной частотой представлены вариантами DRB1*01:02, DRB3*01:01, DRB4*01:01 и DRB5*01, частота встречаемости которых колеблется от 5,97 до 8,21%. Их вклад в генофонд популяции также является значимым, что подтверждается значениями генной частоты в пределах 0,060–0,082. Наименьшую распространенность, согласно табл. 1, демонстрируют аллели DRB1*08:01, DRB1*11:01, DRB1*15:01 и DRB3*01:02, частота встречаемости которых не превышает 3%. Эти аллели относятся к редким вариантам в данной выборке.

В целом данные табл. 1 свидетельствуют о выраженной гетерогенности аллелей HLA-DRB и неравномерном распределении их частот в популяции, что может иметь значение для иммуногенетических и клинико-популяционных исследований.

Как показано в табл. 2, для аллелей генов HLA-DRB были рассчитаны ожидаемые значения гомо- и гетерозиготности в соответствии с законом Харди – Вайнберга на основе их аллельных частот (p). Полученные данные позволяют оценить степень генетического разнообразия и популяционную устойчивость исследуемой выборки. Для всех проанализированных аллелей характерны низкие ожидаемые значения гомозиготности (p²), что обусловлено умеренными и низкими аллельными частотами

большинства вариантов. Наибольшие значения ожидаемой гомозиготности отмечены для наиболее распространенных аллелей локуса DRB1-DRB1*01:01 (1,25%), DRB1*03:01 (1,08%) и DRB1*04:01 (0,94%), что согласуется с их доминирующим положением в популяции (табл. 2).

В то же время для редких аллелей, таких как DRB108:01, DRB111:01 и DRB1*15:01, ожидаемая гомозиготность минимальна и не превышает 0,05%, что отражает их ограниченное распространение в исследуемой группе (табл. 2). Ожидаемая гетерозиготность (2p(1-p)) для всех аллелей значительно превышает показатели гомозиготности, что указывает на высокий уровень аллельного разнообразия. Наиболее высокие значения ожидаемой гетерозиготности характерны для аллелей DRB1*01:01 (19,84%), DRB1*03:01 (18,64%) и DRB1*04:01 (17,55%), что подчеркивает их вклад в формирование гетерогенной иммуногенетической структуры популяции (табл. 2). Среди паралогичных генов DRB3, DRB4 и DRB5 также отмечается преобладание гетерозиготных состояний. Так, для аллелей DRB3*01:01, DRB4*01:01 и DRB5*01 значения ожидаемой гетерозиготности составляют 15,08; 12,46 и 11,28% соответственно, что свидетельствует о сохранении функционального разнообразия комплекса HLA класса II (табл. 2).

Таблица 3

Общие популяционные показатели по локусу HLA-DRB

| Показатель | Значение |
|---|---------------------|
| Кол-во аллелей | 17 (функциональных) |
| Средняя частота аллеля | 5,71 % |
| Медиана | 4,47 % |
| Минимальная частота | 1,49 % |
| Максимальная частота | 22,30 % |
| Стандартное отклонение (SD) | 2,96 % |
| Коэффициент вариации (CV) | 51,8 % |
| Ожидаемая гомозиготность ($\sum p^2$) | 6,77 % |
| Ожидаемая гетерозиготность (H) | 93,2 % |

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

Таблица 4

Сравнительное описание серологических и молекулярно-генетических исследований HLA-DR у населения Самарканда

| Серологический HLA-DR антиген (1990-е) | Частота (%) | Молекулярные HLA-DRB аллели (современные) | Частота аллеля (%) | Примечание |
|--|-------------|---|--------------------|--|
| DR1 | 28,1 | DRB1*01:01 | 22,3 | Основной аллель DR1 |
| | | DRB1*01:02 | 8,95 | Дополняющий аллель DR1 серологической группы |
| DR7 | 37,8 | DRB1*07:01 | 7,46 | Подтверждено на молекулярном уровне |
| DR9 | 23,2 | DRB1*09:01 | 4,47 | Соответствует DR9 антигену |
| DR2 | 22,0 | DRB1*15:01 | 4,47 | Основной аллель DR2 серологической группы |
| DR3 | 18,3 | DRB1*03:01 | 5,97 | Аллель подтвержден на молекулярном уровне |
| DR4 | 13,4 | DRB1*04:01 | 8,95 | Серологические и молекулярные результаты совпадают |
| DR11 | 15,9 | DRB1*11:01 | 4,47 | Подтверждено на уровне аллелей |
| DR15 | 20,7 | DRB1*15:01 | 4,47 | Соответствует DR2/DR15 серологической группе |
| – | – | DRB1*08:01 | 4,47 | Не выявлено серологически |
| – | – | DRB1*14:01 | 1,49 | Редкий аллель |
| – | – | DRB3*01:01 | 4,47 | Не выявлено серологически |
| – | – | DRB3*01:02 | 2,98 | Дополнительный аллель DRB3 |
| – | – | DRB3*02:02 | 2,98 | Аллель DRB3 |
| – | – | DRB4*01:01 | 4,47 | Ген DRB4, отсутствует в серологии |
| – | – | DRB4*01:03 | 2,98 | Преимущество молекулярного типирования |
| – | – | DRB5*01 | 1,49 | Ген DRB5, только при генотипировании |

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

В целом данные, представленные в табл. 4, указывают на низкий уровень ожидаемой гомозиготности и высокий уровень гетерозиготности для всех исследованных аллелей HLA-DRB. Это отражает выраженный полиморфизм локуса, соответствует равновесию Харди – Вайнберга и свидетельствует о генетической стабильности и высокой адаптивной способности популяции Самаркандской области.

Как представлено в табл. 3, локус HLA-DRB в популяции Самаркандской области характеризуется выраженным аллельным разнообразием и высоким уровнем генетической вариабельности. В исследуемой выборке идентифицировано 17 функциональных аллелей, что указывает на значительную полиморфность данного локуса (табл. 3).

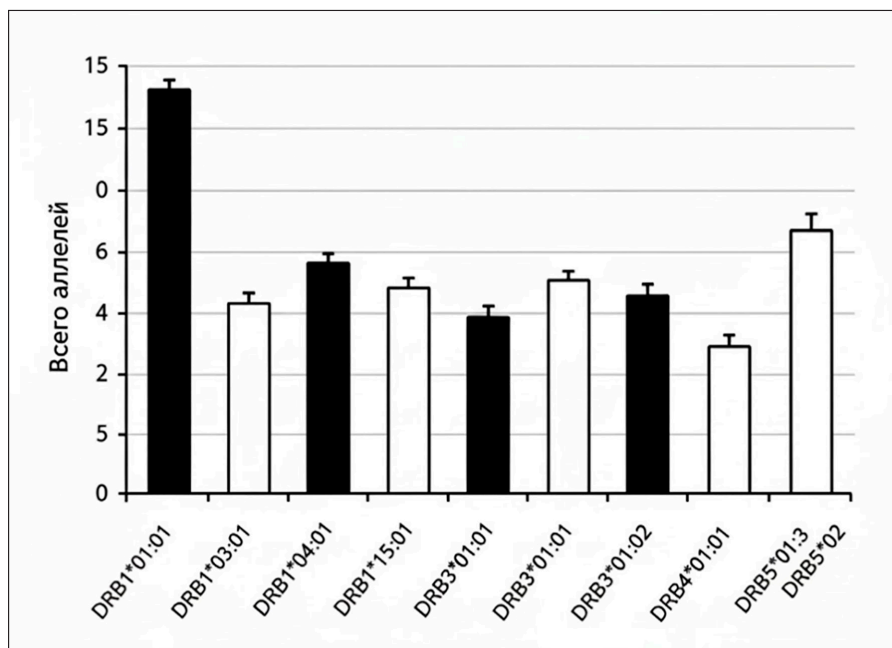
Средняя частота аллелей составила 5,71%, при медианном значении 4,47%, что свидетельствует о преобладании в популяции средне- и низкочастотных вариантов. Минимальная частота аллеля достигала 1,49%, тогда как максимальное значение составило 22,30%, отражая выраженную неоднородность распределения аллелей в исследуемой группе (табл. 5). Уровень стандартного отклонения ($SD = 2,96\%$) и высокий коэффициент вариации ($CV = 51,8\%$) подтверждают значительную изменчивость аллельных частот и указывают на сложную структуру генофонда локуса HLA-DRB (табл. 3). Суммарная ожидаемая гомозиготность ($\sum p^2$) составила 6,77%, тогда как ожидаемая гетерозиготность (H) достигла 93,2%, что является характерным признаком высокополиморфных иммуногенетических локусов. Данные показатели свидетельствуют о преобладании гетерозиготных генотипов и высоком уровне генетического разнообразия, обеспечивающего адаптивную устойчивость популяции (табл. 3). Представленные в табл. 5 демонстрируют, что локус HLA-DRB в популяции Самаркандской области отличается генетической стабильностью, высокой гетерозиготностью и значительным адаптивным потенциалом, что важно для популяционных, иммуногенетических и клинических исследований.

Как показано в табл. 4, сравнение классических серологических исследований HLA-DR (1990-е гг.) [15] с современными молекулярно-генетическими данными HLA-DRB позволяет выявить соответствие и уточнить аллельное распределение в популяции. В целом молекулярный анализ подтвердил большинство ранее выявленных серологических антигенов и одновременно выявил дополнительное аллельное разнообразие, недоступное для серологи-

ческого типирования (табл. 4). Для серологической группы DR1 частота антигена составляла 28,1%, что соответствует аллелям DRB10101 (22,3%) и DRB101:02 (8,95%). Основной аллель DRB10101 определяет серологический тип DR1, тогда как DRB101:02 выступает как дополнительный вариант, ранее не различавшийся серологически (табл. 4). Антиген DR7 (37,8%) на молекулярном уровне сопоставляется с аллелем DRB1*07:01 (7,46%), что подтверждает точность серологического определения при ограниченной возможности различения редких аллелей. Аналогично серологический DR9 (23,2%) соответствует молекулярному DRB109:01 (4,47%), DR2/DR15- DRB1*15:01 (4,47%) и DR3-DRB1*03:01 (5,97%) (табл. 4).

Серологические группы DR4 и DR11 совпадают с молекулярными аллелями DRB104:01 (8,95%) и DRB111:01 (4,47%) соответственно, что подтверждает устойчивое соответствие классических антигенов и аллелей при современных методах типирования. Однако молекулярный подход выявил также ряд аллелей, которые ранее не обнаруживались серологически: DRB108:01, DRB114:01, DRB301:01, DRB301:02, DRB302:02, DRB401:01, DRB401:03 и DRB501, с частотой от 1,49 до 4,47% (табл. 4). Это подчеркивает преимущество молекулярного типирования в выявлении редких и паралогичных аллелей, расширяющих понимание гаплотипического и аллельного разнообразия комплекса HLA класса II. Таким образом, табл. 4 демонстрирует, что молекулярно-генетические методы позволяют не только подтвердить результаты серологии, но и выявить дополнительное аллельное разнообразие, включая паралогичные гены DRB3, DRB4 и DRB5, что существенно повышает точность HLA-типирования и понимание иммуногенетической структуры популяции Самарканда.

На рисунке представлен анализ частот встречаемости основных аллелей HLA-DRB в исследуемой популяции, с разделением по полу. Каждый столбец отражает суммарное количество выявленных аллелей среди мужчин и женщин для соответствующего варианта гена. Анализ позволил определить распределение аллелей как среди мужской, так и среди женской части популяции, что является важным для оценки генетического разнообразия и выявления возможных половых различий в экспрессии иммуногенных локусов. На рисунке видно, что аллель DRB1*01:01 имеет наивысшую встречаемость в популяции, что соответствует его высокой частоте в общей выборке (табл. 1).



Распределение аллелей HLA-DRB по полу:
 черные столбцы – мужчины; белые столбцы – женщины
 Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 5

Сравнительный анализ частот HLA-DRB1 с базой данных IMGT-HLA

| Аллель | Частота в Самарканде (%) | Аллельная частота (f) | Сравнительные популяции | Вывод |
|------------|--------------------------|-----------------------|--|---|
| DRB1*01:01 | 11,2 | 0,112 | Европа (Австрия, Бельгия, Дания, Чехия) 0,055–0,130; Центральная Азия (уйгуры, казахи) 0,018–0,065; Восточная Азия (китайцы) 0,004–0,026 | Сходна с европейскими и центральноазиатскими популяциями, значительно выше, чем у восточноазиатских и африканских; отражает смешанное этногенетическое происхождение Самарканда |
| DRB1*03:01 | 10,4 | 0,104 | Европа 0,06–0,12; Центральная Азия (уйгуры, казахи) 0,03–0,14; Восточная Азия 0,005–0,02 | Высокий европеоидный и центральноазиатский компонент, значительно выше, чем у восточноазиатских |
| DRB1*04:01 | 9,70 | 0,097 | Европа 0,06–0,12; Восточная и Центральная Азия низкие | Умеренно низкая частота, влияние европейского компонента заметно |
| DRB1*07:01 | 7,46 | 0,00449 | Европа, Африка, Америка 0,10–0,26 | Очень низкая частота; уникально для Самарканда; объясняется исторической изоляцией и миграцией |
| DRB1*08:01 | 4,47 | 0,022 | Европа 0,015–0,030; Восточная Азия (Китай) 0–0,005; Африка 0,001 | Средняя европейская частота; значительно ниже в Восточной Азии и Африке |
| DRB1*09:01 | 4,47 | 0,022 | Европа 0,002–0,010; Восточная Азия (Китай) 0,135–0,283; Латинская Америка (кечуа, аймара) 0,087–0,333 | Типичная для Европы и Центральной Азии, ниже, чем у Восточной Азии и Латинской Америки; отражает смешанное генетическое влияние региона |

Примечание: составлена авторами по источнику: URL: <http://www.allelefrequencies.net> (дата обращения: 01.02.2026)

Аллели DRB103:01 и DRB104:01 также демонстрируют высокую представленность, тогда как аллели DRB108:01, DRB111:01 и DRB4*01:01 встречаются реже. Паралогичные гены DRB301:01, DRB301:02 и DRB5*02 показывают умеренные значения, подтверждая их меньшую экспрессию по сравнению с DRB1. Разделение по полу позволило выявить, что распределение аллелей не демонстрирует выраженной гендерной предрасположенности, так как суммарные частоты между мужчинами и женщинами примерно равны для большинства аллелей. Это указывает на отсутствие полового диморфизма в распределении HLA-DRB в исследуемой популяции и подтверждает, что выявленные полиморфные аллели равномерно передаются и экспрессируются среди обоих полов.

Таблица 5 демонстрирует частоты аллелей HLA-DRB1 в популяции Самарканда с их сравнением с данными из других регионов мира, включая Европу, Центральную и Восточную Азию, а также Африку и Латинскую Америку. Анализ позволяет оценить этногенетические компоненты и уникальные особенности распределения аллелей в регионе. Аллель DRB1*01:01 встречается с частотой 11,2% ($f = 0,112$), что сопоставимо с европейскими и центральноазиатскими популяциями [16, 17], однако значительно выше, чем у восточноазиатских и африканских групп. Это указывает на смешанное этногенетическое происхождение населения Самарканда и выраженный европеоидный компонент. Аллель DRB1*03:01 (10,4%; $f = 0,104$) также демонстрирует сходство с европейскими и центральноазиатскими частотами и низкую встречаемость у восточноазиатских популяций, что подтверждает влияние европейского и центральноазиатского гаплотипического наследования.

Аллель DRB1*04:01 (9,7%; $f = 0,097$) показывает умеренную частоту, что указывает на присутствие европейского компонента, однако его выраженность ниже, чем у DRB101:01 и DRB103:01. Аллель DRB1*07:01 характеризуется крайне низкой частотой (7,46%; $f = 0,00449$) по сравнению с европейскими, африканскими и американскими популяциями, что может быть связано с исторической изоляцией, миграцией и локальной демографической историей Самарканда. Средне- и низкочастотные аллели, такие как DRB108:01 и DRB109:01, отражают смешанное влияние европейских, центрально-

азиатских и восточноазиатских компонентов. DRB108:01 присутствует на уровне европейских частот, тогда как DRB109:01, характерная для Восточной Азии и Латинской Америки, встречается в Самарканде на значительно более низком уровне, подчеркивая уникальность региональной популяции.

Заключение

В целом генетический профиль HLA-DRB1 населения Самарканда характеризуется высокой полиморфностью и смешанным этногенетическим происхождением, с доминированием европейских и центральноазиатских аллелей и наличием уникальных локальных вариаций, что имеет важное значение для популяционного анализа, иммуногенетических исследований и планирования донорских программ.

Список литературы

1. Dimitrov P., Garnev P., Flower D. R., Doytchinova I. Peptide Binding to the HLA-DRB1 Supertype: A Proteochemometrics Analysis // *European Journal of Medicinal Chemistry*. 2010. Vol. 45. Is. 1. P. 236–243. DOI: 10.1016/j.ejmech.2009.09.049.
2. Turganbekova A., Abdrakhmanova S., Masalimov Z., Almawi W. Y. Genetic diversity and ethnic tapestry of Kazakhstan as inferred from HLA polymorphism and population dynamics: a comprehensive review // *Genes (Basel)*. 2025. Vol. 16. Is. 3. Article 342. DOI: 10.3390/genes16030342.
3. Turner T. R., Natarajan R. H. L., Robinson J., Marsh S. G. E., Mayor N. P. Identification of Repeat Region Ambiguities in HLA Typing and the Implications for Immunogenetics Research // *Tissue Antigens*. 2024. DOI: 10.1111/tan.15768.
4. Shams H., Hollenbach J. A., Matsunaga A., Mofrad M. R. K., Oksenberg J. R., Didonna A. A short HLA-DRA isoform binds the HLA-DR2 heterodimer on the outer domain of the peptide-binding site // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2022. Vol. 719. Art. 109156. DOI: 10.1016/j.abb.2022.109156.
5. Reynisson B., Alvarez B., Paul S., Peters B., Nielsen M. NetMHCpan-4.1 and NetMHCIIpan-4.0: improved predictions of MHC antigen presentation by concurrent motif deconvolution and integration of MS MHC eluted ligand data // *Nucleic Acids Research*. 2020. Vol. 48. W1. P. W449–W454. DOI: 10.1093/nar/gkaa379.
6. Ombrello M. J., Remmers E. F., Tachmazidou I., Grom A., Foell D. et al. HLA-DRB1*11 and variants of the MHC class II locus are strong risk factors for systemic juvenile idiopathic arthritis // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2015. Vol. 112. Is. 52. P. 15970–15975. DOI: 10.1073/pnas.1520779112.
7. Ooi J. D. et al. Dominant protection from HLA-linked autoimmunity by antigen-specific regulatory T cells // *Nature*. 2017. Vol. 545. P. 243–247. DOI: 10.1038/nature22329.
8. Nilsson J. B., Kaabinejadian S., Yari H., Kester M. G. D., van Balen P., Hildebrand W. H., Nielsen M. Accurate prediction of HLA class II antigen presentation at all loci using tailored data mining and advanced machine learning // *Science Advances*. 2023. Vol. 9. Is. 47. Art. eadj6367. DOI: 10.1126/sciadv.adj6367.
9. Myers M., Mehr R., Raghavan M., Kaufman J., Luzun Y. Editorial: Diversity and polymorphisms of HLA and KIR: new concepts // *Frontiers in Immunology*. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fimmu.2021.701398.

10. Moya-Quiles M. R., Muro M. Identification of three new HLA-A intronic variants by next-generation sequencing // *HLA*. 2024. Vol. 104. Is. 4. e15708. DOI: 10.1111/tan.15708.
11. Matern B. M., Olieslagers T. I., Voorter C. E. M., Groeneweg M., Tilanus M. G. J. Insights into the polymorphism in HLA-DRA and its evolutionary relationship with HLA haplotypes // *HLA*. 2020. Vol. 95. Is. 2. P. 117–127. DOI: 10.1111/tan.13730.
12. Loginova M., Morozova N., Paramonov I. Identification of five novel HLA-DRB1 alleles // *HLA*. 2025. Vol. 105. Is. 5. e70252. DOI: 10.1111/tan.70252.
13. Kramer C. S. M., Roelen D. L., Heidt S., Claas F. H. J. Defining the immunogenicity and antigenicity of HLA epitopes // *HLA*. 2017. Vol. 90. Is. 1. P. 5–16. DOI: 10.1111/tan.13038.
14. Jensen K. K., Andreatta M., Marcatili P., Buus S., Greenbaum J. A. et al. Improved methods for predicting peptide binding affinity to MHC class II molecules // *Immunology*. 2018. Vol. 154. Is. 3. P. 394–406. DOI: 10.1111/imm.12889.
15. Душанова Г. А., Зиядуллаев Ш. Х., Хаитова Н. М. Иммуногенетический профиль узбекской популяции Зеравшанской долины Узбекистана // *Проблемы биологии и медицины*. 2003. № 1. С. 82–83.
16. European Bioinformatics Institute (EBI) HLA database. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ebi.ac.uk/ipd/imgt/hla/> (дата обращения: 02.02.2026).
17. Allele Frequency Net Database. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.allelefrequencies.net/> (дата обращения: 02.02.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



ФАУНА СТРЕКОЗ (INSECTA: ODONATA) ТУЯБУГУЗСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Самандарова О. Д., ²Ахмедова М. Ш. ORCID ID 0009-0005-4502-6815

¹Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Ташкент, Республика Узбекистан;

²Ургенчский инновационный университет, Ургенч,
Республика Узбекистан, e-mail: bek5253@yandex.ru

В данной статье изложены материалы по сбору образцов и анализу видового состава стрекоз (ниначилар) из Туябугузского водохранилища Ташкентской области. Исследование проводилось в Туябугузском водохранилище Ташкентской области в 2024–2025 гг. (весна, лето, осень). Наблюдения проводились в дневное время с 9:00 до 17:00. Собранные стрекозы обездвигивались в морилках (сосуды для усыпления насекомых), внутрь которых помещались ватные кусочки, пропитанные хлороформом. Перед каждой экскурсии морилки обновлялись указанным способом. В морилку также помещалась фильтровальная бумага шириной 1 см и длиной 6 см. Фильтровальная бумага впитывает влагу, выделяемую насекомыми, и защищает их придатки тела, ноги и крылья от механических повреждений. В настоящее время в Республике с точки зрения сохранения биоразнообразия животного и растительного мира, проведения мониторинга и ведения Государственного кадастра, научный анализ современного состояния одонатофауны является одной из актуальных задач. Это подчеркивает актуальность поставленных в настоящем исследовании целей и задач. При определении видов использовались определители и интернет-ресурсы. В результате были установлены 3 семейства, 5 родов и 9 видов, относящихся к подотрядам Zygoptera и Anisoptera.

Ключевые слова: Odonata, фауна, Туябугузское водохранилище, река Ахангаран, Zygoptera, Anisoptera, подотряд

FAUNA OF DRAGONFLIES (INSECTA: ODONATA) OF THE TUYABUGIZ RESERVOIR OF THE TASHKENT REGION

¹Samandarova O. D., ²Akhmedova M. Sh. ORCID ID 0009-0005-4502-6815

¹Mirzo Ulugbek National University of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan;

²Urgench Innovation University, Urgench, Republic of Uzbekistan, e-mail: bek5253@yandex.ru

This article presents data on the collection and species composition analysis of dragonflies (ninachilar) from the Tuyabugiz Reservoir in Tashkent Region. The study was conducted in the Tuyabugiz Reservoir in Tashkent Region in 2024–2025 (spring, summer, and autumn). The observations were conducted during the daytime, from 9:00 a.m. to 5:00 p.m. The collected dragonflies were immobilized in killing jars (containers used for euthanizing insects) containing cotton pieces soaked in chloroform. The killing jars were refreshed in this manner before each excursion. A strip of filter paper measuring 1 cm in width and 6 cm in length was also placed inside the jar. The filter paper absorbs the moisture released by the insects and protects their body appendages, legs, and wings from mechanical damage. At present, from the perspective of conserving animal and plant biodiversity, conducting monitoring, and maintaining the State Cadastre, a scientific analysis of the current state of odonate fauna is one of the most pressing tasks. This underscores the relevance of the goals and objectives of our study. We used identification guides and online resources to identify species. As a result, we identified three families, five genera, and nine species belonging to the suborders Zygoptera and Anisoptera.

Keywords: Odonata, fauna, Tuyabugiz reservoir, Akhangaran river, Zygoptera, Anisoptera, suborder

Введение

Туябугузское водохранилище, «Ташкентское море», – гидротехническое сооружение, возведенное в среднем течении р. Ахангаран. Водоохранилище обладает специфической природой, включает растительный мир и животный мир [1; 2]. Кроме того, этот водоем выделяется своей фауной стрекоз. Здесь встречаются различные виды стрекоз. В Узбекистане уже выполнен значительный объем исследований насекомых, включая стрекоз [3; 4]. Однако непосредственно на территории Ташкентской области подобные исследования стрекоз до настоящего времени не проводились.

Цель исследования – изучение фауны стрекоз Туябугузского водохранилища Ташкентской области, их морфологический и экологический анализ.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в Туябугузском водохранилище (координаты: 40°56'35.5" с. ш. 69°22'02.2" в. д.) в 2024–2025 гг. (весна, лето, осень). Туябугузское водохранилище, то есть Ташкентское море, было построено в 1962 г. и регулирует сезонный режим реки. Общий объем – 250 млн м³, полезный объем – 224 млн м³. Площадь зеркала воды – 20 км². Средняя глубина – 12,5 м.



Рис. 1. Координаты территории проведения исследования
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Плотина состоит из насыпного земляного вала, с левым и правым откосами, водосливом и водосбросом. Длина плотины – 2,4 км, береговые откосы сложены песчано-грунтовыми материалами. Водоем гидрологически связан с дамбой длиной 1,9 км. Через плотину проходит автомобильная дорога Ташкент – Бекабад. Из водохранилища подается вода в р. Карасув и в левый береговой канал Туябугуза. Туябугузское водохранилище обеспечивает улучшение водоснабжения орошаемых земель в Бекинском, Оккургонском, Средне-Чирчикском и Нижне-Чирчикском районах Ташкентской области. В водоеме разводят различную рыбу (рис. 1) [5, с. 104–109].

При сборе и коллекционировании стрекоз использовались несколько приемов. Наиболее эффективный метод сбора имаго – лов сачком в полете вдоль траектории полета. Для этого применяли энтомологический сачок (диаметр 40–50 см) с длинной ручкой. Также часть стрекоз подотряда *Zygoptera* можно было брать вручную в состоянии покоя (на посадке). Сбор имаго проводился на участках у водоемов, где стрекозы встречаются в большом количестве; эти участки дробили на площади 6–15 м² и в пределах этих площадей собирали особей [6; 7]. Экспедиционный маршрутный метод: в ходе маршрута каждые 500–1000 м останавливались и учету подвергали взрослых имаго на полосе шириной 6 м. Наблюдения проводились в дневное время, с 9:00 до 17:00. Собранных стрекоз обездвигивали в «морилках» – банках, где вата была пропитана хлороформом (средство для усыпления насекомых). Относительную численность видов (показатели доминирования) рассчитывали по формуле Фасулати (1971) [8]:

$$D = (R \times 100) / K,$$

где D – показатель доминирования;

R – суммарное количество данного вида;
K – суммарное количество всех видов.

Полученные результаты анализировали по шкале Скфянина (Skufyanin). В классификации по частоте встречаемости: если вид составляет $\geq 8\%$ от общего числа собранных представителей, он считается доминирующим; 8–4% – субдоминирующим; 3–1% – малочисленным; 1% – редким [9; 10]. При хранении и определении собранных видов использовались методики З. Д. Спуриса, Б. Ф. Бельшева и А. Ю. Харитонова и В. Э. Скворцова [11; 12].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований в Туябугузском водохранилище Ташкентской области установлено 2 подотряда, 3 семейства, 5 родов, 9 видов стрекоз. Ниже приведены морфоэкологические описания, наблюдения и сведения о распространении видов, полученные в ходе исследования. Выявленные в результате исследования виды идентифицировались с помощью различных идентификаторов и интернет-сайтов [13–15].

Ischnura elegans (Vander Linden, 1820).

В исследованиях *Ischnura elegans* отмечена на участках со стоячей и медленно текущей водой, а также в зарослях прибрежной растительности. Длина тела у собранных особей – 30–34 мм. Ширина головы вдвое больше ее длины. Длина брюшка – 23–26 мм. У самок задняя часть брюшка бывает красновато-оливковой окраски; на птеротораксе наблюдается суженная темно-пигментированная полоса; птеростигма указывает яркую окраску. У самцов грудной отдел и первые и последние сегменты брюшка имеют голубоватую (синеватую) окраску, остальная часть брюшка темная. Брюшко самок более стройное, чаще темно-коричневое.

Длина крыльев – 16–19 мм, прозрачные. Птеростигмы бывают двух цветов: задние крылья – темные, передние – относительно светлее. Вид питается ночными насекомыми, мухами и комарами. Яйца откладывает на водную растительность. Окрас тела может варьировать: желтоватый, коричневый, зеленый, зеленовато-серый. Личинка длиной 23,0–26,0 мм, покрыта шипиками; голова широкая; лапчатые выросты листовидной формы. Личинки развиваются в водоемах с растительностью, в стоячих и иногда в медленно текущих и слабосоленых водах. Личинки являются хищниками, питаются беспозвоночными. В году развивается 2 поколения (весеннее и осеннее). Распространение: Палеарктика от востока до запада, умеренные зоны Европы, Западная и Центральная Азия.

***Ischnura pumilio* (Charpentier, 1825).** Маленький, изящный вид; чаще встречается среди камышовых зарослей в стоячих водах. Летает медленно и низко. Общая длина тела 27–31 мм, основная окраска – зелено-коричневая или желтовато-зеленая. Длина брюшка 21–25 мм. У самцов верхняя сторона брюшка имеет темно-голубое пятно; боковые и нижние стороны – цвета воздуха (бледные) или зеленого. Грудь темная с голубоватыми полосами. Длина крыльев 14–17 мм. У передних крыльев птеростигма двуцветная: внутренняя часть – черная, наружная – беловатая; у самок двуцветность выражена слабо. Переднегрудная часть самок сзади имеет трехгранную форму. Взрослые стрекозы питаются комарами, мухами и бабочками. Яйца откладывают на водную растительность. Личинки предпочитают мелкие, заросшие стоячие воды, особенно камышовые заросли; длина личинки 21,0–22,0 мм, окраска желтовато-зеленая; тело гладкое; брюшные выросты в форме трехлистника. Личинки питаются личинками комаров, мотыльками и другими беспозвоночными. В свою очередь, они являются кормом для рыб и плавающих птиц. Распространение: Европа, Западная и Средняя Сибирь, Северная Африка, Малая и Средняя Азия.

***Anax imperator* (Leach, 1815).** Общая длина тела 66–72 мм. Голова крупная; лобная часть зеленая с тонкой темной полоской; нижняя часть с черным пятном. Верхняя часть глаз – зелено-голубая, нижняя – желтовато-зеленая. У самца грудная часть зелено-голубая; брюшко голубое с широкой темной верхней полосой и боковыми вдавленными полосами, длина брюшка 45–56 мм. Длина крыльев 44–51 мм, бесцветные. У самок грудь зеленая, брюшко зеленое с коричневыми полосами; крылья блестя-

ще-желтые. Личинки имеют оливково-коричневую или ярко-зеленую с коричневым или желтым оттенком окраску, с черными точками; тело крупное, вытянутое, длина 53–59 мм, наибольшая ширина брюшка 8–10 мм. Голова большая (9–10 мм), задние ноги длиной около 26 мм. Личинки обитают в прибрежных зонах от стоячих до быстро текущих вод, преимущественно среди густой растительности; питаются главным образом ракообразными и другими водными хищниками. Распространение: Северная и Центральная Африка, Европа (кроме Крайнего Севера), Малая и Средняя Азия, северная Индия.

***Anax parthenope* (Selys, 1839).** Вид встречается вблизи медленно и быстро текущих вод (зовур, каналы и т. п.) вдоль берегов исследуемой территории. Длина тела 60–68 мм. На лобной части головы имеется треугольное темное пятно; глаза крупные и частично срастаются на задней части головы. Боковые стороны груди – зелено-голубые. Длина крыльев 44–50 мм; крылья беловатые, задние крылья шире передних. Вид способен пролетать большие расстояния в поисках пищи и отличается быстрой маневренностью. Длина брюшка 45–52 мм. У самцов брюшко голубое, у самок – зеленое; на брюшке имеются черные пятна. Питается бабочками и мухами. Самки откладывают яйца на согнутые или сломанные участки водной растительности; самцы часто сопровождают самку при отложении яиц. Личинка похожа на *Anax imperator*, но чуть меньше (45–50 мм), окраска от светло-желтой до темно-зеленой; ширина тела 9,5–11,0 мм. Личинки – хищники, питаются мелкими рыбками, личинками и ракообразными. Распространение: южная и центральная часть Европы, Азия, Япония, Корейский полуостров, Китай и Северная Африка.

***Selysiotthemis nigra* (Vander Linden, 1825).** Вид широко распространен в Узбекистане. По данным Борисова, он распространен в сухих и теплых равнинных зонах Узбекистана. Вид легко заметен в полете – держится в подвешенном состоянии близ поверхности воды. Захват самки на земле затруднителен, особенно в каменистых и песчаных местах. Самцы темные, блестящие. В литературе утверждалось, что после 1990 г. вид в Узбекистане не фиксировался, но наши и другие недавние наблюдения показывают иное.

***Crocothemis servilia* (Drury, 1770).** Этот вид встречается в двух основных цветовых формах – желтой и оранжево-алой. Для Хорезмской области отмечается активность начиная с третьей декады мая. В некоторых работах указано, что после 1990 г. в Узбеки-

стане вид не регистрировался, однако в нашей работе он встречен во множестве мест по всем отмеченным территориям. Борисов отмечает его широкое распространение в равнинных зонах и указывает на bivoltin (двухцветный) биологический цикл.

***Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758).** Общая длина тела 44–46 мм. Боковые стороны груди желтоватые; по ней проходят тонкие темные полоски. Длина брюшка 29–33 мм. Брюшко несколько сплюсненное. У самцов по мере взросления верхняя поверхность брюшка покрывается голубоватым налетом; в молодом состоянии оно желтовато-коричневое. Брюшко покрыто сетчатым рисунком. Длина крыльев 34–39 мм, крылья прозрачные, птеростигмы темные.

На исследуемых территориях было обнаружено, что *O. cancellatum* распространен в основном на территориях с растительным покровом вокруг медленно текущих вод, ирригационных сетей и озер, где он питается комарами. Самки откладывали яйца в поля под рисовыми полями и в каналы. Личинки окрашены в желтые, желтовато-коричневые, коричневые или серые тона; длина личинки 23,0–24,0 мм, максимальная ширина брюшка 8,0–8,5 мм. Голова относительно небольшая, ноги длинные. Личинки *O. cancellatum*, подобно *O. brunneum*, эврибионтны (переносят широкий диапазон условий), способны развиваться в загрязненных и слабосоленых водах. Период развития может длиться до двух лет. Распространение: Центральная Европа, европейская часть России, Кавказ, Центральная и Южная Азия.

***Orthetrum albistylum* (Selys, 1848).** В некоторых источниках отмечается, что после 1990 г. вид не регистрировался в Узбекистане. По данным, в предгорьях южного Байкала личинки способны выживать в термальных источниках при температуре +38...+40 °С. В Хорезмской области вид отмечен широко.

***Orthetrum sabina* (Drury, 1773).** Материал: Туябугузское водохранилище и прилегающие к нему каналы/канавочки (координаты: 40°56'35.5" с. ш. 69°22'02.2" в. д.) – 02.09.2024 (собрано: 4♀, 3♂). Встречается в медленно текущих реках, каналах и зовур-водах. Общая длина тела 42–45 мм. Голова желто-зеленая; большие фасетчатые глаза занимают значительную часть головы. Грудная часть – зелено-желтая с темными полосами. Длина брюшка 32–34 мм. Первые и третьи сегменты брюшка снизу выпуклые и имеют широкие темные кольца. Длина крыльев 32–36 мм, крылья прозрачные, птеростигмы желтые, у некоторых особей – светло-коричневые; ноги

черные. Самцы и самки похожи по форме и размеру; половой диморфизм выражен в окраске и строении гениталий. Взрослые стрекозы питаются бабочками, мухами и комарами (рис. 2). Личинка: тело плоское, без шеи (ensiz), длина 17,0 мм, ширина 5,5 мм. Голова небольшая, вздернутая; глаза крупные и выпуклые. Ноги тонкие и крепкие. Личинки обитают в медленно текущих или стоячих водах, способны переносить слабосоленость. Как и у других видов, личинки питаются личинками комаров и другими беспозвоночными. При благоприятных условиях личинка развивается примерно 1,5 года.

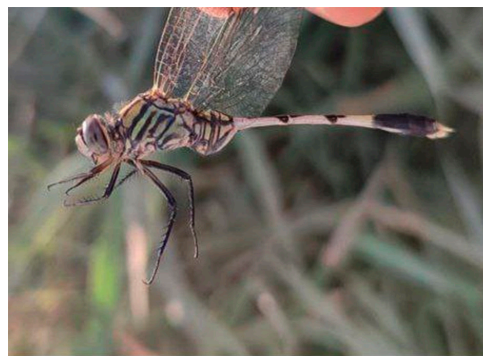


Рис. 2. *Orthetrum sabina* Drury (Оригинал)
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Распространение: Вид тропический, встречается от Австралии до Южной Палеарктики, включая Кавказ, Западную и Центральную Азию.

Заключение

В результате исследования установлено, что в Туябугузском водохранилище присутствуют виды, относящиеся к подотрядам Zygoptera и Anisoptera, в сумме 3 семейства, 5 родов и 9 видов. В ходе работы были выявлены следующие виды: *Ischnura elegans* Vander Linden, 1820; *Ischnura pumilio* Charpentier, 1825; *Anax imperator* Leach, 1815; *Anax parthenope* Selys, 1839; *Selysiothemis nigra* (Vander Linden, 1825); *Crocothemis servilia* (Drury, 1770); *Orthetrum cancellatum* (Linnaeus, 1758); *Orthetrum albistylum* (Selys, 1848); *Orthetrum sabina* (Drury, 1773). В исследовании отмечено, что *Orthetrum sabina* (Drury, 1773) является относительно широко распространенным видом на обследуемой территории.

Список литературы

1. Samandarova O. D., Medetov M. J. Faunistic Analysis of Dragonfly (Insecta: Odonata) Distributed in Tashkent Region // International Journal of Virology and Molecular Bi-

- ology. 2025. Vol. 14. Is. 5. P. 73–76. URL: <http://article.sapub.org/10.5923.j.ijymb.20251405.03.html> (дата обращения: 03.02.2026).
2. Samandarova O. D., Medetov M. J. Species diversity and fauna of dragonflies (Insecta: Odonata) distributed in Tashkent region // Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы XLV Международной научно-практической конференции (г. Пенза, 10 февраля 2025 г.). С. 15–19. [Электронный ресурс]. URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2025/02/МК-2265.pdf> (дата обращения: 03.02.2026).
3. Ахмедова М. Ш. Фауна стрекоз (Insecta: Odonata) Хорезмского оазиса // Материалы III Республиканской научно-практической конференции «Зоология Узбекистана». Ташкент: Фан, 2021. С. 98–111.
4. Зокирова М. С., Муминов Б. А. Морфобиологические характеристики фауны стрекоз Ферганской долины // Universum: химия и биология. 2020. № 3 (69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfobiologicheskie-harakteristiki-fauny-strekoz-insecta-odonata-ferganskoy-doliny> (дата обращения: 03.02.2026).
5. Энциклопедия «Тошкент». Ташкент, 2009. 480 с. ISBN: 978-9943-07-096-7
6. Борисов С. Н. Распространение *Orbetrum albistylum* (Selys, 1848) (Odonata, Libellulidae) на термальных источниках Байкальской рифтовой зоны // Euroasian Entomological Journal. 2017. Т. 16. № 4. С. 299–303. URL: https://kmkjournals.com/upload/PDF/EEJ/16/eej16_4_299_303_Borisov.pdf (дата обращения: 03.02.2026).
7. Borisov S. N. Seasonal Migrations of *Pantala flavescens* (Odonata: Libellulidae) in Middle Asia // Insects. 2020. Vol. 11. Is. 12. Article 890. URL: <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/12/890> (дата обращения: 03.02.2026).
8. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высшая школа, 1971. 424 с.
9. Rachman H. T., Rohman A. Dragonflies diversity (Odonata) in Menoreh Karst Central Java – Yogyakarta // International Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engineering. 2016. Vol. 3. Is. 2. P. 255–258. DOI: 10.15242/IJAAEE.U0516214.
10. Prunier F. Onychogomphus costae in Andalusia, Southern Spain – Mapping an overlooked species (Odonata: Gomphidae) // Odonatologica. 2018. Vol. 47. Is. 1–2. P. 1–22. URL: <file:///C:/Users/Happy/Downloads/Prunier.pdf> (дата обращения: 03.02.2026).
11. Скворцов В. Э. Стрекозы Восточной Европы и Кавказа. Атлас-определитель. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 623 с.
12. Bybee S. M., Kalkman V. J., Erickson R. J. et al. Phylogeny and classification of Odonata using targeted genomics // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2021. Vol. 160. DOI: 10.1016/j.ympev.2021.107115 (дата обращения: 03.02.2026).
13. GBIF Species Database. *Ischnura elegans*. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gbif.org/ru/species/1423395> (дата обращения: 03.02.2026).
14. Odonata Central Database. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.odonatacentral.org/app/#/wol/> (дата обращения: 03.02.2026).
15. Naturalist Platform. [Электронный ресурс]. URL: https://www.inaturalist.org/observations?project_id=143687 (дата обращения: 03.02.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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