

*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 – 0,400**  
**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,240**

*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 28.06.2024  
Дата выхода номера 31.07.2024  
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 28.06.2024**  
**Release date 31.07.2024**  
**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 2024/2  
Подписной индекс в электронном каталоге  
«Почта России»: ПА494  
© 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***

**2024 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. Кикун 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

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ У НОВОРОЖДЕННЫХ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Бердиева Е.В., Кан С.В., Душианова Г.А.</i> .....	5
БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ТОПИНАМБУРА В ЧУЙСКУЮ ДОЛИНУ КЫРГЫЗСТАНА <i>Долотбаков А.К., Шалпыков К.Т., Тургунбаев Э.К.</i> .....	13
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕМАТОД РАСТЕНИЙ МОРКОВИ И ЛУКА ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ <i>Камбаров С.С., Эшова Х.С.</i> .....	22
ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЛЕСОПОЛОС ПРИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛЕСИСТОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СТЕПНОГО КРЫМА <i>Погорельский А.Н., Кулак А.Ф.</i> .....	28
 <b>НАУЧНЫЙ ОБЗОР</b>	
ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА <i>Бурак Л.Ч., Писарик М.И., Богданов Н.П.</i> .....	33
 <b>СТАТЬИ</b>	
ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА СОДЕРЖАНИЕ ИНСУЛИНА ПРИ АУТОИММУННОЙ ПАТОЛОГИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ <i>Кучкарова Л.С., Каюмов Х.Ю., Бердиерова С.Х., Петренко С.В., Жильцова Ю.В.</i> .....	41
ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ КАДМИЯ И СВИНЦА НА МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРОЛИКОВ <i>Бахриллаева М.А., Ражамурадов З.Т.</i> .....	46
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (INSECTA: LEPIDOPTERA) ПО ЯРУСАМ АГРОЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ ФЕРГАНЫ, УЗБЕКИСТАН) <i>Шерматов М.Р., Каюмова О.И., Алматова Д.А.</i> .....	52

---

## CONTENTS

### Biological sciences

#### ARTICLES

STUDY OF DEVELOPMENT FACTORS OF CONGENITAL DEFECTS IN NEWBORN SAMARKAND REGION <i>Berdieva E.V., Kan S.V., Dushanova G.A.</i> .....	5
BIOMETRIC INDICATORS OF INTRODUCED JERUSALEM ARTICHOKE VARIETIES IN THE CHUI VALLEY OF KYRGYZSTAN <i>Dolotbakov A.K., Shalpykov K.T., Turgunbaev E.K.</i> .....	13
ECOLOGICAL ANALYSIS OF NEMATODES OF CARROTS AND ONIONS IN THE EASTERN REGIONS OF THE FERGHANA VALLEY <i>Kambarov S.S., Eshova Kh.S.</i> .....	22
TERRITORIAL DISTRIBUTION AND SIGNIFICANCE OF SHELTERBELTS' LENGTH FOR OPTIMAL FOREST COVERAGE OF AGRICULTURAL LAND IN THE NORTHERN STEPPE CRIMEA <i>Pogorelskiy A.N., Kulak A.F.</i> .....	28

#### REVIEW

MICROPLASTIC POLLUTION OF THE ENVIRONMENT AND POTENTIAL THREATS TO HUMAN HEALTH <i>Burak L.Ch., Pisarik M.I., Bogdanov N.P.</i> .....	33
---	----

#### ARTICLES

THE EFFECT OF SELENIUM ON INSULIN LEVELS IN AUTOIMMUNE THYROID PATHOLOGY <i>Kuchkarova L.S., Kayumov Kh. Yu., Berdierova S.Kh., Petrenko S.V., Zhiltsova Yu.V.</i> .....	41
INFLUENCE OF CADMIUM AND LEAD SALTS ON MORPHOBIOCHEMICAL INDICATORS OF RABBIT BLOOD <i>Bakhrillaeva M.A., Razhamuradov Z.T.</i> .....	46
FEATURES OF DISTRIBUTION OF LEPIDOPTERANS (INSECTA: LEPIDOPTERA) ACROSS TIERS OF AGROLANDSCAPE (BASED ON THE EXAMPLE OF SOUTHERN FERGHANA, UZBEKISTAN) <i>Shermatov M.R., Kayumova O.I., Almatova D.A.</i> .....	52

СТАТЬИ

УДК 575.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ  
У НОВОРОЖДЕННЫХ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**<sup>1</sup>Бердиева Е.В., <sup>2</sup>Кан С.В., <sup>2</sup>Душанова Г.А.**

<sup>1</sup>*Филиал ГУ «Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр  
здоровья матери и ребенка», Самарканд, e-mail: elenaberdiyeva72@gmail.com;*

<sup>2</sup>*Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, Самарканд,  
e-mail: svetlanakan2020@gmail.com, gavhar\_1969@mail.ru*

В работе представлены результаты генетико-эпидемиологического анализа наследственных болезней у новорожденных Самаркандской области, данные исследований за 2021–2022 гг. Полученные данные показывают наличие групп риска у женщин всех исследованных районов Самаркандской области, больше всего в Самаркандском, Пайарыкском, Нарпайском районах, а также в г. Самарканде. Установлено, что вирусы, входящие в группу инфекции ToRCH-токсоплазма, рубелла, и цитомегаловирусы при беременности могут являться причинами внутриутробной и перинатальной инфекций, ведущих к врожденным патологиям. Исследование генетических особенностей группы вирусов: цитомегаловирус, вирус простого герпеса, вирус краснухи, SARS-CoV-2 – в формировании наследственной патологии у детей свидетельствуют о влиянии коронавирусной инфекции на течение беременности, процессы выкидышей и мертворождаемости, появление патологий новорожденных, что подтверждает высокую актуальность проблемы состояния здоровья детей, родившихся от матерей, перенесших коронавирусную инфекцию в разные сроки беременности. Проведенные иммунологические и биохимические исследования периферической крови беременных женщин больных цитомегаловирусной инфекцией и вирусом простого герпеса, краснухи и коронавируса методом иммуноферментного анализа выявили значительное превышение содержания вируса в крови с увеличением содержания антител иммуноглобулина М и иммуноглобулина G в 2–3 раза.

**Ключевые слова:** врожденные патологии, цитомегаловирус, SARS COVID-19

**STUDY OF DEVELOPMENT FACTORS OF CONGENITAL DEFECTS  
IN NEWBORN SAMARKAND REGION**

**<sup>1</sup>Berdieva E.V., <sup>2</sup>Kan S.V., <sup>2</sup>Dushanova G.A.**

<sup>1</sup>*Study of factors in the development of congenital malformations in newborns  
of the Samarkand region, Samarkand, e-mail: elenaberdiyeva72@gmail.com;*

<sup>2</sup>*Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand,  
e-mail: svetlanakan2020@gmail.com, gavhar\_1969@mail.ru*

The paper presents the results of a genetic and epidemiological analysis of hereditary diseases in newborns in the Samarkand region, research data for 2021–2022. The data obtained show the presence of risk groups in women of all studied districts of the Samarkand region, the highest frequency of occurrence was observed in the Samarkand, Payaryk, Narpay districts, as well as the city of Samarkand. It has been established that viruses included in the group of ToRCH- toxoplasma, rubella, cytomegalovirus, herpes infections during pregnancy can cause intrauterine and perinatal infections leading to hereditary congenital pathology. A study of the genetic characteristics of the group of viruses cytomegalovirus, herpes simplex virus, rubella virus, SARS-CoV-2 – coronavirus-2 in the formation of hereditary pathology in children shows the influence of coronavirus infection on the course of pregnancy, the processes of miscarriages and stillbirths, the appearance of newborns with pathology, which confirms the high relevance of the problem health status of children born to mothers who had COVID-19- coronavirus at different stages of pregnancy. Immunological and biochemical studies of the peripheral blood of pregnant women with cytomegalovirus and herpes, rubella and coronavirus using the enzyme-linked immunosorbent assay method revealed a significant excess of the virus content in the blood with an increase in the content of immunoglobulin M and immunoglobulin G antibodies by 2-3 times.

**Keywords:** congenital pathologies, cytomegalovirus, SARS COVID-19

Инфекционные заболевания беременных и внутриутробные инфекции (ВУИ) вносят существенный вклад в нарушение репродуктивного здоровья и здоровья новорожденных, нередко приводят к прерыванию беременности, преждевременным родам, рождению детей с различными патологиями и летальному исходу в раннем неонатальном периоде. Врожденные инфекции приводят к инвалидизации более 30%

детей, пороки развития плода ненаследственной этиологии занимают до 25%, причем их значительная часть индуцирована внутриутробной инфекцией. Инфекционная патология обуславливает от 11 до 45% причин смертности новорожденных и 16% мертворождаемости [1, 2].

На сегодняшний день зарегистрировано сравнительно небольшое количество данных относительно причин более высокой

частоты преждевременных родов среди матерей, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19 во время беременности, а также о случаях трансплacentарной передачи вируса и АТ от матери ребенку. Нет четких аргументов в пользу отказа родильниц, инфицированных вирусами SARS-CoV-2, от грудного вскармливания. В связи с этим необходимо провести более детальный анализ состояния здоровья большей выборки детей [3, 4].

Ввиду повсеместной распространенности и достаточно высокой заболеваемости вирусными инфекциями, (ЦМВ ВПГ, Краснуха, SARS-CoV-2) изучение их роли в возникновении наследственных врожденных патологий и оценка их медико-статистических показателей в регионах является одной из актуальных проблем медицины и биологии [5, 6].

Спектр возбудителей, способных приводить к внутриутробной патологии плода, достаточно широк, была выделена группа инфекций, сходных по клиническим проявлениям и вызывающих структурные нарушения различных систем и органов. К ним относят вирусные инфекции, вызванные цитомегаловирусом (ЦМВИ), вирусами краснухи и герпеса. При этом особый интерес вызывают инфекционные заболевания COVID-19, вызванные вирусом SARS-CoV-2 и его мутантными штаммами [7–9].

Цель настоящего исследования – изучить сравнительный анализ частоты рождаемости детей с врожденными патологиями у женщин после пандемии SARS-CoV-2 в популяции Самаркандской области.

#### **Материалы и методы исследования**

В настоящее исследование были включены больные и здоровые беременные женщины. Проведено иммуноферментный анализ на содержание антител в крови вируса простого герпеса, цитомегаловируса, вируса краснухи и SARS-CoV-2 у 67 здоровых беременных женщин и 10 беременных женщин с вирусными инфекциями. Следует учесть, что в исследовании участвовали женщины в возрасте от 18 до 40 лет.

Объектами для исследований служила периферическая кровь, мазок со слизистой рта и носоглотки у беременных женщин. ИФА у обследуемых женщин проводились в лаборатории Самаркандского областного скрининг-центра матери и ребенка. Концентрацию человеческого высокомолекулярного гликопротеина хорионгонадотропина- PAPP/Free hCGβ Dual DBS assay и альфа-протеиновый анализ- hAFP/Free hCGβDual в сыворотке периферической крови определяли методом твердофазного

иммуноферментного анализа с использованием тест-систем «DELFLIA/Auto DELFLIA» (Finlandia, PerkinElmer). Количественную оценку результатов проводили методом построения калибровочной кривой, отражающей зависимость оптической плотности от концентрации для стандартного антигена и позволяющих сравнение с ним исследуемых образцов.

Для проведения ПЦР выделение ДНК проводили использованием тест-систем компании ROSSA (Ташкент) MegaSorbNA. Для определения TORCH инфекций и COVID-19 использовали стандартные тест-системы компании ROSSA (Ташкент) ROSSAmed COVID-19 RT-PCR, ROSSA med Herpes Simplex Virus<sup>1/2</sup> и набор реагентов компании VECTOR BEST, Россия «РеалБест ДНК ЦМВ/ВПГ-1,2», «РеалБест ДНК Rubella».

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерной программы Statistica 6.0.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Проведенный анализ встречаемости наследственных патологий у беременных женщин показал, что в 2021 г. всего по Самаркандской области выявлено 118 случаев врожденных аномалий новорожденных детей, по сравнению с показателями всех родивших женщин. Виды врожденных патологий представлены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, из 118 врожденных дефектов самые высокие частоты заболевания приходятся на генетические заболевания заячьей губа и синдром Дауна. Из 118 обследованных врожденных патологий заболеваемость заячьей губой и волчьей пастью наблюдалась у 38 детей, из них волчья пасть в сочетании с заячьей губой – у 10, только заячья губа – у 20, только волчья пасть – у 8 детей. Синдром Дауна выявлен у 8 детей. Проведенный анализ данных показывает неродственные отношения родителей у детей с врожденными патологиями. Также было выявлено, что чаще всего волчья пасть в сочетании с заячьей губой встречалась у детей, рожденных в Нарпайском районе Самаркандской области. У детей, рожденных с заячьей губой, также у родителей не фиксированы родственные отношения, и данная врожденная патология была обнаружена со средними показателями в Пастдаргомском районе – 3, Нурабадском – 3, в Пайарыкском – 3, в Самаркандском районе – 3, в Джамбайском – 5, в Самарканде – 3, в Нарпайском районе – 3, в Иштиханском – 2, в Ургутском – 1. И самые высокие показатели были у детей, рожденных в Джамбайском районе.

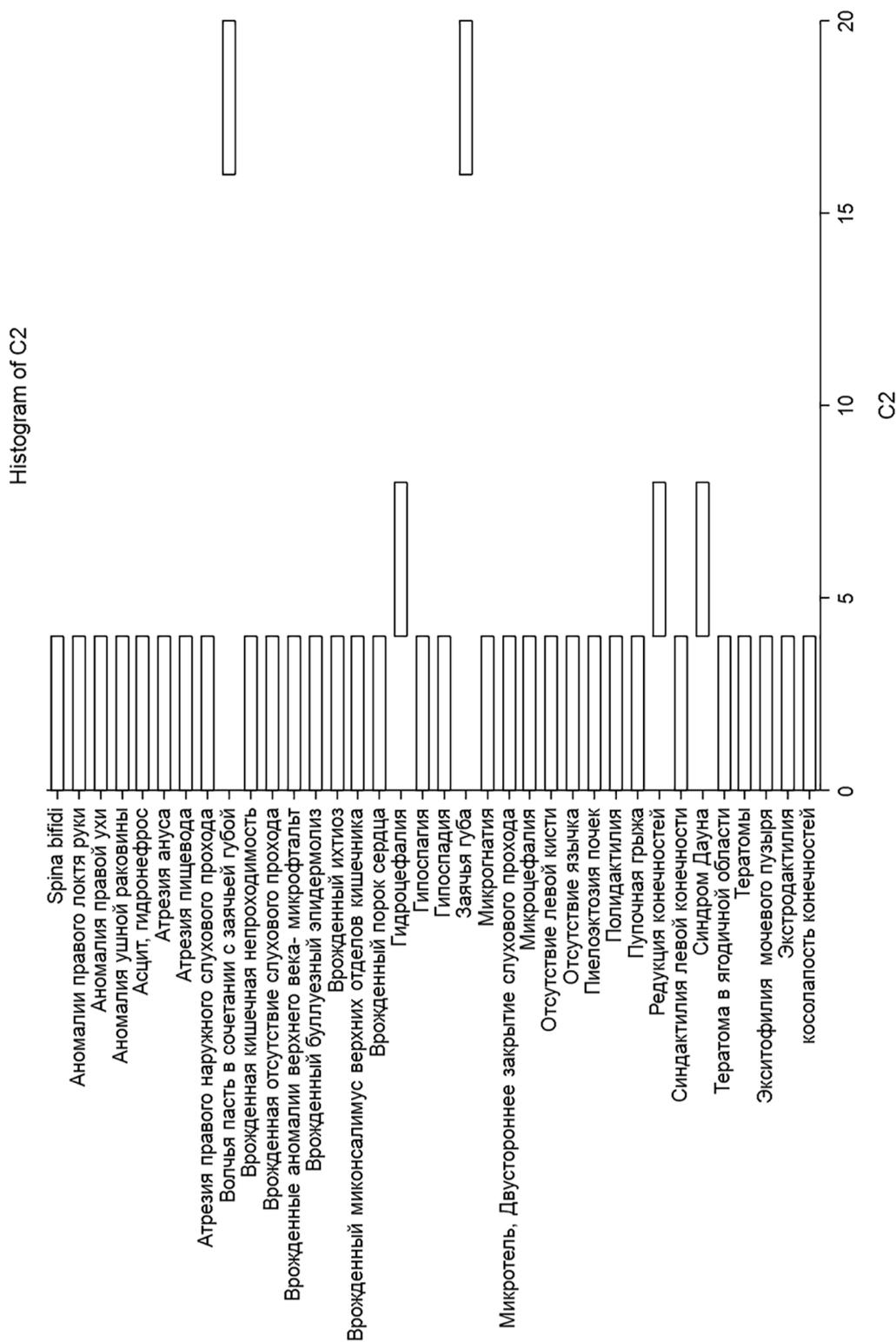


Рис. 1. Частота встречаемости врожденных патологий у детей Самаркандской области за 2021 г.

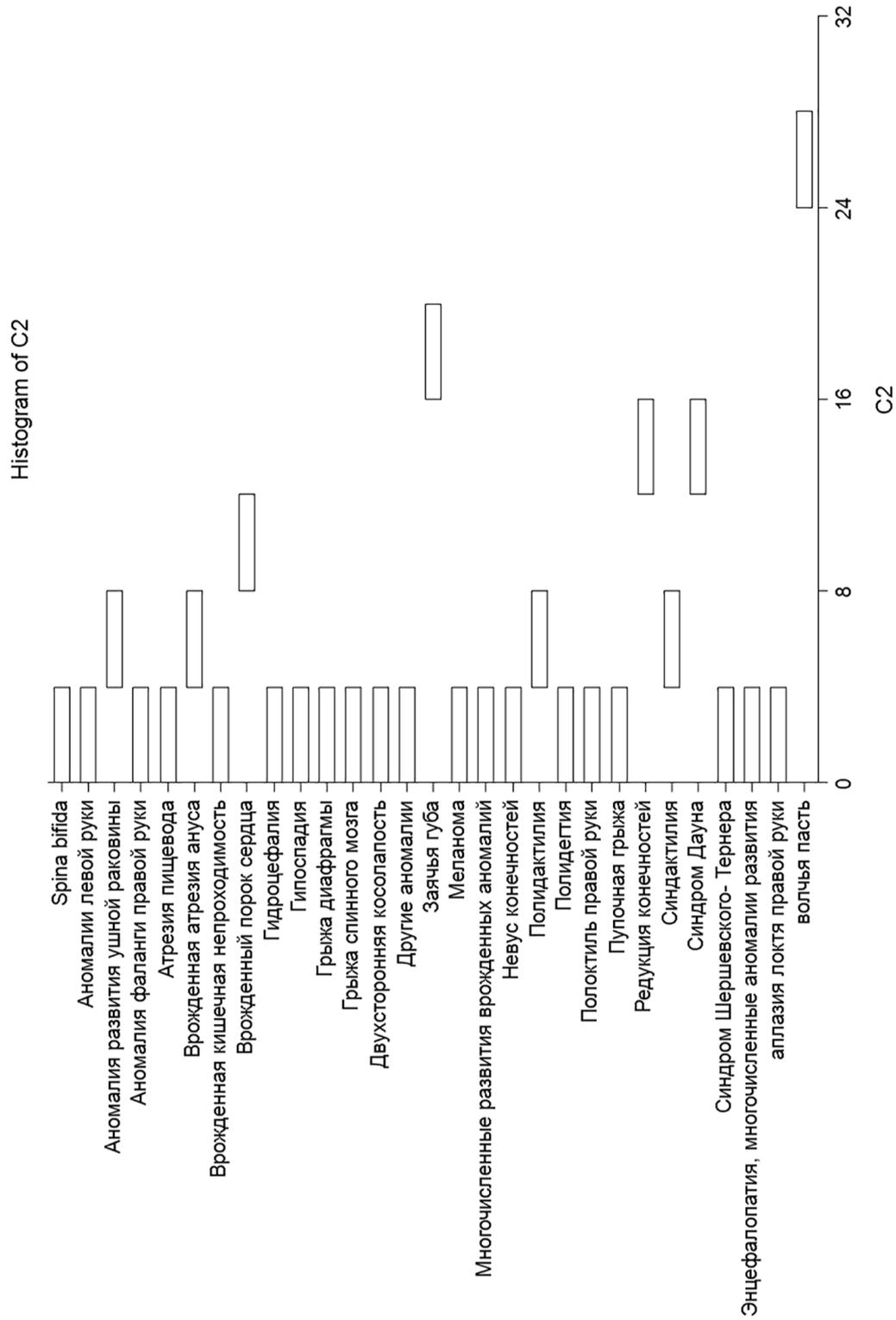


Рис. 2. Частота встречаемости врожденных патологий у детей Самаркандской области за 2022 г.

Исследование анализа статистических данных по встречаемости случаев врожденной патологии гидроцефалии у новорожденных показывают единичные случаи в Урутском, Самаркандском, в Джамбайском, и Кушрабадском районах и в Самарканде. Высокая частота встречаемости синдрома Дауна приходится на Пайарыкский район и г. Самарканд, единичные случаи обнаружены в Пахтачинском районе. Двусторонняя косолапость также с высокой частотой встречается в г. Самарканде (3 из 4 случаев). Случаев микроцефалии обнаружено всего 4: 1 в г. Самарканде, 2 в Ургутском районе, и 1 в Акдарьинском районах. Аномалии развития конечностей и кисти рук являются актуальными среди врожденных патологий: за 2021 год обнаружено 7 случаев отсутствия левой кисти рук и редукции конечностей. Из них редукция конечностей чаще наблюдалась у новорожденных г. Самарканды (3 из 5 случаев). Также редукция конечностей выявлена у новорожденных Каттакурганского, Нурабадского, Пастдаргомского, Самаркандского районов. Анализ за 2022 г. показывает, что у всех обследованных родивших женщин выявлено 136 случаев врожденных патологий. Данные представлены на рис. 2.

По проведенному анализу статистических данных выявлена высокая частота встречаемости таких заболеваний, как синдром Дауна, редукция конечностей, заячья губа, увеличение среди новорожденных случаев врожденного порока сердца, волчьей пасти, случаев полидактилии. Анализ также показывает увеличение числа роста случаев аномалий развития ушной раковины, синдактилии, случаев двусторонней косолапости и врожденной атрезии ануса. Из рис. 2 видно, что по сравнению с 2021 г. в 2022 г. обнаружено увеличение числа заболеваемости синдромом Дауна в 2,5 раза, полидактилии в 2 раза, редукции конечностей в 2 раза, заячья губа встречалась реже, 17 случаев (в 2021 г. 20 случаев). Случаев волчьей пасти было в 3 раза больше, чем в 2021 г., синдактилии в 5 раз больше, аномалий ушной раковины больше, врожденных атрезий ануса в 2 раза больше, чем в 2021 г., врожденных пороков сердца было в 2,5 раза больше, чем в 2021 г.

В целях изучения влияния различных факторов на возникновение врожденных патологий у новорожденных было проведено исследование маркеров для диагностики хромосомных аномалий плода, преимущественно синдрома Дауна, синдрома Эдвардса, синдрома Патау, дефектов нервной трубки. Одним из таких маркеров является альфа-фетопротеин который относится к категории

онкоэмбриональных антигенов, то есть белков, которые в норме присутствуют только в эмбриональных тканях, тогда как во взрослых тканях выявляются только при наличии некоторых видов опухолей. Содержание АФП в ЖК меняется на разных сроках беременности. Повышение концентрации АФП в крови беременных женщин начинается с 10-й недели, максимальные значения регистрируются в сроке 32–34 недели, затем снижается уровень белка. АФП проникает через плацентарный барьер в организм матери, повышение концентрации белка в крови плода вызывает повышение его концентрации в крови беременной. Отклонения в развитии плода, в частности открытые дефекты нервной трубки, провоцируют повышенное выделение плазмы плода в амниотическую жидкость при увеличении содержания АФП в крови матери. Хромосомные нарушения, такие как синдром Дауна, сопровождаются снижением уровня АФП вследствие пороков развития мочевыделительной системы и желудочно-кишечного тракта.

Для изучения влияния вирусных инфекций на врожденные патологии у детей проведены биохимические исследования на содержание АФП в сыворотке крови беременных женщин. Проведенные исследования показали: у 67 женщин содержание АФП находилось на уровне контроля 1,24–1,98, у некоторых беременных содержание АФП превышало контрольный уровень в 3 раза, и у 10 женщин уровень АФП достоверно уменьшался почти в 6 раз по сравнению с контролем, что указывает на врожденные пороки развития, болезнь Дауна и Шерешевского – Тернера, а также предполагает угрозу прерывания беременности и спонтанные аборт. При обследовании беременных моложе 35 лет было выяснено, что на основании снижения уровня альфа-фетопротеина в сыворотке матери удается выявить примерно 20% случаев беременностей плодом с синдромом Дауна (табл. 1, рис. 3).

**Таблица 1**

Биохимические показатели уровня альфа-фетопротеина в сыворотке крови беременных женщин

Показатели	M±m	M±m (<)	M±m (>)
АФП, МоМ	1.676	3.944	0.384

Для выяснения влияния вирусных факторов у женщин с различными показателями АФП исследовали основные группы вирусов TORCH инфекции и в связи с распространенностью SARS-CoV-2 инфекции исследованы вирусные нагрузки у всех женщин с различными показателями АФП.

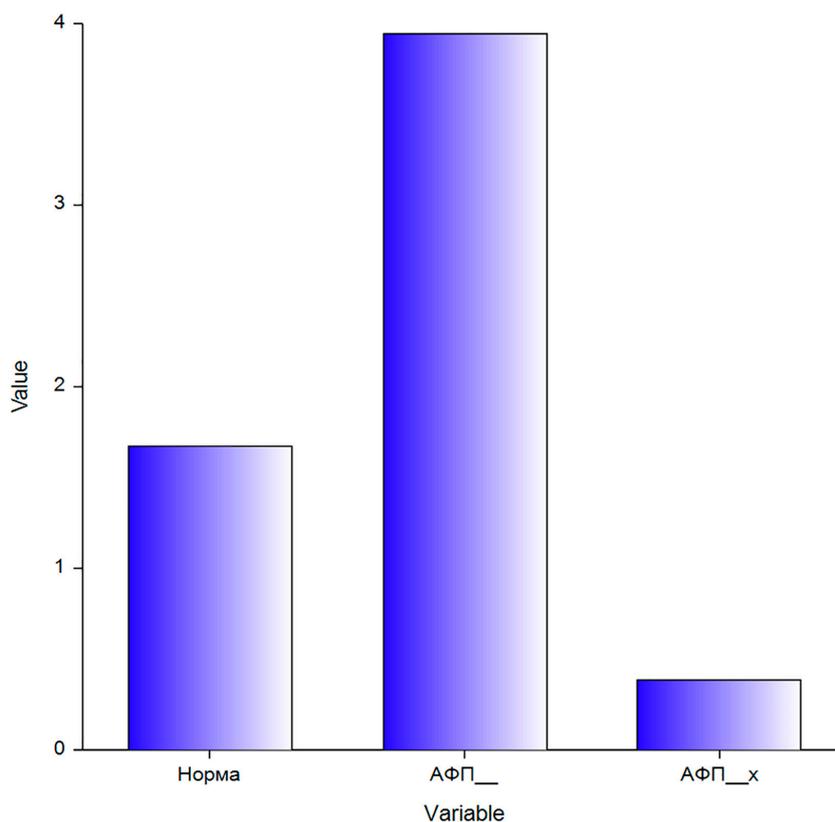


Рис. 3. Биохимические показатели альфа-фетопротейна в сыворотке крови беременных женщин

Как известно, существуют два метода определения антител-иммуноглобулинов к коронавирусу в организме человека – ИФА и ИХА. Это качественные методы, позволяющие определить наличие антител в организме. Иными словами, ответить на вопрос, есть они или нет. Определение количества антител позволяет определить, сформирован ли долговременный иммунитет, который может защитить организм от повторного заболевания.

Проведенные исследования показали, что у беременных женщин с низкими значениями АФП наблюдается значительное превышение содержания вируса в крови и увеличение содержания антигенов IgM и IgG в 2–2,5 раза больше по сравнению с контрольной группой беременных женщин (табл. 2).

Таким образом, иммунологические и биохимические исследования периферической крови беременных женщин с низкими содержаниями АФП, ЦМВ и ВПГ методом ИФА установили значительное превышение содержания вируса в крови и выявили увеличение содержания антигенов IgM и IgG в 2–3 раза больше по сравнению с контрольной группой беременных женщин, что достоверно показано на первом уровне достоверности (табл. 2, рис. 2).

Таблица 2

Показатели TORCH инфекций у обследованных женщин с низкими показателями АФП

Виды вирусов	Контрольная группа M±m, n=67	Группа риска M±m, n=10
ЦМВ	0,204±0,01	0,575±0,02*
ВПГ	0,190±0,01	0,604±0,03**
Rv	0,206±0,02	0,414±0,03*
SARS-CoV-2	24,3±1,2	35,69±2,4*

По результатам, представленным в табл. 2, видно, что у женщин с низкими содержаниями АФП наблюдается высокие показатели ЦМВ (0,575±0,02, 0,204±0,01,  $p \geq 0,05$ ) по сравнению с беременными женщинами с низкими показателями ЦМВ. Самый высокий показатель ВПГ наблюдался у женщин с низкими содержаниями АФП (0,604±0,03, 0,190±0,01,  $p \geq 0,01$ ). Результаты ПЦР также показывает о высоких титрах у групп женщин с низким содержанием АФП и высокие показатели вирусной нагрузки ЦМВ, ВПГ и Rv перенесших SARS-CoV-2 (табл. 3).

Исследование антител к SARS-CoV-2 у беременных женщин показали, значительное повышение антител к коронавирусу, что еще раз доказывает влияние вирусной нагрузки на развитие плода.

По представленным рис. 4 и 5 видно, что в сочетании вирусной нагрузки при ЦМВ/ SARS-CoV-2 и Rv/ SARS-CoV-2 показатель SARS-CoV-2 представлен выраженными значениями, и интересно провести дополнительный анализ в группах с данными сочетаниями.

Таким образом, представлены результаты анализа данных официальной статистики по

заболеваемости вирусными инфекциями в Самарканде за 2021–2022 гг.

**Таблица 3**

Показатели ПЦР TORCH инфекций у обследованных женщин

№	Виды вирусов	M ±m, n=10
1	ЦМВ, МЕ/ml	4,1±0,4
2	ВПГ, МЕ/ml	5,2±0,5
3	Rv, МЕ/ml	5,0±0,4
4	SARS-CoV-2	4,8±0,4

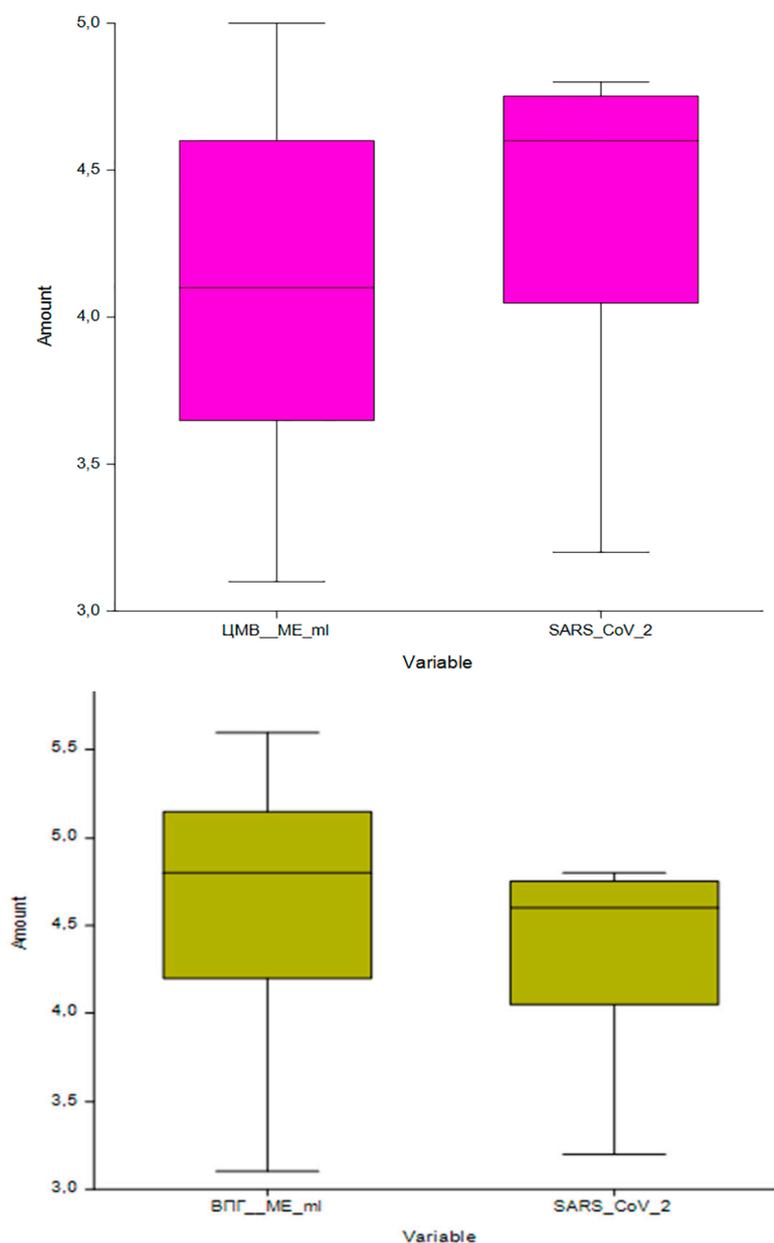


Рис. 4. Сочетание вирусной нагрузки TORCH и SARS-CoV-2 у беременных женщин (ЦМВ/SARS-CoV-2, ВПГ/SARS-CoV-2)

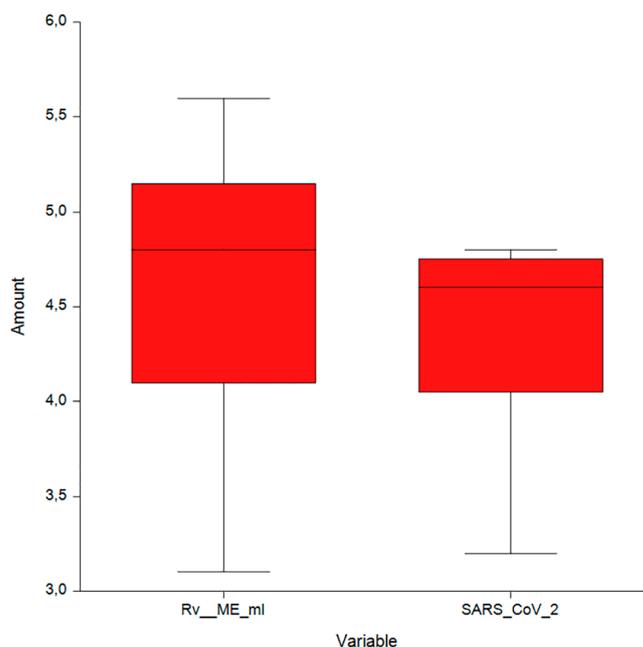


Рис. 5. Сочетание вирусной нагрузки TORCH и SARS-CoV-2 у беременных женщин (Rv/SARS-CoV-2)

Проведен анализ биохимических показателей на содержание альфа-фетопротеина в крови беременных женщин, указывающий на врожденные пороки развития, а также предполагающий угрозу прерывания беременности и спонтанные аборт. Исследование генетических особенностей группы вирусов: цитомегаловируса, вируса простого герпеса, вируса краснухи, SARS-CoV-2 – в формировании наследственной патологии у детей свидетельствует о влиянии коронавирусной инфекции на течение беременности, процессы выкидышей и мертворождаемости, появление врожденных патологий, что подтверждает высокую актуальность проблемы состояния здоровья детей, родившихся от матерей, перенесших COVID-19 в разные сроки беременности. Проведенные иммунологические и биохимические исследования периферической крови беременных женщин больных ЦМВ и ВПГ краснухи и коронавируса методом ИФА установили значительное превышение содержания вируса в крови с увеличением содержания антител IgM и IgG в 2–3 раза, а коронавирусной инфекции – антител класса IgM в 1,5 раза больше у женщин с низкими содержаниями АФП по сравнению с контрольной группой беременных женщин. Использование методов ПЦР для исследования плазмы крови и мазков из носоглотки беременных женщин с низкими содержаниями АФП показывают о наличии цитомегаловирусной инфекции, вируса простого герпеса, краснухи и SARS-CoV-2.

#### Список литературы

1. Абатуров А.Е., Агафонова Е.А., Кривуша Е.Л., Никулина А.А. Патогенез COVID-19 // Здоровье ребенка. 2020. Т. 15, № 2. С. 133–144.
2. Zimmermann P., Curtis N. COVID-19 in children, pregnancy and neonates: a review of epidemiologic and clinical features // *Pediatr. Infect. Dis. J.* 2020. Vol. 39, Is. 6. P. 469–477.
3. Белокриницкая Т.Е., Артымук Н.В., Филиппов О.С., Фролова Н.И. Клиническое течение, материнские и перинатальные исходы новой коронавирусной инфекции COVID-19 у беременных Сибири и Дальнего Востока // *Акушерство и гинекология.* 2021. № 2. P. 48–54.
4. Косолапова Ю.А., Морозов Л.А., Инвиева Е.В., Макиева М.И., Зубков В.В., Дегтярев Д.Н. Влияние COVID-19 на исходы беременности и состояние новорожденных (обзор литературы) // *Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение.* 2021. Т. 9, № 4. С. 63–70.
5. Кистенева Л.Б. Цитомегаловирусная инфекция-проблема в перинатальной патологии: классификация, клинические проявления, дифференциальный диагноз, лечение, профилактика // *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* 2003. № 5. С. 51–56.
6. Беженарь В.Ф., Зазерская И.Е., Беттихер О.А., Нестеров И.М., Баутин А.Е. Спорные вопросы акушерской тактики при ведении беременности и родоразрешении пациенток с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 // *Акушерство и гинекология.* 2020. № 5. С. 13–21. DOI: 10.18565/aig.2020.5.13-21.
7. Припутневич Т.В., Гордеев А.Б., Любасовская Л.А., Шабанова Н.Е. Новый коронавирус SARS-CoV-2 и беременность: обзор литературы // *Акушерство и гинекология.* 2020. № 5. С. 6–12. DOI: 10.18565/aig.2020.5.6-12.
8. Припутневич Т.В., Гордеев А.Б., Любасовская Л.А., Шабанова Н.Е. Новый коронавирус SARS-CoV-2 и беременность: обзор литературы // *Акушерство и гинекология.* 2020. № 5. С. 6–12. DOI: 10.18565/aig.2020.5.6-12.
9. Душанова Г.А., Кан С.В., Бердиева Е.В., Хаджаева Ф.З. Влияние вирусных инфекций на развитие наследственных патологий у детей // *Биотехнологии и безопасность в техносфере: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (11–12 апреля 2023 г.). СПб., 2023. 276 с.*

УДК 581.41:58.087(575.2)(04)

## БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ ТОПИНАМБУРА В ЧУЙСКУЮ ДОЛИНУ КЫРГЫЗСТАНА

Долотбаков А.К., Шалпыков К.Т., Тургунбаев Э.К.

*Институт химии и фитотехнологий Национальной академии наук Кыргызской Республики,  
Бишкек, e-mail: alhor6464@mail.ru*

Впервые в условиях Чуйской долины Кыргызской Республики представлены данные биометрических показателей шести интродуцированных сортов топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.): «Бланк», «Интерес», «Ленинградский», «Салатный», «Француз фиолетовый» и «Находка». Исследования показали, что все сорта отличались, в зависимости от почвенно-климатических условий года наблюдались разные уровни показателей количества листьев на один куст, их ширины, длины и площади листовой поверхности; количества стеблей на один куст и их высоты, диаметра в начале, середине и конце побега, а также ширины и длины клубней, количества маленьких, средних и крупных фракций клубней и их массы. Максимальный прирост в порядке 415–440 см имели сорта «Находка», «Интерес», «Француз фиолетовый» и «Ленинградский». Остальные два сорта, «Салатный» и «Бланк», имели максимальную высоту 376–390 см. Все изученные сорта независимо от продолжительности вегетации продолжали расти до прекращения вегетации и усыхания листьев и стеблей. Исходя из имеющихся данных, по урожайности надземных и подземных органов была вычислена общая биомасса одного растения по сортам. По этим показателям максимальная продуктивность была у сортов «Бланк» и «Ленинградский»: 6341–6347 г. Относительно низкая продуктивность среди изученных сортов оказалась у сорта «Француз фиолетовый» – 5097 г. Остальные три сорта имели общую продуктивность от 5214 до 5957 г.

**Ключевые слова:** топинамбур, биометрические показатели, площадь листьев, фракционный состав клубней, количество стеблей, междоузлия, масса, урожайность

## BIOMETRIC INDICATORS OF INTRODUCED JERUSALEM ARTICHOKE VARIETIES IN THE CHUI VALLEY OF KYRGYZSTAN

Dolotbakov A.K., Shalpykov K.T., Turgunbaev E.K.

*Institute of Chemistry and Phytotechnology of the National Academy of Sciences  
of the Kyrgyz Republic, Bishkek, e-mail: alhor6464@mail.ru*

This article presents for the first time in the conditions of the Chui Valley of the Kyrgyz Republic the data of biometric indicators of six introduced varieties of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.): Blank, Interest, Leningrad, Salad, Frenchman purple and Nakhodka. Studies have shown that all varieties differed depending on the soil and climatic conditions of the year in different levels of indicators: the number of leaves per bush, their width, length and leaf surface area; the number of stems per bush and their height, diameter at the beginning, in the middle and at the end of the shoot, as well as the width and length of the tubers, the number of small, medium and large fractions of tubers and their mass. The maximum increase in the order of 415–440 cm was in the varieties Nakhodka, Interest, Frenchman violet and Leningradsky. The other two varieties, such as Salad and Blank, had a maximum height of 376–390 cm. All the studied varieties, regardless of the duration of vegetation, continued to grow until the end of vegetation and the drying of leaves and stems. Based on the available data on the yield of aboveground and underground organs, the total biomass of the 1st plant by variety was calculated. According to these indicators, the maximum productivity was in the varieties Bank and Leningradsky: 6341–6347. The French purple variety turned out to be relatively low among the studied varieties – 5097 g. The remaining 3 varieties had a total productivity from 5214 to 5957 g.

**Keywords:** jerusalem artichoke, biometric indicators, leaf area, number of stems, fractional composition of tubers, internodes, weight, yield

В последнее время очень пристальное внимание многих исследователей обращается к особенностям роста развития растений в различных местообитаниях, особенно аридных и семиаридных областях, при интродукции растений. К таким растениям относится и топинамбур. В литературе широко обсуждается влияние засушливых местообитаний на биоморфологические и анатомические особенности растений топинамбура в процессе вегетации в зависимости от почвенно-климатических условий года.

Во всем мире топинамбур возделывается на площади более 2,5 млн га, валовой сбор его клубней составляет более 70 млн т, там, где его площади достигают 250 тыс. га, сбор урожая – 7,5 млн т. В США площади под топинамбуром с 1981 по 1990 г. выросли с 400 га до 700 тыс. га, сбор урожая составляет 28 млн т. В Германии, Польше, Венгрии его выращивают главным образом как кормовую культуру для выпаса и откорма свиней. Значительные площади занимает топинамбур в скандинавских странах, Англии, Японии, КНР, странах Малой Азии.

В Австрии эта культура занимает площадь в 130 тыс. га [1, 2].

Одной из задач интродукционных исследований является исследование динамики роста и развитие новых для растения местобитаний, в зависимости от экологических и метеорологических факторов, что позволяет установить степень соответствия новых условий биологическим потенциалам изучаемых интродуцируемых растений. Все эти исследования хода и полноты ритмов сезонного развития позволяют обнаружить взаимосвязи между внешними и внутренними факторами среды, что в конечном итоге дает предпосылки определения экологической пластичности тех или иных исследуемых растений.

Основной целью исследования явилось интродукционное изучение сортообразцов топинамбура по биометрическим показателям надземных и подземных органов в зависимости от почвенно-климатических условий года.

#### Материалы и методы исследования

Определение биометрических показателей интродуцированных сортов топинамбура было проведено по методике В.И. Старовойтов и соавт. [3], специально разработанных для топинамбура. Изучены биометрические показатели ранее районированных авторами статьи в Чуйскую долину Кыргызстана шести сортов топинамбура: «Бланк», «Интерес», «Ленинградский», «Салатный», «Француз фиолетовый» и «Находка» [4]. Авторами в ходе изучения физиологических и биохимических показателей топинамбура в условиях Чуйской долины были опубликованы данные в различных периодических изданиях [5].

#### Результаты исследования и их обсуждение

В исследованиях интродукции различных сортов топинамбура авторы большое внимание уделяли биометрическим показателям надземной (стебель, листья) и подземной (клубни) частей. Эти параметры напрямую влияют на общую продуктивность и на качественные показатели зеленой массы и клубней для их использования в различных целях (кормопроизводство, пищевая, фармацевтическая и техническая промышленность). Как видно из данных рис. 1, практически все изучаемые авторами сорта топинамбура в начале вегетации (март – май) имели прирост побегов в пределах 150–200 см, и сорта не отличались и по дружности всходов. Начиная с конца мая между максимальными и минимальными значениями высоты побегов сортов

разница была незначительна. Так, к концу вегетации (конец сентября) разница в зависимости от сортовых особенностей колебалась от 25–30 до 55–60 см.

При этом максимальный прирост порядка 415–440 см имели сорта «Находка», «Интерес», «Француз фиолетовый» и «Ленинградский». Остальные два сорта, такие как, «Салатный» и «Бланк», имели максимальную высоту 376–390 см. Все изученные сорта независимо от продолжительности вегетации продолжали расти до прекращения вегетации и усыхания листьев и стеблей.

Проведенные К. Партоевым и Н.Х. Сайдалиевым исследования в условиях Гиссарской долины Таджикистана (на высоте 840 м над уровнем моря) показали, что динамика роста и развития топинамбура во всех вариантах опыта была одинаковой [6]. С начала августа в результате полива наблюдается резкое повышение роста растений, в июне по высоте растений между вариантами опыта разности не наблюдалось. С начала июля высота растений в варианте с поливом без тени увеличивается и продолжает увеличиваться до конца вегетации, достигая 293 см. Высота растений в вариантах в тени значительно меньше (67 см), чем при вариантах без тени – без полива (97 см, 30–49%) и в варианте с поливом (в 3–5 раз). По-видимому, тень дерева отрицательно сказывается на росте и развитии растений топинамбура, а орошение способствует значительному усилению роста растений почти в течение всего вегетационного периода.

На рис. 2 представлены данные динамики роста максимальных и минимальных значений высоты побегов различных сортов топинамбура в среднем трех вегетационных сезонов, выраженных в сантиметрах. Биометрические показатели высоты стеблей сортов топинамбура практически по годам не отличались, колеблясь незначительно.

Высота стеблей, количество листовых пластинок и возможности образования боковых ветвей также изучались в ходе исследования (рис. 2).

В зависимости от природно-климатических условий года сорта топинамбура варьировали значительно. Так, сорт «Француз фиолетовый» имел высоту от 3,2 до 4,8 м (средняя высота за 3 года 4,07 м), у сорта «Бланк» высота варьировала от 3,9 до 4,1 м (средняя высота за 3 года 4,1 м). У сорта «Ленинградский» высота колебалась от 4,16 до 4,47 м (средняя высота за 3 года 4,41 м), у сорта «Салатный» – 3,76–4,7 м (средняя высота за 3 года 4,09 м), «Находка»: 4,15–4,5 м (средняя высота за 3 года 4,3 м). «Интерес»: 4,4–4,6 м (средняя высота за 3 года 4,52 м).

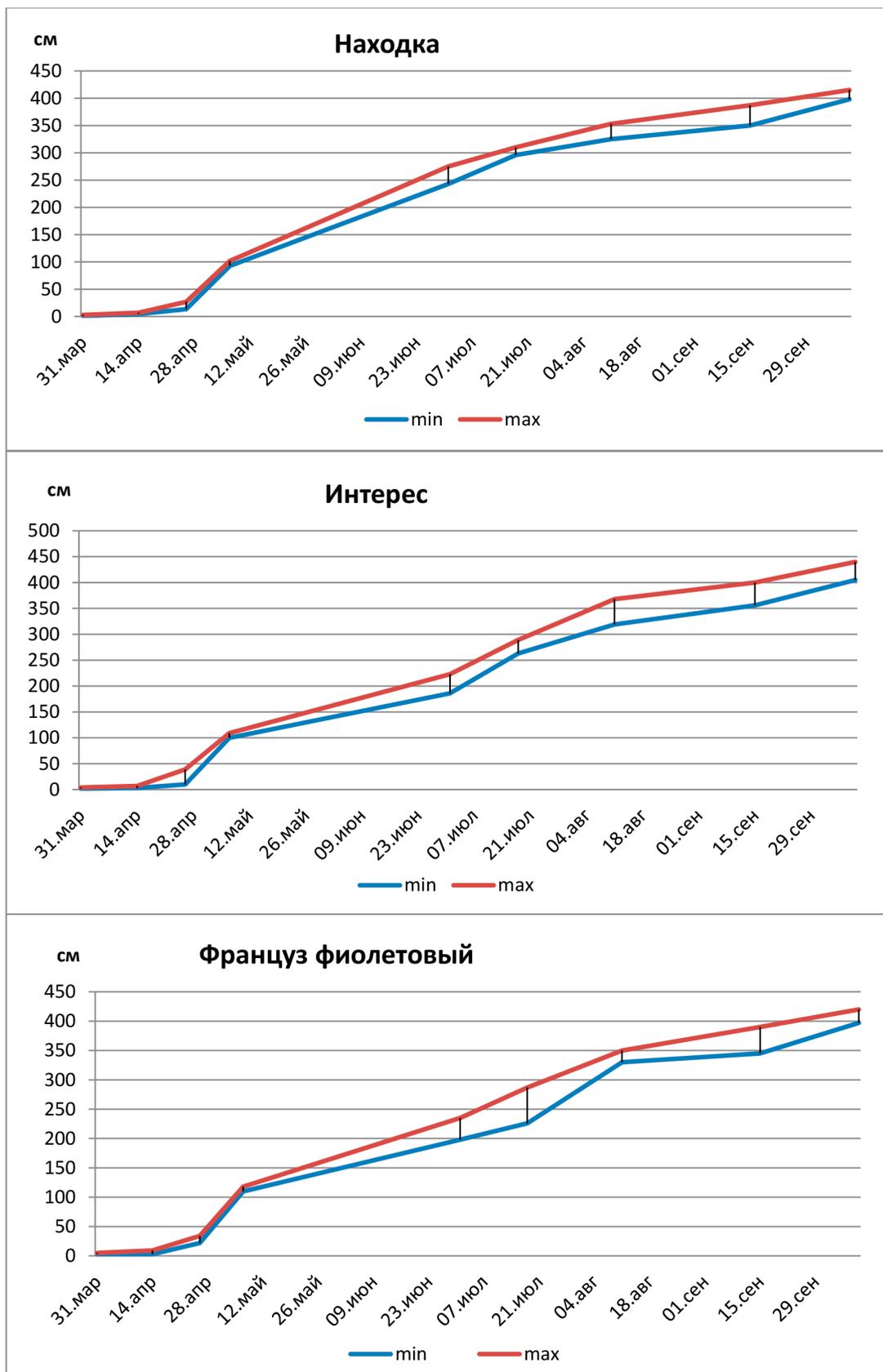
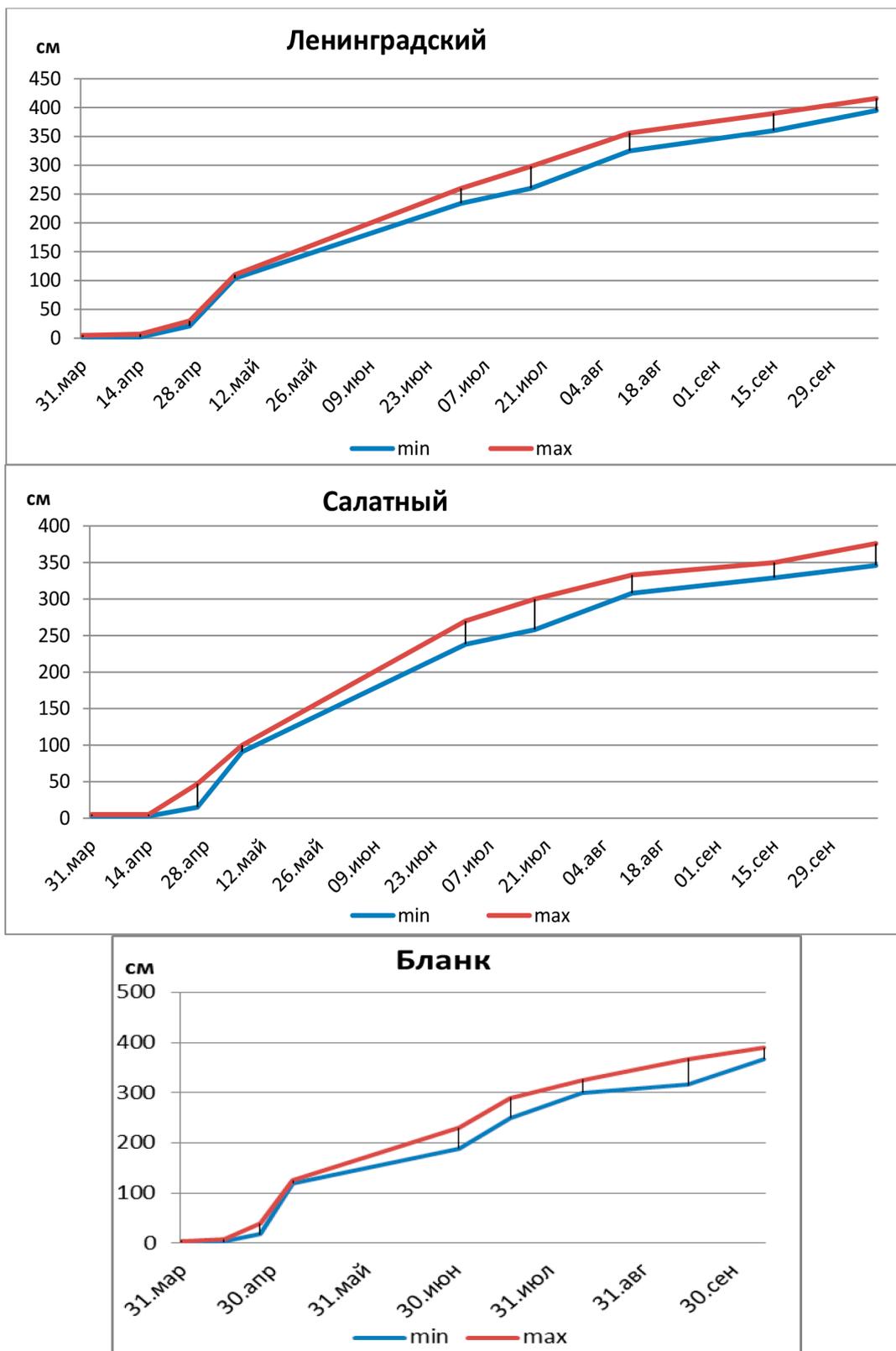


Рис. 1. Максимальная и минимальная высота побегов различных сортов топинамбура в течение вегетации, в см



Продолжение рис. 1. Максимальная и минимальная высота побегов различных сортов топинамбура в течение вегетации, в см

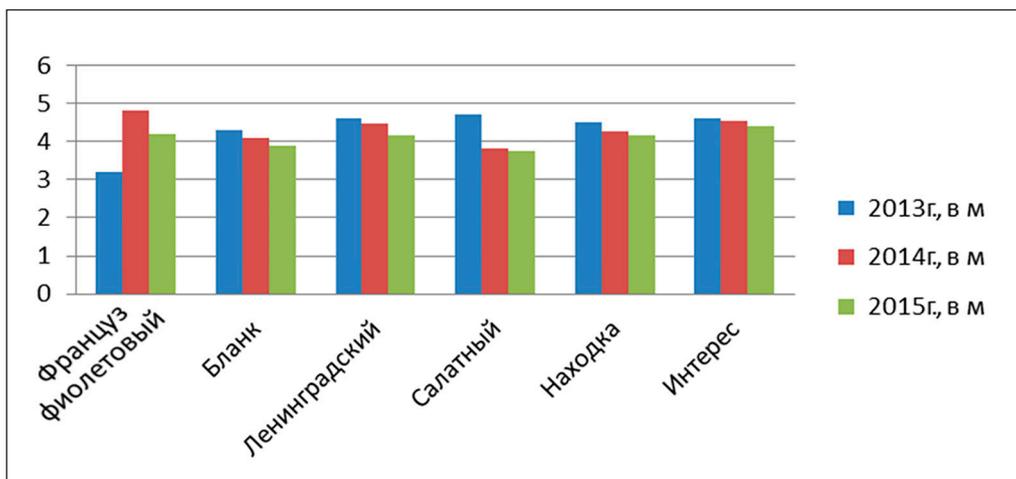


Рис. 2. Высота стеблей различных сортов топинамбура в среднем за три вегетационных сезона, в шт.

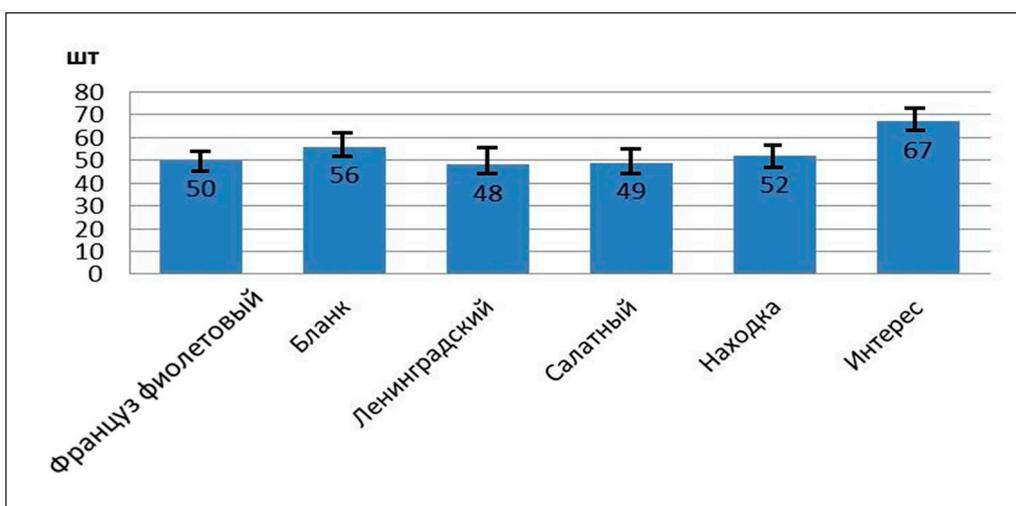
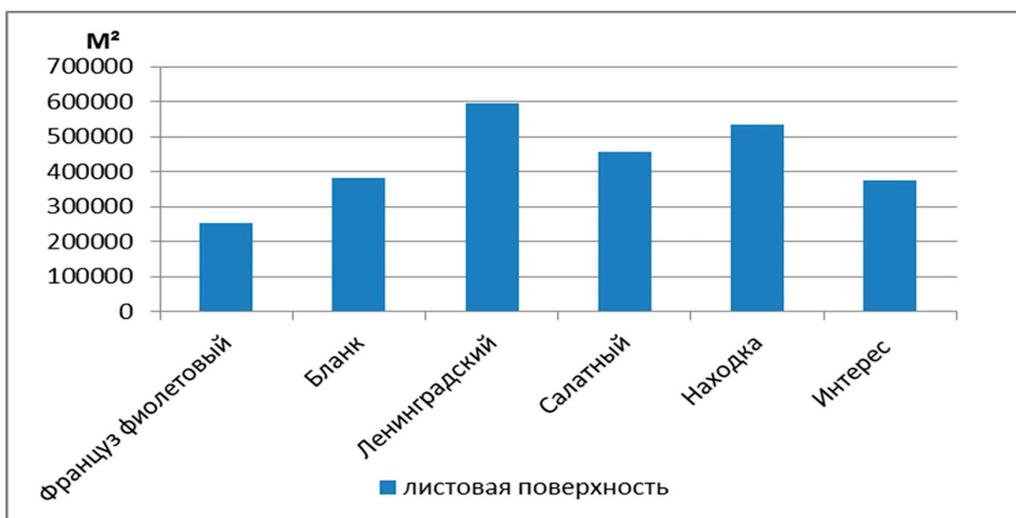


Рис. 3. Количество листовых пластинок и общая листовая поверхность различных сортов топинамбура в среднем за три вегетационных сезона, в шт./м²

Таким образом, максимальный прирост высоты стеблей в среднем за 3 года имел сорт «Интерес» (4,52 м), после сорт «Ленинградский» (4,41 м), затем сорт «Находка» (4,3 м). У сортов «Француз фиолетовый», «Салатный» и «Бланк» показатели высоты стебля от 4,07 до 4,1 м. В целом все изученные сорта топинамбура в среднем за 3 года исследований имели среднюю высоту стеблей выше 4 м (минимум 4,07 м, максимум 4,52 м).

Исследования показали, что у сорта топинамбура «Интерес» в среднем за три года количество листьев на одном стебле было больше всего (67 шт.), в отличие от других изученных 5 сортов (от 48 до 56 шт.) (рис. 3). Количество листьев и их площадь являются интегрированным показателем, влияющим на общую продуктивность и на выход качественной товарной продукции: клубней и общей зеленой массы.

На рис. 3 приведены данные по площади листовой поверхности различных сортов топинамбура с 1 га в среднем за три сезона, выраженной в м<sup>2</sup>. Максимальная площадь листовой поверхности обнаружена у сорта «Ленинградский» (596160 м<sup>2</sup> с 1 га), затем у сортов «Салатный» и «Находка» (от 456876 до 535080 м<sup>2</sup> с 1 га), у сортов «Интерес» и «Бланк» – 374898,5–380800 м<sup>2</sup> с 1 га соответственно. Самая малая листовая поверхность у сорта «Француз фиолетовый» – 252000 м<sup>2</sup> с 1 га, что на 42,27% ниже, чем у сорта «Ленинградский». В среднем у всех изученных сортов листовая поверхность составила 432635,75 м<sup>2</sup> с 1 га.

Как видно из рис. 4, сорта топинамбура отличались в условиях Чуйской долины и по количеству стеблей на 1 м<sup>2</sup> в течение

трехлетних наблюдений. Максимальное количество клубней у сортов «Ленинградский» и «Бланк» – 161–164 шт., затем с количеством 127 шт. среднее положение занимает сорт «Находка». Сорта «Салатный» и «Интерес» имели 107–109 клубней с 1 м<sup>2</sup>. По литературным данным исследуемые сорта топинамбура также отличаются по расстоянию между узлами в начале, середине и в конце стебля (рис. 5). В нижней части стебля листья расположены на расстоянии от 15–16 до 19–22 см друг от друга.

По данному показателю сорта также отличались: максимальное расстояние было у сортов «Ленинградский», «Салатный», «Бланк» и «Француз фиолетовый». У сортов «Интерес» и «Находка» листья расположены в нижней части ближе, чем у других сортов. В средней части листья всех шести сортов расположены ближе, от 6 до 9 см, а в конце стебля еще ближе, 4–6 см, и практически не отличаются по сортам. Это говорит о том, что рост побегов идет снизу вверх и концу вегетации удлинение стебля замедляется значительно, по сравнению с летними месяцами.

На рис. 6 приведены данные по диаметру стебля в нижней, средней и верхней частях к концу вегетации. Максимум около 3 см в нижней части стебля и сорта «Салатный», 2,6 см – у сортов «Интерес», «Ленинградский» и «Француз фиолетовый». Сорт «Бланк» – 2,1 см и самый малый у сорта «Находка» – 2,0 см. В средней части стебля диаметр стебля по сравнению с основанием уменьшается незначительно (11,54–15,38%) у сортов «Интерес», «Француз фиолетовый» и «Ленинградский» и на 25 и 30,43% у сортов «Находка», «Салатный» и «Бланк».

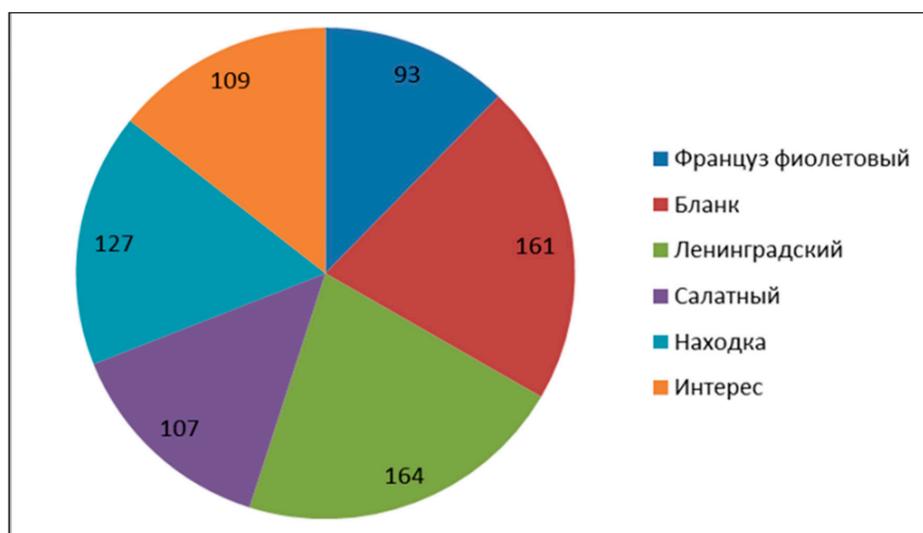


Рис. 4. Количество стеблей различных сортов топинамбура в среднем за три года наблюдений на 1 м<sup>2</sup>, шт.

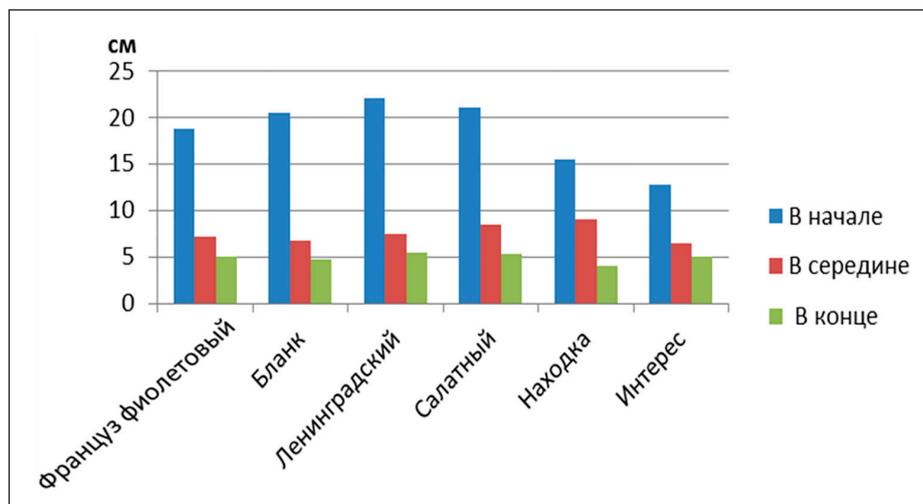


Рис. 5. Расстояние между узлами различных сортов топинамбура в начале, середине и конце стебля, в см

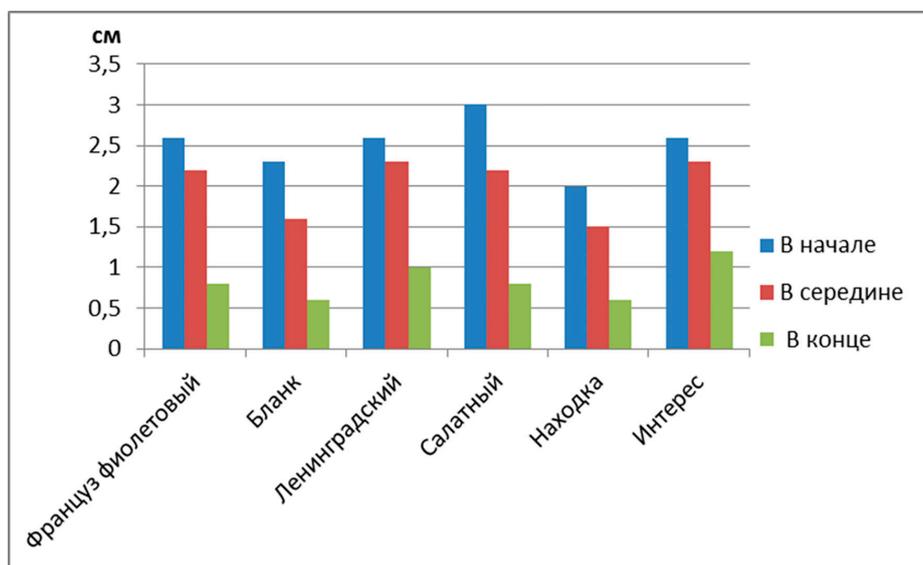


Рис. 6. Диаметр стеблей различных сортов топинамбура в начале, середине и конце стебля, в см

К верхушке по сравнению со средней частью процент уменьшения диаметра стебля у всех изученных сортов топинамбура значительный, что составляет 0,6 см (сорта «Находка» и «Бланк»), 0,8 см (сорта «Француз фиолетовый», и «Салатный»), 1–1,2 см сорта «Ленинградский» и «Интерес» соответственно.

Таким образом, представленные данные показывают, что сорта скороспелые («Находка», «Бланк») и среднеспелые («Салатный») значительно уменьшают диаметр стебля к верхушке стебля, по сравнению с позднеспелыми сортами («Интерес», «Ленинградский» и «Француз фиолетовый»).

Как видно из рис. 7, изученные сорта топинамбура имели в структуре урожая различные калибры клубня (крупные, средние и мелкие). Так, крупные клубни в длину от 8,6 до 10 см отмечались у сортов «Француз фиолетовый», «Бланк», «Интерес», «Ленинградский» и «Находка». У сорта «Салатный» длина клубней не превышала 8 см. Ширина крупных клубней была от 5,7 до 6,8 см у сортов «Француз фиолетовый», «Бланк», «Интерес». Сорта «Находка», «Ленинградский» и «Салатный» – соответственно от 4,5 до 5,5 см.

Фракции клубней среднего размера имели длину минимум 4,7 см у сорта «Ин-

терес» до 7,3 максимум у сорта «Француз фиолетовый». Остальные сорта находятся в пределах этих величин. По ширине клубня: минимум 3,1 см у сорта «Бланк», максимум 3,8 см у сорта «Француз фиолетовый».

Мелкие фракции клубней по длине минимальны у сорта «Находка» – 2,6 см, максимальны у сорта «Француз фиолетовый» – 3,8 см. Сорта также отличались и по ширине столонов: минимальная у сортов «Находка»

и «Интерес» – 1,9 см, максимальная у сорта «Бланк» – 2,6 см.

Таким образом, у изученных авторами сортообразцов топинамбура в условиях Чуйской долины Кыргызстана наблюдаются разные показатели по таким биометрическим признакам, как высота растений, масса стеблей и листьев, масса корней, масса клубней, количество клубней на растении и общая биомасса растений.

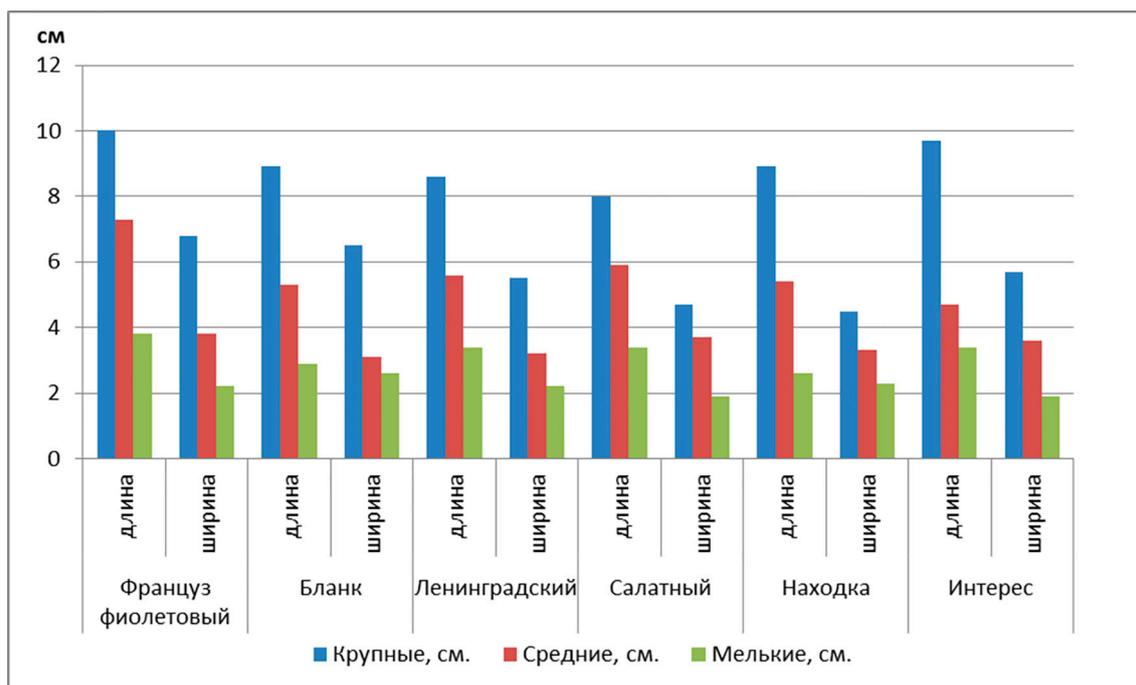


Рис. 7. Соотношение длины и ширины различных фракций клубней топинамбура в годы исследований, в см

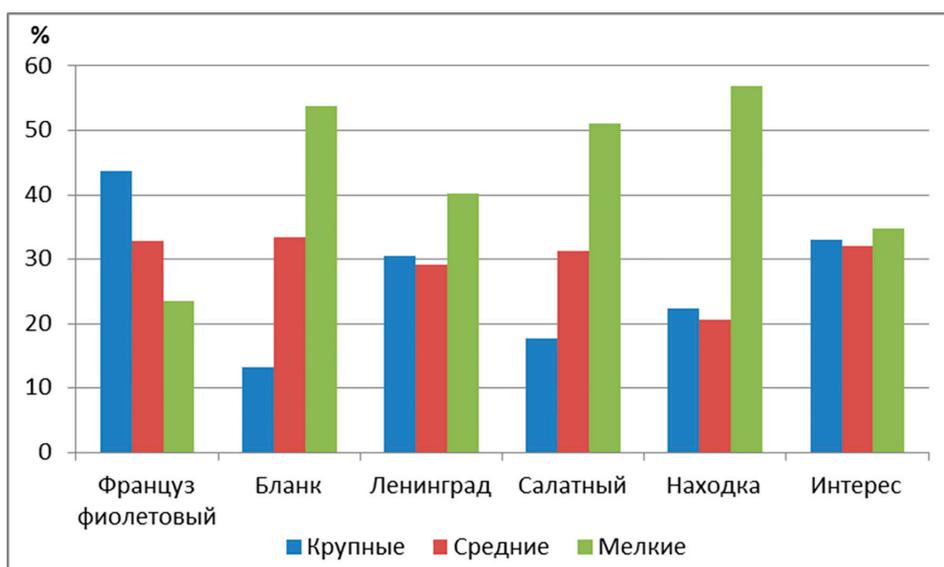


Рис. 8. Фракционный состав клубней различных сортов топинамбура в годы исследований, %

По признаку массы листьев и стеблей максимальные значения имели сорта «Ленинградский» и «Интерес» – 3000 г/растение. Среднее положение по массе листьев занимал сорт «Находка» с показателями 2600 г/растение. Остальные четыре сорта: «Салатный», «Француз фиолетовый» и «Бланк» – имели от 2100 до 2200 г/растение.

При изучении массы корневой системы было отмечено, что максимальная масса корней зафиксирована у сортов «Ленинградский» и «Бланк» – 1400–1500 г/растение соответственно, затем чуть меньше (1300–1350 г/растение) имели массу корней сорта «Француз фиолетовый» и «Салатный». «Интерес» и «Находка» имели массу корней 1100–1150 г/растение.

Среди изученных сортов топинамбура по количеству клубней на одно растение лидирует сорт «Бланк» (75 шт.), от 48 до 51 шт. – у сортов «Ленинградский» и «Салатный», у сортов «Находка» и «Интерес» – 38–39 шт. Низкое значение отмечено у сорта «Француз фиолетовый» (21 шт.), что по сравнению с сортом «Ленинградский» на 72% меньше клубней на одно растение.

Сорта также отличались и по выходу массы клубней из одного растения. Так, максимальная масса была зафиксирована у сорта «Бланк» (2641 г.), средняя – у сортов «Интерес», «Находка», «Ленинградский» и «Салатный» (1797–1949 г.). Самый меньший объем массы клубней у сорта «Француз фиолетовый» – 1647 г (рис. 8).

Исходя из имеющихся данных по урожайности надземных и подземных органов, была вычислена общая биомасса одного растения по сортам. По этим показателем максимальная продуктивность была у сортов «Бланк» и «Ленинградский» – 6341–6347 г. Относительно низкая среди изученных сортов урожайность оказалась у сорта «Француз фиолетовый» – 5097 г. Осталь-

ные сорта имели общую продуктивность от 5214 до 5957 г.

Таким образом, средние значения продуктивности у изученных сортов: они имеют высокую урожайность как надземных органов (2508,3 г/растение), так и подземных органов (1942,5 г/растение) и общую биомассу 5617,5 г/растение.

### Заключение

Учет биологических особенностей развития топинамбура, в том числе по биометрическим показателям, позволяет целенаправленно интродуцировать новые сорта и гибриды топинамбура в разные климатические регионы Кыргызской республики для получения биологически ценного растительного сырья биотехнологического, пищевого, медико-биологического и фармацевтического назначения.

### Список литературы

1. Катаев А.С. Топинамбур в Среднем Предуралье: монография / Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2023. 199 с.
2. Шахсуфбекова О.М., Азонов Д.А., Гиясов Т.Д., Ганиев Х.А. Бобоев Д.А. Биологические активные вещества – основа целебных свойств топинамбура (обзор литературы) // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2018. № 2. С. 180–192.
3. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Методика проведения исследований по культуре топинамбура // Техника и технологии АПК. 2018. № 1. С. 7–14.
4. Государственный реестр сортов и гибридов растений, допущенных к использованию на территории Кыргызской республики. Бишкек, 2021. 64 с.
5. Долотбаков А.К. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – перспективная многоплановая культура в аридных и маргинальных землях Кыргызстана: материалы второго Крымского инновационного форума «Инновационное развитие экономики». Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. С. 36–40.
6. Партоев К., Сайдалиев Н.Х., Ахмедов Х.М. О продуктивности топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) в условиях Таджикистана // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. Душанбе, 2015. № 3. С. 8–11.

УДК 595.132.6

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕМАТОД РАСТЕНИЙ МОРКОВИ И ЛУКА ВОСТОЧНЫХ РЕГИОНОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

<sup>1</sup>Камбаров С.С., <sup>2</sup>Эшова Х.С.

<sup>1</sup>Андижанский государственный университет, Андижан, e-mail: biolog89\_s@adu.uz;

<sup>2</sup>Национальный университет Узбекистана, Ташкент, e-mail: x.eshova@nuu.uz

В статье приводятся данные анализа экологических групп паразитических фитонематод растений моркови (*Daucus sativus* Hoffm. Rohl) и лука (*Allium cepa* L.), выращиваемых в фермерских хозяйствах восточной зоны Ферганской долины. В результате фитогельминтологических исследований в листьях, корнеплодах и прикорневой почве моркови выявлено 56 видов фитонематод, относящихся к 33 родам, 19 семействам, 6 отрядам и 2 подклассам. В процессе исследований выявлено, что нематофауна растения лука состоит из 38 видов, относящихся к 22 родам, 12 семействам, 5 отрядам и 2 подклассам. Проанализированы экологические группы растений моркови и лука. В частности, идентифицированы виды нематод, относящиеся к группам паразитобионтов, отмечены представители родов *Prismatolaimus*, *Eudorilaimus*, *Aporcelaimellus*; эусапобионтов – родов *Rhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diploscapter*, *Mesodiplognater*; девисапобионтов или нетипических сапобионтов – виды родов *Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Acrobeles*, *Chiloplacus*, *Cervidelus*, *Panagrolaimus*; группы неспециализированных фитогельминтов – родов *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*; группы специализированных фитогельминтов – представители родов *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*. Среди экологических групп девисапобионты, а также неспециализированные фитогельминты по сравнению с другими группами отличаются своим разнообразием и широкой распространенностью в агроценозах.

**Ключевые слова:** паразитобионт, эусапобионты, девисапобионты, неспециализированные фитогельминты, специализированные фитогельминты, фитонематоды

## ECOLOGICAL ANALYSIS OF NEMATODES OF CARROTS AND ONIONS IN THE EASTERN REGIONS OF THE FERGHANA VALLEY

<sup>1</sup>Kambarov S.S., <sup>2</sup>Eshova Kh.S.

<sup>1</sup>Andijan State University, Andijan, Uzbekistan, e-mail: biolog89\_s@adu.uz;

<sup>2</sup>National University of Uzbekistan, Tashkent, e-mail: x.eshova@nuu.uz

The article presents data from the analysis of ecological groups of parasitic phytonematodes of carrots (*Daucus sativus* Hoffm. Rohl) and onions (*Allium cepa* L.), grown in farms in the eastern zone of the Fergana Valley. As a result of phytohelminthological studies, 56 species of phytonematodes belonging to 33 genera, 19 families, 6 orders and two subclasses were identified in leaves, roots and root soil of carrots. During the research, it was revealed that the nematode fauna of the onion plant consists of 38 species belonging to 22 genera, 12 families, 5 orders and two subclasses. The ecological groups of carrot and onion plants were analyzed. In particular, species of nematodes belonging to groups of pararhizobionts were identified; representatives of the genera *Prismatolaimus*, *Eudorilaimus*, *Aporcelaimellus* were noted; eusaprobionts – the genera *Rhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diploscapter*, *Mesodiplognater*; devisaprobionts or atypical saprobionts – species of the genera *Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Acrobeles*, *Chiloplacus*, *Cervidelus*, *Panagrolaimus*; groups of non-specialized phytohelminths – the genera *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*; groups of specialized phytohelminths – representatives of the genera *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*. Among ecological groups, devisaprobionts, as well as non-specialized phytohelminths, compared with other groups, are distinguished by their diversity and wide distribution in agrocenoses.

**Keywords:** pararhizobiont, eusaprobionts, devisaprobionts, non-specialized phytohelminths, specialized phytohelminths, phytonematodes

В современном мире в настоящее время защита культурных растений от различных вредителей и болезней, выявление вредоносных для них организмов и разработка мер борьбы с ними считается самой актуальной проблемой. В этом отношении в сельском хозяйстве наблюдается заметное снижение урожайности культурных растений в результате негативного влияния паразитических фитонематод. В мировой экономике выявлено, что величина ежегодного ущерба, наносимого паразитическими нематодами, составляет около 77 млрд долл. США [1].

Сегодня в условиях интенсивного возделывания культур на орошаемых площадях ущерб от паразитических нематод становится еще выше. В частности, уделяется большое внимание расширению посевных площадей и применению интенсивных методов возделывания посевов с целью удовлетворения потребностей населения в сельскохозяйственной продукции. Ферганская долина считается наиважнейшим регионом орошаемого земледелия. Она расположена между горными системами Западного Тяньшаня и Алая и со всех сторон окруже-

на горами; закрытая расположенность долины по отношению к другим территориям республики делает ее климат относительно стабильным и сохраняет от резких снижений температуры в зимнее время. Вместе с тем издревле возделываемые почвы Ферганской долины в результате многовекового возделывания превратились в земли культурного оазиса [2, с. 2–49].

Цель исследования – выявление нематофауны моркови и лука, а также изучение экологических особенностей фитонематод с растениями в восточных территориях Ферганской долины.

#### Материалы и методы исследования

Материалами служили вегетативные органы моркови (*Daucus sativus* Hoffm. Rohl) и лука (*Allium cepa* L., 1758) а также прикорневой слой почвы. Было собрано более 250 проб гельминтологического материала из надземных вегетативных органов, корневой системы, а также из ризосферной почвы глубиной до 20 см в площадях возделывания моркови и лука, находящихся в распоряжении фермерских хозяйств восточных территорий Ферганской долины [3, 4]. При определении видов использовали морфометрические измерения, рассчитанные по формуле de Man, а также для определения систематического статуса нематод использован ряд литературных источников [5, 6].

#### Результаты исследования и их обсуждение

В результате фитогельминтологических исследований, проведенных в агроценозах восточных регионов Ферганской долины, в листьях, корнеплодах моркови и в прикорневой почве выявлено 56 видов фитонематод, относящихся к 33 родам, 19 семействам, 6 отрядам и 2 подклассам. В наших материалах подкласс Adenophorea включает в свой состав 3 отряда: Enoplida (1 вид), Mononchida (1 вид), Dorylaimida (19 видов). Также установлено, что к подклассу Secernentea относятся отряды Rhabditida (19 видов), Aphelenchida (11 видов) и Tylenchida (18 видов).

В процессе исследований выявлено, что нематофауна растения лука состоит из 38 видов (численностью 1843 экз.). Также стало известно, что выявленные виды относятся к 2 подклассам (Adenophorea, Secernentea) и 5 отрядам (Araeolaimida, Enoplida, Dorylaimida, Rhabditida и Tylenchida) класса Nematoda. При анализе видов фауны в разрезе классов и семейств можно заметить неравномерное распределение видов. В частности, 33 вида (84,61%) в составе подкласса Secernentea представлены 8 се-

мействами и 17 родами. Отмечено, что подкласс Adenophorea, имея в своем составе 6 (15,38%) видов, представлен 4 семействами и 5 родами.

Виды, составляющие нематофауну, отличаются не только таксономическими особенностями, но и особенностями жизнедеятельности, различным отношением к другим организмам в составе биоценозов, а также к существующим абиотическим факторам. Среди таких факторов питание и виды пищи являются главными. По местам обитания, способу питания и уровню взаимосвязей с другими растениями нематоды паразитирующие на надземных вегетативных органах, корневой системе и в слоях ризосферной части почвы моркови и лука, возделываемых в различных агроландшафтах восточных регионов Ферганской долины, подразделяются на несколько экологических групп. При этом прежде всего на основе принципов экологической классификации, разработанной А.А.Парамоновым, нематоды, обнаруженные в указанном регионе, подразделены на нижеследующие 5 групп [7, 8].

В соответствии с ней нематоды моркови (*Daucus sativus* Hoffm. Rohl.), выращиваемой в различных агроландшафтах на восточной территории Ферганской долины, распределяются по следующим экологическим группам.

Первая группа – паразитобионты, в этой группе фитонематоды состоят из входящих в группу 8 родов (*Torbilus*, *Prismatolaimus*, *Mesodorylaimus*, *Eudorilaimus*, *Cfrchfrolaimus*, *Ladronema*, *Tylenchus*, *Aporcelaimellus*) 10 видов. Если некоторые из представителей указанной экологической группы обитают главным образом в ризосферной почве и питаются микроорганизмами, то другие из них проникают вовнутрь растения и питаются его соками, либо могут быть хищниками, употребляющими другие виды нематод.

Вторая группа эузапробионтов приспособлена к обитанию в поврежденных и гниющих местах растений, а также к участию в сапробионтном процессе в разнообразных слоях почвы, и вместе с тем они считаются нематодами, питающимися органическим гумусом. В процессе исследований в составе нематофауны растений моркови, выращиваемой в агроландшафтах, выявлено наличие 5 видов группы эузапробионтов, относящихся к 4 родам (*Diploscarper*, *Rhabditis*, *Mesorhabditis*, *Caenorhabditis*).

Третья группа – девисапробионты или нетипичные сапробионты. Представители данной группы считаются свободно живущими в почве, иногда в ее слоях, где происходит процесс гниения, а также

во многих случаях встречаются и в здоровых вегетативных органах растений. В процессе исследования в составе нематодофауны моркови, выращиваемой в агроландшафтах, встречались 14 видов девисапробионтов, относящихся к 7 родам (*Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Acrolebes*, *Chiloplacus*, *Cervidelus*, *Panagrolaimus*).

Четвертая группа – специализированные фитогельминты (то есть эктопаразиты), выявлено, что ротовая полость этой подгруппы паразитов превратилась в стилет (колющий рот). При помощи указанного ротового аппарата паразит, находясь извне, просверливает ткани корней и высасывает соки растения. Однако в некоторых случаях отдельные особи проникают также внутрь корня и продолжают питаться. В наших материалах входящие в состав эктопаразитических фитонематод, относящихся к 6 родам (*Aphelenchus*, *Fphelenchoides*, *Scytaleum*, *Seinura*, *Aglenchus*, *Nothotylenchus*), включают в свой состав 14 видов.

Пятая группа специализированных фитогельминтов (эндопаразитов) – основные эндопаразитические нематоды моркови, выращиваемой в различных агроландшафтах восточной зоны Ферганской долины, встречаются главным образом в надземных вегетативных органах и в корневой системе растений, питаются тканями растения и в продолжении питания выделяют токсичную жидкость, оказывают негативное действие на деятельность ткани растений

в целом. Установлено, что в исследованной нематодофауне моркови 13 видов эндопаразитических нематод относятся к 7 родам (*Tylenchorhynchus*, *Bitylenchus*, *Merlinus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyna*, *Ditylenchus*) (рис. 1).

Из приведенного экологического анализа заметно, что большинство видов, обнаруженных на растениях моркови, распространены в корневой системе и в слоях ризосферной почвы. Отмечено, что виды, встречавшиеся на надземных вегетативных органах и в корневой системе моркови, главным образом относятся к родам *Tobrius*, *Cephalobus*, *Acrobeloides*, *Cervidelus*, *Mesorhabditis*, *Aphelenchus*, *Aphelechoides*, *Merlinus*, *Helicotylenchus* и являются непосредственно взаимосвязанными с живой тканью растений.

По указанным экологическим группам нематоды, встречавшиеся на растениях лука, характеризуются следующим образом.

В соответствии с вышеприведенной системой если некоторые из представителей экологической группы паразитобионтов обитают в основном в ризосферной почве, питаются микроорганизмами, то некоторые другие из них могут проникать внутрь растения и питаться его соками либо переходить на хищнический образ жизни, употребляя в пищу другие виды нематод. В состав нематодофауны этой группы, относящейся к 4 родам (*Plectus*, *Prismatolaimus*, *Eudorilaimus*, *Aporcelaimellus*), входят 5 видов.



Рис. 1. Экологические группы растений моркови



Рис. 2. Экологические группы растений лука

Эусапробионты приспособлены к обитанию в поврежденных органах и гниющих частях растений, а также в условиях сапробионтного процесса, существующего в различных слоях почвы, и вместе с тем считаются нематодами, питающимися органическим гумусом. В продолжение исследования в составе нематодофауны лука, выращиваемого в агроландшафтах, выявлено наличие 6 видов, относящихся к 5 родам (*Rhabditis*, *Mesorhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diploscapter*, *Mesodiplognater*).

Девисапробионты, или неживые сапробионты, являются паразитами, свободно живущими в почве, иногда встречающимися в субстрате, в котором происходит процесс гниения, а также во многих случаях в здоровых вегетативных органах растений. В процессе исследовательской деятельности установлено, что в нематодофауне лука, возделываемого в агроландшафтах, встречались 16 видов девисапробионтов, относящихся к 7 родам (*Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Acrolebes*, *Chiloplacus*, *Cervidelus*, *Panagrolaimus*).

Группа неспециализированных фитогельминтов, ротовая полость паразитов данной подгруппы превратилась в стилет (колюще-сосущий ротовой аппарат). При помощи этого органа паразит, находясь извне, просверливает ткани корня растения и высасывает его соки. Однако в некоторых случаях отдельные особи проникают также в корни и продолжают питаться. В наших материалах относящиеся к двум родам (*Aphelenchus*, *Aphelenchoides*) фитонематоды включают в свой состав 3 вида (рис. 2).

Эндопаразитические нематоды лука, выращиваемого в различных агроландшафтах, встречаются в основном на надземных органах в корневой системе растений, питаются их тканями, и в процессе питания

выделяют токсичную жидкость, выводящую из строя жизнедеятельность тканей, и тем самым оказывают негативное влияние на растение. Выявлено, что в состав изученной нематодофауны лука входят 8 видов, относящихся к 4 родам эндопаразитических нематод (*Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*).

При сравнении изученных растений моркови и лука по экологическим группам были охарактеризованы нижеследующие группы (рис. 3).

Если при анализе вышеприведенной диаграммы в экологической группе параризобионтов моркови нам встречались 10 видов, относящиеся к родам *Tobrilus*, *Prismatolaimus*, *Mesodorylaimus*, *Eudorilaimus*, *Carcha-rolaimus*, *Labronema*, *Tylenchus*, *Aporcelaimellu*, то в нематодофауне растений лука были обнаружены виды, относящиеся к родам *Plectus*, *Prismatolaimus*, *Eudorilaimus*, *Aporcelaimus*. В нематодофауне лука виды из родов *Tobrilus*, *Mesodorylaimus*, *Carcharolaimus*, *Labronema*, *Tylenchus* не отмечены.

В экологической группе эусапробионтов выявлены представители родов *Diploscapter*, *Rhabditis*, *Mesorhabditis*, *Caenorhabditis*, а в нематодофауне лука выяснилось, что она состоит из представителей родов *Rhabditis*, *Mesorhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diploscapter*, *Mesodiplognater*. Представителей рода *Mesodiplognater* на растениях моркови обнаружено не было.

Если в группе девисапробионтов или нетипичных сапробионтов были отмечены 14 видов нематод, относящихся к родам *Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Acrolebes*, *Chiloplacus*, *Cervidelus*, *Panagrolaimus*, то в составе нематодофауны лука было выявлено наличие 16 видов вышеотмеченных родов.

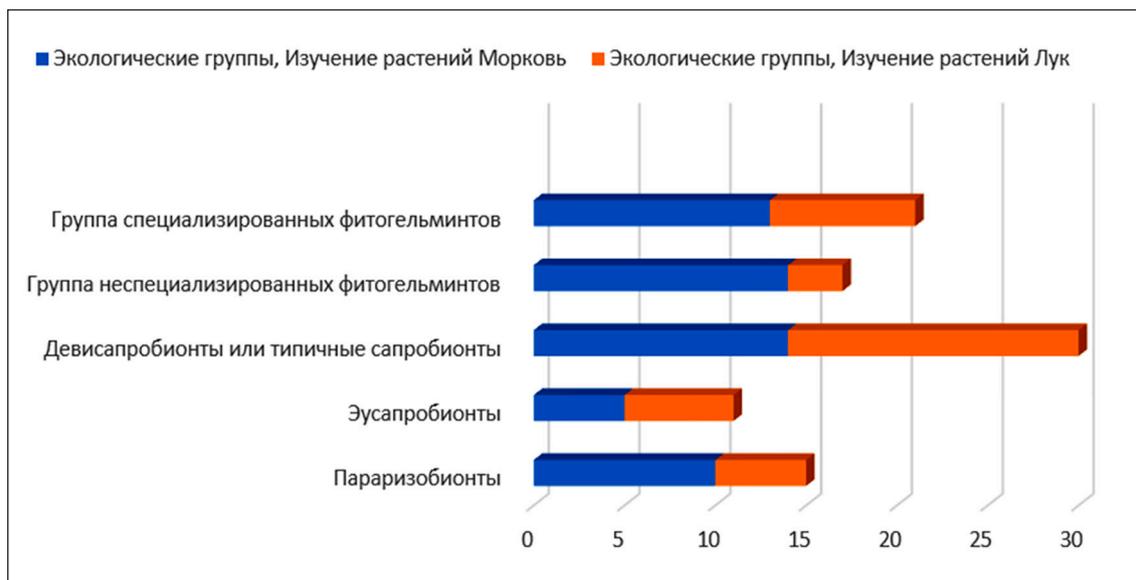


Рис. 3. Экологический анализ паразитических нематод растений моркови и лука

При выявлении наличия на моркови 14 видов нематод группы неспециализированных фитогельминтов, относящихся к родам *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Scytaleum*, *Seinura*, *Aglenchus*, *Nototylenchus*, в составе нематодофауны на исследованных растениях лука встречались представители родов *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, а виды из родов *Scytaleum*, *Seinura*, *Aglenchus*, *Nototylenchus* обнаружены не были.

Группа специализированных фитогельминтов, считающихся настоящими эндопаразитами на растениях моркови наблюдались виды родов *Tylenchorhynchus*, *Bitylenchus*, *Merlinus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyna*, *Ditylenchus*. В нематодофауне лука были выявлены 8 видов нематод, относящихся к родам *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*. В результате наблюдений встречавшиеся на растениях моркови виды родов *Bitylenchus*, *Merlinus*, *Meloidogyna* на луке отмечены не были.

В составе фауны в качестве доминирующих были отмечены группы девисапробионтов или нетипичных сапробионтов, неспециализированных фитогельминтов и специализированных фитогельминтов с более чем 10 видами, а группы параризобионтов и эусапробионтов, в свою очередь, с малым числом видов заняли соответствующее место в составе нематодофауны. Сорные растения, произрастающие в агроценозах, можно считать главным источником распространения специализированных фитогельминтов на посевных площадях.

### Заключение

Таким образом, фитогельминтологическими исследованиями листьев, корнеплодов и прикорневой почвы моркови выявлено 56 видов фитонематод, относящихся к 33 родам, 19 семействам, 6 отрядам и 2 подклассам. В процессе исследований выявлено, что нематодофауна растения лука состоит из 38 видов, относящихся к 22 родам, 12 семействам, 5 отрядам и 2 подклассам. Проанализированы экологические группы растений моркови и лука. Идентифицированы виды нематод, относящиеся к группам параризобионтов, отмечены представители родов *Prismatolaimus*, *Eudorilaimus*, *Aporcelaimellus*; эусапробионтов – родов *Rhabditis*, *Caenorhabditis*, *Diploscapter*, *Mesodiplognater*; девисапробионтов или нетипичных сапробионтов – виды родов *Cephalobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Acrobeles*, *Chiloplacus*, *Cervidelus*, *Panagrolaimus*; группы неспециализированных фитогельминтов – родов *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*; группы специализированных фитогельминтов – представители родов *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*. Среди экологических групп девисапробионты, а также неспециализированные фитогельминты по сравнению с другими группами отличаются своим разнообразием и широкой распространенностью в агроценозах.

### Список литературы

1. Palomares-Rius Juan E., Escobar C., Cabrera J., Vovlas A., Castillo P. Anatomical alterations in plant tissues induced by plant-parasitic nematodes // *Frontiers in plant science*. 2017. Vol. 8. P. 1–16.

- 
2. Холиков Р.Й. “Фаргона водийси” (табийй географияси): монография. Тошкент, 2020. 167 б.
  3. Мирзаев У.Н. Распространение видов нематодофауны томата по биотопам (Самаркандская область, Узбекистан) // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 1. С. 56–61.
  4. Eshova H.S. Nematodes of arid areas of Uzbekistan // European journal of biomedical and pharmaceutical sciences. 2016. Vol. 3, Is. 12. P. 129–132.
  5. Кирьянова Е.С., Краль Э.Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Т. 1. Л.: Наука, 1969. 441 с.
  6. Hodda M. Phylum Nematoda: a classification, catalogue and index of valid genera, with a census of valid species // Zootaxa. 2022. № 5114 (1). P. 001–289. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.5114.1.1.
  7. Парамонов А.А. Опыт экологической классификации фитонематод // Труды гельминтологической лаборатории АН СССР. М., 1952. Т. VI. С. 338–369.
  8. Khurramov Sh.Kh., Bekmuradov A.S. Parasitic nematodes of wild and cultivated subtropical fruit plants in Central Asia // Russian journal of parasitology. 2021. № 15 (1). P. 98–102. DOI: 10.31016/1998-8435-2021-15-1-98-102.

УДК 574.42

## ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЗНАЧЕНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЛЕСОПОЛОС ПРИ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛЕСИСТОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ СТЕПНОГО КРЫМА

Погорельский А.Н., Кулак А.Ф.

ФГБОУ ВО «Херсонский государственный педагогический университет», Скадовск,  
e-mail: andriy.pogorilskiy79@gmail.com, liam9andy@yandex.ru

Целью исследования является картографирование и дешифрирование спутниковых фотоснимков с использованием ГИС-технологий для определения современного состояния, в том числе состояния формирования системы защитных насаждений, а также установление взаимосвязи протяженности и площади лесополос при определении оптимальной полезащитной лесистости на территории Красноперекопского и Первомайского районов Республики Крым в соответствии с почвами произрастания. Объектом исследования выступают существующие защитные лесополосы, расположенные на исследуемой территории. В ходе исследования при оценке состояния лесополос применялась методика, основанная на данных дистанционного геоинформационного картографирования и моделирования территории, а также методика лесной таксации. В результате исследования установлены лесополосы, имеющие оптимальное расположение, с отклонением не более 30° относительно перпендикулярного направления основных групп ветров, а также установлено, что исследуемая территория характеризуется неравномерным характером размещения защитных лесополос. Также определены значения полезащищенности агроугодий, выраженные в протяженности защитных насаждений на единицу площади. Установлено, что исследуемые районы характеризуются неравномерным территориальным распределением лесозащитных насаждений, а также отсутствием сформированной системы защитных насаждений. Также определены показатели оптимальной полезащитной лесистости сельскохозяйственных угодий с учетом взаимосвязи соотношения площади лесополос и их протяженности, в соответствии с почвами произрастания.

**Ключевые слова:** агролесомелиорация, протяженность защитных лесополос, площадь защитных лесополос, обеспеченность в защитных лесополосах

## TERRITORIAL DISTRIBUTION AND SIGNIFICANCE OF SHELTERBELTS' LENGTH FOR OPTIMAL FOREST COVERAGE OF AGRICULTURAL LAND IN THE NORTHERN STEPPE CRIMEA

Pogorelskiy A.N., Kulak A.F.

Kherson State Pedagogical University, Skadovsk,  
e-mail: andriy.pogorilskiy79@gmail.com, liam9andy@yandex.ru

The purpose of the study is the mapping and deciphering of satellite images using GIS technologies to determine the current condition, including the status of formation of a system of protective plantations, as well as to establish the relationship between the length and area of shelterbelts when determining the optimal protective forest cover in the territory of Krasnoperekopsky and Pervomaisky districts of the Republic of Crimea in accordance with the soils on which they grow. The objects of the study are the existing protective shelterbelts located in the studied territory. During the research, the assessment of the state of shelterbelts was based on methods of remote geo-information cartography and modeling of the territory, as well as forest inventory techniques. As a result of the research, shelterbelts with an optimal location were identified, with a deviation of no more than 30 degrees from the perpendicular direction of the main wind groups, and it was also established that the studied territory is characterized by an uneven placement of protective shelterbelts. Additionally, values for the protected area of agricultural lands expressed in the length of protective plantations were determined. It was found that the studied areas are characterized by an uneven territorial distribution of forest protective plantations and the absence of a developed system of protective plantations. Indicators of optimal protective forest cover of agricultural lands were also determined, taking into account the relationship between the area of shelterbelts and their length, in accordance with the soils on which they grow.

**Keywords:** agroforestry, length of protective shelterbelts, area of protective shelterbelts, coverage by protective shelterbelts

В последние годы все больше уделяется внимания защите почв от водной и ветровой эрозии, а также эффективности ведения сельского хозяйства в условиях степного Крыма. Агролесомелиорация, бесспорно, является одним из сильных инструментов формирования экологического баланса агроландшафтов. Защитные лесополосы, формируя систему защитных на-

саждений на «защищенных» полях, благоприятно влияют на факторы снижения скорости ветра, минимизацию потери влаги, снижения, а впоследствии и прекращения эрозийных процессов почв, что в целом не может не сказаться благоприятно на повышении роста урожайности сельскохозяйственных культур в сравнении с открытыми полями.

Поскольку развитие аграрного сектора республики Крым является одним из приоритетных направлений, а агролесомелиорация – одним из значимых факторов в достижении этих целей, то и вопрос по восстановлению полезащитных систем должен решаться системно и незамедлительно.

Целью исследования является картографирование и дешифрирование спутниковых фотоснимков с использованием ГИСТехнологий для определения современного состояния, в том числе состояния формирования системы защитных насаждений, а также установления взаимосвязи протяженности и площади лесополос при определении оптимальной полезащитной лесистости на территории Красноперекопского и Первомайского районов Республики Крым в соответствии с почвами произрастания.

**Материалы и методы исследования**

Объектом исследования выступают 672 существующие, сохранившие 50% и выше древесных насаждений, защитные лесополосы общей протяженностью 750817 м на территории Красноперекопского и Первомайского районов Республики Крым. Оценка состояния лесополос проводилась по методике лесной таксации [1]. В исследовании применена методика, основанная на данных дистанционного геоинформационного картографирования и моделирования территории [2–4].

**Результаты исследования и их обсуждение**

Вопрос необходимой обеспеченности сельскохозяйственных угодий защитными лесонасаждениями, изучен довольно хоро-

шо. Определены рекомендуемые значения площади (%) для формирования защитных лесонасаждений, расстояния между основными (ветроломными) и поперечными лесополосами, а также установлен оптимальный угол размещения основных полос относительно направления преобладающих групп ветров [5–7].

В то же время полезащищенность сельскохозяйственных угодий должна выражаться не только в процентном соотношении облесенных и необлесенных площадей агроугодий, а также и протяженностью защитных насаждений на единицу площади.

На основании многолетних наблюдений метеостанций Воронки и Клепинино построены векторы направления основных, в среднегодовом разрезе, групп ветров: северо-восточные (48%) и юго-западные (31%) [8, 9], а также определены лесополосы, имеющие расположение относительно перпендикулярного направления основных групп ветров с отклонением не более 30°.

Установлено, что Красноперекопский и Первомайский районы, расположенные в северной части степного Крыма, имеют неравномерный характер размещения защитных лесополос, а расстояния между основными (ветроломными) полосами, в большинстве случаев значительно превышают рекомендуемые. Так, наибольшая протяженность защитных лесополос на исследуемой территории присуща северо-восточной четверти Первомайского района и юго-западной четверти Красноперекопского района (19,04 и 17,5% соответственно), а наименьшая – юго-западной и северо-западной четвертей Первомайского района (6,7 и 6,73% соответственно).

**Таблица 1**

Протяженность и процентное соотношение размещения защитных лесополос по территории Красноперекопского и Первомайского районов

Четверть района	Красноперекопский район				Первомайский район			
	В пределах района		Лесополосы с отклонением не более 30° относительно перпендикулярного направления основных групп ветров		В пределах района		Лесополосы с отклонением не более 30° относительно перпендикулярного направления основных групп ветров	
	м	%	м	%	м	%	м	%
СЗ	90828	12,10	26798	3,57	50518	6,73	7421	0,99
СВ	67978	9,05	8671	1,15	142949	19,04	6448	0,86
ЮЗ	131416	17,50	15824	2,11	50289	6,70	4101	0,55
ЮВ	111220	14,81	12942	1,72	105619	14,07	6039	0,8
ВСЕГО:	401 442	53,46	64235	8,55	349 375	46,54	24009	3,2

В то же время территории юго-восточных четвертей обоих районов и северо-западной четверти Красноперекопского района имеют более равномерное обеспечение лесополосами, а лесополосы, не имеющие отклонения более 30° относительно направления вредоносных ветров, имеют наибольшую протяженность на территории северо-западной четверти Красноперекопского района (3,57%) и наименьшую – на территории юго-западной четверти Первомайского района (0,55%). Данные по протяженности и размещению защитных лесополос приведены в табл. 1.

В силу своего расположения на территории Красноперекопского и Первомайского районов только 11,75% от всех существующих полос имеют оптимальное расположение относительно перпендикулярного направления наиболее распространенных групп ветров и, как следствие, способны наиболее эффективно выполнять свои функции. Остальные поперечные лесополосы расположены под более острым углом, что в значительной мере снижает их эффективность.

Определение значения полезности агроугодий, выраженное в протяженности

$$L_v = \frac{L_{po}}{(h_{min} + h_{max}) \times 0,5} \times ((H_{min} + H_{max}) \times 0,5), \quad (2)$$

где  $L_v$  – общая протяженность поперечных лесополос на единице площади;

$h_{min}$  – минимальное расстояние между поперечными лесополосами;

$h_{max}$  – максимальное расстояние между поперечными лесополосами.

$$L_{opt} = L_{po} + L_v, \quad (3)$$

где  $L_{opt}$  – оптимальная (эталонная) протяженность лесополос на единицу площади (100 га).

Площадь лесополос, с учетом оптимальной (эталонной) протяженности лесополос на единице площади, рассчитывалась по формуле

$$S = (L_{po} \times D) + (L_v \times d), \quad (4)$$

где  $S$  – общая площадь лесополос для этого типа грунтов;

$D$  – ширина основной лесополосы;

$d$  – ширина поперечной лесополосы.

В результате произведенных расчетов, применив формулы (1)–(4), получены значения оптимальной (эталонной) протяженности и площади лесополос в условиях модели для каждого типа почв (табл. 2). В качестве исходных метрических данных были

ности защитных насаждений на единицу площади, с учетом грунтов произрастания, производилось по формуле (3). Для определения протяженности основных (ветроломных) и поперечных лесополос на единице площади применялись формулы (1) и (2), а для определения площади лесополос – формула (4). Данные расчеты выполнены на базе метрической модели поля в виде квадрата, площадью 100 га с длиной сторон 1000 м каждая с последующей интерпретацией на всю территорию исследования.

$$L_{po} = \frac{L_p^2}{(H_{min} + H_{max}) \times 0,5}, \quad (1)$$

где  $L_{po}$  – общая протяженность основных (ветроломных) лесополос на единице площади;

$L_p$  – протяженность одной основной лесополосы (по условиям данной модели, эта величина равна 1000 м);

$H_{max}$  – максимальное расстояние между основными лесополосами в соответствии с типом грунтов произрастания;

$H_{min}$  – минимальное расстояние между основными лесополосами в соответствии с типом грунтов произрастания.

взяты рекомендуемые значения, указанные в табл. 3.

Структура площадей преобладающих почв на территории Красноперекопского и Первомайского районов подробно представлена в табл. 4.

В результате последующих вычислений получены эталонные значения протяженности лесополос, а также фактической обеспеченности в защитных лесополосах (по показателю протяженности) для каждого района, данные представлены в табл. 5. Для расчета эталонных значений протяженности лесополос, а также фактической обеспеченности в защитных лесополосах (по показателю протяженности) применялись формулы

$$L_{эталон} = S_p / 100, \quad (5)$$

где  $L_{эталон}$  – эталонная протяженность лесополос района;

$S_p$  – общая площадь почвы на территории района;

$$S = (L_{факт} \times 100\%) / L_{эталон}, \quad (6)$$

где  $S$  – обеспеченность района в защитных лесополосах (%).

**Таблица 2**

Оптимальные (эталонные) значения протяженности и площади защитных лесополос

	Оптимальная (эталонная) протяженность лесополос, м/100 га (Lopt) (расчетная) итоговая	Оптимальная площадь лесополос, %/100 га (S) (расчетная) итоговая
Почвы южного чернозема	<u>(2924,34)</u> 2900,00	<u>(3,99)</u> 4
Темно-каштановые почвы	<u>(3427,64)</u> 3450,00	<u>(4,75)</u> 5
Каштаново-солончаковатые почвы	<u>(4570,00)</u> 4550,00	<u>(6,85)</u> 7

**Таблица 3**

Рекомендованные значения расстояний для систем защитных лесополос [5, 10, 11]

	Hmax, м	Hmin, м	Hmax, м	Hmin, м	D, м (схема 1)	D, м (схема 5)	d, м (схема 3)
Почвы южного чернозема	450	400	2000	1500	15	–	8
Темно-каштановые почвы	400	300	2000	1500	15	–	8
Каштаново-солончаковатые почвы	300	200	2000	1500	–	16	8

**Таблица 4**

Площади сельскохозяйственных угодий (почв) в разрезе территорий административных районов [12]

Почвы	Каштановые почвы и их разновидности, га (Sp)	Черноземы и их разновидности, га (Sp)
Красноперекопский район	61100	
Первомайский район		99700
	21700	

**Таблица 5**

Эталонная протяженность и площадь защитных лесополос

	Эталонные значения протяженности лесополос, м	Фактическая протяженности лесополос, м	Обеспеченность в защитных лесополосах (по показателю протяженности), %
Красноперекопский район	2 780 050,00	401 442,00	14,44
Первомайский район	3 878 650,00	349 375, 00	9,0
Всего по двум районам	6 658 700,00	750 817,00	11,27

Красноперекопский район имеет обеспеченность в защитных лесополосах (по показателю протяженности) на уровне 14,44%, а Первомайский район – 9% от оптимальной (эталонной) протяженности лесополос для района. В среднем полезацищенность обоих районов не превышает 12% от необходимого.

### Заключение

Красноперекопский и Первомайский районы, расположенные в северной части степного Крыма, характеризуются неравномерным территориальным распределением лесозащитных насаждений по территории, а также крайне малой обеспеченностью

(менее 12%), в особенности имеющими оптимальное размещение относительно направления преобладающих групп ветров, от необходимого показателя. Также на исследуемой территории практически отсутствуют признаки хорошо сформированной системы защитных насаждений, в силу чего можно говорить, что защищенность территорий в целом неудовлетворительна.

Наряду с общепринятым определением облесенности территорий, выражаемой в процентах от площади, также для определения защищенности агроугодий следует применять значение протяженности защитных лесополос на единице площади. Исходя из чего оптимальной полезной лесистостью сельскохозяйственных угодий степной части Республики Крым следует считать для почв южного чернозема – 4,0% с протяженностью не меньше чем 2900 м/100 га, для темно-каштановых почв – 5% с протяженностью не меньше чем 3450 м/100 га, а для каштаново-солончаковых почв этот показатель должен быть увеличен с 6 до 7% и протяженностью не меньше чем 4550 м/100 га. Причем приоритетным фактором должно быть определено значение протяженности защитных лесополос на единице площади.

#### Список литературы

1. Вагизов М.Р. Технология интеллектуализации анализа космических снимков в лесной таксации // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2019. № 1 (33). С. 94–98.
2. Кулик К.Н., Кошелев А.В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. № 3 (27). С. 107–114.
3. Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферев В.Г. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в агроландшафтах юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2009. № 4 (16). С. 12–25.
4. Папаскири Т.В. Геоинформационные системы и технологии автоматизированного проектирования в землеустройстве: учебно-методическое пособие. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», 2021. 252 с.
5. Плугатарь Ю.В. Леса Крыма: монография. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. 385 с.
6. Агапонов Н.Н., Николаев Е.В. Полезащитные лесополосы Крыма: их экологическое и сельскохозяйственное значение. Симферополь, 2009. С. 119–127.
7. Плугатарь Ю.В., Коба В.П. Некоторые проблемы организации системы защитных лесных насаждений в Степном Крыму // Бюллетень ГНБС. 2014. № 110.
8. Смирнов В.О., Смирнова Н.В. Оценка климатических условий с целью организации восстановления полезащитных лесных полос на территории Первомайского района Республики Крым // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян». 2020. № 11. С. 23–39.
9. Смирнов В.О., Крайнюк Е.С., Смирнова Н.В. Опыт оценки эколого-биологического состояния полезащитных лесных полос на территории Республики Крым // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022. Т. 8, № 4. С. 258–268.
10. Адамень Ф.Ф., Паштецкий В.С., Плугатарь Ю.В., Стрельчук Л.М. Екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень степового Криму // Таврійський науковий вісник. 2012. Вип. 80. С. 203–212.
11. Адамень Ф.Ф., Плугатарь Ю.В., Сташкина А.Ф. Наука и опытное дело как основа развития аграрного производства Крыма. Симферополь: Ариал, 2015. 252 с.
12. Доклад Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым о состоянии и об охране окружающей среды на территории Республики Крым 2022 г. Симферополь, 2023. 448 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 504.5

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА**

**Бурак Л.Ч., Писарик М.И., Богданов Н.П.**

*ООО «Белросаква», Минск, e-mail: leonidburak@gmail.com*

Загрязнение микропластиком является глобальной экологической проблемой, вызывающей серьезную озабоченность. Цель статьи – критический обзор научных исследований анализа рисков загрязнения микропластиком окружающей среды и влияния микрочастиц пластика на здоровье человека. В качестве материалов исследования послужили научные статьи, опубликованные в период с 2018 по 2024 г. Поиск провели в научных базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar. Научный поиск проводился с применением дескрипторов: «пластмасса», «микропластик», «нанопластик» «загрязнение», «влияние», «источник», «здоровье», «безопасность». Среди статей, соответствующих критериям включения, для составления данного обзора было выбрано 43 исследования. В ходе обзора установлено, что микропластик, который представляет собой пластиковые частицы размером менее 5 мм, широко распространен в нашей среде и возникает из различных источников, включая промышленные процессы, пластиковые изделия и в результате разложения более крупных пластиков. Микропластик встречается практически во всех абиотических (включая водные, наземные и атмосферные) и биотических (включая растения, животных и человека) экосистемах Земли. Недавняя пандемия коронавирусного заболевания COVID-19 способствовала увеличению спроса на одноразовые пластмассовые изделия, что повлекло рост объемов производства и количества образования отходов. Исследования показали, что эти частицы могут содержать вредные соединения и токсины, тем самым создавая возможные опасности для здоровья, включая гормональные нарушения, окислительный стресс и воспаление. Повреждение и воспаление легочной ткани, помимо респираторных проблем, таких как астма и хроническая обструктивная болезнь легких, связаны с воздействием микропластика при вдыхании. Необходимы принятие и реализация эффективных мер по снижению источников и количества загрязнения окружающей среды микропластиком. Кроме того, следует инвестировать в научные исследования и разработки, благодаря которым можно создавать и внедрять устойчивые и эффективные технологии по снижению загрязнения микропластиком окружающей среды и его влиянию на здоровье человека.

**Ключевые слова:** пластмасса, микропластик, загрязнение, источник, почва, вода, воздух, здоровье человека

**MICROPLASTIC POLLUTION OF THE ENVIRONMENT AND POTENTIAL THREATS TO HUMAN HEALTH**

**Burak L.Ch., Pesarik M.I., Bogdanov N.P.**

*LLC Belrosakva, Minsk, e-mail: leonidburak@gmail.com*

Microplastic pollution is a global environmental problem of serious concern. The purpose of the article is a critical review of scientific research on the analysis of the risks of microplastic pollution of the environment and the impact of microparticles of plastic on human health. The research materials were scientific articles published in the period from 2018 to 2024. The search was conducted in the scientific databases PubMed, Scopus and Web of Science and Google Scholar. The scientific search was carried out using the descriptors: “plastics”, “microplastics”, “nanoplastics”, “pollution”, “influence”, “source”, “health”, “safety”. Among the articles that meet the inclusion criteria, 43 studies were selected to compile this review. The review found that microplastics, which are plastic particles less than five millimeters in size, are widespread in our environment and arise from various sources, including industrial processes, plastic products and as a result of decomposition of larger plastics. Microplastics are found in almost all abiotic (including aquatic, terrestrial and atmospheric) and biotic (including plants, animals and humans) ecosystems of the Earth. The recent pandemic of the coronavirus disease COVID-19 has contributed to an increase in demand for disposable plastic products, which has led to an increase in production and waste generation. Studies have shown that these particles can contain harmful compounds and toxins, thereby creating possible health hazards, including hormonal disorders, oxidative stress and inflammation. Damage and inflammation of lung tissue, in addition to respiratory problems such as asthma and chronic obstructive pulmonary disease, are associated with exposure to microplastics when inhaled. It is necessary to take and implement effective measures to reduce the sources and amount of environmental pollution with microplastics. In addition, it is necessary to invest in research and development, through which it is possible to create and implement sustainable and effective technologies to reduce microplastic pollution of the environment and its impact on human health.

**Keywords:** plastics, microplastics, pollution, source, soil, water, air, human health

Микропластик (МП) – это мельчайшие частицы, полученные из пластика или синтетических, полусинтетических полимеров. Большинство пластмасс представляют собой полимеры, полученные из нефти. Эти полимеры, такие как полипропилен (ПП),

полиэтилен (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилентерефталат (ПЭТ) и полистирол (ПС), не поддаются биологическому разложению [1]. В связи с растущим объемом ежегодного производства и утилизации пластиковых изделий, ограниченной пере-

работкой и повторным использованием, а также длительной разлагаемостью материалов, загрязнение представляет собой серьезную экологическую проблему, решение которой требует системного и качественно-го подхода [2–4]. Пластик является широко используемым материалом в промышленности, и его производство с годами постоянно растет. В 2016 г. годовое производство пластика достигло 300 млн т. Однако, если эта тенденция сохранится, по оценкам, к 2050 г. будет произведено около 25 млн т пластиковых отходов [3]. Пластик является основным компонентом широкого спектра промышленных и потребительских товаров, включая косметику, моющие средства, краски, синтетические удобрения и пестициды. К сожалению, МП был обнаружен в различных пищевых продуктах, таких как обработанные пищевые продукты, пиво, морепродукты и безалкогольные напитки. Микропластик встречается практически во всех абиотических (включая водные, наземные и атмосферные) и биотических (включая растения, животных и человека) экосистемах Земли. Различные среды (атмосфера, гидросфера, суша и т.д.) являются взаимосвязанными и динамичными, в результате пластики переходят из одной системы в другую [5]. Кроме того, пластик взаимодействует с различными загрязнителями, такими как тяжелые металлы в почве, погодные условия, микроорганизмы, растительность и др. Важными параметрами в контексте взаимодействия являются тип пластика, его форма, размер, свойства поверхности (например, шероховатость) и другие механические свойства, а также физические свойства, а также химические, такие как добавки; пластмассы содержат множество элементов, химически не связанных с полимерной матрицей, таких как непрореагировавшие мономеры, остаточные технологические добавки [6–8]. Особо следует отметить, что существует реальная возможность, что эти мельчайшие частицы могут попадать в организм человека с пищей. Исследования показали, что микропластик присутствует в различных морепродуктах, включая моллюсков и рыбу, а также в соленой и питьевой воде [8–10]. Неоднократно подтверждено, что микропластик содержит множество опасных соединений и добавок, которые могут попасть в организм человека при употреблении [11]. Потенциальные неблагоприятные последствия этих химических веществ для здоровья человека включают нарушения гормонального баланса, репродуктивные осложнения и злокачественные новообразования. Кроме того, мизерные размеры микропластика облег-

чают его транспортировку через слизистую оболочку кишечника в систему кровообращения, где они могут распространиться на различные органы и ткани, нанося тем самым дополнительный ущерб организму человека.

Люди также могут подвергаться воздействию микропластика в процессе дыхания, поскольку эти мельчайшие частицы способны переноситься по воздуху и попадать в дыхательные пути. Исследования показали, что микропластик широко распространен в атмосфере, особенно в городских районах, характеризующихся плотным скоплением пластикового мусора [12]. Эти частицы могут накапливаться в легких и других органах после вдыхания, что приводит к респираторным заболеваниям и другим нарушениям в организме.

Угрозу для здоровья человека также представляет сельскохозяйственная продукция, загрязненная микропластиком. Наличие микропластика в поливной воде и почве может привести к усвоению этих частиц растениями [2, 13–14]. Следовательно, употребление в пищу фруктов и овощей может привести к попаданию микропластика в организм человека, тем самым усугубляя потенциальную опасность для здоровья, связанную с этими мельчайшими пластиковыми частицами. Целью статьи было провести критический обзор научных исследований анализа рисков загрязнения микропластиком окружающей среды и влияния микропластика на здоровье человека.

#### Материалы и методы исследования

Поиск научной литературы результатов исследований загрязнения микропластиком окружающей среды и его влияния на здоровье человека проводили в библиографических базах PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar с применением дескрипторов: «пластмассы», «микропластик», «нанопластик» «загрязнение», «влияние», «источник», «здоровье», «безопасность». В качестве временных рамок для обзора научных публикаций был принят период с 2018 по 2024 г. Более ранние научные статьи изучали только при отсутствии новых публикаций по теме исследования. При выполнении работы применяли методы анализа, систематизации и обобщения. Изначально было отобрано и изучено 347 научных публикаций. Среди статей, соответствующих критериям включения, для составления данного обзора было выбрано 43 исследования.

Критерии включения и исключения для статей, подлежащих анализу, были следующими.

Критерии включения:

1) статья написана в период с 2018 по 2024 г.;

2) статья соответствует теме исследования;

3) типы анализируемых статей – оригинальные исследовательские статьи, обзорные статьи и краткие отчеты

Критерии исключения:

1) статья не соответствует теме данного обзора: не обсуждаются тематики источников загрязнения микропластиком окружающей среды и его влияния на здоровье человека;

2) содержание статьи дублируется. Если из разных баз данных или разных электронных библиотечных систем были извлечены повторяющиеся источники, их классифицировали только один раз.

### Результаты исследования и их обсуждение

#### *Источники и пути распространения микропластика*

Чтобы определить эффективные методы по снижению воздействия микропластика на окружающую среду, важно понять его происхождение и пути распространения. Микропластик в основном образуется в результате разложения более крупных пластиковых предметов, включая, помимо прочего, бутылки, пакеты и упаковочные материалы. Эти предметы постепенно распадаются на более мелкие фрагменты, в итоге превращаясь в микропластик, который легко переносится ветром и водными течениями. Еще одним источником распространения микропластика является удаление синтетических волокон из текстиля и одежды в процессе стирки. Ввиду крошечного размера эти волокна не задерживаются системами фильтрации на очистных сооружениях и в итоге попадают в реки и океаны. Кроме того, микропластик образуется в результате разложения пластиковых шариков и микрошариков, которые используются в предметах личной гигиены, включая зубную пасту и очищающие средства для лица [4].

Мельчайшие частицы пластика, часто смываемые в канализацию, попадают в водные пути, где могут потребляться морскими организмами. Кроме того, микропластик может также образовываться в результате повреждения рыболовного снаряжения, включая сети и веревки. Микропластик, попав в окружающую среду, может перемещаться на большие расстояния ветром и водными течениями, тем самым распространяя загрязнение в отдаленные регионы.

Реки и ручьи транспортируют микропластик в океан, где он накапливается на пляжах и в прибрежных районах. Более того, перенос микропластика из океана в атмосферу через морские брызги может привести к загрязнению наземных экосистем. Также во время выпадения осадков микропластик может переноситься из городской среды в реки и озера по ливневым каналам, поэтому загрязнение микропластиком может затронуть даже удаленные от побережья регионы, не имеющие выхода к морю. В результате атмосферных осадков микропластик может переноситься из городов в сельские и отдаленные регионы. Распространенные источники частиц микропластика можно разделить на две категории: первичный и вторичный микропластик. Первичный микропластик – это микронные пластиковые частицы, производимые промышленностью, а вторичный микропластик – это пластиковые частицы, образующиеся в результате физической и химической фрагментации и разложения крупных пластиков. Разнообразие путей образования и перемещения микропластика в атмосфере подчеркивает взаимозависимость различных экосистем и необходимость разработки комплексной стратегии по борьбе с пластиковым загрязнением [15]. Кроме того, способы распространения микропластика в окружающей среде подтверждают необходимость международного сотрудничества в решении проблемы пластикового загрязнения.

Основные пути снижения образования и распространения микропластика должны включать в себя введение запрета на одноразовый пластик, внедрение биоразлагаемых материалов, а также совершенствование инфраструктуры переработки и управления отходами. Помимо информирования общественности об опасностях пластикового загрязнения, необходима система мотивации населения, которая будет способствовать сокращению потребления пластиковых изделий.

#### *Влияние микропластика на здоровье человека*

Как уже отмечалось, микропластик присутствует во всех аспектах окружающей среды, включая пищу, которую мы потребляем, и воздух, которым мы дышим. Основным источником воздействия частиц микропластика и нанопластика является употребление в пищу продуктов питания или воды, загрязненных этими частицами. Пластмассы попадают в пищевую цепь и несут в себе загрязняющие вещества, которые могут повлиять

на гомеостаз кишечника. В ходе исследований установлено наличие микропластика и нанопластика во многих видах пищевых продуктов, включая фрукты, овощи, морские продукты, домашний скот (например, куры) и питьевую воду. Было обнаружено, что многие продукты, такие как сахар, мед, пиво, коровье молоко и морская соль, также содержат микропластик. Эти частицы были обнаружены в желудочно-кишечном содержимом более чем 220 различных морских видов, таких как мидии, устрицы, моллюски и обыкновенные креветки, а также в различных морепродуктах [16–18]. Сообщается, что взрослые люди потенциально могут проглатывать до 458000 частиц микропластика в год через водопроводную воду и 3569000 частиц микропластика в год через воду в бутылках [19]. Однако существуют значительные расхождения в оценках воздействия микропластика на человека из-за различий в типе пластика и экспериментальных методологиях, используемых в различных исследованиях. В недавнем исследовании Schawabl et al. предприняли попытку оценить загрязнение человека, измеряя количество микропластика в фекалиях восьми здоровых людей. Исследованием установлено в среднем 20 частиц микропластика на 10 г фекалий размером от 50 до 500 мкм, принадлежащие к девяти типам пластиков, из которых наиболее распространены ПП и ПЭТ [20, 21].

Распределение микро- и нанопластиков после приема внутрь недостаточно изучено. Из-за стабильности пластиковых материалов ферментативная или химическая деградация затруднена, в особенности по причине того, что в кишечнике млекопитающих отсутствуют специализированные ферменты для разрушения пластика. Поэтому частицы пластика разлагаются в процессе пищеварения незначительно. Более крупные микропластики (> 150 мкм) остаются прикрепленными к слою кишечной слизи, непосредственно контактируя с апикальной частью эпителиальных клеток кишечника. Однако более мелкие частицы (< 150 мкм) могут проникать через слой слизи кишечника. Поглощение микро- и нанопластиков зависит от их размера и происходит посредством различных механизмов, включая транзитоз через клетки микроскладок, эндоцитоз через энтероциты, персорбцию (прохождение через щели на конце ворсинки после гибели энтероцитов) и параклеточное поглощение [22].

При попадании микро- и нанопластиков в организм большая их часть выводится с калом, тогда как небольшая часть остается в кишечнике в течение нескольких

дней. Микрочастицы могут вызывать воспаление, окислительный стресс и нарушение микробиома кишечника при всасывании в организм. Это может привести среди прочего к ослаблению иммунной системы, сердечно-сосудистым заболеваниям и желудочно-кишечным заболеваниям. Помимо попадания микропластици с пищей организм человека может подвергаться воздействию микропластика в процессе дыхания. Установлено, что воздух, которым мы дышим, содержит микропластик, особенно в помещениях, где преобладают синтетические материалы. Согласно научным исследованиям, повреждение и воспаление легочной ткани, помимо респираторных проблем, таких как астма и хроническая обструктивная болезнь легких, связаны с воздействием микропластика в воздухе. Многочисленные пластмассы содержат соединения, включая, помимо прочего, фталаты, бисфенол А (BPA) и антипирены, которые вызывают различные осложнения для здоровья, включая рак, гормональные нарушения и репродуктивные проблемы [18].

Более того, исследования показали, что микропластик служит переносчиком вредных бактерий и патогенов. Биопленки, образованные бактериями, прилипающими к поверхности частиц микропластика, могут способствовать передаче инфекционных заболеваний [23]. Присутствие микропластика в окружающей среде также может оказывать неблагоприятное воздействие на безопасность пищевых продуктов [6, 19]. Более того, загрязнение сельскохозяйственных почв микропластиком влечет за собой нарушение усвоения питательных веществ и развитие сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, снижает производство продуктов питания и ставит под угрозу продовольственную безопасность. В связи с этим растет и потребность в дополнительном регулировании и исследованиях воздействия микропластика на здоровье человека [24–29].

Разложение пластиковых бутылок и контейнеров на более мелкие частицы способствует попаданию микропластика в питьевую воду. Кроме того, эти частицы могут образовываться при стирке одежды из синтетических волокон, а также добавление микропластика в такие продукты, как чистящие средства и косметика, может привести к их последующему накоплению в системе водоснабжения.

Следует отметить, что незначительные размеры микропластика облегчают его прохождение через системы фильтрации воды, что затрудняет его полное удаление из питьевой воды [30]. В связи с этим необхо-

димо также совершенствовать процессы очистки воды, с целью полного удаления микропластика из источников питьевого водоснабжения.

Микропластик был идентифицирован как загрязнитель воздуха и почвы, а также океанов и водных путей. Как ранее отмечалось, микрочастицы пластика способны перемещаться на большие расстояния, попадая в атмосферу, прежде чем осесть на суше или в водоемах, а также способны накапливаться в телах почвенных организмов, червей и насекомых.

Исследователи из Университета Стратклайда обнаружили микропластик в атмосферных частицах, собранных для исследования в Лондоне [31, 32]. В ходе исследования были изучены образцы, полученные из разных мест муниципалитета, и установлено, что в них микропластик составляет до 60%. Установлено, что большую часть микропластика составляют нити и фрагменты. Эти компоненты преобладают в пластиковых изделиях, которые используются ежедневно, включая одежду, упаковку и предметы личной гигиены. Перенос этих частиц на большие расстояния ветром и водными течениями может привести к обширному загрязнению экосистем [33, 34].

Микропластик может изменить физический состав почвы, тем самым влияя на доступность питательных веществ, способность удерживать воду и пористость. Это может иметь пагубные последствия для роста и развития растений, что в итоге приведет к снижению сельскохозяйственного производства и ухудшению качества почвы [2, 35, 36]. Кроме того, микропластик может служить средой для переноса дополнительных загрязнителей почвы, включая органические загрязнители и тяжелые металлы, тем самым усугубляя деградацию качества почвы. Важно отметить, что дождевые черви, которые являются жизненно важными инженерами экосистемы в почве, могут поглощать микропластик, что пагубно влияет на их размножение и здоровье. Исследование показало, что микропластик может проникать в растения через корни, вызывая физиологические изменения [37]. В результате такого влияния на здоровье растений, усвоение питательных веществ и рост снижается урожайность сельскохозяйственных культур. Микропластик проявляет устойчивость к воздействию окружающей среды по сравнению со многими другими загрязнителями и способен сохраняться в почве от нескольких сотен до трех тысяч лет [38]. Длительная продолжительность такого сохранения повышает вероятность того, что он будет постепенно накапливаться в почве, тем са-

мым создавая возможность биоаккумуляции и биомагнификации в пищевой цепи. Это не только ставит под угрозу здоровье почвы и функционирование экосистем, но также подвергает риску здоровье людей из-за употребления в пищу загрязненных пищевых культур. Кроме того, накопление микропластика в почве может иметь последствия для экосистемных процессов, включая секвестрацию углерода, фильтрацию воды и сохранение биоразнообразия.

С целью снижения нахождения микропластика в почве необходима комплексная стратегия, включающая в себя разработку технологий удаления микропластика из почвы и восстановление почвы, совершенствование методов управления отходами и предотвращения пластикового загрязнения. Для разработки эффективных мер снижения необходимо доскональное изучение процессов переноса микропластика в почве, а также их воздействия на здоровье почвы и функционирование экосистемы.

*Принимаемые меры по снижению  
загрязнения микропластиком  
и существующие проблемы*

Крошечные пластиковые частицы, известные как микрошарики, включают в себя такие продукты, как отшелушивающие очищающие средства и зубная паста. С целью снижения загрязнения окружающей среды во многих странах, включая Канаду и США, запрещено использование микрогранул в продуктах личной гигиены. Некоторые страны ввели определенные правила использования микропластика кроме микрогранул также и в других продуктах. Так, например, Европейский Союз запретил использование микропластика в моющих средствах, косметике и других потребительских товарах.

В РФ и РБ принимаются меры по регулированию распространения пластиковых отходов с целью предотвращения выбросов микропластика в экосистему. На законодательном уровне приняты правила по обращению с пластиковыми отходами, включая ограничения на одноразовый пластик, раздельное хранение отходов и программу их переработки. Принимаемые меры направлены на снижение загрязнения окружающей среды посредством надлежащего управления и утилизации пластиковых отходов.

Небольшие размеры и широкое присутствие микропластика в окружающей среде являются существенным препятствием для их мониторинга. Из-за крошечных размеров микропластика традиционные методы мониторинга не обеспечивают его точное обнаружение и количественную

оценку. В настоящее время анализ микропластика часто требует трудоемких и длительных процедур, таких как микроскопия или спектроскопия, которые ограничивают эффективность мониторинга. Более того, широкое распространение микропластика в различных средах, включая отложения, организмы и водоемы, усложняет мониторинг и затрудняет всестороннюю оценку его присутствия в окружающей среде. Дополнительным препятствием в надзоре и выполнении правил, касающихся микропластика, является отсутствие стандартизированных методов обнаружения и количественного определения. В настоящее время отсутствие общепринятых методов анализа микропластика затрудняет сопоставимость данных разных исследований и регионов. Необходимо разработать и утвердить стандартизированные методы мониторинга микропластика, чтобы повысить точность и надежность данных о загрязнении микропластиком, а также облегчить принятие обоснованных решений.

Трудности в эффективном осуществлении нормативных актов и проведении комплексных программ мониторинга усугубляются отсутствием надлежащего финансирования, ресурсов и опыта [39, 40]. Недостаток возможностей многих стран по созданию устойчивых систем мониторинга микропластика приводит к недостаткам как в сборе данных, так и в охвате мониторинга. Кроме того, эффективное снижение последствий загрязнения микропластиком требует международного сотрудничества и координации из-за его трансграничных характеристик, что усложняет мониторинг и меры по обеспечению правоприменения.

Также мониторинг загрязнения микропластиком и снижение его экологических последствий затрудняет перенос микрочастиц на большие расстояния океанскими течениями и атмосферными процессами. Усилия по мониторингу и регулированию распространенности микропластика в окружающей среде еще больше усложняются его стойкостью и биоаккумуляцией в морских экосистемах [41].

Достижение эффективности в реализации нормативных актов, касающихся микропластика, требует комплексной стратегии, включающей научные исследования, формулирование политики и активное участие соответствующих сторон. Правительства, исследовательские институты, промышленность и неправительственные организации должны работать сообща по достижению действенных мер регулирования. Необходимо инвестировать в исследования и инновации для разработки передовых тех-

нологий мониторинга. Совершенствование нормативно-правовой базы и механизмов обеспечения соблюдения имеет решающее значение для снижения негативного воздействия микропластика на здоровье человека и окружающую среду путем устранения источников распространения загрязнений микропластиком.

Технологическим достижением, которое демонстрирует значительные перспективы в области удаления микропластика, является создание специализированных систем фильтрации [42]. С помощью различных механизмов фильтрации, включая сетчатые фильтры, сита и мембраны, удаляют микропластик из источников воды. Широкое внедрение систем фильтрации позволит снизить попадание микропластика в окружающую среду.

Современные технологии удаления микропластика предполагают внедрение роботизированных механизмов и устройств. Камеры и датчики, установленные на этих роботах, позволяют им обнаруживать и собирать микропластик из водоемов. Некоторые роботы спроектированы так, чтобы функционировать независимо, тогда как другими можно управлять дистанционно. Эти автономные устройства способны преодолевать труднопроходимую местность и покрывать огромные территории, чтобы обеспечить доступ до самых загрязненных микропластиком регионов. В настоящее время ученые исследуют возможности биологических методов, создание микроорганизмов, способных перерабатывать микропластик до безопасных побочных продуктов. Хотя эта технология в настоящее время находится на начальном этапе разработки, она имеет широкие перспективы. С целью удаления микропластика, помимо систем фильтрации, роботизированных устройств и биологических решений в настоящее время исследуются и другие технологические инновации. Проводятся научные исследования по применению нанотехнологий, разработке наноразмерных материалов, способных улавливать и удалять микропластик из воды [43, 44]. Альтернативные методы, которые изучаются, включают использование акустических вибраций или ультрафиолетового света.

Разработка и внедрение технологических инноваций, направленных на снижение загрязнения микропластиком, имеет первостепенное значение для защиты здоровья человека и окружающей среды. Инвестируя в исследования и разработки, возможно создание более устойчивых и эффективных методов устранения загрязнения микропластиком.

### Заключение

Загрязнение микропластиком представляет серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Значительные количества мельчайших пластиковых частиц присутствуют в почве, воде и даже воздухе, которым мы дышим. Последствия микропластика для здоровья человека сложны и разнообразны. В связи с этим для реализации стратегий по снижению загрязнения микропластиком и его негативного влияния необходимо сотрудничество и усилия всех заинтересованных сторон, потребителей, научного сообщества, промышленности и государственных органов. Необходимо проведение дальнейших научных исследований, чтобы всесторонне понять влияние микропластика на здоровье человека и разработать эффективные подходы к уменьшению его присутствия в окружающей среде. С этой целью следует реализовать действенные меры по сокращению использования пластиковых изделий и совершенствованию методологий управления отходами, законодательно ограничить включение микрогранул в средства личной гигиены и обеспечить соблюдение правил, снижающих выбросы микропластика при производстве текстиля.

Необходимы разработка и реализация комплексной стратегии, которая включает в себя минимизацию выбросов пластиковых отходов в окружающую среду, совершенствование процедур управления отходами и переработки, а также разработку и применение экологических материалов, заменяющих пластиковые изделия.

### Список литературы

1. Jadaun J.S. Biodegradation of plastics for sustainable environment // *Bioresource Technology*. 2022. Vol. 347. P. 126697. DOI: 10.1515/pac-2018-0602.
2. Arp H.P., Kühnel D., Rummel C., MacLeod M., Pothoff A., Reichelt S., Rojo-Nieto E., Schmitt-Jansen M., Sonnenberg J., Toorman E., Jahnke A. Weathering plastics as a planetary boundary threat: exposure, fate, and hazards // *Environmental science & technology*. 2021. Vol. 55 (11). P. 7246–7255. DOI: 10.1021/acs.est.1c01512.
3. Wright S.L. Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport // *Environmental international*. 2020. Vol. 136. P. 105411. DOI: 10.1016/j.envint.2019.105411.
4. Бурак Л.Ч., Ермошина Т.В., Королева Л.П. Загрязнение почвенной среды микропластиком, факторы влияния и экологические риски // *Экология и промышленность России*. 2023. Т. 27, № 5. С. 58–63. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-5-58-63.
5. Su L. Global transportation of plastics and microplastics: A critical review of pathways and influences // *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 831. P. 154884. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154884.
6. Persson L., Carney Almroth B.M., Collins C.D., Cornell S., Hauschild M.Z. Outside the safe operating space of the

planetary boundary for novel entities // *Environ. Sci. Technol*. 2022. Vol. 56 (3). P. 1510–1521. DOI: 10.1021/acs.est.1c04158.

7. Bethanis J., Golia E.E. Revealing the combined effects of microplastics, Zn, and Cd on soil properties and metal accumulation by leafy vegetables: a preliminary investigation by a laboratory experiment // *Soil Systems*. 2023. Vol. 7. P. 65. DOI: 10.3390/soilsystems7030065.

8. Yang Y., Xie E., Du Z., Peng Z., Han Z., Li L., Zhao R., Yang X. Detection of various microplastics in patients undergoing cardiac surgery // *Environ. Sci. Technol*. 2023. Vol. 57. P. 10911–10918. DOI: 10.1021/acs.est.2c07179.

9. Rochman C.M., Hoellein T. The global odyssey of plastic pollution // *Science*. 2020. Vol. 368. P. 1184–1185. DOI: 10.1126/science.abc4428.

10. Ziani K., Ioniță-Mândrican C.B., Mititelu M., Neacșu S.M., Negrei C., Moroșan E., Drăgănescu D., Preda O.T. Microplastics: A real global threat for environment and food safety: A state of the art review // *Nutrients*. 2023. Vol. 15 (3). P. 617. DOI: 10.3390/nu15030617.

11. Alberghini L., Truant A., Santonicola S., Colavita G., Giaccone V. Microplastics in fish and fishery products and risks for human health: A review // *Int J Environ Res Public Health*. 2022. Vol. 20 (1). P. 789. DOI: 10.3390/ijerph20010789.

12. Campanale C., Massarelli C., Savino I., Locaputo V., Uricchio V.F. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17 (4). P. 1212. DOI: 10.3390/ijerph17041212.

13. Lamichhane G., Acharya A., Marahatha R., Modi B., Paudel R., Adhikari A., Raut B.K., Aryal S., Parajuli N. Microplastics in environment: Global concern, challenges, and controlling measures // *Int J Environ Sci Technol (Tehran)*. 2023. Vol. 20. P. 4673–4694. DOI: 10.1007/s13762-022-04261-1.

14. Pironti C., Ricciardi M., Motta O., Miele Y., Proto A., Montano L. Microplastics in the environment: Intake through the food web, human exposure and toxicological effects // *Toxics*. 2021. Vol. 9. P. 224. DOI: 10.3390/toxics9090224.

15. Emenike E.C., Okorie C.J., Ojeyemi T., Egbemhenge A., Iwuozor K.O., Saliu O.D., Okoro H.K., Adeniyi A.G. From oceans to dinner plates: The impact of microplastics on human health // *Heliyon*. 2023. Vol. 9(10). P. e20440. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e20440.

16. Bashir S.M., Kimiko S., Mak C.W., Fang J.K.H., Gonçalves D. Personal care and cosmetic products as a potential source of environmental contamination by microplastics in a densely populated Asian city // *Front Mar Sci*. 2021. Vol. 8. P. 683482. DOI: 10.3389/fmars.2021.683482.

17. Kutralam-Muniasamy G. et al. Branded milks – Are they immune from microplastics contamination? // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 714. P. 136823. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.136823.

18. Jung Y.S., Sampath V., Prunicki M., Aguilera J., Allen H., LaBeaud D., Veidis E., Barry M., Emy B., Patel L., Akdis C., Akdis M., Nadeau K. Characterization and regulation of microplastic pollution for protecting planetary and human health // *Environ Pollut*. 2022. Vol. 315. P. 120442. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120442.

19. Danopoulos E., Twiddy M., Rotchell J.M. Microplastic contamination of drinking water: A systematic review // *PLoS one*. 2020. Vol. 15. P. e0236838.

20. Van Raamsdonk L.W.D. et al. Current insights into monitoring, bioaccumulation, and potential health effects of microplastics present in the food chain // *Foods*. 2020. Vol. 9 (1). P. 72. DOI: 10.3390/foods9010072.

21. Sacco N.A., Zoppas F.M., Devard A., González Muñoz M.d.P., García G., Marchesini F.A. Recent advances in microplastics removal from water with special attention given to photocatalytic degradation: Review of scientific research // *Microplastics*. 2023. Vol. 2 (3). P. 278–303. DOI: 10.3390/microplastics2030023.

22. Ullah S., Ahmad S., Guo X., Ullah S., Ullah S., Nabi G., Wanghe K. A review of the endocrine disrupting effects of micro and nano plastic and their associated chemicals in mammals // *Front Endocrinol (Lausanne)* 2023. Vol. 13. P. 1084236. DOI: 10.3389/fendo.2022.1084236.
23. Gruber E.S., Stadlbauer V., Pichler V., Resch-Fauster K., Todorovic A., Meisel T.C., Trawoeger S. To waste or not to waste: Questioning potential health risks of micro- and nano-plastics with a focus on their ingestion and potential carcinogenicity // *Expo Health*. 2023. Vol. 15. P. 33–51. DOI: 10.1007/s12403-022-00470-8.
24. Lee Y., Cho J., Sohn J., Kim C. Health effects of microplastic exposures: Current issues and perspectives in South Korea // *Yonsei Med J*. 2023. Vol. 64 (5). P. 301–308. DOI: 10.3349/ymj.2023.0048.
25. Lu K., Zhan D., Fang Y., Li L., Chen G., Chen S., Wang L. Microplastics, potential threat to patients with lung diseases // *Front Toxicol*. 2022. Vol. 4. P. 958414. DOI: 10.3389/ftox.2022.958414.
26. Khan F.R., Catarino A.I., Clark N.J. The ecotoxicological consequences of microplastics and co-contaminants in aquatic organisms: A mini-review // *Emerg Top Life Sci*. 2022. Vol. 6. P. 339–348. DOI: 10.1042/ETLS20220014.
27. Usman S., Abdull Razis A.F., Shaari K., Amal M.N., Ibrahim M.A. Microplastics pollution as an invisible potential threat to food safety and security, policy challenges and the way forward // *Int J Environ Res Public Health*. 2020. Vol. 17 (24). P. 9591. DOI: 10.3390/ijerph17249591.
28. Yee M.S., Hii L.W., Looi C.K., Lim W.M., Wong S.F., Kok Y.Y., Tan B.K., Wong C.Y. Impact of microplastics and nanoplastics on human health // *Nanomaterials (Basel)*. 2021. Vol. 11 (2). P. 496. DOI: 10.3390/nano11020496.
29. Bhat M.A., Gedik K., Gaga E.O. Atmospheric micro (nano) plastics: Future growing concerns for human health // *Air Qual Atmos Health*. 2023. Vol. 16. P. 233–262. DOI: 10.1007/s11869-022-01272-2.
30. Morrison M., Trevisan R., Ranasinghe P., Merrill G.B., Santos J., Hong A., Edward W.C., Somarelli J.A. A growing crisis for One Health: Impacts of plastic pollution across layers of biological function // *Front Mar Sci*. 2022. Vol. 9. P. 980705. DOI: 10.3389/fmars.2022.980705.
31. Bhuyan M.S. Effects of microplastics on fish and in human health // *Front Environ Sci*. 2022. Vol. 10. P. 827289. DOI: 10.3389/fenvs.2022.827289.
32. Brown E., MacDonald A., Allen D. The potential for a plastic recycling facility to release microplastic pollution and possible filtration remediation effectiveness // *J. Hazard Mat Adv*. 2023. Vol. 10. P. 100309. DOI: 10.1016/j.hazadv.2023.100309.
33. Haque F., Fan C. Fate of microplastics under the influence of climate change // *iScience*. 2023. Vol. 26 (9). P. 107649. DOI: 10.1016/j.isci.2023.107649.
34. Jia L., Liu L., Zhang Y., Fu W., Liu X., Wang Q., Huang L. Microplastic stress in plants: Effects on plant growth and their remediations // *Front Plant Sci*. 2023. Vol. 14. P. 1226484. DOI: 10.3389/fpls.2023.1226484.
35. Huang D., Wang X., Yin L., Chen S., Tao J., Zhou W., Chen H., Zhang G., Xiao R. Research progress of microplastics in soil-plant system: Ecological effects and potential risks // *Sci Total Environ*. 2022. Vol. 812. P. 151487. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151487.
36. Li Y., Hou Y., Hou Q., Long M., Wang Z., Rillig M.C., Liao Y. Soil microbial community parameters affected by microplastics and other plastic residues // *Front Microbiol*. 2023. Vol. 14. P. 125860. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1258606.
37. Roy T., Dey T.K., Jamal M. Microplastic/nanoplastic toxicity in plants: An imminent concern // *Environ Monit Assess*. 2022. Vol. 195 (1). P. 27. DOI: 10.1007/s10661-022-10654-z.
38. Prata J.C., Dias-Pereira P. Microplastics in terrestrial domestic animals and human health: Implications for food security and food safety and their role as sentinels // *Animals (Basel)*. 2023. Vol. 13 (4). P. 661. DOI: 10.3390/ani13040661.
39. Yang H., Chen G., Wang J. Microplastics in the marine environment: Sources, fates, impacts and microbial degradation // *Toxics* 2021. Vol. 9. P. 41. DOI: 10.3390/toxics9020041.
40. Nasir M.S., Tahir I., Ali A., Ayub I., Nasir A., Abbas N., Sajjad U., Hamid K. Innovative technologies for removal of micro plastic: A review of recent advances // *Heliyon*. 2024. Vol. 10 (4). P. e25883. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25883.
41. Li W., Wang J., Xiong Z., Li D. Micro/nanorobots for efficient removal and degradation of micro/nanoplastics // *Cell Reports Physical Science*. 2023. Vol. 4 (11). P. 101639. DOI: 10.1016/j.xcrp.2023.101639.
42. Anand U., Dey S., Bontempi E., Ducoli S., Vethaak A.D., Dey A., Federici S. Biotechnological methods to remove microplastics: A review // *Environ Chem Lett*. 2023. Vol. 21 (3). P. 1787–1810. DOI: 10.1007/s10311-022-01552-4.
43. Rashed A.H., Yesilay G., Hazeem L., Rashdan S., Al-Mealla R., Kilinc Z., Abdulrasool F., Kamel A.H. Micro- and nano-plastics contaminants in the environment: Sources, fate, toxicity, detection, remediation, and sustainable perspectives // *Water*. 2023. Vol. 15 (20). P. 3535. DOI: 10.3390/w15203535.

СТАТЬИ

УДК 611.441:612.349.8

**ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА СОДЕРЖАНИЕ ИНСУЛИНА  
ПРИ АУТОИММУННОЙ ПАТОЛОГИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

**<sup>1</sup>Кучкарова Л.С., <sup>1</sup>Каюмов Х.Ю., <sup>1</sup>Бердирова С.Х.,  
<sup>2</sup>Петренко С.В., <sup>2</sup>Жильцова Ю.В.**

<sup>1</sup>*Национальный университет Узбекистана, Ташкент, e-mail: qayumovhasan642@gmail.com;*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет, Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова, Минск, e-mail: petrenko51@yahoo.com*

Цель исследования – сопоставить влияние различных доз селена на уровень инсулина в сыворотке крови при аутоиммунном тиреоидите. Опыты были проведены на белых беспородных крысах. Аутоиммунный тиреоидит вызывали тремя внутривенными инъекциями смеси тиреоглобулина и адьюванта Фрейнда в равных объемах. Для коррекции аутоиммунной патологии крысам ежедневно интрагастрально вводили селен в составе селенометионина в течение трех месяцев в средней и высокой дозах. Оказалось, что титр антител к тиреопероксидазе у крыс с аутоиммунной патологией был намного выше, чем в контроле, в течение всего периода наблюдений. Заметное возрастание уровня инсулина в сыворотке крови у крыс с аутоиммунным тиреоидитом также было отмечено на протяжении опыта. Введение селена в средних и высоких дозах приводило к нормализации титра антител, что указывает на корректирующее влияние селена на аутоиммунную патологию щитовидной железы. При этом у крыс с вызванной патологией уровень инсулина в сыворотке крови также восстанавливался до уровня, отмеченного у здоровых животных. Высокие концентрации селена оказывали более выраженное корректирующее влияние, чем средние. Восстановление содержания инсулина под влиянием микроэлемента имело место в более ранние сроки, чем нормализация уровня титра антител у крыс с аутоиммунной патологией. Данные предполагают, что между аутоиммунным тиреоидитом и эндосекреторной патологией поджелудочной железы имеется метаболическая взаимосвязь, так как при аутоиммунной патологии секреция инсулина возрастает, а введение селена приводит к нормализации функций щитовидной и поджелудочной желез. Специфичная динамика титра антител к тиреопероксидазе и уровня инсулина в сыворотке крови у крыс с вызванной патологией свидетельствуют об участии иммунозависимых и иммунонезависимых метаболических путей в регуляции уровня инсулина при аутоиммунной патологии щитовидной железы.

**Ключевые слова:** аутоиммунный тиреоидит, селен, инсулин, антитела к тиреопероксидазе, крысы

**THE EFFECT OF SELENIUM ON INSULIN LEVELS  
IN AUTOIMMUNE THYROID PATHOLOGY**

**<sup>1</sup>Kuchkarova L.S., <sup>1</sup>Kayumov Kh.Yu., <sup>1</sup>Berdierova S.Kh.,  
<sup>2</sup>Petrenko S.V., <sup>2</sup>Zhiltsova Yu.V.**

<sup>1</sup>*National University of Uzbekistan, Tashkent, e-mail: qayumovhasan642@gmail.com;*

<sup>2</sup>*Belarusian State University, International State Ecological Institute named after A.D. Sakharov, Minsk, e-mail: petrenko51@yahoo.com*

The purpose of the work is to compare the effect of different doses of the microelement selenium on the level of insulin in the blood serum in autoimmune thyroiditis. The experiments were carried out on outbred white rats. Autoimmune thyroiditis was induced by three injections of thyroglobulin and Freund's adjuvant. To correct autoimmune pathology, rats were given intragastric selenium daily in medium (0.4 mg/kg) and high (1.2 mg/kg) doses as a part of selenomethionine for 3 months. The level of antibodies to thyroid peroxidase and the content of insulin in the blood serum were determined in the first, second and third months after an induction of autoimmune thyroiditis in rats. It turned out that during a 3-month observation, the increased titer of antibodies to thyroid peroxidase in rats with autoimmune pathology was 4–5 times higher than in the control, remaining at the same level throughout the entire observation period. A significant increase in serum insulin levels in rats with autoimmune thyroiditis was also noted throughout the experiment. The introduction of selenium in medium and high doses leads to the normalization of autoimmune pathology of the thyroid gland, as well as insulin level in the serum blood.. High selenium concentration had a more pronounced corrective effect than medium one. The restoration of insulin levels occurred earlier than the normalization of antibody titer level in rats with autoimmune pathology. The specific dynamics of changes in anti-TPO titer and insulin level indicate the participation of immune dependent and immune independent metabolic pathways in regulation of insulin level in autoimmune thyroid pathology.

**Keywords:** autoimmune thyroiditis, selenium, insulin, antibodies to thyroid peroxidase, rats

Аутоиммунный тиреоидит (АИТ) – хроническое воспалительное заболевание щитовидной железы, при котором имеет место деструкция паренхимы щитовидной железы в результате длительной прогрессирующей лимфоидной инфильтрации. В настоящее

время заболеваемость АИТ растет во всем мире и регистрируется у 3–5% населения. Считают, что в действительности распространенность и встречаемость заболевания шире, так как зачастую патология просто не подозревается [1, 2].

Одним из последствий АИТ в самой щитовидной железе является не только разрушение тироцитов, но и снижение или даже прекращение синтеза гормонов – тироксина и трийодтиронина. В результате развиваются различные осложнения, связанные с патологией нервной, репродуктивной, сердечно-сосудистой и других систем [3]. Кроме того, хронический АИТ часто сочетается с другими аутоиммунными заболеваниями, такими как хроническая недостаточность слюнных желез, аутоиммунная гемолитическая анемия, мегалобластная анемия, тромбоцитопения, красная волчанка, ревматоидный артрит, склеродермия, васкулит [4]. Сочетание аутоиммунных патологий, считают, связано со способностью одного аутоиммунного заболевания быть причиной и/или предпосылкой другого [5].

Одним из самых распространенных аутоиммунных заболеваний в настоящее время является сахарный диабет, в основе генеза которого лежат дефицит инсулина или потеря чувствительности инсулиновых рецепторов к гормону [6]. Диабет проявляется прежде всего в повышенном уровне глюкозы из-за недостаточной продукция инсулина или неэффективности использования вырабатываемого инсулина. Инсулин является единственным гипогликемическим гормоном, снижающим уровень глюкозы в крови, благодаря регуляции утилизации глюкозы крови в гликоген печени или мышц [6, 7]. Гипергликемическим свойством обладают несколько гормонов, в том числе и тиреоидные [8]. Участие тиреоидных гормонов в гомеостазе глюкозы предполагает опосредованную взаимно обусловленную функциональную связь между щитовидной и поджелудочной железой. Такая зависимость, можно предположить, имеет место не только при патологии щитовидной железы, в том числе аутоиммунной, но и при коррекции сопутствующих нарушений различными препаратами.

В последние годы в профилактике и терапии эндокринных, в том числе аутоиммунных, заболеваний широко применяются эссенциальные микроэлементы [9]. Исходя из этого, нам показалось небезынтересным выявить, как изменяется уровень инсулина крови в динамике развития аутоиммунной патологии щитовидной железы при коррекции заболевания селеном.

Цель настоящей работы – сопоставить влияние различных доз селена на уровень инсулина в сыворотке крови при АИТ.

#### **Материалы и методы исследования**

В опытах были использованы белые беспородные крысы-самцы массой 200–220 г,

которых содержали в хорошо вентилируемом светлом помещении при естественном освещении и влажности, при комнатной температуре на рационе вивария. Воду и корм животным давали в одно и то же время суток с избытком.

У крыс первой опытной группы вызвали экспериментальный АИТ. Для этого каждой крысе подкожно вводили 0,1 мл бычий тиреоглобулин (Merck KGaA, Germany) (100 мкг/крысу) с полным адьювантом Фрейнда (ПанЭко, Россия) в объемном соотношении 1:1. Затем на 6-й и 7-й дни после первой инъекции крысам также подкожно вводили смесь тиреоглобулина и неполного адьюванта Фрейнда в том же объеме и в той же дозе аналогичным способом. Далее на 21-й день после первой инъекции было определено содержание титра антител к тиреоидпероксидазе (анти-ТПО) в сыворотке крови. Для определения титра анти-ТПО кровь получали из десен. Только крысы с высоким титром были использованы в последующих наблюдениях. Титр анти-ТПО определяли при помощи набора фирмы «Assay Genie», Ирландия на иммуноферментном анализаторе RT-2100C Microplate Reader Rayto (Китай).

Крысам второй и третьей опытных групп для коррекции аутоиммунного заболевания ежедневно утром в течение трех месяцев интрагастрально вводили селен в средней (0,4 мг/кг) и высокой (1,2 мг/кг) дозах в составе селенометионина (Thorne Research, США).

Крыс контрольной группы обрабатывали вместо смеси для иммунизации и раствора селена метионина физиологическим раствором аналогичным способом, в таком же объеме и в те же сроки.

Для определения инсулина крыс забивали декапитацией в первый, второй и третий месяцы после создания модели АИТ. Инсулин определяли в 0,01 мл сыворотке крови на биохимическом анализаторе RT-2100C Microplate Reader Rayto (Китай) с использованием реактивов фирмы Human (Германия).

Полученные результаты были обработаны с применением t-критерия Стьюдента. Вычисляли среднюю арифметическую величину (M), стандартную ошибку и показатель достоверности (P). Отличия считались статистически достоверными при вероятности более 95 % (P < 0,05).

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Прежде всего, следует отметить, что титр анти-ТПО у животных с вызванным АИТ заметно увеличился.

Влияние АИТ на содержание анти-ТПО и инсулина в сыворотке крови крыс ( $M \pm m$ ;  $n = 6$ )

Группы животных	Продолжительность наблюдения		
	1 месяц	2 месяца	3 месяца
Анти-ТПО (ед/л)			
Контроль	0,41±0,02 100	0,45±0,02 100	0,40±0,02 100
АИТ*	1,83±0,15 448,15 < 0,001	2,02±0,13 450,99 < 0,001	1,98±0,19 498,99 < 0,001
Инсулин (пг/мл)			
Контроль %	0,39±0,03 100	0,40±0,02 100	0,38±0,04 100
АИТ % Р	1,03±0,15 261,56 < 0,005	1,38±0,09 263,89 < 0,001	1,53±0,15 391,01 < 0,001

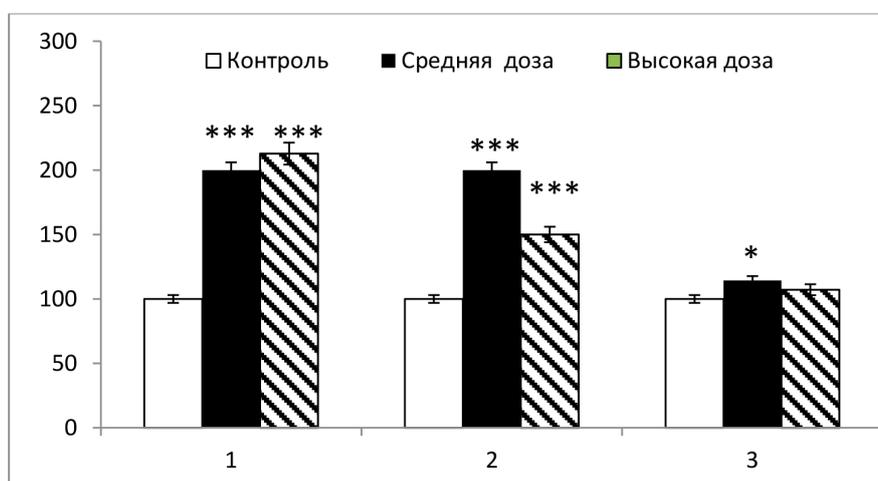


Рис. 1. Влияние селена на титр анти-ТПО в сыворотке крови у крыс с экспериментальным АИТ ( $M \pm m$ ; при  $n = 6$ ). По оси абсцисс – месяцы наблюдений, по оси ординат титр анти-ТПО в % по отношению к контрольной величине, принятой за 100%

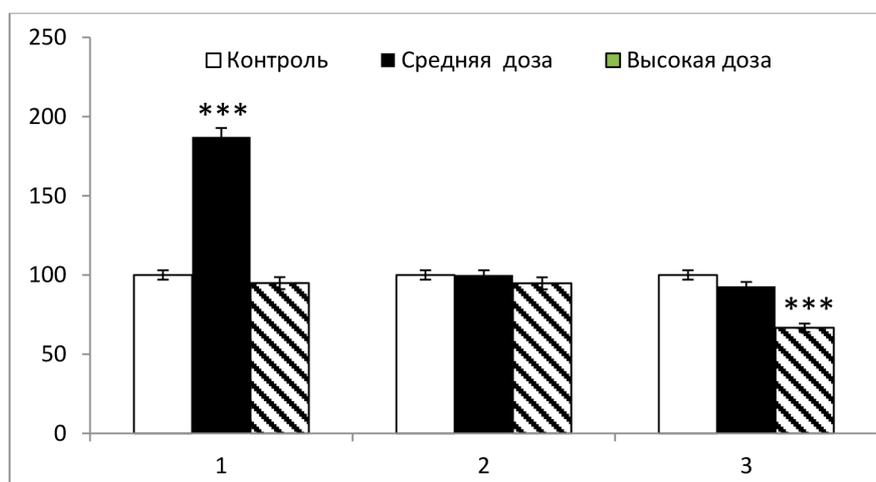


Рис. 2. Влияние селена на содержание инсулина в сыворотке крови у крыс с экспериментальным АИТ ( $M \pm m$ ; при  $n = 6$ ). По оси абсцисс – месяцы наблюдений, по оси ординат титр анти-ТПО в % по отношению к контрольной величине, принятой за 100%

Титр к анти-ТПО был выше контрольных значений в 4,5 раз в первый и второй месяцы наблюдений и в 5,0 раз на третий месяц экспериментов.

Содержание инсулина в крови животных контрольной группы в течение всего периода экспериментов отмечалось на одном уровне. Однако у животных с вызванным АИТ содержание инсулина увеличивалось соответственно в 2,7; 3,5 и 4,0 раза в первый, второй и третий месяцы наблюдений по сравнению с контрольными значениями. Видно, что, несмотря на то, что уровень выраженности АИТ был идентичным на протяжении всего наблюдения, содержание инсулина в сыворотке крови увеличивалось по мере увеличения сроков длительности заболевания (таблица).

На рис. 1 показаны результаты по влиянию селена на титр анти-ТПО в средних и высоких дозах у крыс с АИТ.

Видно, что при применении средних доз селена для коррекции АИТ титр антител заметно приближался, но не достигал величин позитивного контроля к третьему месяцу наблюдения. При применении же высоких доз селена титр анти-ТПО статистически достоверно уменьшался на втором и третьем месяце исследований по сравнению с контрольными значениями, достигая уровня контроля только к третьему месяцу.

Данные показывают, что при длительном применении селена для коррекции аутоиммунной патологии щитовидной железы титр-АПО в сыворотке крови уменьшается. Такой эффект более проявляется для высоких доз селена, по сравнению со средними дозами (рис. 1).

Рисунок 2 отражает результаты по влиянию селена на содержание инсулина в сыворотке крови в средних и высоких дозах у крыс с АИТ.

В этом случае при коррекции АИТ средними дозами селена в составе селенаметионина уровень инсулина у животных был в два раза больше по сравнению с контрольными значениями. Однако на второй и третий месяцы экспериментов инсулин в сыворотке крови регистрировался на уровне контроля. При интрагастральном введении крысам с АИТ высоких доз селена уровень инсулина приближался к контрольным значениям уже на первом месяце наблюдений и сохранялся на этом же уровне во втором. На третий месяц наблюдений уровень инсулина у крыс с вызванным АИТ регистрировался даже ниже значений, отмеченных у здоровых животных контрольной группы.

Результаты показывают, что как средние, так и высокие дозы селена, вводимые крысам с АИТ, вызывают приближение уровня

инсулина к контролю. Корректирующий эффект при введении высоких доз селена проявлялся намного быстрее, и к концу экспериментов уровень гормона был даже ниже величин, отмеченных у крыс контрольной группы.

Таким образом, полученные данные показывают, что высокие дозы селена более эффективны для коррекции уровня как анти-ТПО, так и инсулина.

Положительное влияние селена на АИТ и сопутствующие сдвиги в эндокринной функции поджелудочной железы, скорее всего, обусловлены его огромной ролью в клеточном метаболизме. Известно, что в ткани щитовидной железы содержится самая высокая концентрация селена, так как этот элемент является важным компонентом биосинтеза и метаболизма гормонов щитовидной железы. Показано, что селен проявляет свою биологическую функцию через селенопротеины, основными классами которых являются глутатионпероксидаза, йодтирониндейодиназа, тиоредоксинредуктаза, селенопротеин К, селенопротеин Р и др. Селенопротеины принимают участие во многих разнообразных биологических процессах, включая оксидоредукцию, антиоксидантную защиту, синтез ДНК, метаболизм гормонов щитовидной железы, иммунные реакции и т.д. [10].

В некоторых исследованиях доказана благотворная роль селена на прогрессирование аутоиммунных заболеваний щитовидной железы. Считают, что это связано с тем, что селен может подавлять чрезмерно реагирующую активность иммунной системы или нарушать иммунную функцию т-лимфоцитов посредством антиоксидантных механизмов, участвующих в патогенезе аутоиммунных заболеваний щитовидной железы. Добавление селена может подавлять th1-зависимый иммунный ответ, тормозя воспалительную реакцию и деструктивное повреждение щитовидной железы [11].

Полученные результаты показывают, что под воздействием селена при АИТ имеет место не только коррекция аутоиммунных нарушений в щитовидной железе, что проявляется в заметном снижении анти-ТПО у крыс с АИТ, но и в эндокринной секреции поджелудочной железы, что проявляется в нормализации вызванной патологией гиперинсулинемии. Полученные данные подтверждают ранее высказанные предположения Chen и др. (2018) о взаимосвязи между аутоиммунной дисфункцией щитовидной железы и аутоиммунными поражениями поджелудочной железы, проявляющейся в тормозном влиянии инсулина на утилизацию глюкозы в связи с потерей чувстви-

тельности инсулин-зависимых рецепторов к гормону [12]. Возрастание уровня инсулина в сыворотке крови в зависимости от длительности заболевания (таблица), отмеченное в наших исследованиях, подтверждает выдвинутую этими авторами гипотезу.

Введение селена крысам с АИТ оказывает позитивный эффект как на содержание анти-ТПО, так и на уровень инсулина в сыворотке крови. Экзогенный селен практически полностью устраняет аутоиммунную патологию к третьему месяцу наблюдений, что особенно четко проявляется при применении высоких доз элемента. Выявленная аналогия в коррекции содержания анти-ТПО и инсулина в сыворотке крови крыс говорит о возможном участии АИП щитовидной железы в развитии сахарного диабета 2 типа.

Следует отметить, что при этом содержание инсулина в сыворотке крови под влиянием обеих примененных доз при АИТ восстанавливается в более ранние сроки, чем уровень анти-ТПО. Некоторое расхождение во времени в корригирующем влиянии селена на титр анти-ТПО и содержание инсулина при аутоиммунной патологии щитовидной железы указывает и на независимое от АИТ влияние селена на коррекцию вторичной патологии, скорее благодаря его сильным антиоксидантным свойствам [10].

### Выводы

1. АИТ вызывает увеличение анти-ТПО и повышение уровня инсулина в сыворотке крови у крыс, что предполагает развитие сахарного диабета 2 типа у животных с аутоиммунной патологией.

2. Введение селена в средних и высоких дозах приводит к нормализации аутоиммунной патологии щитовидной железы, равно как и уровня инсулина. Нормализация инсулина имеет место в более ранние сроки по сравнению с восстановлением титра анти-ТПО. При этом высокие дозы оказались более эффективными.

3. Специфичная динамика изменений титра анти-ТПО и уровня инсулина сви-

детельствует об участии АИТ-зависимых и АИТ-независимых метаболических путей в регуляции уровня инсулина при аутоиммунной патологии щитовидной железы.

### Список литературы

1. Colin M.D., Gilbert H.D. Chronic autoimmune thyroiditis // *New Engl J Med*. 2016. Vol. 335, Is. 2. P. 99–107.
2. Klubo-Gwiedzinska J., Wartofsky L. Hashimoto thyroiditis: an evidence-based guide to etiology, diagnosis and treatment // *Pol Arch Intern Med*. 2022. Vol. 132, Is. 3. P. 216–222.
3. Mikulska A.A., Karaźniewicz-Lada M., Filipowicz D., Ruchała M., Główska F.K. Metabolic Characteristics of Hashimoto's Thyroiditis Patients and the Role of Microelements and Diet in the Disease Management – An Overview // *Int J Mol Sci*. 2022. Vol. 23, Is. 12. P. 65–80.
4. Трошина Е.А. Хронический аутоиммунный тиреоидит – «сигнальное заболевание» в составе мультиорганного аутоиммунного синдрома // *Проблемы эндокринологии*. 2023. Т. 69, № 4. С. 4–10.
5. Cojocar M., Cojocar I.M., Silosi I. Multiple autoimmune syndrome. *Maedica (Bucur)*. 2010. Vol. 5, Is. 2. P. 132–134. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3150011/> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Kuchkarova L.S., Rokhimova S.O., Syrov V.N. Effect of turkesterone on the pancreas histology and function in diabetic rats // *Int J Cur. Res. Rev*. 2020. Vol. 12, Is. 21. P. 1–5.
7. Popoviciu M.S., Kaka N., Sethi Y., Patel N., Chopra N., Cavalu S. Type 1 Diabetes Mellitus and Autoimmune Diseases: A Critical Review of the Association and the Application of Personalized Medicine // *J. Pers. Med*. 2023. Vol. 13, Is. 3. P. 14–22. DOI: 10.3390.
8. Бобрин М.И. Взаимное влияние тиреоидного и углеводного обмена // *Парадигмы и парадоксы // Международный эндокринологический журнал*. 2015. Т. 67, № 3. С. 127–132.
9. Шарипова М.М., Ивкина М.В., Архангельская А.Н., Гуревич К.Г. Роль микроэлементов в развитии эндокринной патологии // *Экология человека*. 2022. Т. 29, № 11. С. 753–759.
10. Трошина Е.А., Сеношкина Е.С., Терехова М.А. Роль селена в патогенезе заболеваний щитовидной железы // *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*. 2018. Т. 14, № 4. С. 192–205.
11. Wichman J., Winther K.H., Bonnema S.J., Hegedüs L. Selenium supplementation significantly reduces thyroid autoantibody levels in patients with chronic autoimmune thyroiditis: a systematic review and meta-analysis // *Thyroid*. 2016. Vol. 26, Is. 12. P. 1681–1692.
12. Chen C., Xie Z., Shen Y., Xia S.F. The Roles of Thyroid and Thyroid Hormone in Pancreas: Physiology and Pathology // *Int J Endocrinol*. 2018. Vol. 2018. P. 12–14. DOI: 10.1155/2018/2861034.

УДК 591.111:636.92

## ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ КАДМИЯ И СВИНЦА НА МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРОЛИКОВ

Бахриллаева М.А., Ражамуратов З.Т.

*Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, Самарканд,  
e-mail: baxrillayevamunisa2022@gmail.com, zaynitdin-fiz@mail.ru*

Под воздействием стрессовых факторов качество продукции, получаемой от сельскохозяйственных животных, ухудшается, а поголовье скота ежегодно снижается на 1,8–2,3%. В результате растет потребность в проведении исследований, направленных на оценку влияния различных факторов на физиологическое состояние и биохимические показатели животных. Цель исследования – определить влияние добавления в кормовой рацион солей тяжелых металлов на показатели крови кроликов. Объект исследования – кролики разного возраста породы Хикол, привезенные из Франции. В экспериментах в рацион добавляли соли кадмия и свинца в разных количествах и содержали кроликов на модифицированном рационе в течение определенного периода времени. В начале и в конце эксперимента сравнивали количество форменных элементов крови и состав белков сыворотки крови. Согласно полученным данным добавление в рацион солей кадмия и свинца влияет на количество формообразующих элементов в крови кроликов и состав белков сыворотки крови. Информация, представленная в статье, служит для объяснения разнообразия показателей крови у кроликов, содержащихся в экстремальных условиях, для выбора правильного подхода к их кормлению и уходу.

**Ключевые слова:** кролик, кровь, кадмий, свинец, соль, эйхорния, эритроцит, лейкоцит

## INFLUENCE OF CADMIUM AND LEAD SALTS ON MORPHOBIOCHEMICAL INDICATORS OF RABBIT BLOOD

Bakhrillaeva M.A., Razhamuradov Z.T.

*Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand,  
e-mail: baxrillayevamunisa2022@gmail.com, zaynitdin-fiz@mail.ru*

Under the influence of stress factors, the quality of products obtained from farm animals deteriorates, and the number of livestock decreases by 1.8–2.3% annually. As a result, there is a growing need for research aimed at assessing the influence of various factors on the physiological state and biochemical parameters of animals. The purpose of the study is to determine the effect of adding heavy metal salts to the feed ration on the blood parameters of rabbits. The object of the study was rabbits of different ages of the Hikol breed, brought from France. In the experiments, cadmium and lead salts were added to the diet in different quantities and the rabbits were kept on a modified diet for a certain period of time. At the beginning and at the end of the experiment, the number of blood cells and the composition of blood serum proteins were compared. According to the data obtained, the addition of cadmium and lead salts to the diet affects the amount of formative elements in the blood of rabbits and the composition of serum proteins. The information presented in the article serves to explain the variety of blood parameters in rabbits kept in extreme conditions, to choose the right approach to their feeding and care.

**Keywords:** rabbit, blood, cadmium, lead, salt, eichornia, erythrocyte, leukocyte

В последние 30 лет наблюдается тенденция быстрого загрязнения биосферы под воздействием урбанизации и антропогенных факторов. Воздействие стрессовых факторов отражается на качестве продукции, получаемой от сельскохозяйственных животных, которое ухудшается, а поголовье скота ежегодно снижается на 1,8–2,3%. В результате растет потребность в проведении исследований, направленных на оценку влияния различных факторов на физиологическое состояние и биохимические показатели животных. К концу XX в. это привело к бурному развитию производства и резкому увеличению количества автомобилей. Из года в год увеличиваются выбросы в окружающую среду промышленных от-

ходов, сточных вод, сажи и газов от транспортных средств, предприятий тяжелой промышленности, машин, оборудования, теплоэлектростанций, в результате сжигания угля, а также использования сельскохозяйственных гербицидов и инсектицидов. Эти отходы загрязняют окружающую среду различными токсичными химическими соединениями [1]. Среди этих соединений одно из ведущих мест занимают тяжелые металлы, они накапливаются в окружающей среде преимущественно в результате деятельности человека и становятся частью пищевой цепи [2].

Общее проявление жизнедеятельности организмов человека и животных обеспечивается прежде всего кровью и составляю-

щими ее структурами. Любой продукт, попадающий в организм с пищей, расщепляется органами пищеварения и всасывается в кровь [3]. Наряду с обеспечением связи между частями и органами тела животного кровь доставляет продукты жизнедеятельности к органам пищеварения и обеспечивает их выведение из организма, осуществляя тем самым обмен веществ в организме [4]. Для него характерно непостоянство состава крови, что определяет гибкость и пластичность животного организма в условиях постоянно меняющейся внешней среды. Серьезное влияние на состав крови оказывают питание животных, возраст, пол, порода, условия содержания, времена года и другие факторы [5].

Изучение состава крови животных дает возможность оценить общее физиологическое состояние животных, а также контролировать изменения, происходящие в их организме под влиянием факторов питания и ухода, подтверждающие их адаптацию к внешним условиям среды.

Цель исследования – оценить влияние солей кадмия, свинца на морфо-биохимические показатели крови кроликов.

#### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были использованы кролики разного возраста породы Хикол, привезенные из Франции. Эксперименты проводились в фермерском хозяйстве «Тарнов сабзотлари» Окдариинского района Самаркандской области, специализирующемся на выращивании и разведении кролиководческой продукции, по следующему плану:

контрольная группа – традиционный фермерский рацион (АФР – 100 г содержит: пшеница – 40 г, кукуруза – 10 г, семена подсолнечника – 2 г, мука люцерновая – 48 г);

I группа – АФР + ацетат свинца в 5 раз больше дозы, которую можно применять для скормливания кроликам (25 мг/кг);

II группа – АФР + ацетат кадмия в 5 раз превышает дозу, которую можно применять для скормливания кроликам (0,97 мг/кг).

III группа – АФР + ацетат свинца (25 мг/кг живой массы) + ацетат кадмия (0,97 мг/кг).

IV группа – АФР + ацетат свинца (25 мг/кг живой массы) + ацетат кадмия (0,97 мг/кг) + экспериментальная добавка (эйхорния).

Для определения морфологических показателей крови использовали метод Хайитова [6]. Анализ количества эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина в крови проводили на автоматическом гематологическом анализаторе ВС-5000 (Mindray). В экспериментах кровь, взятая у испытуемых, первоначально помещалась в вакуумные про-

бирки, содержащие 1 мл раствора ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоты). Пробирку оставляли на 2–3 мин. Осадок из пробирки переносили в пробирку прибора и помещали в анализатор. Полученные результаты были проанализированы и определены средние показатели.

Методом Дуды и др. измеряли количество белков в крови [7]. Анализ на определение количества альбуминов и глобулинов ( $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ ) в крови проводили на автоматизированном клинико-химическом анализаторе XL-200 (ErbaMannheim). В ходе экспериментов кровь, полученную от испытуемых, помещали в пробирку объемом 2 мл и центрифугировали при 1500 оборотов в течение 10 мин. Далее 1 мл полученного супернатанта сливали в кювету анализатора и помещали в анализатор. Полученные результаты были проанализированы и определены средние показатели.

Статистическую обработку и оформление результатов проводили с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2013 (США). Результаты эксперимента статистически обобщали путем оценки средних арифметических значений пяти повторных экспериментов при уровне статистической достоверности  $p < 0,05$ . При математико-статистическом анализе средние значения и отклонения показателей, а также расчет вероятности проводились по методике Лакина [8].

#### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе анализа полученных данных при скормливания кроликам в суточном фермерском рационе различных солей тяжелых металлов по отдельности и вместе, а также помимо рациона, скормливаемого обеими солевыми смесями, было выявлено изменение морфологического состава крови (табл. 1). Данные, представленные в табл. 1, показывают, что изменилось количество микроэлементов в крови кроликов, потреблявших ацетат кадмия и ацетат свинца. В начале эксперимента количество изучаемых показателей в крови кроликов было практически одинаковым и находилось в пределах физиологической нормы.

По полученным результатам авторами установлено, что добавление в рационы кормления подопытных кроликов различных солей тяжелых металлов оказывает негативное влияние на их гематологические показатели, причем влияние оказывалось в первую очередь на скорость роста кроликов. Количественный уровень эритроцитов и гемоглобина в крови тесно связан с продуктивностью кроликов.

Таблица 1

Морфологические показатели крови кроликов (n = 5)

Показатели	Группы				
	Контроль	I	II	III	IV
В начале эксперимента					
Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>	5,1±0,45	4,9±0,11	4,9±1,17	4,8 ±0,12	4,9±0,65
Лейкоциты, тыс./мм <sup>3</sup>	7,3±0,21*	7,2±0,36**	7,46±0,28	7,3±0,17	7,18±0,41
Гемоглобин, г/л	108,6±1,67	106,2±1,44	108,7±1,44	107,9±1,33	106,2±1,57
Нейтрофилы %	35,3±1,2121	34,7±2,04	36,02±1,45	35,6±1,17	36,3±1,4
Эозинофилы, %	2,2±0,9	2,3±0,4	1,76±0,75	2,17±0,32	2,1±0,6
Лимфоциты, %	54,2±3,19	55,8±2,26	55,29±1,87	56,1±1,47	53,6±3,3
Моноциты %	2,6±0,5**	2,6±0,3	2,5±0,5*	2,7±0,43	2,4±0,26
Базофилы, %	0,2±0,29	0,1±0,22	0,1±0,14	0,2±0,22	0,3±0,29
Тромбоциты, тыс./мм <sup>3</sup>	170,3±9,26	166,2±3,68	168,1±5,3	173,17±3,6	174,3±9,2
В конце эксперимента					
Эритроциты, млн/мм <sup>3</sup>	5,7±0,45	4,9±0,11*	5,1±1,17**	4,7±0,12	5,4±0,65
Лейкоциты, тыс./мм <sup>3</sup>	8,3±0,41	7,2±0,21	7,46±0,28	6,9±0,17	8,1±0,7
Гемоглобин, г/л	115±1,67	97,4±1,44	102,57±1,71	94,6±1,33	113±1,67
Нейтрофилы %	37,3±1,21	29,7±2,04	30,72±1,45	28,6±1,17	36,2±2,23
Эозинофилы, %	2,4±0,2	4,3±0,4	3,76±0,75	4,8±0,32	2,2±0,87
Лимфоциты, %	58,4±1,3	67,5±1,52	66,29±1,87	69,4±3,47	56,5±2,08
Моноциты, %	3,1±0,26	2,6±0,3	2,8±0,18	2,4±0,43	2,9±0,42
Базофилы, %	0,8±0,21	0,1±0,22	0,1±0,14	0,2±0,22	0,8±0,3
Тромбоциты, тыс./мм <sup>3</sup>	184,3±9,26*	149,2±3,68	165±5,32**	143,17±2,8	179,3±6,56

Примечание: \*P &lt; 0,01; \*\*P &lt; 0,005.

По данному методу отмечено, что использование в рационе солей тяжелых металлов приводило к ухудшению гематологических показателей крови подопытных кроликов. Из табл. 1 видно, что количество и концентрация эритроцитов в крови кроликов первой, второй и третьей опытных групп снизились на 14,03; 10,52 и 17,5% соответственно по сравнению с контрольной группой. Это означает, что соли тяжелых металлов (ацетат кадмия и ацетат свинца) оказывали вредное (отрицательное) воздействие на эритропоэтические ткани крови кроликов. Уменьшение количества эритроцитов в крови кроликов опытной группы и содержащегося в них гемоглобина характеризует снижение обменных процессов в их организме и возникновение гипоксии. Общее количество лейкоцитов в опытных группах по сравнению с контрольными составляет 15,85%. Хотя оно снизилось на 10,24 и 16,9%, количество эозинофилов и лимфоцитов в опытных группах несколько увеличилось. Причина в том, что эти элементы крови увеличиваются в организме

под воздействием аллергических реакций, паразитов и различных инфекционных процессов. Это говорит о том, что количество эозинофилов и лимфоцитов увеличилось в результате токсико-аллергических реакций у кроликов под воздействием тяжелых металлов.

Высокая концентрация эритроцитов и лейкоцитов в крови кроликов контрольной и IV опытной групп, а также высокая концентрация гемоглобина способствуют интенсивности обмена веществ, увеличению живой массы и высокому уровню резистентности в их организме. Возможно, что основной причиной возникновения таких различий между сравниваемыми группами было патологическое состояние организма кроликов, потреблявших соли тяжелых металлов как отдельно, так и вместе. Потому что в патологическом состоянии по сравнению со здоровым организмом оно может быть результатом мобилизации всех видов циркулирующих лейкоцитов для обеспечения здоровья организма с целью фагоцитирования попавших в организм чуже-

родных существ и нейтрализации токсинов и токсических веществ, которые они выделяют. Одинаковое количество лейкоцитов в крови контрольной группы, получавшей фермерский рацион, и IV опытной группы, получавшей зеленую массу в виде водного растения эйхорнии, которая снижает действие тяжелых металлов и обеспечивает организм всеми незаменимыми аминокислотами, позволило остаться им на уровне физиологической нормы. При этом следует пояснить, что общее количество лейкоцитов в крови кроликов этих групп увеличилось от нормы показателя в начале опыта. Авторы считают, что это могло произойти за счет изменения возраста кроликов, увеличения массы тела, массы и содержания полноценного белка в потребляемом рационе.

Установлено, что количество эритроцитов в крови кроликов контрольной и IV опытной групп было на 18,6%, или на 1,1 млн/мм<sup>3</sup>, меньше среднего количества эритроцитов в крови кроликов I, II и III экспериментальных групп. Авторы полагают, что снижение количества эритроцитов в крови кроликов первых трех опытных групп является прежде всего результатом ослабления органов эритропоэза вследствие гемолиза под действием солей тяжелых металлов.

Также авторами отмечено, что изменения, наблюдавшиеся в концентрации гемоглобина в крови сравниваемых групп кроликов, а также в общем количестве эритроцитов и лейкоцитов повторялись. Как уже упоминалось выше, гемоглобин является одним из основных компонентов эритроцитов, и он постоянно изменяется параллельно уровню изменения количества эритроцитов. На основании вышеизложенного авторы попытались интерпретировать следующие результаты на основе анализа полученных данных. Установлено, что концентрация гемоглобина в крови кроликов контрольной и IV опытной групп была выше концентрации гемоглобина в крови кроликов первых трех опытных групп. Установлено, что количество гемоглобина в крови первых трех опытных групп было ниже, чем у кроликов контрольной и IV опытной групп.

Кроме того, во всех экспериментальных группах авторы стали свидетелями того, что общее количество эритроцитов, лейкоцитов и концентрация гемоглобина в определенной степени увеличивались от начала опыта к концу эксперимента. В конце опыта наблюдалось, что количество лейкоцитов в крови подопытных кроликов в определенной степени увеличилось по сравнению с началом опыта.

Следует отметить, что все количественные изменения в составе крови кроликов были обеспечены добавлением в рацион кроликов солей тяжелых металлов и использованием эйхорнии в качестве дополнительного питания. Так, применение эйхорнии оказало стимулирующее воздействие на пищеварительные процессы ЖКТ кроликов, привело к повышению продуктивных показателей кроликов IV опытной группы и естественной резистентности кроликов.

Количественный показатель общего белка в сыворотке крови является одним из важнейших показателей, характеризующих влияние условий питания на состояние организма животных, что дает возможность добиться суточного прироста массы живых животных в соответствии с уровнем содержания общего белка в сыворотке крови.

По данным Miserez et al. (2023), белки крови, наряду со способностью выполнять ряд биологических функций, служат также строительным (пластическим) материалом клеток и тканей организма [9].

Кроме того, большое диагностическое значение имеет исследование количества общих и фракционных белков в сыворотке крови.

По данным, полученными авторами в ходе экспериментов, наблюдалось, что общее количество белка в крови подопытных кроликов увеличивалось в конце опытов по сравнению с началом опытов (табл. 2).

Следует отметить, что количество общего белка в сыворотке крови в начале экспериментов колебалось в небольшом диапазоне (66,84–68,20 г/л). По окончании опытов установлено, что количество общего белка в крови кроликов контрольной и IV опытной групп было выше значений крови кроликов первых трех опытных групп. Замечено, что количество общего белка в крови кроликов контрольной группы к концу опыта увеличилось на 6,1 г/л (8,1%), а в крови кроликов IV опытной группы увеличилось на 6,1 г/л (8,1%), тогда как в остальных трех исходных опытах наблюдалось, что количество общих белков в крови кроликов групп снизилось на 8,7% по сравнению с началом опыта (с 67,8 до 61,9 г/л). В первых трех экспериментальных группах, потреблявших соли тяжелых металлов отдельно и вместе, наблюдались различия по уровню токсичности солей соответственно и различия между группами в сторону снижения или повышения. Количественная динамика общего белка в крови сравниваемых групп соответствовала описанию скорости роста кроликов во всех группах.

Таблица 2

Белковый состав сыворотки крови кроликов (n = 5)

Показатели	Время определения ***	Группы				
		Контроль	I	II	III	IV
Общий белок, г/л	1	68,1±0,4	68,2±0,4	67,3±0,4	67,8±0,8	68,3±0,5
	2	74,2±0,3	60,3±0,4	63,7±0,3*	61,8±0,4*	76,3±0,5*
Альбумины, г/л	1	33,4±0,3	32,4±0,7	32,0±0,6	31,9±0,7	32,7±0,7
	2	37,2±0,3	32,4±0,2	32,2±0,1*	31,5±0,5*	38,7±0,3*
Глобулины, г/л	1	33,9±0,4	32,5±0,3	32,2±0,2	33,7±0,2	34,9±0,2
	2	36,8±0,2	32,4±0,4	32,7±0,3	32,8±0,2	36,6±0,2
α-глобулин, г/л	1	9,7±0,2	9,6±0,2	9,6±0,2	9,6±0,3	9,7±0,3
	2	9,8±0,2	9,5±0,1	9,1±0,3	9,4±0,2	9,8±0,2
β-глобулин, г/л	1	10,4±0,9	10,4±0,2	10,1±0,2	10,2±0,2	10,1±0,2
	2	10,2±0,3	10,2±0,2	9,8±0,2	9,8±0,2	9,8±0,3
γ-глобулин, г/л	1	15,1±0,3	15,3±0,1	15,8±0,2	15,0±0,2	15,2±0,3
	2	16,7±0,8	16,1±0,3	16,3±0,2*	16,4±0,2*	17,6±0,2*
АСТ, ммоль/л	1	24,9±0,67	24,5±0,43	25,8±0,36	24,9±0,69	24,9±0,27
	2	30,7±0,71**	30,9±0,67	31,2±0,64	31,6±0,64	32,2±0,95*
АЛТ, ммоль/л	1	43,6±0,67	44,7±0,91	46,2±0,81	45,8±0,55*	45,8±0,87
	2	50,0±0,71	49,8±1,02	49,6±0,65	51,8±1,11	50,8±0,84

Примечание. \*P < 0,01; \*\*P < 0,005; \*\*\*1 – в начале эксперимента; 2 – в конце эксперимента.

Сывороточные альбумины участвуют в поддержании коллоидно-осмотического давления и объема крови, участвуют в транспорте и хранении различных веществ. Альбумины отличаются тем, что они связывают между собой холестерин, жирные кислоты и билирубин и служат переносчиками таких гормонов, как тироксин, кортизол и альдостерон [10].

Количество альбумина в крови молодящихся животных зависит от возраста и скорости роста животных с высокой суточной скоростью роста. Анализ полученных данных показал, что различий между количеством альбумина в крови кроликов всех опытных групп не наблюдалось. Эти различия находились в пределах 31,9±0,7 – 33,4±0,3 г/л. В конце опыта наибольший показатель составил 33,4±0,3 г/л у кроликов контрольной группы, далее у кроликов IV опытной группы он наблюдался на уровне 32,4±0,2, 32,2±0,1 и 31,5±0,5 г/л по его количественным показателям.

В последней части опытов наблюдалось, что количество альбумина в крови кроликов IV опытной группы превосходило таковое у кроликов первых трех опытных групп.

Данные о количественной динамике альбумина, наблюдавшиеся в этих сравниваемых группах, подтвердили физиологи-

ческие закономерности высокого уровня альбумина в организме, то есть у кроликов с высоким количеством альбумина наблюдался высокий уровень суточного прироста.

Количественный уровень глобулинов в сыворотке крови важен в жизнедеятельности организма. В начале эксперимента достоверных различий между группами по количеству глобулинов в сыворотке крови кроликов не наблюдалось и оно находилось в пределах от 32,2±0,2 до 34,9±0,2 г/л.

Следует также отметить, что по окончании экспериментов во всех опытных группах наблюдалось снижение количественных показателей α-β-глобулинов в сыворотке крови кроликов, однако достоверных различий между группами не выявлено. Было отмечено, что количественный уровень γ-глобулинов колебался от 15,0±0,2 до 15,8±0,2 г/л в начале эксперимента. В то же время в конце эксперимента наблюдалась тенденция к повышению количественного уровня γ-глобулинов в сыворотке крови кроликов всех сравниваемых групп. Количество гамма-глобулинов в крови контрольной группы увеличилось на 1,0 г/л, или 6,6%, а в IV опытной группе – на 2,4 г/л, или 15,8%. Аналогичные данные наблюдались у кроликов остальных первых трех опытных групп.

По мнению авторов, увеличение количественного уровня  $\gamma$ -глобулинов в крови кроликов сравниваемых групп в конце опыта по сравнению с показателем в начале опыта произошло за счет потребления рациона, состоящего из экологически чистой пищи в контрольной группе, а также в связи с тем, что в IV опытной группе оба тяжелых металла вводились в рацион вместе с дополнительным кормом эйхорнии, а дополнительный корм повышал иммунный статус кроликов за счет его биокорректирующих свойств.

Исходя из вышеизложенного, добавление водорослей эйхорнии в рацион скормливания солями тяжелых металлов привело к повышению продуктивности кроликов за счет положительного влияния ее на обмен веществ кроликов. Изучена активность ферментов АСТ, АЛТ и щелочной фосфатазы в сыворотке крови с целью получения препаратов, более четко показывающих положительное влияние эйхорнии на физиологические показатели кроликов.

По данным анализа количественных показателей аспаратаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ), параметры проверки их концентраций в начале экспериментов и их соотношения друг с другом свидетельствуют о том, что они находятся в пределах физиологической нормы.

В конце эксперимента наблюдалось повышение уровня показателей АСТ и АЛТ в сыворотке крови кроликов использованных в эксперименте групп по сравнению с началом опыта. Концентрация АСТ увеличилась на 5,8 ммоль/л, или на 23,3%, и 7,3 ммоль/л, или на 29,3%, в контрольной и IV опытной группах и на 6,4 ммоль/л, или 26,1%, соответственно в первых трех опытных группах. Аналогичная картина наблюдалась и по количеству АЛТ. Уровень АЛТ в сыворотке крови кроликов контрольной группы составил 6,4 ммоль/л, или 14,6%, 5,1 ммоль/л, или 11,4%, в I опытной группе, во II опытной группе 4 ммоль/л, или 10,1%, в III группе – 6,0 ммоль/л, или 13,1%, а в IV опытной группе – 5,0 ммоль/л, или 10,9%.

Между сравниваемыми группами также были обнаружены различия в количественном уровне АСТ и АЛТ. В конце опыта количество АСТ в сыворотке крови кроликов контрольной группы было на 0,2 ммоль/л, или 0,7%, выше, чем у I опытной группы, на 0,9 ммоль/л, или 1,6%, выше, чем у IV опытной группы, и 1,5 ммоль/л, или на 4,9%, меньше.

Анализ полученных данных о соотношении АСТ и АЛТ друг к другу или коэффициенте де Ритиса дает возможность оце-

нить состояние печени и сердечной мышцы [11]. Полученные результаты показывают, что данные, полученные в начале и в конце эксперимента, находились в пределах физиологической нормы во всех сравниваемых группах. По мнению авторов, возникновение такой ситуации объясняется тем, что кролики в наших опытах принадлежали к мужскому полу, и в ходе экспериментов их физиологическое состояние было постоянным, а защитные системы в организме кроликов были мобилизованы на поддержание обмена веществ на физиологическом уровне.

### Заключение

Исследование гематологических показателей кроликов, получавших соли тяжелых металлов, показало, что наблюдаются изменения морфологических и биохимических показателей их крови. На основании анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что при добавлении в рацион обеих солей тяжелых металлов зеленая масса водного растения эйхорния повышает количественный уровень ферментов АСТ и АЛТ в крови, но не превышает физиологической нормы.

### Список литературы

1. Kalak T. Potential Use of Industrial Biomass Waste as a Sustainable Energy Source in the Future. *Energies*. 2023, Is.16. P. 1783.
2. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy metal toxicity and the environment // *Experientia Supplementum*. 2012, Is. 101. P. 133–164.
3. Elif P., Danila C., Sukru G., Merve T., Esra C. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega*. 2022. Vol. 7, Is. 24. P. 20441–20456.
4. Gelberg H.B. Alimentary System and the Peritoneum, Omentum, Mesentery, and Peritoneal Cavity // *Pathologic Basis of Veterinary Disease*. 2017. P. 324–411.
5. Gao J., Yang D., Sun Z., Niu J., Bao Y., Liu S., Tan Z., Hao L., Cheng Y., Liu S. Changes in Blood Metabolic Profiles Reveal the Dietary Deficiencies of Specific Nutrients and Physiological Status of Grazing Yaks during the Cold Season in Qinghai Province of China. *Metabolites*. 2022. Vol. 11, Is.12. P. 738.
6. Khayitov D.G. Biological Sensitization of Blood Immune Cells of Rabbits to External Environmental Stress Factors (Temperature And Seasons) // *Bulletin of Pure and Applied Sciences-Zoology*. 2023. Vol. 42A, Is. 1. P. 163–169.
7. Duda Y.V., Prus M.P., Shevchik R.S., Koreyba L.V., Mylostyyvi R.V., Samoiliuk V.V. Seasonal influence on biochemical blood parameters in males of Californian rabbit breed // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, Is. P. 262–268.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 350 с.
9. Miserez A., Yu J., Mohammadi P. Protein-Based Biological Materials: Molecular Design and Artificial Production // *Journal of Chemical Reviews*. 2023. Vol. 123, Is. 5. P. 2049–2111.
10. Van de Wouw J., Joles J.A. Albumin is an interface between blood plasma and cell membrane, and not just a sponge // *Clinical Kidney Journal*. 2021. Vol. 15, Is. 4. P. 624–634.
11. Botros M., Sikaris K.A. The de ritis ratio: the test of time // *Clinical Biochemist Reviews*. 2013. Vol. 34, Is. 3. P. 117–130.

УДК 595.78

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ (INSECTA: LEPIDOPTERA) ПО ЯРУСАМ АГРОЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ ФЕРГАНЫ, УЗБЕКИСТАН)

Шерматов М.Р., Каюмова О.И., Алматова Д.А.

*Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: shmr78@mail.ru*

В статье описаны особенности распределения чешуекрылых насекомых (Insecta: Lepidoptera) по ярусам агроландшафта на примере Южной Ферганы (Узбекистан). Агроландшафты района исследований были подразделены на пять основных а также на два малых яруса по естественно-климатическим условиям, геоморфологическим особенностям и составу культурных ценозов. Сбор бабочек осуществлялся главным образом в ночное время, при помощи приспособления, оснащенного осветительным устройством. Часть видов с дневной активностью была собрана во время дневных маршрутных экскурсий с помощью энтомологического сачка. Согласно результатам изучения распределения чешуекрылых насекомых по ярусам агроландшафтов, число видов увеличивается в последовательности нижний ярус – средне-нижний ярус – средний ярус и имеют наиболее высокий показатель на территориях экотона, сформированного по линиям взаимного пересечения адырных и горных экосистем среднего яруса. В сторону высотных ярусов, наоборот, данный показатель снижается. В частности, виды, отмеченные в агроландшафтах Соха и Шахимардана, расположенных в высотных ярусах, по отношению к другим ярусам отличаются малым числом. В целом количество видов на возвышенностях согласуется с результатами других исследователей, изучавших распространение фауны чешуекрылых по высотным регионам.

**Ключевые слова:** Lepidoptera, Южная Фергана, ярусы агроландшафта, ареалы распространения, экотон, агроэкосистема

## FEATURES OF DISTRIBUTION OF LEPIDOPTERANS (INSECTA: LEPIDOPTERA) ACROSS TIERS OF AGROLANDSCAPE (BASED ON THE EXAMPLE OF SOUTHERN FERGANA, UZBEKISTAN)

Shermatov M.R., Kayumova O.I., Almatova D.A.

*Fergana State University, Fergana, e-mail: shmr78@mail.ru*

The article describes the features of the distribution of lepidopterans (Insecta: Lepidoptera) among the tiers of the agrolandscape using the example of Southern Fergana (Uzbekistan). The agricultural landscapes of the study area were divided into 5 main and 2 small tiers according to natural climatic conditions, geomorphological features and the composition of cultural cenoses. The collection of butterflies was carried out mainly at night, using a device equipped with a lighting device. Some species with daytime activity were collected during daytime excursions using an entomological net. According to the results of studying the distribution of lepidopteran insects across tiers of agricultural landscapes, the number of species increases in the sequence lower tier – middle-lower tier – middle tier and have the highest indicator in the territories of the ecotone formed along the lines of mutual intersection of adyr and mountain ecosystems of the middle tier. In the direction of high-rise tiers, on the contrary, this indicator sharply decreases. In particular, species recorded in the agricultural landscapes of Sokh and Shakhimardan, located in high-altitude tiers, are distinguished by a small number in relation to other tiers. Overall, the number of species at higher altitudes is consistent with the results of other researchers who have studied the distribution of lepidopteran fauna across high-altitude regions.

**Keywords:** Lepidoptera, South Fergana, tiers of the agricultural landscape, agroecosystem, ecotone, distribution areas

Распространенной группой насекомых-фитофагов в сельскохозяйственных ландшафтах являются чешуекрылые, к которым относятся мотыльки и бабочки. Всего во всем мире описано около 180000 видов чешуекрылых, и они составляют примерно 10% всех известных видов насекомых [1]. Среди данных насекомых имеются своеобразные специализированные группы видов, предпочитающие природные ландшафты и антропогенные экосистемы, высокопластичные эврибионты и широкие полифаги, в том числе серьезные вредители сельскохозяйственных культур [2]. Результаты исследований, направленных на изучение концепции сохранения биоразноо-

бразия насекомых в агроландшафтах, приведены в работах А. Полтавский, А. Клер, Л. Хорхе [3–5]. Тематические исследования показывают, что среды обитания, не связанные с сельскохозяйственными культурами, выступают в качестве важных резервуаров разнообразия насекомых в агроландшафтах и что некоторые элементы ландшафта в этих средах могут способствовать сохранению популяций насекомых. В соответствии с этим выявление видового состава чешуекрылых насекомых агроэкосистем Ферганской долины, объяснение особенностей распределения по ярусам агроландшафта имеют важное научно-практическое значение.

Цель исследования – выявление особенностей распределения чешуекрылых насекомых по ярусам агроландшафта на примере Южной Ферганы (Узбекистан).

#### Материалы и методы исследования

Агроландшафты в южных границах Ферганской долины, начиная от р. Сырдарья, направленные к р. Сох и Шахимардан, в геоморфологическом отношении разнообразны и расположены в низменных и высоких равнинах, адырах, межадырных и задырных равнинах, невысоких горах и в межгорных впадинах. Основную их часть составляют земли орошаемого земледелия, садоводства и частично богарного животноводства. Соответственно этому, своеобразие состава и формирования энтомофауны данных агроэкосистем явно проявляется по ярусам высот. Исходя из вышеизложенных особенностей агроландшафты этих территорий были выбраны в качестве объекта исследования.

Ареалы распространения чешуекрылых насекомых по ярусам агроландшафта были проанализированы в сопоставительном плане на основе материала, собранного в период 2015–2023 гг. Сбор бабочек осуществлялся главным образом в ночное время при помощи приспособления, оснащенного осветительным устройством (ДРЛ-250). Пробы собранных бабочек вошли в состав коллекций, вместе с тем были изучены их морфологические особенности с исследованием до уровня вида. Лампа располагалась перед экраном из мелкаячеистой ткани белого цвета. В качестве источника тока использовались генератор бензиновый DY2500L Huter. Часть видов с дневной активностью была собрана во время дневных маршрутных экскурсий с помощью энтомологического сачка. Проводился также осмотр стволов и ветвей деревьев для поиска имаго чешуекрылых. Для привлечения бабочек использовались искусственные бродячие пахучие приманки, изготовленные по методике Мержеевской и Тимоти [6, 7].

Агроландшафты района исследований были подразделены на пять основных а также на два малых яруса по естественно-климатическим условиям, геоморфологическим особенностям и составу культурных ценозов. Карта ярусов агроландшафтов Южной Ферганы приведена на рис. 1. При подразделении ярусов, составлении карты ярусов агроландшафта, экспликации его типов за основу была принята система ярусов ландшафта и их типов, рекомендованная О.И. Абдуганиевым [8]. Вместе с тем были использованы сведения об особенностях современного ландшафта Ферганской долины, приведенные в исследо-

вании А.Д. Никаноровой, и Национальный атлас Узбекистана [9].

#### Результаты исследования и их обсуждение

*Самый нижний ярус* агроландшафтов территории исследований располагается на высоте 300–500 м над уровнем моря и состоит из низменностей Сырдарьи и ее прибрежных террас и явно выражен в левобережье реки относительно ее правого берега (рис. 1).

В оазисах этой низменности возделываются главным образом хлопчатник и колосовые зерновые культуры, а также в качестве вторых посевов зерновые и бобовые, кормовые и огородно-бахчевые культуры. В результате проведенных исследований в агроландшафте нижнего яруса выявлено распространение 101 вида чешуекрылых насекомых, состоящих в трофической связи с культивируемыми посевами (рис. 2). Выявленные виды составляют 63,9% лепидоптерофауны агроэкосистем долины. 46,5% из них являются широкораспространенными видами в условиях долины, среди которых 24 (23,8%) видов – доминирующие фитофаги, которые наносят серьезный ущерб сельскохозяйственным посевам. Своеобразный климат побережья реки считается благоприятным для жизнеобитания мезофильных видов. По указанной причине прослежено распространение в агроландшафте данного яруса некоторых видов, не встречающихся на территориях других низменностей. В частности, *Ostrinia narynensis*, входящие в семейство луговых совок (Crambidae), отмечены в кукурузных агроценозах низменностей только нижнего яруса. Вместе с тем такие виды, как *Spilonota ocellana*, *Ancylis achatana*, *Malacosoma neustria*, *Laothoe populi*, *Smerinthus kindermannii*, с географической точки зрения занимающие обширные территории и не встречавшиеся в средне-нижнем ярусе или высотных равнинах, также занимают место в агроландшафтах нижнего яруса, расположенного по руслу реки Сырдарьи. Следует отметить, что эти виды, характерные для предгорных и адырных территорий, могли проникнуть из правобережья Сырдарьи. Причина этого заключается в том, что относительно узкое правобережье, начиная с русла реки, поступенчато поднимается по направлению к северу и в большинстве мест принимает вид высоких вершин, сливающихся с адырами [9]. В отличие от левобережья, отсутствие между предгорьями, территорией адыров Северной Ферганы и данным ярусом естественных преград в виде песчаных пустынь также имело особое значение в формировании энтомофауны указанной территории.

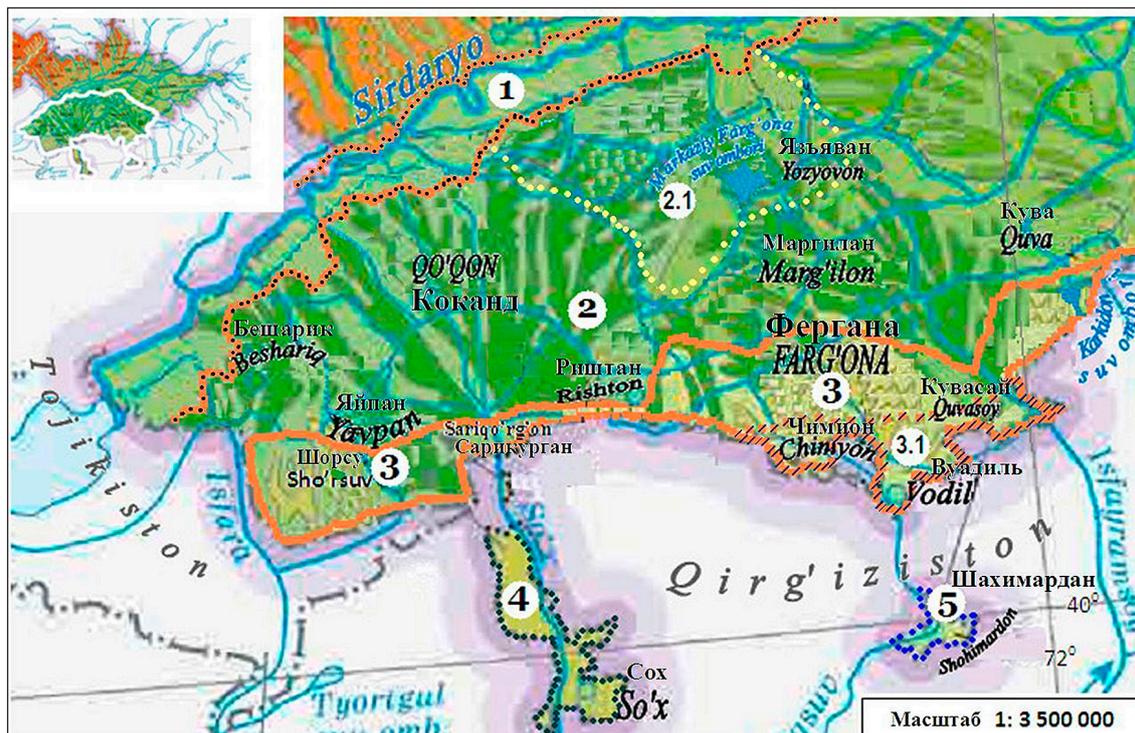


Рис. 1. Карта ярусов агроландшафтов Южной Ферганы: 1 – нижний ярус; 2 – средне-нижний ярус (2.1 – Центральная Фергана); 3 – средний ярус (3.1 – территория экотона); 4, 5 – высотный ярус (4 – Сохский район, 5 – Шахимардан)

Агроландшафты **среднего нижнего яруса**, занимающие относительно широкую площадь, состоят из равнин на высоте 450–750 м над уровнем моря и расположены между низменностями бассейна Сырдарьи и адырами Южной Ферганы. Территория Центральной Ферганы также входит в состав данного яруса (рис. 1). В агроландшафтах среднего нижнего яруса выявлена встречаемость 104 видов, состоящих в трофической связи с сельскохозяйственными культурами, или 65,8% видов лепидоптерофауны агроэкосистем Ферганской долины (рис. 2). Из них 51 вид (49%) – широко распространенные в долине виды, среди которых 30 (28,8%) видов – доминирующие фитофаги, причиняющие серьезный ущерб сельскохозяйственным посевам.

Проведено сопоставительное с другими территориями среднего нижнего яруса исследование с учетом своеобразия естественно-географических и климатических условий Центральной Ферганы. В соответствии с анализом собранного материала 96 (60,8%) видов чешуекрылых насекомых состоят в трофической связи с агроценозами данной территории (рис. 2).

Хотя в агроландшафтах Центральной Ферганы число видов по отношению к другим территориям значительно меньше, тем

не менее для данной территории характерна высокая доля вредоносных видов. В этой связи И.И. Зокировым в результатах исследования насекомых овощных и бахчевых посевов Центральной Ферганы в составе энтомофауны данной территории отмечено большое число видов, характерных для пустыни, высокая доля аборигенов ввиду расположенности агробиоценозов между территориями высокогорной долины, а также замедленный обмен адвентивных или аллохтонных видов, вместе с тем доминирование 45 (29%) видов насекомых в агроценозах [10]. Данная закономерность, свойственная энтомофауне Центральной Ферганы, нашла свое отражение также и фауне чешуекрылых насекомых. В частности, установлено, что большинство чешуекрылых насекомых, выявленных в агроценозах указанной территории, свойственны для пустыни, более половины из них (51; 53,1%) широко распространены в условиях долины, из них 30 (31,3%) являются доминирующими фитофагами культурных ценозов.

Даже если на высоких плоскогорьях среднего нижнего яруса вокруг Центральной Ферганы число видов чешуекрылых насекомых весьма высокое (103 вида), то все же следует отметить, что состав основных видов-вредителей, почти одинаков с ана-

логичным показателем агроландшафтов Центральной Ферганы. Указанное сходство связано с относительным сходством естественно-географических и климатических особенностей, а также со схожестью состава агроценозов. Кроме того, соединение южной части равнин среднего нижнего яруса с территорией адыров, а также специализация их на садоводстве явились причиной формирования в них популяции целого ряда видов, не встречающихся в Центральной Фергане. В том числе видов *Lyonetia clerkella*, *Coleophora hemerobiella*, *Archips crataegana*, *A. rosana*, *Euproctis kargalika*, встречающихся во фруктовых садах. Среди них *Coleophora hemerobiella* входит в число серьезных вредителей. Встречающиеся главным образом на дикорастущих растениях семейства зонтичных в адырах, иногда мигрирующие на такие культуры, как морковь и укроп, виды *Aethes francillana*, *Phaiogramma etruscaria* занимают место на плоскогорьях среднего нижнего яруса вокруг Центральной Ферганы.

Под результатами анализов такие виды, как *Dysgonia rogenhoferi*, *Acantholipes regularis*, *Anumeta fractistrigata* семейства Erebidae, *Euxoa cursoria*, *Sesamia cretica*, *Cardepia sociabilis*, *Cucullia biornata*, *C. splendida*, *Mesapamea secalis*, *Plusia festucae* семейства Noctuidae, свойственные для низменностей нижнего и средне нижнего ярусов, не встречаются в агроландшафтах выше 700 м над уровнем моря, в том числе в агроэкосистемах адыров, предгорий и горных территорий.

Агроландшафты **среднего яруса** района исследований расположены на высоте 700–1200 м над уровнем моря, здесь в качестве основных культур возделываются хлопчатник, колосовые зерновые, овощные и бахчевые, масличные растения, в качестве вторичных культур зерновые, бобовые, кормовые, овощные-огородные культуры, вместе с тем они специализированы на садоводстве в том числе на южных территориях хорошо налажено выращивание малины, – это адыры и плоскости с уклоном, а также межадырья и оазисы между адырами. Этот ярус агроландшафтов в территориально-географическом отношении приходится на Узбекский, Риштанский, Алтыарыкский, Ферганский, Кувинский районы и город Кувасай (рис. 1). Сходство высоких плоскогорий с территорией пустыни а также примыкание предгорий и невысоких гор на юге, вместе с проникновением видов, свойственных для пустыни, явилось причиной появления типичных представителей горной энтомофауны. Поэтому этот ярус агроландшафтов отличается от других яру-

сов разнообразием фауны чешуекрылых насекомых. В частности, образцы материала, собранного в агроценозах данной территории (131 вид), составляют 83% лепидоптерофауны долины (рис. 2). 50 из них (38,2%) являются видами широко распространенными в долине, в числе которых 28 видов (21,4%) – доминантные фитофаги, причиняющие серьезный ущерб сельскохозяйственным посевам.

17 видов, отмеченных в среднем ярусе (*Acleris holmiana*, *Archips xylosteana*, *Pandemis cerasana*, *Etiella zinckenella*, *Nyctegretis lineana*, *Loxostege leuconeuralis*, *Ostrinia kasmirica*, *Udea prunalis*, *U. ferrugalis*, *Evergestis frumentalis*, *E. desertalis*, *E. extimalis*, *Nomophila noctuella*, *Grammodes stolidus*, *Nola aerugula*, *Heliothis maritima*, *Cosmia pyralina*), свойственны агроландшафтам данного региона и не встречаются на других территориях. Вместе с тем 3 из них впервые отмечены для энтомофауны Ферганской долины, 9 для Узбекистана и 1 вид для Центральной Азии.

Следует отметить, что в границах указанных ярусов разнообразие чешуекрылых насекомых меньше всего представлено в агроценозах, примыкающих к адырам Шорсу, расположенных в юго-западной части долины. Данная ситуация непосредственно зависит от естественно-географических и климатических особенностей адыров Шорсу а также их растительного покрова. В агроценозах Сарыкургана – Риштана – Алтыарыка – Чимиона, расположенных к востоку от Шорсу, разнообразие и число видов, наоборот, возрастает (рис. 1).

Как следует из анализа, в агроландшафтах среднего яруса число видов чешуекрылых насекомых возрастает к югу, то есть с подъемом к адырам и имеет наибольшие показатели вдоль межадырных, задырных и невысокогорных территорий юга долины. Указанная тенденция нашла свое отражение в сравнительном анализе лепидоптерофауны территорий, в частности 127 (97%) из 131 вида материала чешуекрылых, отмеченного в среднем ярусе, были собраны в адырах Чимиона, Вуадилля, Кувасая и агроландшафтах предгорных территорий Республики Кыргызстан. Число видов, выявленных в остальных территориях адыров среднего яруса равно 112 (то есть 85,5%). Возникновение подобного расхождения между видами в рамках одной территории сходной по геоморфологическому строению и климатическим особенностям, на наш взгляд связано со сформированностью небольших экологических территорий экотонов, то есть локальных образований взаимосвязывающих по линиям примыкания

экосистемы адыров южной части среднего яруса долины и горную экосистему (рис. 1). Слово «экоTON» впервые было интерпретировано в 1859 г. английским естествоиспытателем Альфредом Расселом как граница между двумя биомами. Впоследствии Ю. Одум, Ф. Свенсон, С. Уокер, а также целый ряд других ученых научно обосновали особенности формирования экотонов и их значение в сохранении биоразнообразия [11]. В целом, если экотоны, считающиеся местом примыкания различным экосистем, расположены на достаточно обширной территории и находятся в стабильных условиях, они в состоянии обеспечить высокое разнообразие видов. Площадь экотонов может быть узкой или широкой, локальной либо региональной. Вместе с тем их размеры всегда меньше площади ближайших экосистем. То, что агроландшафты приадырьев Чимиона, Вуадила и Кувасая и низкие горы района исследований, граничащие с Республикой Кыргызстан, примыкают к локальным экотонам либо расположены вблизи от них нашло свое отображение также и в разнообразии фауны чешуекрылых насекомых. В частности, выявлено, что относящиеся к семейству Crambidae, входящие в род *Evergestis*, ранее не отмеченные в энтомофауне Узбекистана такие виды, как *Evergestis frumentalis*, *E. desertalis*, *E. Extimalis*, встречаются только в агроландшафтах территорий экотонов. Вместе с тем замечено, что нижние границы целого ряда видов, распространенных главным образом в предгорных районах и горах средней высоты формировались вдоль территорий экотонов. В число выявленных на территориях экотонов входят такие виды, как относящийся к семейству Nepticulidae *Stigmella maloidica*, относящийся к семейству Yponomeutidae *Yponomeuta malinellus*, *Ypadellus*, относящийся к семейству Tortricidae вид *Acleris variegana*, относящийся к семейству Sesiidae вид *Synanthedon tipuliformis*, относящийся к семейству Lycaenidae *Lampides boeticus*, относящийся к семейству Lasiocampidae *Malacosoma parallela*, относящиеся к семейству Geometridae виды *Operophtera brumata* и *Opisthograptis luteolata*, из семейства Lymantriidae *Lymantria dispar*, относящийся к семейству Noctuidae *Cosmia subtilis* – они характерны для предгорных регионов.

**Высокие ярусы** включают в свой состав агроландшафты, расположенные на высоте 1300–1600 м над уровнем моря, в оазисах межгорных впадин. Анализы фауны чешуекрылых насекомых этих ярусов осуществлены на основе энтомологического материала, собранного в агроценозах, с территориально географической точки зрения эксклав-

ных территорий Ферганской области (для Республики Кыргызстан считающихся анклавом, то есть полностью окруженными Республикой Кыргызстан) – Сохском районе (площадью 352 км<sup>2</sup>), а также в кишлаке Шахимардан Ферганского района (площадью 90 км<sup>2</sup>) (рис. 1).

Соответственно результатам анализов, общее число видов чешуекрылых насекомых, собранных в агроландшафтах территорий Соха и Шахимардана, составляет 89 (56,3%). Из них 45 (50,6%) являются видами, широко распространенными в долине, из которых 21 вид (23,6%) – фитофаги-доминанты, причиняющие серьезный ущерб сельскохозяйственным посевам.

Географическое расположение, климатические условия, строение и состав агроценозов этих территорий своеобразны, что нашло свое отражение также и в фауне чешуекрылых насекомых. В частности, в агроценозах Сохского района, специализированного на садоводстве и возделывающего в качестве главной культуры колосовые зерновые, овощные (картофель) и кормовые культуры, в качестве вторичных посевов возделывающего бобовые, кормовые и овощные культуры, отмечено 86 (96,6%) видов чешуекрылых насекомых, находящихся в трофической связи с культурными растениями. В продолжение исследований отмеченные в агроценозах Сохского района 8 видов (*Notocelia cynosbatella*, *Phyllocnistis citrella*, *Choreutis nemorana*, *Argyrotaenia ljungiana*, *Lobesia botrana*, *Pontia daplidice*, *Euchromius ocella*, *Hoplodrina ambigua*) на территории Шахимардана не встречались.

В агроландшафтах Шахимардана, расположенного в оазисах межгорных впадин, специализированного на возделывании из овощных культур главным образом картофеля и моркови, а также на садоводстве (в том числе на выращивании малины), в указанном ярусе обнаружен 81 (91%) вид чешуекрылых насекомых-фитофагов. Отмеченные в агроценозах Шахимардана 3 вида (*Grapholita janthinana*, *Syndemis musculana*, *Ancylis comptana*) на территории Сохского района не встречались.

В целом количество видов на возвышенностях согласуется с результатами других исследователей, изучавших распространение фауны чешуекрылых по высотным регионам. В частности, в исследованиях С.К. Корб и А.Ю. Матова по вертикальному распространению Noctuoidea в центральных горах Киргизии (Северный Тянь-Шань) (2016) всего выявлено 172 вида, из них в низкогорьях 134, в среднегорье 134 вида, 114 видов зарегистрировано в горах, 52 – в высокогорьях и 9 – в очень высоких горах [12].

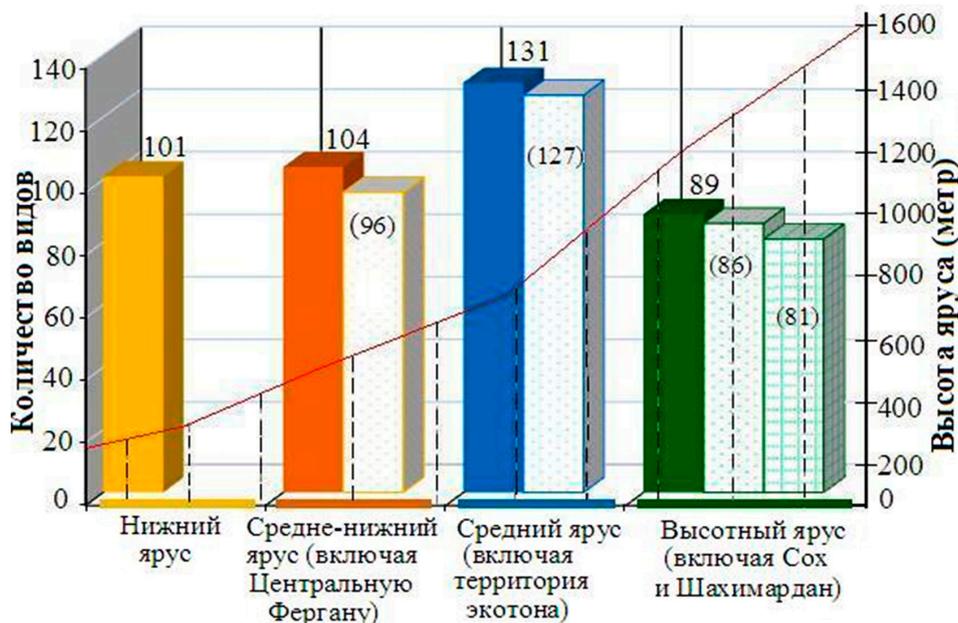


Рис. 2. Распределение чешуекрылых насекомых по ярусам агроландшафта

### Заклучение

Согласно результатам изучения распределения чешуекрылых насекомых по ярусам агроландшафтов, число видов увеличивается в последовательности нижний ярус – средне-нижний ярус – средний ярус и имеют наиболее высокий показатель на территориях экотона, сформированного по линиям взаимного пересечения адырных и горных экосистем среднего яруса. В сторону высотных ярусов, наоборот, данный показатель резко снижается. В частности, виды, отмеченные в агроландшафтах Соха и Шахимардана, расположенных в высотных ярусах, по отношению к другим ярусам отличаются малым числом. В агроландшафте нижнего яруса (расположен в низменности Сырдарьи и ее прибрежных террас) выявлено распространение 101 вида, среднего нижнего яруса (расположены между низменностями бассейна Сырдарьи и адырами Южной Ферганы) 104 видов, среднего яруса (адыры и плоскости с уклоном, а также межадырья и оазисы между адырами – расположены на высоте 700–1200 м над уровнем моря) 131 вид, высотного яруса (расположенные на высоте 1300–1600 м над уровнем моря, в оазисах межгорных впадин) 89 видов чешуекрылых насекомых, состоящих в трофической связи с культивируемыми посевами.

### Список литературы

1. Melanie Hahn. Lepidoptera in agricultural landscapes – The role of field margins, the effects of agrochemicals and moth pollination services. Accepted dissertation to obtain the

academic degree of Doctor of Natural Sciences. University of Koblenz-Landau, 2015. 156 p.

2. Шерматов М.Р. Огневкообразные чешуекрылые (Lepidoptera: Pyraloidea) в агроэкосистемах Ферганской долины (Узбекистан) // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 3. С. 35–40. DOI: 10.17513/srbs.1334.

3. Poltavsky A.N. Concept for the preservation of the Lepidoptera biodiversity in agrolandscapes // Phegea. 2015. № 33. P. 145–150.

4. Clair A.L., Zhang G., Dolezal A.G., O’Neal M.E., Toth A.L. Agroecosystem landscape diversity shapes wild bee communities independent of managed honey bee presence // Agric Ecosyst Environ. 2022. № 327. P. 107826. DOI: 10.1016/j.agee.2021.107826.

5. Jorge L. Leon-Cortes, Ek Del-Val, Karina Boege. Insect Diversity Changes in Mexican Agro-landscapes. In book: Insect Decline and Conservation in the Neotropics. 2024. P. 189–201. DOI: 10.1007/978-3-031-49255-6\_9.

6. Мержеевская О.И. Гусеницы совок (Noctuidae), их биология и морфология (Определитель). Минск: Наука и техника, 1967. 452 с.

7. Timothy J. Gibb, Christian Oseto. Insect Collection and Identification: Techniques for the Field and Laboratory. Academic Press is an imprint of Elsevier, 2020. 355 p.

8. Абдуганиев О.И. Геоэкологические основы организации системы охраняемых природных территорий (на примере Ферганской области). Фергана: Классик, 2021. 188 с.

9. Никанорова А.Д. Ландшафтно-геоэкологическое обоснование оптимизации водопользования в орошаемом земледелии Ферганской долины: дис. ... канд. географ. наук. Москва, 2015. 169 с.

10. Зокиров И.И. Фауна и экология насекомых овощебахчевых культур Центральной Ферганы: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2019. 60 с.

11. Walker S., Wilson J.B., Steel J.B., Rapson G.L., Smith B., King W., Cottam Y.H. Properties of ecotones: Evidence from five ecotones objectively determined from a coastal vegetation gradient // Journal of Vegetation Science. 2003. № 14. P. 579–590.

12. Korb S., Matov A., Pliushch I., Klyuchko Z., Poltavsky A. The Noctuid moths of Kyrgyzstan. KMK Scientific Press Ltd. M., 2016. 230 p.