

*Журнал «Научное обозрение. Биологические науки» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № ФС77-57454 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: 105037, г. Москва, а/я 47  
Адрес учредителя: 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: 105037, Moscow, p.o. box 47**  
**Founder's address: 410056, Saratov,  
56 Chapaev V.I. str.**  
**Editorial address: 410035, Saratov,  
5 Mamontovoi str.**

*Подписано в печать 29.12.2023  
Дата выхода номера 31.01.2024  
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 29.12.2023**  
**Release date 31.01.2024**  
**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 2023/4  
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***

**2023 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. Кiku 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. Самигуллиева 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 / CONTENT

## Биологические науки / Biological sciences

## СТАТЬИ / ARTICLES

- ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ КОЛЬМАТИРОВАННЫХ И ЛУГОВЫХ ПОЧВ / BASIC PROPERTIES OF IRRIGATED COLMATED AND MEADOW SOILS  
*Мамажанова У.Х., Исмонов А.Ж. / Matazhanova U.Kh., Ismonov A.Zh.* ..... 5
- АНТИМИКРОБНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА ГИДРОХЛОРИДА НА *CALLIGONUM APHYLLUM* (PALL.) GURKE *IN VITRO* / ANTIMICROBIAL EFFECT OF PREPARATIONS BASED ON POLYHEXAMETHYLENEGUANIDINE HYDROCHLORIDE ON *CALLIGONUM APHYLLUM* (PALL.) GURKE *IN VITRO*  
*Могилевская И.В. / Mogilevskaya I.V.* ..... 11
- ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТУТОВОЙ ОГНЕВКИ (*GLYPHODES PYLOALIS* WALKER) В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА / FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF THE MULBERRY PYRALID (*GLYPHODES PYLOALIS* WALKER) UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE  
*Шерматов М.Р. / Shermatov M.R.* ..... 17
- НАУЧНЫЙ ОБЗОР / REVIEW**
- МЕХАНИЗМ ИНФИЦИРОВАНИЯ КЛЕТОК ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ SARS-COVID-II / MECHANISM OF THE SARS-COVID-II INFECTION OF RESPIRATORY CELLS  
*Сесорова И.С., Безнусенко Г.В., Карасева Е.В., Сесоров В.В., Савин М.А., Бедяев Е.В., Миронов А.А. / Sesorova I.S., Beznusenko G.V., Karaseva E.V., Sesorov V.V., Savin M.A., Bedyayev E.V., Mironov A.A.* ..... 25
- СТАТЬИ / ARTICLES**
- ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРОФИЛЬ КРОВИ У ВЫСОКОКЛАССНЫХ ГРЕБЦОВ-БАЙДАРОЧНИКОВ / INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON BLOOD PROFILE IN HIGH-CLASS KAYAKERS  
*Абдурахмонов Ж.С., Кучкарова Л.С. / Abdurahmonov Zh.S., Kuchkarova L.S.* ..... 34
- ФАУНА ГЕЛЬМИНТОВ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ (CANIDAE, MUSTELIDAE, FELIDAE) УЗБЕКИСТАНА / FAUNA OF HELMINTHS OF PREDATORY MAMMALS (CANIDAE, MUSTELIDAE, FELIDAE) OF UZBEKISTAN  
*Сафаров А.А., Акрамова Ф.Д., Тургунов С.Н., Саидова Ш.О., Мирзаева А.У., Бердибаев А.С., Шакарбоев Э.Б., Эсонбоев Ж.А., Азимов Д.А., Ёркулов Ж.М. / Safarov A.A., Akramova F.D., Turgunov S.N., Saidova Sh.O., Mirzaeva A.U., Berdibaev A.S., Shakarboev E.B., Esonboev Zh.A., Azimov D.A., Yorkulov Z.M.* ..... 39

ВЫРАЩИВАНИЕ *SORGHUM SACCURATUM* JAKUSCHEV.  
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
БИОПРЕПАРАТОВ / CULTIVATION OF *SORGHUM*  
*SACCURATUM* JAKUSCHEV. IN THE CONDITIONS  
OF THE NORTH-WEST WITH THE USE OF BIOPREPARATION

*Сухарева Л.В. / Sukhareva L.V.* ..... 53

**НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ / REVIEWS**

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОЗЕЛЕНИ,  
ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ОБЗОР ПРЕДМЕТНОГО  
ПОЛЯ / ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MICROGREENS,  
POTENTIAL OF USE. REVIEW OF THE SUBJECT FIELD

*Бурак Л.Ч., Карбанович В.И. / Burak L.Ch., Karbanovich V.I.* ..... 58

СОЛЕВОЙ СОСТАВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ /  
SALT CONTENT OF SALINE SOILS IN FERGHANA VALLEY

*Холдаров Д.М., Собиров А.О., Касимова Х.Х., Холдарова М.М. /  
Kholdarov D.M., Sobirov A.O., Kasimova Kh.Kh., Kholdarova M.M.* ..... 71

**НАУЧНЫЕ ОБЗОР / REVIEW**

ФАКТОРЫ РИСКА НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ  
В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ КАРДИООНКОЛОГИИ /  
RISK FACTORS OF NON-COMMUNICATIVE IN LINKAGE  
AND DEVELOPMENT OF CARDIOONCOLOGY

*Максименко А.В. / Maksimenko A.V.* ..... 77

**Сельскохозяйственные науки / Agricultural sciences**

**СТАТЬЯ / ARTICLE**

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
И АГРОХИМИЧЕСКОГО СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ  
СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМОВ / CHANGES IN THE MORPHOLOGICAL  
CHARACTERISTICS AND AGROCHEMICAL PROPERTIES  
OF IRRIGATED CALCISOLS

*Турдалиев А.Т., Мусаев И.И., Мамажонов Г.Г.У. /  
Turdaliev A.T., Musaev I.I., Mamajonov G.G.U.* ..... 86

СТАТЬИ

УДК 631.481

**ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ  
КОЛЬМАТИРОВАННЫХ И ЛУГОВЫХ ПОЧВ**

**Мамажанова У.Х., Исмонов А.Ж.**

*Институт почвоведения и агрохимических исследований, Ташкент,  
e-mail: jamolbek1986@mail.ru*

В статье описаны агрохимические свойства орошаемых кольматированных почв, сформировавшихся в отложениях реки Сох в юго-западной части Ферганской долины. По полученным данным, в пахотном слое старых орошаемых кольматированных почв содержание гумуса в среднем составило от 0,88 до 1,20%, азота от 0,082 до 0,098%, фосфора от 0,145 до 0,320% и калия от 0,120 до 1,60%, подвижного фосфора от 4,60 до 22,0 мг/кг, обменного калия от 79 до 180 мг/кг. По этой причине установлено, что кольматированные почвы старого орошения обеспечены умеренно гумусом, мало – подвижным фосфором и обменным калием. В изученных почвах оценена биомасса с запасами гумуса и проведен математико-статистический анализ степени обеспеченности гумусом пахотного слоя развернутых орошаемых кольматированных, лугово-болотных и лугово-аллювиальных почв. Содержание гумуса в пахотном слое кольматированных почв нового орошения составляет в среднем 1,00–1,20%, общего фосфора 0,102–237%, валового калия 2,31–2,59%, подвижного фосфора 5,33–8,14 мг/кг и обменного калия 96–129 мг/кг. Карбонатов около 4,22–5,32%. Наблюдалось превышение содержания гумуса в кольматированных почвах нового орошения по сравнению с предыдущим состоянием. Намыв мути и перегноя с поливными водами стал причиной частичного формирования агроирригационного слоя, разложения растительных остатков различных сельскохозяйственных культур. В результате было отмечено, что кольматированные почвы нового орошения умеренно и в достаточной степени обеспечены гумусом.

**Ключевые слова:** кольматированные почвы старого орошения, кольматированные почвы нового орошения, агроирригационный слой, гумус, подвижный фосфор, обменный калий

**BASIC PROPERTIES OF IRRIGATED  
COLMATED AND MEADOW SOILS**

**Mamazhanova U.Kh., Ismonov A.Zh.**

*Institute of Soil Science and Agrochemical Research, Tashkent,  
e-mail: jamolbek1986@mail.ru*

The article describes agrochemical properties of irrigated colmatized soils formed in the sediments of the Sokh River in the southwest Fergana Valley. According to the obtained data, in the arable layer of old irrigated colmatized soils the content of humus averaged 0,88–1,20%, nitrogen 0,082–0,098%, phosphorus 0,145–0,320% and potassium 0,120–1,60%, labile phosphorus from 4,60 to 22,0 mg/kg, exchange potassium 79 to 180 mg/kg. For this reason, it is found that illuvial soils of old irrigation are moderately provided with humus, low-labile phosphorus and exchange potassium. The biomass with humus reserves was estimated in the studied soils and mathematical and statistical analysis of the degree of humus supply in the arable layer of deployed irrigated colmatized, meadow-swamp and meadow-alluvial soils was carried out. The humus content in the arable layer of the illuvial soils of new irrigation averages 1,00–1,20%, total phosphorus 0,102–237%, gross potassium 2,31–2,59%, labile phosphorus 5,33–8,14 mg/kg and exchange potassium 96–129 mg/kg. Carbonates about 4,22–5,32%. There was an excess of humus content in the illuvial soils of new irrigation compared to the previous condition. Because of mud and mould over-wash with irrigation water, it caused partial formation of agricultural-irrigation layer, decomposition of plant residues of different agricultural crops. Consequently, it was observed that colmatized soils of new irrigation are moderately and sufficiently provided with humus.

**Keywords:** colmatized soils of old irrigation, illuvial soils of new irrigation, agricultural-irrigation layer, humus, labile phosphorus, exchange potassium

В настоящее время «треть почв в мире деградирует под воздействием эрозии, засоления, загрязнения и других негативных процессов». По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций ФАО, к 2050 г. эрозия приведет к 10-процентному снижению мирового сельскохозяйственного производства и потере 75 млрд т почвы. Поэтому актуальными задачами являются улучшение, охрана, сохранение и повышение плодородия генетико-мелиоративных свойств автоморфных и гидроморфных почв.

Проводятся масштабные научно-практические исследования по сохранению, восстановлению и повышению плодородия, улучшению и охране эколого-мелиоративного состояния орошаемых почв предгорных районов республики, достигаются определенные результаты. В «Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы» определена важная задача по «Увеличению доходов дехкан и фермеров как минимум в два раза с обеспечением ежегодного роста объемов сельского хозяйства не менее чем на 5 процентов за счет интенсивного разви-

тия сельского хозяйства и применения передовых достижений науки».

Цель исследования – освещение агрохимических свойств кольматированных почв старого, нового орошения и недавно освоенных луговых, сформировавшихся в пределах Сохского конуса выноса.

#### Материалы и методы исследования

Исследования были проведены в полевых, лабораторных и камерных условиях по общепринятым в почвоведении стандартным методам: отбор проб почвы и лабораторные анализы выполнены по руководству Е.В. Аринушкиной [1, с. 412] «Руководство по химическому анализу почв»; математико-статистический анализ полученных данных – на основании методического руководства Б.А. Доспехова [2, с. 74–80] «Методика полевого опыта», в программе «Microsoft Excel».

#### Результаты исследования и их обсуждение

Орошаемые кольматированные почвы, образующиеся в Сохском конусе выноса, в республике встречаются редко. Для освоения земель методом кольматажа вводимая в него оросительная вода также должна иметь определенную степень мутности. По данным А. Абдулкосимова и О. Кузиевой, среднегодовая мутность воды реки составляет 2,0 кг/м<sup>3</sup> [3, с. 38]. Указано, что в отложениях реки Сох содержание органического вещества составляет 10,22%, а количество частиц размером менее 0,01 мм составляет 55,1%. Согласно данным, в водах реки Сох содержание гумуса в среднем составило 0,95%, углерода 0,17%, азота 0,04%, подвижного фосфора 8,8 мг/кг и карбонатов 7,39%.

Кольматированные почвы конуса выноса в соответствии с состоянием окультуриваемости и освоенности были изучены и разделены на категории почв старого, нового и вновь освоенного орошения. Только в верхней и средней частях конуса выноса были распространены орошаемые кольматированные почвы, а в полевых исследованиях были отмечены земли, освоенные на небольших площадях, иногда на больших площадях [4; 5]. Изученные ниже направления створов будут освещены на примере опорных массивов.

*Кольматированные почвы старого орошения* возникли в результате антропогенных факторов на аллювиально-пролювиальных отложениях в верховьях реки Сох (массивы имени А. Бозорбоши Узбекского района и Оксув Учкуприк-

ского района). Для этих почв характерны такие особенности, как смешивание с гравием и галькой, очень малая толщина слоя почвы, выход каменно-гравийного слоя 50–55 см иногда через 90–130 см, склонность к вымыванию. На кольматированных почвах старого орошения поверхность поля ровная, образованы агроирригационные слои [6; 7, с. 120; 8]. Несмотря на это, было обнаружено, что карбонаты в этих почвах составляют в среднем 5,88–9,71% (разрезы 30–32) в пахотном слое почвы и что они встречаются в почве не в виде гранул, а в растворенном, рассыпчатом виде. В пахотном слое почв (разрезы 32, 30, 28) содержание гумуса в среднем составляет от 0,88 до 1,26%, азота от 0,082 до 0,098%, фосфора от 0,145 до 0,320% и калия от 0,110 до 1,60%, подвижного фосфора от 4,60 до 22,0 мг/кг, обменного калия от 89 до 180 мг/кг (табл. 1). Из данных видно, что почвы относятся к категории почв с умеренным содержанием гумуса, с низким содержанием подвижного фосфора и обменного калия.

Объем сельскохозяйственной продукции, получаемой с орошаемых земель, связан с запасами основных факторов окружающей среды. Однако в исследованных почвах биомасса растений оценивается по запасам гумуса. С этой целью был проведен математико-статистический анализ степени обеспеченности гумусом пахотного (0–30 см) слоя орошаемых кольматированных, лугово-болотных и лугово-аллювиальных почв разлива [9]. В пахотном (0–30 см) слое орошаемых почв Сохского конуса выноса выявлена неравномерность распределения гумуса и питательных веществ и проведен математико-статистический анализ степени обеспеченности почв гумусом (табл. 2).

Было отмечено, что в кольматированных почвах старого орошения неравномерно распределены подвижный азот, фосфор и калий, на местах встречается малое их количество, посадка вторых культур после основного типа сельскохозяйственных культур, а также их смывание вниз по течению (в сторону грунтовых вод) в результате орошения привели к истощению этих питательных веществ в почве. На недостаточном уровне обработаны посеы и осуществлена подкормка почвы во время осенней вспашки. Орошение этих почв водами реки Сох имеет большое значение, потому что его воды выделяются богатством питательных веществ и различных отложений [10; 11, с. 92–108]. Поэтому некоторые группы почв с высоким содержанием гумуса в почвах поступают в умеренном количестве.

Таблица 1

Содержание гумуса и питательных веществ  
в орошаемых кольматированных почвах

№ разреза	Глубина, см	Гумус %	Азот %	C:N	Фосфор		Калий		CO <sub>2</sub> , %	Гипс, %
					%	мг/кг	%	мг/кг		
32	0–28	1,20	0,088	7,9	0,320	22,0	1,50	108	5,88	0,133
	28–43	1,10	0,04	7,6	0,264	14,2	1,30	115	6,86	0,145
	43–76	0,80	0,054	8,5	0,162	11,9	1,28	114	5,37	0,159
	76–110	0,41	0,031	7,6	0,102	8,7	1,29	135	4,21	0,155
33	0–32	1,26	0,098	7,5	0,290	22,1	1,83	108	5,91	0,165
	32–50	1,13	0,085	7,7	0,251	16,2	1,90	174	7,60	0,125
	50–78	1,03	0,068	8,7	0,155	9,0	1,82	168	5,80	0,144
	78–100	0,93	0,081	6,6	0,129	8,6	1,28	145	7,39	0,269
	100–129	0,56	0,047	6,9	0,112	6,0	1,28	162	7,23	0,189
30	0–33	1,16	0,0991	6,8	0,290	16,0	1,60	180	9,71	0,125
	33–55	1,00	0,096	6,0	0,210	13,0	1,60	140	7,81	0,136
	55–81	0,88	0,080	6,4	0,141	11,2	1,40	88	6,23	0,141
	81–110	0,66	0,062	6,2	0,120	11,0	1,11	72	6,97	0,150
	110–150	0,27	0,026	6,0	0,117	10,0	1,10	88	6,86	0,036
43	0–31	0,88	0,056	9,1	0,225	15,0	1,02	168	5,21	0,124
	31–43	0,70	0,061	6,6	0,142	8,0	1,00	136	5,66	0,119
	43–63	0,42	0,036	6,7	0,101	6,0	0,78	91	4,79	0,110
45	0–36	1,46	0,095	8,9	0,350	26,0	1,10	140	5,88	–
	36–63	1,35	0,090	8,7	0,170	13,5	1,09	113	7,49	–
	63–100	0,34	0,029	6,8	0,125	10,0	0,84	96	5,88	–
28	0–28	1,00	0,082	7,0	0,145	4,67	1,20	89	6,24	0,148
	28–49	0,82	0,073	6,5	0,136	4,00	1,10	79	6,39	0,164
	49–90	0,72	0,062	6,7	0,156	4,00	1,00	74	5,74	0,156
	90–140	0,60	0,054	6,4	0,102	2,67	0,80	65	4,28	0,148
69	0–26	1,66	0,097	9,4	0,279	13,46	1,27	145	4,98	–
	26–45	1,02	0,083	7,1	0,263	12,80	1,24	139	4,31	–
2120	0–22	1,30	0,086	8,7	0,350	4,00	2,93	114	4,78	–
	22–43	1,08	0,085	7,4	0,243	3,33	2,60	121	5,62	–
2200	0–30	1,13	0,084	7,8	0,237	8,0	2,59	118	4,34	0,777
	30–61	0,96	0,081	6,9	0,270	4,67	2,63	129	4,22	0,703
	61–95	0,84	0,075	6,5	0,250	3,33	2,25	141	5,65	0,555
	95–130	0,75	0,063	6,9	0,176	4,0	2,2	136	6,06	0,503
879	0–21	1,20	0,086	8,0	0,102	5,33	2,37	129	5,07	0,524
	21–45	0,92	0,058	9,2	0,189	2,00	2,85	121	6,14	0,559
	45–73	1,00	0,081	7,2	0,217	3,33	3,04	149	6,81	0,489
136	0–29	1,00	0,080	7,3	0,218	8,14	2,31	96	5,32	0,532
	29–40	0,86	0,055	9,0	0,213	8,10	2,40	122	5,12	0,202
134	0–22	0,83	0,054	8,9	0,164	6,25	1,98	124	7,01	0,711
	22–52	0,60	0,047	7,2	0,201	3,01	1,75	85	4,40	0,451

Таблица 2

Статистические аналитические данные, отражающие степень обеспеченности гумусом верхнего пахотного слоя орошаемых почв Сохского конуса выноса

Количество разрезов №	Порядковый номер разрезов	Гумус					Степень обеспеченности гумусом
		X	C	B	Cx	Cnx	
Орошаемые кольматированные почвы							
3	30; 32; 33	1,207	0,050	4,171	0,009	0,762	Средняя
3	43; 45; 28	1,113	0,306	27,499	0,056	5,021	Средняя
3	69; 2200; 136	1,263	0,350	27,674	0,064	5,053	Большая
Всего 9	средний	1,194	0,243	20,323	0,044	3,711	Средняя
Орошаемые лугово-болотные почвы							
3	155; 159; 17Б	0,996	0,118	11,911	0,021	2,174	Средняя
3	890; 740; 2020	1,226	0,368	30,023	0,067	5,481	Большая
3	1804; 2721; 1845	1,086	0,076	7,028	0,013	1,283	Средняя
Всего 9	средний	1,103	0,116	10,511	0,021	1,919	Средняя
Орошаемые луговые аллювиальные почвы							
3	14; 16; 2730	1,040	0,070	6,731	0,013	1,229	Средняя
3	1635; 1690; 24	1,016	0,287	28,275	0,052	5,162	Средняя
3	27; 97; 60	1,306	0,256	19,666	0,046	3,590	Большая
Всего 9	средний	1,120	0,160	14,362	0,029	2,622	Средняя

Примечание: X – среднее значение показателей; C – среднее квадратичное отклонение; B – коэффициент вариации; Cx – средняя погрешность; Cnx – средняя относительная погрешность.

*Кольматированные почвы нового орошения* распространены в восточных частях изученных массивов на территориях с 25–35 годами освоения [12]. На этих почвах только формируются подпахотные слои, в пахотном слое смешан гравий. По механическому составу встречаются тяжелые, средние и легкие суглинистые почвы. Смешаны с мелким гравием, были подвергнуты вымыванию умеренной и слабой степени. В пахотном слое кольматированных почв нового орошения содержание гумуса составляет в среднем 1,00–1,20%, общего фосфора 0,102–237%, валового калия 2,31–2,59%, подвижного фосфора 5,33–8,14 мг/кг и обменного калия 96–129 мг/кг. Карбонаты около 4,22–5,32% (разрезы 69, 2200, 136, 879) (табл. 2).

Наблюдалось превышение содержания гумуса в кольматированных почвах нового орошения по сравнению с предварительным состоянием осмотра. Это было вызвано частичным образованием агроирригационного слоя, а также непрерывным разложением растительных остатков (соломы, стеблей, корней), оставшихся от различных сельско-

хозяйственных культур в результате намыва илистых и гумусовых вод. Наблюдалось интенсивное использование этих почв в сельском хозяйстве, севооборот, улучшение водоснабжения, использование органических удобрений, увеличение урожайности хлопка и зерна на массивах.

*Кольматированные почвы нового освоения* занимают небольшие площади в массивах, изученных в исследованиях. Эти почвы составляют пахотный слой 10–15 см, с преобладанием гальки и мелкого гравия в слое почвы, они умеренно каменистые. На кольматированных почвах нового освоения среднее содержание гумуса составляет 0,83–0,88%, подвижного фосфора 6,25–15,0 мг/кг, обменного калия 168,0–124,0 мг/кг. Отмечено, что эти почвы мало обеспечены гумусом, фосфором и калием (разрезы 43–134) (табл. 1).

Одна из морфологических отличительных черт почв – их окраска, то есть в почвенном профиле почвы выглядят светлорыжевными. Это состояние возникло из-за слишком большой солнечной радиации, образования в результате попадания рас-



тительных остатков в почву и разложения. В результате увеличения орошения и обработки с течением более поздних периодов эти почвы приобретают сероватый оттенок, как и почвы старого орошения. Также отмечены низкая и средняя степень обеспеченности гумусом в пахотном слое кольматированных почв старого и нового орошения, сформировавшихся в геоморфологических районах средней части реки Сох, почв массивов имени Азизова Узбекского района, Пахтакор и Дуслик Багдадского района [9].

*Орошаемые луговые почвы* на территории Сохского конуса выноса. В нижних частях конуса выноса, а также во впадинах формируются луговые почвы, на нижних террасах рек – луговые аллювиальные. На конусах выноса луговые почвы явились результатом трансформации орошаемых сероземно-луговых почв. В условиях орошения на режимы грунтовых вод довлеет ирригационный, что сближает эти почвы по условиям увлажнения.

В сазовых почвах давнего освоения со временем образуется агроирригационный горизонт мощностью до 1–2 м. В новоорошаемых почвах он маломощный (0,4–0,5 м), по механическому составу – тяжело- и среднесуглинистый. С глубины 0,5–1–2 м почвы местами подстилаются галечником, иногда на этой глубине образуется арзык.

Содержание гумуса в пахотном слое орошаемых луговых почв несколько повышенное и колеблется от 0,9 до 1,9%. Азота в почвах – 0,05–0,12%. Отношение углерода к азоту широкое (11–12), что свидетельствует о слабой обогащенности гумуса азотом. Карбонатность почв несколько повышенная (7–8%  $\text{CO}_2$ ). В понижениях и на перифериях конусов выноса почвы иногда слабозасоленные.

Орошаемые луговые почвы, распространенные на I–II надпойменных террасах реки Сырдарьи, формируются при давнем высоком стоянии грунтовых вод (1–2 м). Почвообразующими породами служат аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения, которые в староорошаемых почвах перекрыты агроирригационными наносами. По механическому составу почвы преимущественно средне- и легкосуглинистые. На нижних террасах рек с глубины 0,5–1–2 м подстилаются галечником. В нижних горизонтах профиля сформировался глеевый горизонт сизого, ржавого и других цветов. Содержание гумуса в пахотном слое этих почв колеблется от 0,7 до 1,4%, азота – 0,05–0,12%. Валового фосфора в почвах мало – 0,09–0,11%. Количество карбонатов по профилю колеблется от 6 до 8%  $\text{CO}_2$ .

Орошаемые луговые почвы, сформированные на низких речных террасах, преимущественно незасоленные, местами слабозасоленные. Более напряженный солончаковый процесс наблюдается в почвах древнеаллювиальной равнины Ферганской долины. Здесь почвы засолены в основном в средней степени. Почвы обладают невысокой емкостью поглощения – от 6 до 8 мг-экв на 100 г почвы. В поглощающем комплексе преобладает кальций (65–75%).

Орошаемые болотно-луговые почвы приурочены к понижениям на периферии Сохского конуса выноса и на I–II надпойменных террасах Сырдарьи. Грунтовые воды залегают на глубине 0,5–1 м. Механический состав этих почв тяжело- и среднесуглинистый, профиль преимущественно слоистый. На речных террасах почвы иногда с 0,5–1 м подстилаются галечником. Сильное оглеение почв начинается с подпахотного горизонта. Содержание гумуса в орошаемых болотно-луговых почвах составляет 0,5–1,9%. Близкое залегание грунтовых вод и сильное испарение влаги с поверхности способствуют засолению почв. На речных террасах встречаются незасоленные и слабозасоленные почвы, на периферии конусов выноса – слабо- и средnezасоленные.

### Заключение

Механическая связь периода орошения почв с содержанием гумуса в зависимости от содержания частиц была доказана на примере кольматированных почв старого орошения р. Сох. Несмотря на то, что пахотный слой кольматированных почв нового орошения, распространенных в верховьях исследуемой территории, также состоит из легких суглинков, содержание гумуса в них также в среднем составляет от 0,83 до 0,88%, установлено, что частично сформированные агроирригационные слои, обеспеченные гумусом в средней степени, также были обнаружены в кольматированных почвах нового орошения территории. Следовательно, было отмечено, что при определенной толщине агроирригационных слоев достаточное количество питательных веществ будет удовлетворительным для развития сельскохозяйственных культур на орошаемых почвах.

### Список литературы

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 465 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

3. Абдулкосимов А., Кузиева О. Микроразнообразие и мелиоративная оценка ландшафтов Сохского конуса выноса. Самарканд: Замин, 2017. 94 с.
4. Ismanov A., Mamazhanova U., Kalandarov N. Optimization of irrigated soils of Fergana valley by introducing innovative agro-technologies // TIF From Innovative Ideas to Innovative Economy. 2017. № 2. P. 224–231.
5. Ismanov A., Abduraxmonov N., Kalandarov N., Tursunov Sh., Sobitov U. Soil-meliorative state of irrigated soils of the intermountain basins of central Asia (On the example of the Fergana region of the Fergana valley) // International Journal of Botany Studies. 2020. № 5. P. 781–788.
6. Каландаров Н.Н. Состояние гидроморфных почв северной части Центральной Ферганы и их изменение под влиянием антропогенного фактора. автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2019. 40 с.
7. Кузиев Р., Абдурахмонов Н., Ахмедов А. Свойства, экологическое состояние и продуктивность орошаемых почв Ферганской долины. Ташкент: Навруз, 2017. 328 с.
8. Мамажанова У.Х. Орошаемые почвы Сохского конуса выноса Ферганской долины // Наука и инновационные современные концепции: сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума. М., 2020. С. 128–134.
9. Сотиболдиева Г.Т. Биогеохимические особенности и использование кольматированных почв Ферганской области. автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2019. 40 с.
10. Турдалиев А.Т. Геохимические свойства неглубоких лугово-болотных почв // Научный вестник Ферганского государственного университета. 2015. № 4. С. 38–41.
11. Юлдашев Г., Исагалиев М. Геохимия почв конусов выноса. Ташкент: ФАН, 2012. 160 с.
12. Юлдашев Г., Исагалиев М., Сотиболдиева Г. Засоленность орошаемых почв, образующихся в конусе выноса реки Сох // Проблемы получения экологически чистой сельскохозяйственной продукции: материалы Республиканской научно-практической конференции. Фергана, 2017. С. 108–111.

УДК 638.121.2/.17:591.146

**АНТИМИКРОБНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА ГИДРОХЛОРИДА  
НА *CALLIGONUM APHYLLUM* (PALL.) GURKE *IN VITRO***

**Могилевская И.В.**

*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград,  
e-mail: mogilevskaya-i@vfanc.tu*

Подбор эффективного стерилизующего агента для подавления роста микроорганизмов в ходе подготовительного этапа культивирования *in vitro* влияет на успешность всех последующих стадий в микроклональном размножении. Целью исследования являлась оценка возможности применения и эффективности действия химических соединений на основе полигексаметиленгуанидин хлорида на микрофлору, выделенную в ходе культивирования *in vitro* модельного объекта *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gurke. Объекты исследований: чистые штаммы культур микроорганизмов, выделенные с эксплантов исследуемых объектов *in vitro*. Определено влияние препаратов, используемых в стандартных протоколах для стерилизации (растворы перекиси водорода и средство для дезинфекции «Белизна»), на рост выделенных чистых штаммов с *C. aphyllum*. Проведено сравнение их со стерилизующими агентами на основе полигексаметиленгуанидин хлорида и оценено их действие методом диффузии лунок в агар. Подтверждена антимикробная активность препаратов «Дезовер» и «Дезавид в дорогу» в отношении исследуемых микроорганизмов, выделенных с *C. aphyllum*. Растворы перекиси водорода (10%) и «Белизна» (10%) не оказали стабильного действия на все выделенные в ходе исследования микроорганизмы, что говорит об относительной устойчивости к ним исследуемых штаммов. Информация необходима для разработки эффективного протокола стерилизации эксплантов *C. aphyllum*.

**Ключевые слова:** стерилизующий агент, *in vitro*, антимикробное действие, *Calligonum aphyllum*, полигуанидины

*Работа выполнена в рамках государственного задания НИР Федерального научного центра агроэкологии РАН № 122020100427-1 «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре in vitro».*

**ANTIMICROBIAL EFFECT OF PREPARATIONS BASED  
ON POLYHEXAMETHYLENEGUANIDINE HYDROCHLORIDE  
ON *CALLIGONUM APHYLLUM* (PALL.) GURKE *IN VITRO***

**Mogilevskaya I.V.**

*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation  
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: mogilevskaya-i@vfanc.ru*

The selection of an effective sterilizing agent to suppress the microbial growth during the preparatory stage of *in vitro* cultivation affects the success of all subsequent stages in micropropagation. The study's aim was to assess the possibility of using and the efficiency of chemical compounds based on polyhexamethylene guanidine chloride on the microflora isolated during *in vitro* cultivation of model plants – *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gurke. The study objects were pure microbial strains isolated from explants of the studied samples *in vitro*. The preparation effects used in standard sterilization protocols (hydrogen peroxide solutions and Belizna) on the growth of isolated pure strains of *C. aphyllum* were determined. They were compared with sterilizing agents based on polyhexamethylene guanidine chloride, and their action was evaluated by the diffusion method to the medium. The antimicrobial activity of the preparations “Desover” and “Dezavid v dorogu” in relation to the studied microorganisms was confirmed. Solutions of hydrogen peroxide (10%) and “Belizna” (10%) did not have a stable effect on all microorganisms isolated during the study, which indicates the relative resistance of the studied strains to them. Information is needed to develop effective sterilization protocols for *in vitro* explants of *C. aphyllum*.

**Keywords:** sterilizer, *in vitro*, antimicrobial action, *Calligonum aphyllum*, polyguanidine

*The work was carried out within the framework of the state research assignment of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 122020100427-1 “To develop the scientific basis for the conservation and reproduction of valuable genotypes of tree and shrub plants in *in vitro* culture”.*

Одной из актуальных проблем, проявляющихся при дезинфекции объектов или поверхностей, является устойчивость бактерий к применяемым средствам для стерилизации [1], что приводит к появлению и распространению резистентных

штаммов микроорганизмов. Для решения данной проблемы необходим поиск новых или модификация существующих веществ, обладающих фунгицидным и бактериальным действием, отвечающих критериям безопасности и сочетающихся в себе моющие

и обеззараживающие свойства, как, например, полигуанидины. Этот класс полимеров характеризуется высокой антимикробной эффективностью, низкой токсичностью [2] и широко используется в составе многих антисептических средств: «Дезовер», «Дезавид», «Биопаг-Д», «ДеФлок», «Форбицид» – используемых для дезинфекции медицинских учреждений, стерилизации поверхностей. Гуанидиновая группировка в составе полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) обладает высокой реакционной способностью, ее модификация позволяет увеличить антимикробную активность и безопасность получаемых полимеров [3]. ПГМГ используется в качестве биоцидного дезинфектанта в медицинских учреждениях с 2001 г., обладает одновременно бактерицидными и фунгицидными свойствами, применяется в качестве моющего, антикоррозионного средства, обладает флокулирующим действием. Все эти характеристики являются достоинствами при выборе эффективного средства для стерилизации растений на этапе введения в культуру *in vitro*.

Сегодня клональное размножение является современным способом массового и ускоренного получения объектов растительного происхождения *in vitro*, широко применяется при производстве посадочного материала садовых [4] и древесно-кустарниковых видов. Пролиферация пазушных меристем и побегов обеспечивает высокую генетическую стабильность размножаемых форм *in vitro* [5].

На процесс введения в культуру *in vitro* оказывают существенное влияние срок введения и тип экспланта, выбор стерилизатора, компонентный состав питательной среды. В случае ошибочно подобранной схемы для успешной стерилизации происходит контаминация питательной среды и эксплантов грибной и бактериальной инфекциями [6] даже спустя несколько недель культивирования, что ухудшает рост и развитие эксплантов [7]. Сегодня исследователи предлагают химические и физические способы стерилизации на этапе введения в культуру *in vitro*. Например, верхушки микропобегов *Rubus fruticosus* 'Тур' облучали дозами гамма-излучения кобальт-60 для получения устойчивых к *Botrytis sinerea* линий [8]. В качестве химического способа стерилизации в исследованиях российских и зарубежных ученых встречаются две основные группы соединений – это ртутьсодержащие (например, раствор сулемы  $HgCl_2$ , 0,1%) [9] соединения и хлорсодержащие (гипохлорит натрия  $NaOCl$  в концентрации 0,5–20%) вещества с разным временем обработки: от 1 до 15 мин [6, 10]. Отбор не-

токсичных стерилизующих агентов, подбор их эффективных концентраций, времени экспозиции для достижения высокого уровня получаемых стерильных эксплантов и их низкого уровня угнетения не теряет своей актуальности.

Одной из перспективных культур, используемых для восстановления пастбищ и деградированных земель, является джужгун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke). Представляет собой кустарник из семейства *Polygonaceae* Juss (высота до 3 м). Имеет стержнекорневую, реже корневищно-стержнекорневую систему из 3–7 парциальных кустов, с красно-бурой корой старых ветвей, хорошо размножается вегетативным способом [11]. В Российской Федерации ареал распространения – Прикаспийская низменность (республики Дагестан и Калмыкия). Растет в типичной песчаной пустыне на мелкобугристых, закрепленных и полужакопленных песках, у подножия барханов, песчаных гряд. Используется в народном хозяйстве как фитомелиорант, при создании пастбищезащитных полос и как закрепитель песков [12].

Цель исследования – изучение действия стерилизующих агентов на основе полигексаметиленгуанидин гидрохлорида на микрофлору, выделенную из эксплантов *S. aphyllum* для выявления возможности применения препаратов на их основе на этапе введения в культуру *in vitro*.

#### Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели на первом этапе провели оценку возможного заражения культивируемых эксплантов. Модельные объекты исследования – бактериальные штаммы, полученные путем взятия смывов с образцов растений *S. aphyllum*, широко распространенных в зоне засушливого климата. Для этого каждый из образцов (экспланты исследуемого растения) помещали в стерильную пробирку, добавляли по 10 мл стерильного физиологического раствора, проводили периодическое встряхивание в течение 10–15 мин. Далее образовавшиеся суспензии отбирали из пробирок стерильной пипеткой в количестве 1,0 мл и добавляли в пробирки с жидкой питательной средой – картофельно-сахарозной (КСА) или бульоном Чапека (9,0 мл) в трех повторностях и оставляли в термостате при температуре 28–30 °С до 7 суток для накопления культур микроорганизмов. После этого образовавшиеся суспензии отбирали из пробирок стерильной пипеткой по 1,0 мл и добавляли в пробирки с жидкой КСА или бульоном Чапека (производство Hi Media Laboratories PVT, India) (9,0 мл)

в трех повторностях и оставляли в термостате при температуре 28–30 °С до 7 суток для накопления культур микроорганизмов.

Полученные микробные суспензии высеивали на чашки Петри со средой КМА-ФанМ (производство ВНИИМС, г. Углич) стандартными бактериологическими методами [13]. Для оценки антимикробного действия использовали препараты с содержанием действующего вещества – ПГМГ для эффективной дезинфекции поверхностей и обладающих широким спектром действия: «Дезовер» (ООО «Компания Вереск»), «Дезавид в дорогу» (ООО «Адекватные технологии», Россия). Данные средства содержат ПГМГ в концентрациях 20% и 0,14% соответственно. Кроме того, в состав препарата «Дезавид в дорогу» входит алкилдиметилбензиламмоний хлорид (АДБАХ), 0,02%. Сравнение дезинфицирующих растворов с ПГМГ проводили с препаратами, применяемыми в стерилизации при микрোকлональном размножении: «Белизна-эконом» и раствор пероксида водорода (10% об.), раствор нитрата серебра (0,1% об.).

Определение чувствительности штаммов к стерилизующим агентам проводили диффузионным методом в агар [14]. В чашки Петри наливали питательную агаризованную среду в количестве 25 мл среды на круглую чашку Петри диаметром 100 мм. Вегетативные клетки каждого тест-объекта были приготовлены в стерильном физиологическом растворе из односуточных культур. Для получения сплошного роста исследуемых культур в подготовленные чашки, соблюдая стерильность, вносили по 1 мл суточной бактериальной суспензии ( $5 \times 10^5$  КОЕ/мл) и равномерно раскатывали суспензию по всей поверхности питательной среды, оставляли впитаться в боксе на 5–10 мин, а затем лишнюю взвесь удаляли дозатором. Далее в чашке Петри про-

дельвали 4 лунки диаметром 5 мм с помощью металлического пробойника, которые заполняли одинаковым количеством капель исследуемого препарата. Через 24–48 ч снимали результаты [15].

Для определения действия препарата на грибной штамм 6.4 исследование проводили в жидкой среде Чапека. Для заражения использовали агаровые блоки диаметром 0,5 мм (вырезали металлическим стерильным пробойником из культивируемого на плотной питательной среде Чапека в течение 7 суток грибного штамма). Препараты готовили с заведомо увеличенной концентрацией в 10 раз, далее в пробирки добавляли по 0,5 мл в 4,5 мл среды Чапека в трех повторностях. Туда же в асептических условиях помещали пинцетом диски, содержащие грибковую культуру, и оставляли в термостате при температуре 30 °С на 7–10 суток для выявления положительного или отрицательного действия препарата. Результат оценивали визуально по наличию или отсутствию грибного роста в пробирке.

Каждый эксперимент был повторен дважды. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения STATISTICA StatSoft Inc. (USA). Для определения статистически значимых различий для групп с нормальным распределением использовали тест Манна – Уитни ( $p \leq 0,05$ ). Размер зон задержки роста определяли с помощью программы ImageJ (США). Полученные данные представлены графически в виде средней арифметической с учетом ошибки среднего.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления действия стерилизующих агентов в ходе эксперимента с образцов выделено 6 штаммов: 5 бактериальных и 1 грибной (рис. 1).



Рис. 1. Зараженный эксплант *S. arhyllum* (а), бактериальный и грибной рост в жидкой среде через 72 ч (б) и выделение агаровых блоков с плотной среды Чапека с выделенным грибным штаммом (в)

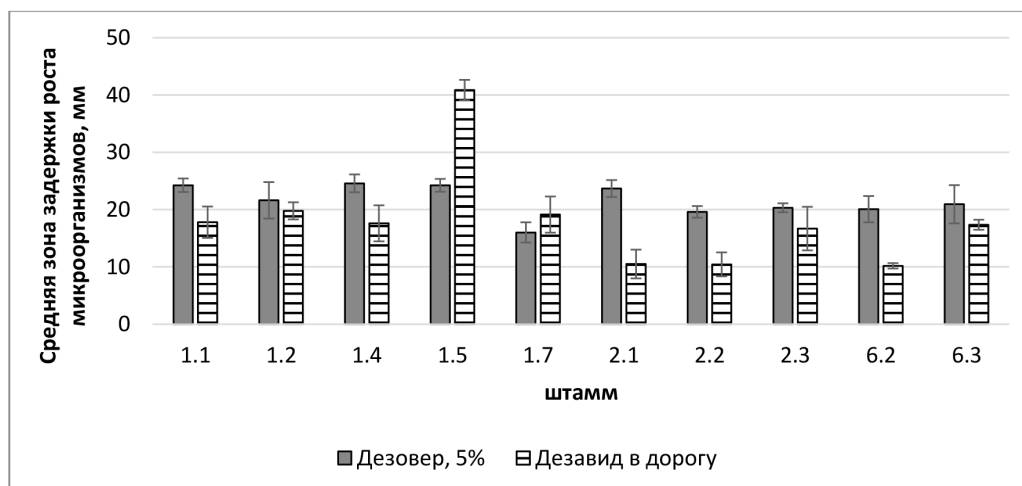


Рис. 2. Действие препаратов «Дезовер» и «Дезавид в дорогу» на исследуемые микроорганизмы

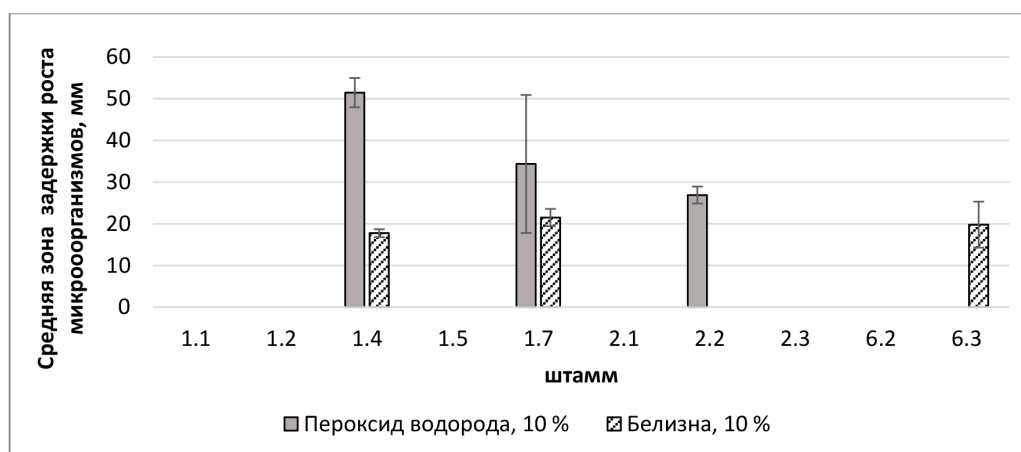


Рис. 3. Нестабильное действие растворов пероксида водорода (10%) и «Белизны» (10%) на исследуемые микроорганизмы

На следующем этапе исследования определены средние зоны задержки роста микроорганизмов для используемых в исследовании стерилизующих агентов (рис. 1).

Препарат «Дезовер» оказал стабильное действие на все исследуемые бактериальные культуры, выявлены зоны задержки роста в относительно небольшом диапазоне от 19,60 до 23,67 мм по сравнению с другими препаратами, действие которых оценивалось на этих же штаммах.

При обработке результатов средняя зона задержки роста при действии препарата «Дезовер» составила 20,92 мм, минимальное действие было отмечено при действии на штамм 2.2 – 19,60 мм. Раствор перекиси водорода (10%) оказался эффективным только для штамма 2.2 (рис. 3).

Обеззараживание раствором пероксида водорода (10%) было эффективным в пер-

вые часы после обработки, но через сутки образовалась вторичная зона роста исследуемого штамма. Раствор белизны (10%) подействовал только на штамм 6.3, выделенный с исследуемых образцов, средняя зона задержки роста составила 19,8 мм, что на 26,4% менее эффективно, чем действие раствора  $H_2O_2$  (10%) на исследуемые микроорганизмы. Полученные результаты согласуются с данными [6], где обработка эксплантов косточковых культур раствором белизны (1:3) обеспечила всего 28% чистых жизнеспособных эксплантов. Раствор нитрата серебра (0,1% об.) не оказал подавляющего действия на исследуемые микроорганизмы, зоны задержки во всех случаях не были выявлены, все бактериальные штаммы, выделенные с эксплантов *S. Aphyllum*, оказались к данному раствору нечувствительны.

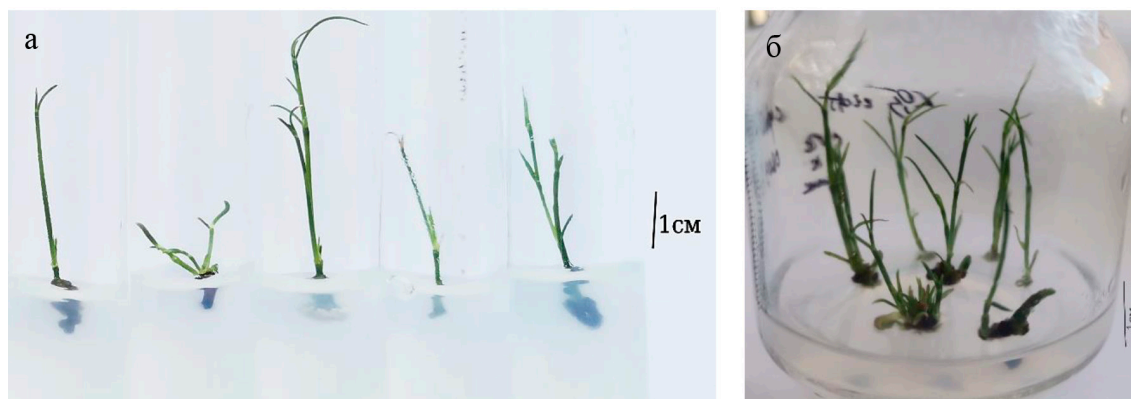


Рис. 4. Регенеранты *C. aphyllum* после введения и стерилизации препаратом «Дезавид»: а) третий пассив, б) пятый пассив

В ходе исследования по выявлению фунгицидного действия препаратов на выделенный грибной штамм определили эффективность действия растворов перекиси водорода и «Белизна-эконом» (10%), к которым исследуемый штамм проявил чувствительность. После культивирования в течение 10 дней не было зафиксировано роста при высеве в жидкую среду Чапека. При воздействии на грибной штамм раствора нитрата серебра 0,1% в жидкой среде положительного эффекта отмечено не было (наблюдали рост микроорганизмов).

Препараты «Дезовер» и «Дезавид в дорогу» в исследуемых концентрациях оказали фунгицидное действие на выделенный грибной штамм, то есть роста микроорганизмов не отмечали после 10-дневного культивирования в жидкой среде Чапека.

Таким образом, растворы перекиси водорода  $H_2O_2$  (10%) и «Белизна-эконом» (10%), «Дезовер» (5%) и «Дезавид в дорогу» задерживали рост грибного штамма и могут быть рекомендованы для стерилизационной фунгицидной обработки при увеличении времени воздействия исследуемых препаратов.

Анализируя эффективность действия рассматриваемых препаратов, можно отметить, что «Дезовер» (5%, концентрация ПГМГ 1%) оказывал подавляющее действие на рост всех исследуемых микроорганизмов. Препарат «Дезавид в дорогу» показал эффективность в отношении всех бактериальных штаммов, действовал на 31,1% меньше, чем «Дезовер» (5%), но при этом концентрация ПГМГ была почти в 10 раз меньше. Препарат «Дезавид» более стабилен, он давал равномерные зоны задержки. В то же время «Дезовер» показал большую эффективность, так как действовал на все бактериальные штаммы в отличие от рас-

творов пероксида водорода и «Белизны» (подействовали только на 20% исследуемых культур). Раствор нитрата серебра оказался неэффективным в качестве стерилизующего агента. Таким образом, препараты «Дезавид в дорогу» без разведения и «Дезовер» в концентрации 5% эффективнее, чем стандартно применяемые для стерилизации растворы пероксида водорода и «Белизны» (10%) (рис. 3), так как оказывают действие и на бактериальные, и на грибные штаммы.

### Заключение

Препараты на основе полигексаметиленгуанидин хлорида оказали эффективное антимикробное действие на все выделенные штаммы с эксплантов *C. aphyllum*. При оценке влияния исследуемых препаратов на бактериальные и грибные штаммы микроорганизмов выявлено, что растворы перекиси водорода и «Белизны» (10%), а также раствор нитрата серебра (0,1%) неэффективны в отношении большинства исследуемых штаммов, которые оказались нечувствительны к ним. Поэтому препараты «Дезовер» и «Дезавид в дорогу» можно использовать в ходе подготовительного этапа при введении в культуру *in vitro*.

### Список литературы

1. Безбородова Н.А., Соколова О.В., Кривоногова А.С., Зубарева В.Д., Кожуховская В.В. Фенотипическая и генотипическая антибиотикорезистентность бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, выделенных в сельскохозяйственных предприятиях Уральского региона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 92. С. 201–210. DOI: 10.21515/1999-1703-92-201-210.
2. Курицкая Т.О., Наумов Н.М., Железнякова А.А., Володин А.Д., Наумов М.М. Использование препаратов полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГ ГХ) в лечении ран // Региональный вестник. 2017. № 1 (6). С. 2–9.
3. Очиров О.С., Бурасова Е.Г., Стельмах С.А., Григорьева М.Н., Окладникова В.О., Могнонов Д.М. Антимикробная активность производных полигексаметиленгуанидина ги-

- дрохлорида по отношению к мультирезистентным штаммам микроорганизмов // Инфекция и иммунитет. 2022. Т. 12, № 1. С. 193–196. DOI: 10.15789/2220-7619-ААО-1751.
4. Акимова С.В. Фитосанитарная и биологическая эффективность клонального микроразмножения: автореф. дис. ... докт. сельхоз. наук. Большие Вяземы, 2022. 38 с.
5. Высоцкий В.А. Подходы к прогнозированию конечного выхода растений при клональном микроразмножении плодовых и ягодных культур // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 6, № 1. С. 24–26.
6. Маркова М.Г., Сомова Е.Н. Оптимизация приемов введения садовых растений в стерильную культуру *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 71–81. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-71-81.
7. Romadanova N.V., Tolegen A.B., Kushnarenko S.V., Zholdabayeva E.V., Bettoni J.C. Effect of Plant Preservative Mixture TM on Endophytic Bacteria Eradication from In Vitro-Grown Apple Shoots // Plants 2022. Vol. 11, Is. 19. P. 2624. DOI: 10.3390/plants11192624.
8. Huerta-Olalde A.M., Hernández-García A., López-Gómez R., Fernández-Pavía S.P., Zavala-Páramo M.G., Salgado-Garciglia R. *In vitro* selection of blackberry (*Rubus fruticosus* 'Tupy') plants resistant to *Botrytis cinerea* using gamma ray-irradiated shoot tips // Plant Biotechnology. 2022. Vol. 39, Is. 2. P. 165–171. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.22.0312b.
9. Мацнева О.В., Ташматова Л.В., Хромова Т.М. Введение сортов земляники в культуру *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. Т. 26. С. 28–34. DOI: 10.31676/2073-4948-2019-56-28-34.
10. Маркова М.Г., Сомова Е.Н. Оптимизация приемов введения садовых растений в стерильную культуру *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 71–81. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-71-81.
11. Терещенко Т.В., Жолобова О.О. Эффективные способы стерилизации семян *Robinia pseudoacacia* L. для введения в культуру *in vitro* // Научно-агрономический журнал. 2022. № 2 (117). С. 62–67. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.008.62-67.
12. Романенко А.К., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А. Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15.
13. Дзюбенко Н.И., Бухтеева А.В., Кочегина А.А. Многолетние и однолетние засухо- и солеустойчивые кормовые растения в вавиловской коллекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2017. № 178 (1). С. 5–23. DOI: 10.30901/2227-8834-2017-1-5-23.
14. Кисленко Н.Н. Практикум по ветеринарной микробиологии и иммунологии. М.: КолосС, 2005. 232 с.
15. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Государственная фармакопея РФ. XIII. Изд. М.: ФЭМБ, 2015.



УДК 595.782

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТУТОВОЙ ОГНЕВКИ (*GLYPHODES PYLOALIS* WALKER) В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Шерматов М.Р.

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

В статье освещены особенности распространения чешуекрылых насекомых в условиях глобального изменения климата на примере тутовой огневки в Ферганской долине. В соответствии с анализами за последние 22 года в районе исследований возросло число климатических аномалий, связанных с резкими колебаниями минимальных и максимальных показателей температуры. Если в 2001–2022 гг. увеличился средний показатель температуры летнего сезона, то в осеннем сезоне, наоборот, отмечалось понижение температуры. В частности, за прошедший период показатель средней температуры июля вырос в пределах высокой достоверности ( $r = 0,7$ ;  $S_r \pm 0,16$ ;  $P > 0,001$ ). В исследованиях, свыше 25 лет проводимых на тутовых плантациях Ферганской долины, в связи с сезонными изменениями экологических факторов отмечены колебания темпов численности тутовой огневки. Отмеченное в зимние месяцы 2002, 2008, 2014 гг., а также весной 2015, 2021 гг. резкое похолодание явилось причиной заметного снижения численности тутовой огневки в последующие сезоны. В отличие от вышеотмеченных состояний, наблюдавшаяся в летний сезон 2022 г. засуха, а также продолжительное воздействие максимальной температуры показали возможность серьезного влияния на темпы развития тутовой огневки в качестве ограничивающего фактора.

**Ключевые слова:** Ферганская долина, *Glyphodes pyloalis*, тутовая огневка, глобальные изменения климата, климатические аномалии, распространения, ограничивающие факторы

## FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF THE MULBERRY PYRALID (*GLYPHODES PYLOALIS* WALKER) UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE

Shermatov M.R.

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

The article highlights the features of the distribution of lepidoptera insects in the context of global climate change using the example of the mulberry pyralid in the Fergana Valley. According to the analyses, over the past 22 years, the number of climatic anomalies associated with sharp fluctuations in minimum and maximum temperatures has increased in the study area. If in 2001–2022 the average temperature of the summer season increased, then in the autumn season, on the contrary, there was a decrease in temperature. In particular, over the past period, the average July temperature increased within the limits of high confidence ( $r = 0.7$ ;  $S_r \pm 0.16$ ;  $P > 0.001$ ). In studies over 25 years conducted in mulberry plantations of the Fergana Valley, due to seasonal changes in environmental factors, fluctuations in the population rate of the mulberry pyralid were noted. The sharp drop in air temperature observed in the winter months of 2002, 2008, 2014, as well as in the spring of 2015, 2021 caused a noticeable decrease in the population density of the mulberry pyralid in subsequent seasons. In contrast to the above-mentioned conditions, the drought observed in the summer season of 2022, as well as prolonged exposure to maximum temperature days, showed the possibility of a serious influence on the rate of development of the mulberry pyralid as a limiting factor.

**Keywords:** Fergana Valley, *Glyphodes pyloalis*, mulberry pyralid, global climate change, climate anomalies, distribution, limiting factors

В последние годы влияние факторов, связанных с изменением климата, на популяции вредных насекомых рассматривается мировыми учеными как основная проблема обеспечения безопасности пищевых продуктов в XXI в. В частности, ряд ученых в качестве доминирующего абиотического фактора, воздействующего на темпы развития насекомых-фитофагов, считают повышение температуры в глобальном масштабе, вследствие которого их ареалы расширяются по географическим широтам и высотным поясам ввиду фенологических изменений, приводящих к увеличению числа поколений насекомых, а также к снижению сопротивляемости растений насекомым-фитофагам. В этом отношении отме-

чено, что в результате глобального повышения годовой температуры в среднем на  $1^\circ\text{C}$ , ареалы распространения многих чешуекрылых насекомых могут переместиться по географическим широтам до 200 км на север, по высотным регионам – вверх до 40 м [1].

В заключении ведущих ученых лаборатории мониторинга насекомых-вредителей Китая на основании проведенного эксперимента 2021 г. по моделированию климатических данных 1989–2018 гг. в последующие 50 лет прогнозируется глобальное распространение яблоневой плодовой жоржки (*Cydia pomonella*) [2].

Если широко распространенная в нашей республике инжирная огневка (*Choreutis nemorana*) в свое время была распростра-

нена от Средиземноморья до Азии, а также в регионах Юго-Западной, Восточной Европы и Северо-Западной Африки, то начиная с 2006 г. наблюдается расширение ареала указанного вредителя в направлении к северу Европы. Подобная тенденция отмечена также на примере распространения в Южной Америке и Северной Америке хлопковой совки (*Helicoverpa armigera*) [3].

Картофельная моль (*Phthorimaea operculella*), а также томатная моль (*Tuta absoluta*) отмечены И.И. Зокировым в ряду пяти наиболее опасных видов вредителей овощных и бахчевых культур Ферганской долины [4]. Отмечено, что картофельная моль занесена в список наиболее опасных вредителей России, а также то, что степень ее вредоносности достигает 50–100% [5]. В соответствии с результатами международных исследований, ввиду глобальных климатических изменений ареалы популяций таких опасных вредителей, как картофельная моль и томатная моль, будут расширяться еще больше [6].

Тутовая огневка (*Glyphodes pyloalis* Walker) – широко распространенный вид в Юго-Восточной Азии (Япония, Корея, Малайзия, Китай, Индия, Непал, Пакистан), встречается в Северной Америке (США – Флорида, Миссисипи, Вирджиния; Мексика), отмечена в Азербайджане, Грузии и России [7]. Во второй половине прошлого столетия через Индию и Пакистан происходило расширение ее ареала в северном направлении – по территории Афганистана. Природно-климатические условия региона способствовали резкому нарастанию численности тутовой или афганской огневки, что привело к заселению ей новых районов обитания и образованию «Афганского очага распространения». Продвигаясь на север по ходу преобладающих в летние месяцы «афганских ветров», к концу 1990-х гг. тутовая огневка достигла границы республик Центральной Азии (Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана, Киргизстана) и Ирана. В Узбекистане (Сурхандарья) первые значительные повреждения тутовника огневкой были отмечены в 1993 г. Первые ее очаги на территории Ферганской долины были обнаружены в Алтыарыкском районе в 1997 г. [8].

Серьезная опасность, возникшая с активным продвижением вредителя и расширением ареала его вредоносности, привела к необходимости планомерного исследования биологии и экологии тутовой огневки, выяснению факторов, определяющих расселение и плотность ее численности.

На основании сопоставительного анализа материалов многолетних наблюде-

ний климатических показателей регионов, а также структуры и энтомофауны агроэкосистем в условиях глобальных изменений климата, становится возможным прогнозирование изменений, происходящих в популяциях некоторых вредителей.

Цель исследования – изучить и проанализировать особенности распространения тутовой огневки (*Glyphodes pyloalis* Walker) в условиях глобального изменения климата.

### Материалы и методы исследования

Статистический анализ климатических условий осуществлен на основе данных о климате в 2001–2022 гг., предоставленных Ферганским гидрометеоцентром.

При статистическом анализе использовали метод Г.Ф. Лакина [9]. Корреляционный анализ среднемесячных изменений температуры в 2001–2022 гг. подсчитывался по формуле

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{C_x \cdot C_y}}$$

При подсчете ошибки коэффициента корреляции использовалась формула

$$r_s = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}$$

Достоверность коэффициента корреляции подсчитывалась на основе критерия достоверности  $Z$  коэффициента достоверности по Фишеру по формуле  $t = Z\sqrt{n-3}$ .

Анализ распространения тутовой огневки проводился в 1997–2022 гг. на основе материала исследований, собранного на территориях тутовых плантаций и посадок тутовых деревьев на окраинах полей и проведенных наблюдений в Ферганской, Андижанской и Наманганской областях (рис. 1). В продолжение полевых наблюдений и исследований распространение тутовой огневки по Ферганской долине и степень его интенсивности, а также его определяющие факторы и данные направлений распространения изучались отдельно по годам и анализировались в сопоставлении. Полученные сведения, а также показатели заражаемости тутовой огневкой по каждой области изучались, вместе с тем выявлялась широта наиболее опасного распространения вредителя. Дополнительные данные по заражению тутовых деревьев были получены от центров защиты растений Ферганской, Андижанской и Наманганской областей.



Рис. 1. 1 – тутовые деревья на окраинах полей (Ферганский р-н, с. Саткак),  
 2 – плантация тутовника (Улугнарский р-н, с. Сариксув),  
 3 – тутовые деревья на окраинах полей (Сохский р-н, с. Сариканда),  
 4 – тутовые деревья на окраинах полей (Ферганский р-н, с. Шахимардан),  
 5 – повреждение ветки тутовника (Мингбулакский р-н, с. Карашахар)

**Результаты исследования  
и их обсуждение**

С целью проведения анализа изменения климатических условий, происходящих в продолжение последних 50 лет, сопоставили среднемесячные показатели климатических данных, сформированные на основе сведений Ферганского гидрометеорологического центра с данными за 2001–2022 гг., с показателями 1971–2000 гг., показатель повышения среднегодовой температуры составил +1,1 °С. Среди изученных периодов разница повышения среднемесячных температур в последовательности месяцев март, февраль, январь, май, август, сентябрь была высокой, тогда как в последовательности июнь, июль, апрель, октябрь, декабрь она была относительно низкой. Вместе с тем в среднемесячной температуре ноября разницы отмечено не было (табл. 1, рис. 2).

Изменения показателей среднемесячной температуры, отмеченной в Ферганской об-

ласти в 2001–2022 гг., статистически проанализированы методом корреляционного анализа (табл. 2). Как известно из результатов исследования, в период с 2001 до 2022 г. среднемесячный показатель температуры июля вырос в пределах высокой достоверности ( $r = 0,7; S_r \pm 0,16; P > 0,001$ ). Показатель среднемесячной температуры августа также вырос ( $r = 0,57; S_r \pm 0,18$ ), а граница достоверности была в средней степени ( $P > 0,01$ ).

В соответствии с анализами, в продолжение 22 лет показатели среднемесячной температуры ноября и октября снижались. В частности, понижение средней температуры в ноябре происходило в пределах высокой достоверности ( $r = -0,73; S_r \pm 0,15; P > 0,001$ ), а снижение в октябре происходило в границах низкой достоверности ( $r = -0,52; S_r \pm 0,19; P > 0,05$ ). По остальным месяцам в многолетних изменениях средней температуры пределов достоверности не наблюдалось.

**Таблица 1**

Разница среднемесячной температуры воздуха в 1971–2000 и 2001–2022 гг. в Ферганской области (в °С, М. Шерматов, 2023)

Годы	Месяцы												Годовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971–2000	-0,7	1,5	8,3	16,1	20,8	25,3	27,3	25,3	20,3	13,5	7	1,7	13,9
2001–2022	0,8	3,7	10,6	16,8	22,1	26,2	28,1	26,6	21,5	14,1	7,0	1,8	15,0
Разница	1,5	2,2	2,3	0,7	1,3	0,9	0,8	1,3	1,2	0,6	0,0	0,1	1,1

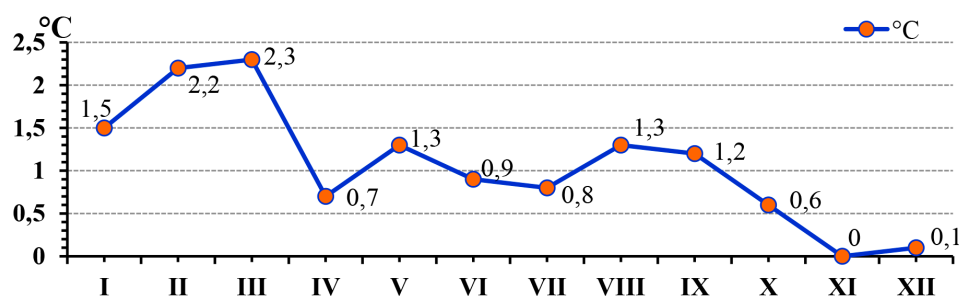


Рис. 2. Изменения показателей разницы среднемесячной температуры в 1971–2000 и 2001–2022 гг. в Ферганской области

Таблица 2

Корреляционный анализ изменения показателей среднемесячной температуры в Ферганской области в 2001–2022 гг.

Месяцы	n	$\bar{x}$	$x_{\max} - x_{\min}$	r	$\pm S_r$	Z	$t_{\text{факт}}$	$t_{\text{ст}}$	P
Январь	22	0,8	10,8	0,16	0,22	0,161	0,72	2,09	–
Февраль	22	3,7	9,8	0,07	0,22	0,070	0,32	2,09	–
Март	22	10,6	7,4	0,01	0,22	0,010	0,06	2,09	–
Апрель	22	16,8	6,9	0,30	0,21	0,310	1,38	2,09	–
Май	22	22,1	5,1	0,21	0,22	0,213	0,94	2,09	–
Июнь	22	26,2	3,9	-0,01	0,22	0,010	0,04	2,09	–
Июль	22	28,1	3,5	0,70	0,16	0,867	4,44	3,85	P > 0,001
Август	22	26,6	2,6	0,57	0,18	0,648	3,07	2,85	P > 0,01
Сентябрь	22	21,5	4,1	0,32	0,21	0,332	1,5	2,09	–
Октябрь	22	14,1	4,8	- 0,52	0,19	0,576	2,7	2,09	P > 0,05
Ноябрь	22	7	6	- 0,73	0,15	0,929	4,81	3,85	P > 0,001
Декабрь	22	1,8	4,8	0,28	0,21	0,288	1,30	2,09	–

Примечание. n – число проб,  $\bar{x}$  – среднееарифметическая величина,  $x_{\max} - x_{\min}$  – вариабельность, r – коэффициент корреляции,  $S_r$  – ошибка коэффициента корреляции, Z – критерий, определяющий достоверность коэффициента корреляции Фишера,  $t_{\text{факт}}$  – фактический показатель,  $t_{\text{ст}}$  – критерий Стьюдента, P – достоверность.

В целом в 2001–2022 гг. показатели среднемесячной температуры в районе исследований по отношению к 1971–2000 гг. повысились на +1,1 °C. Если в 2001–2022 гг. показатель средней температуры летнего сезона повышался, то осенью, наоборот, наблюдалось ее понижение. Между 2001–2022 гг. степень вариабельности между максимальными и минимальными пределами показателей среднемесячной температуры ( $x_{\max} - x_{\min}$ ) от зимнего сезона к летнему сезону понижалась, тогда как от летнего сезона к осени, наоборот, повышалась. Вместе с тем в последние 22 года число климатических аномалий, связанных с резкими колебаниями показателей минимальной и максимальной температуры, возрастало (табл. 2).

На фоне глобальных климатических изменений процессы, происходящие в агроэкосистемах Ферганской долины, в том числе нестабильные изменения сезонных погодных условий, оказали свое влияние и на распространение чешуекрылых насекомых. В частности, в более чем 25-летний период исследований автора, проведенных в тутовых насаждениях Ферганской долины, наблюдались колебания плотности численности тутовой огневки, связанные с сезонными изменениями экологических факторов. В зимние месяцы 2002, 2008, 2014 гг., а также весной 2015 г. наблюдавшееся резкое похолодание стало причиной заметного снижения численности тутовой огневки в последующем сезоне. В связи

с этим было отмечено, что в первой декаде декабря 2002 г. температура воздуха на западе Ферганской долины была равна  $-10,8^{\circ}\text{C}$ , на юге  $-15,6^{\circ}\text{C}$ , на севере  $-17,3^{\circ}\text{C}$ , а в восточных районах – около  $-18^{\circ}\text{C}$ . Такое похолодание стало причиной массовой гибели зимующих гусениц тутовой огневки. В результате в сезон 2003 г. на восточных территориях наблюдалось заметное снижение вредоносности тутовой огневки. В тот год очаги распространения вредителя сохранились в западной части долины (Дангаринском, Бешарыкском, Узбекистанском, Фуркатском районах), а также в районах, расположенных в регионе Центральной Ферганы (Улугнарском, Мингбулакском, Язьяванском районах). Вместе с тем на территориях региона средних гор (Сох, Шахимардан) повреждений тутовой огневкой зарегистрировано не было (рис. 3). В предгорных территориях наблюдалось резкое уменьшение численности вредителя. По Ферганской долине показатель повреждения тутовых деревьев снизился до 25%.

В зимний сезон 2008 г. температура воздуха была низкой, относительная влажность высокой. В том числе, когда в январе 2008 г. минимальная температура воздуха составила  $-17,4^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность воздуха в среднем была выше 92%. В феврале температура воздуха состави-

ла  $-14,2^{\circ}\text{C}$ . В результате холод и высокая влажность повлияли на распространение тутовой огневки. В сезон 2008 г. было отмечено заметное уменьшение вредоносности тутовой огневки в тутовых насаждениях Ферганской, Андижанской и Наманганской областей. Например, в районах, считавшихся очагами основного распространения вредителя (Куштепинском, Язьяванском, Улугнарском, Мингбулакском районах), до конца сезона показатель повреждения был не выше 20–30%.

В феврале 2014 г. также наблюдалось понижение температуры (около  $-18 - -20^{\circ}\text{C}$ ) и повышение влажности воздуха. Это состояние оказало влияние на количественную плотность тутовой огневки в Ферганской долине в 2014 г. В сезон этого года в результате резкого уменьшения численности популяции тутовой огневки в Ферганской долине влияние вредителя на тутовые насаждения до конца сезона не было заметным. В частности, если во второй половине сезона в западных (Бувайдинском, Учкуприкском, Багдадском), а также в окрестных районах Центральной Ферганы (Язьяванском, Куштепинском) было отмечено относительно широкое распространение тутовой огневки на тутовых деревьях, то в предгорных районах Ферганской долины тутовая огневка вообще не встречалась.

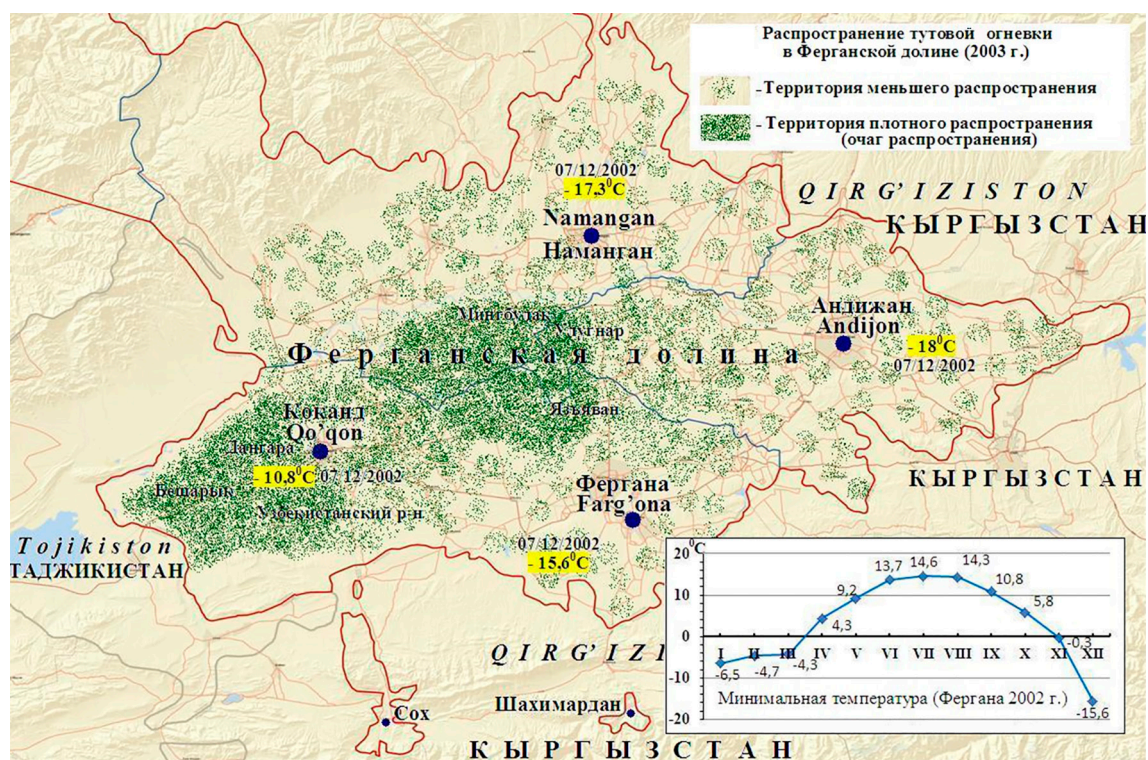


Рис. 3. Распространение тутовой огневки в Ферганской долине (2003 г.)

Перезимовавшие в диапаузе гусеницы последнего возраста тутовой огневки перед превращением в куколки, начиная с первой декады марта, приобретают красновато-коричневую окраску. Большинство перезимовавших гусениц до апреля успевают превратиться в куколок. В условиях Ферганской долины бабочки тутовой огневки начиная с конца первой декады апреля приступают к вылету из коконов. В это время дневная температура воздуха в среднем составляет 13–15 °С, почки на ветках тутовых деревьев разбухают и листья начинают распускаться. В весенний сезон 2015 г. после выпадения снега в конце марта – начале апреля температура воздуха резко понизилась (-8,3 – -2,7 °С). В результате этого большинство вышедших из состояния диапаузы и превращающихся к куколки гусениц тутовой огневки погибло. До второй половины сезона в тутовых насаждениях влияние вредителя заметным не было. Ввиду благоприятности конца лета и осеннего сезона для развития тутовой огневки темп развития вредителя до конца сезона прогрессировал. В 2015 г. в Ферганской долине формировались очаги стабильного распространения тутовой огневки в регионе Центральной Ферганы (Куштепинском, Язъяванском, Улугнарском, Мингбулакском районах) и в западных регионах (Багдадском, Бувайдинском районах).

В сезон 2021 г. также наблюдалось состояние, связанное с резким снижением температуры весной. В частности, минимальная температура воздуха 15–16 марта составила 3 °С, 2–3 апреля снизилась до -1,3 °С. Тем не менее по причине быстрой смены холодного воздуха а также сохранения температуры верхнего слоя почвы выше 0 °С, гусеницы, перезимовавшие и превращающиеся в куколок в высушенной древесине старых тутовых деревьев, а также в относительно более глубоких слоях почвы, выжили. До конца весеннего и летнего сезонов количественная плотность вредителя, будучи относительно низкой, впоследствии до конца осени возросла.

В отличие от вышеупомянутых состояний, относительно теплая и сухая зима стала причиной увеличения показателя количественной плотности тутовой огневки в последующем сезоне. Например, благоприятные погодные условия сезонов 2001, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, 2018, 2019, 2020 гг. создали наиболее опасную ситуацию распространения тутовой огневки в Ферганской долине. В целом ряде районов центральной и западных частей долины произошли случаи массового заражения тутовых деревьев [10].

В продолжение последних десятилетий тутовая огневка успела превратиться в неотъемлемую часть низменностей, адыров, предгорий и гор средней высоты Ферганской долины и заняла стабильное положение в пищевой цепи соответствующих экосистем.

Наиболее опасные очаги стабильного распространения тутовой огневки в Ферганской долине, будучи сформированы в Центральной Фергане (в Язъяванском, Улугнарском Мингбулакском районах), а также западных территориях (Фуркатском, Дангаринском, Учкуприкском, Бувайдинском районах), даже в неблагоприятных для данных территорий погодных условиях с относительно высокой температурой и сухим климатом создали основу для выживания вредителя и распространения его по окрестным территориям в будущем. Свообразные климатические условия региона предгорий и гор средней высоты отличаются регулярно низкой степенью количественной плотности вредителя, а также невысоким показателем его вредоносности. В частности, показатель вредоносности тутовой огневки в Ферганской долине в сезон наиболее высокого значения, равного в среднем 73,2% (2002 г.), в Язъяванском районе, расположенном в Центральной Фергане, составил 100%. В указанном сезоне за счет высокого значения численной плотности вредителя впервые отмечено его распространение также в Сохском районе. В продолжение 2004–2006 гг., когда отмечались случаи стопроцентного заражения в регионе Центральной Ферганы, в Сохском районе данный показатель возрастал от 16 до 34% [10]. Наоборот, в те годы, когда в нижних низменностях численная плотность тутовой огневки резко снижалась, на территориях гор средней высоты и в предгорьях наблюдается полное исчезновение вредителя. В частности, на примере Сохского района в 2003, 2008, 2014, 2015 гг. мы могли наблюдать подобные случаи.

В отличие от вышеупомянутых случаев, в летний сезон 2022 г. наблюдалось продолжительно аномальное состояние, связанное с на несколько градусов более высокой температурой по сравнению с ее многолетними показателями. На востоке Ферганской долины 22–26 июля была отмечена температура воздуха более 40–41 °С, на юге 21–26 июля 41–42 °С, на западных территориях 26–28 июня – около 41 °С, 21–27 июля – более 41–43 °С. В регионе Центральной Ферганы в последнюю неделю июня наблюдалась температура выше 41 °С, в последнюю декаду июля – температура в пределах 42–44 °С.

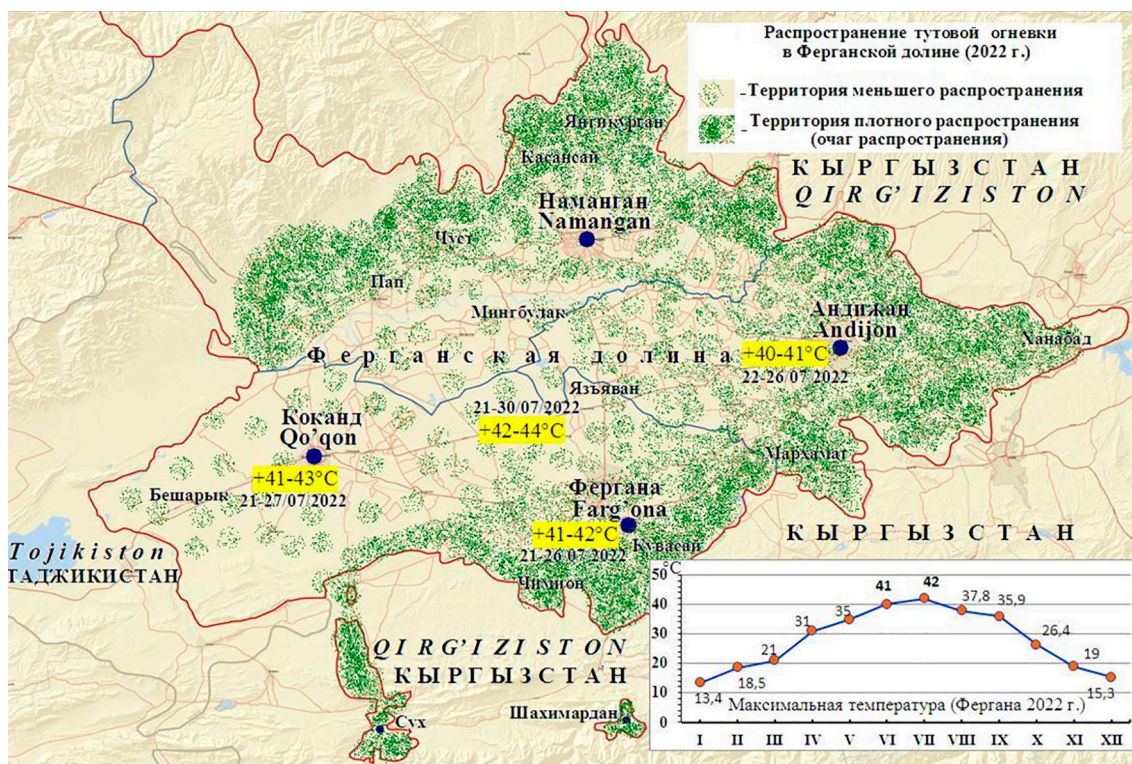


Рис. 4. Распространение тutowой огневки в Ферганской долине (2022 г.)

Состояние, отмеченное в данный сезон, указывает на серьезную возможность длительного действия условий сухого климата и дней с максимальной температурой на темп развития тutowой огневки в качестве ограничивающего фактора. В частности, в западных территориях Ферганской долины и регионе Центральной Ферганы до конца осеннего сезона 2022 г. количественная плотность тutowой огневки сохранялась на низком уровне, тогда как заражаемость тutowых деревьев была незаметной. Относительно стабильные ареалы распространения тutowой огневки в Ферганской долине сформировались вдоль северных, восточных и южных регионов по приадырным и предгорным территориям (рис. 4).

**Заклучение**

На фоне глобальных климатических изменений процессы, происходящие в агроэкосистемах Ферганской долины, в том числе нестабильные изменения сезонных погодных условий, оказали влияние и на распространение чешуекрылых насекомых. В исследованиях, проведенных в тutowых насаждениях Ферганской долины в продолжение последних более чем 25 лет, отмечены колебания темпов плотности численности тutowой огневки, связанные с се-

зонными изменениями экологических факторов. Наблюдаемые резкие похолодания зимой 2002, 2008, 2014 гг., а также в весенние месяцы 2015 и 2021 гг. стали причиной заметного снижения уровня плотности численности тutowой огневки в последующие сезоны. В отличие от вышеупомянутых случаев наблюдавшиеся условия сухого климата, а также продолжительное действие дней с максимальной температурой в летний сезон 2022 г. указывают на возможность их серьезного влияния в качестве фактора, ограничивающего темп развития тutowой огневки.

**Список литературы**

1. Abhishek Pareek, Meena B.M., Sitaram Sharma, Tatarwal M.L., Kalyan R.K., Meena B.L. Impact of Climate Change on Insect Pests and Their Management Strategies. In book: Climate Change and Sustainable Agriculture. New India Publishing Agency, 2017. P. 253–286.
2. Siwei Guo, Xuezheng Ge, Ya Zou, Yuting Zhou, Tao Wang, Shixiang Zong. Projecting the Global Potential Distribution of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) Under Historical and RCP4.5 Climate Scenarios // Journal of Insect Science. 2021. № 21 (2). P. 1–12.
3. Willy De Prins, Jean-Yves Baugnée, André Georis, René Spronck & Raphaël Spronck. *Choreutis nemorana* (Lepidoptera: Choreutidae) well established in Belgium // Phegea 42 (2) 01. vi. 2014. P. 29–32.
4. Zokirov I.I. et al. Phytophagous insects of vegetable and melon agrocenosis of Central Fergana // International Journal of

- Agriculture, Environment and BioResearch (IAEB). 2020. Vol. 5, Is. 2. P. 64–71.
5. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.
6. Suckling D.M., Conlong D.E., Carpenter J.E., Bloem K.A., Rendon P., Vreysen M.J. Global range expansion of pest Lepidoptera requires socially acceptable solutions // *Biol Invasions*, 2017. № 19. P. 1107–1119.
7. Шерматов М.Р. Распространение и зона вредоносности тутовой огневки (Lepidoptera, Pyralidae, Pyraustinae) в Ферганской долине // *Узбекский биологический журнал*. 2014. № 6. С. 36–39.
8. Шерматов М.Р., Ахмедов М.Х. К биологии тутовой огневки (Lepidoptera, Pyralidae) в Ферганской долине // *Узбекский биологический журнал*. 2002. № 4. С. 53–57.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
10. Шерматов М.Р. Распространение, биология и экологические особенности тутовой огневки (*Glyphodes pyloalis* Walker) в Ферганской долине: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 2010. 24 с.



НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 578.834.11:[616.9+616-022.3

**МЕХАНИЗМ ИНФИЦИРОВАНИЯ КЛЕТОК  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ SARS-COVID-II**

<sup>1</sup>Сесорова И.С., <sup>2</sup>Безнусенко Г.В., <sup>1</sup>Карасева Е.В.,  
<sup>3</sup>Сесоров В.В., <sup>4</sup>Савин М.А., <sup>1</sup>Бедяев Е.В., <sup>2</sup>Миронов А.А.  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Ивановская государственная медицинская академия»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации», Иваново,  
e-mail: irina-S3@yandex.ru;

<sup>2</sup>Институт молекулярной онкологии, Милан;

<sup>3</sup>МБОУ «Средняя школа № 2», Иваново;

<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь

Обзор посвящен критическому анализу известных исследований вируса SARS-CoV-2, вызвавшего самую масштабную эпидемию XXI в., позволивших, с высокой степенью вероятности, описать биогенез вируса. SARS-CoV-2 проникает в клетку путем клатрин-зависимого эндоцитоза. В эндосоме S-белок SARS-CoV-2 расщепляется с помощью TMDRSS2, и образовавшаяся S<sup>2</sup>-субъединица перфорирует мембраны эндосом, в результате чего его +РНК оказывается в цитозоле. Вирус вызывает в клетке образование органеллы вирусной репликации, состоящей из сети замкнутых мембран эндоплазматического ретикулома и двухмембранных вакуолей (ДМВ), где он генерирует репликационную вилку. ДМВ образуются из мембран эндоплазматического ретикулома с ключевым участием белка NSP6 и содержат дцРНК вируса. Через поры ДМВ дцРНК может выходить в цитозоль. Из репликационной органеллы вирус доставляется к комплексу Гольджи, транспортируется через него, после чего белки вируса становятся высоко гликозилированными. Вирионы концентрируются в пост-Гольджи переносчиках, которыми они доставляются к плазмалемме инфицированной клетки и сливаются с ней, высвобождая вирус в просвет дыхательных путей. Ключевые механизмы биогенеза изучены, однако остается много неясных моментов, понимание которых поможет в лечении и профилактике инфекции.

**Ключевые слова:** COVID-19, SARS-CoV-2, комплексе Гольджи, репродукция вируса, внутриклеточный транспорт, органелла репликации вируса

**MECHANISM OF THE SARS-COVID-II INFECTION  
OF RESPIRATORY CELLS**

<sup>1</sup>Sesorova I.S., <sup>2</sup>Beznusenko G.V., <sup>1</sup>Karaseva E.V., <sup>3</sup>Sesorov V.V.,  
<sup>4</sup>Savin M.A., <sup>1</sup>Bedyayev E.V., <sup>2</sup>Mironov A.A.

<sup>1</sup>Ivanovo State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation,  
Ivanovo, e-mail: irina-S3@yandex.ru;

<sup>2</sup>Institute of Molecular Oncology, Milan;

<sup>3</sup>Secondary School № 2, Ivanovo;

<sup>4</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm

This review presents itself as a critical analysis of the well-known studies of the SARS-CoV-2 virus, which caused the largest epidemic of the 21st century, making it possible with a high degree of probability to describe the biogenesis of the virus. SARS-CoV-2 enters the cell by clathrin-dependent endocytosis. In the endosome, the SARS-CoV-2 S protein is cleaved by TMDRSS2, and the resulting S<sup>2</sup> subunit perforates the endosome membranes, that allows its +RNA to enter the cytosol. The virus causes the formation of a viral replication organelle in the cell, which consists of a network of closed membranes of the endoplasmic reticulum and double-membrane vacuoles (DMV), where it generates a replication fork. DMV are formed from the membranes of the endoplasmic reticulum with the key participation of the NSP6 protein and contain the dsRNA of the virus. Through the pores of the DMV, dsRNA can enter the cytosol. From the replication organelle, the virus is then delivered to the Golgi complex, transported through it, after which the viral proteins become highly glycosylated. Virions are concentrated in post-Golgi carriers, that deliver them to the plasmalemma of an infected cell and merge with it, releasing the virus into the airways of the body. The key mechanisms of biogenesis have been studied, but many unclear points still remain, the understanding of which will help in the treatment and prevention of the infection.

**Keywords:** COVID-19, SARS-CoV-2, Golgi complex, virus reproduction, intracellular transport, viral replication organelle

Биогенез вируса SARS-CoV-2, вызвавшего самую масштабную эпидемию XXI в., продолжает активно изучаться учеными всего мира. На сегодняшний день расшифрова-

на структура и основные белки вируса. Однако остаются неясными целый ряд ключевых вопросов взаимодействия вируса с клеткой и его внутриклеточного транспорта.

Цель обзора – провести критический анализ данных о биогенезе вируса SARS-CoV-2 и предложить гипотезы для понимания механизмов взаимодействия вируса с инфицированными клетками.

#### *Особенности строения вируса SARS-CoV-2*

Вирус SARS-CoV-2 – представитель семейства коронавирусов, имеет сферическую форму с диаметром вириона 90–100 нм и «корону» из 25–50 «шипов» спайковых белков длиной 23 нм. Это самый большой одноцепочечный РНК-вирус с геномом около 29903 пар оснований, 5'-конец РНК-вируса содержит метилированный КЭП, а на 3'-конце находятся несколько аденинов [1]. РНК и нуклеопротеины окружены липидным би-слоем, состоящим в первую очередь из фосфолипидов. Би-слой является производимой мембраны эндоплазматического ретикулюма клетки-хозяина, поэтому его толщина меньше, чем у плазмолеммы инфицированной клетки, и составляет соответственно  $3,6 \pm 0,5$  нм.

На поверхности «шипов» SARS-CoV-2 находится большое количество сильно гликозилированных белков и полисахаридов, благодаря которым вирус может долго оставаться незамеченным для иммунной системы человека [2].

Геном SARS-CoV-2 кодирует 29 белков, в том числе 4 структурных и 16 неструктурных белков (NSP1–NSP16), необходимых для реализации жизненного цикла вируса, а также 9 вспомогательных белковых факторов (ORF3a, ORF3b, ORF6, ORF7a, ORF7b, ORF8, ORF9b, ORF9c и ORF10) [3].

К структурным белкам вируса SARS-CoV-2 относятся 4 основных: спайковый белок (S-белок), белок мембраны (М-белок), белок оболочки (Е-белок), белок нуклеокапсида (N-белок) [3].

S-белок «шипа» вируса представляет собой трансмембранный гликопротеин I типа с молекулярной массой 600 кДа, который состоит из двух субъединиц – S1 и S2 [2]. S1-субъединица белка отвечает за связывание с рецептором и стабилизацию вириона перед слиянием. С помощью S2-субъединицы происходит слияние вириона с плазматической мембраной клетки-хозяина.

S-белки SARS-CoV и SARS-CoV-2 имеют 75% совпадений аминокислотных последовательностей [4]. Однако существуют и важные различия. Участок связывания S1 и S2 субъединицы у SARS-CoV-2, в отличие от SARS-CoV, имеет вставку из четырех аминокислот, что повышает аффинность субъединицы к рецептору – ангиотензин-превращающему ферменту-2 (АПФ-2). Сайт S1-S2 SARS-CoV-2 расщепляется протеа-

зой фурина (и некоторыми другими), что активирует S-белок и облегчает его проникновение в клетку [5]. Кроме того, в строении С-хвоста «шипов» SARS-CoV-2 и SARS-CoV выявлена разница в одну аминокислоту: Cys1247 вместо Ala1229 соответственно [6].

Трансмембранный М-белок необходим для поддержания сферической формы вируса. Он может менять конформацию, связываясь при этом с нуклеокапсидом и искривляет мембрану клетки-хозяина. М-белок способен образовывать комплекс с Е-белком, который обеспечивает одинаковый размер вирусных частиц и опосредует высвобождение вирионов.

Трансмембранный Е-белок активно реплицируется внутри инфицированной клетки, но обнаруживается в основном в эндоплазматическом ретикулюме (ЭР) и комплексе Гольджи. Важен для почкования и репликации вируса [6].

N-белок может взаимодействовать с геномной РНК и М-белком, имеет высокую скорость изменения конформации. Участвует в транскрипции и репликации вирусной РНК, а также необходим для сборки вирионов. Большинство белков семейства NSP интенсивно не изучались [7].

#### *Механизм проникновения вируса SARS-CoV-2 в клетку*

*Клетки-мишени вируса.* Заражение вирусом SARS-CoV-2, как сейчас хорошо известно, чаще всего происходит в верхних дыхательных путях человека. Показано, что проникновение вируса в клетку начинается после его прикрепления в плазматической мембране клетки через взаимодействие с АПФ-2 [8], который является для SARS-CoV-2 рецептором. Между тем АПФ-2 широко экспрессируется в различных тканях и органах: в легких, головном мозге, почках [9], тонкой и толстой кишке, яичках, сердечной мышце, щитовидной железе [10]. Не обнаружен АПФ-2 в клетках крови, нет доказательств проникновения вируса в альвеолярные макрофаги [11].

Дыхательные (воздухоносные) пути выстланы респираторной слизистой оболочкой, включающей в себя восемь основных типов клеток: реснитчатые, щеточные, бокаловидные, вставочные, базальные, «булавовидные» («клетки Клара») и эндокринные клетки. SARS-CoV-2 обнаружен на микроворсинках и на апикальной плазматической мембране реснитчатых клеток, микроворсинках «булавовидных» клеток и не выявлен на бокаловидных клетках [12]. Было показано *in vivo*, что в культуре MUC5B+ клетки Клара не были инфицированы вирусом [4]. В дыхательных путях наблюдает-

ся градиент экспрессии АПФ-2 от верхних к нижним отделам [13].

Предполагается, что бокаловидные клетки защищают клетки слизистой дыхательных путей от проникновения вируса выработкой слизи, нарушение секреции которой повышает чувствительность пациентов к вирусу, например больных муковисцидозом [14]. Кроме того, в слизь, вероятно всего посредством бокаловидных клеток, попадает иммуноглобулин-А (IgA), который может предотвратить доступ большей части вируса к апикальной поверхности клетки-мишени [15]. Наиболее вероятный путь IgA через бокаловидную клетку нам видится следующим образом: синтез IgA плазматическими клетками собственной пластинки слизистой оболочки бронхов; базолатеральный эндоцитоз в транспортную систему комплекса Гольджи бокаловидной клетки с последующей секрецией вместе со слизью в дыхательные пути.

В обонятельной области полости носа бокаловидные клетки отсутствуют. Рецептор АПФ-2 экспрессируется в высокой степени на микроворсинках, поддерживающих эпителиоциты слизистой оболочки, при этом на самих нейросекреторных эпителиоцитах не обнаруживается [16]. Поэтому, вероятно всего, что SARS-CoV-2 не является нейротропным вирусом [16] и проблемы со вкусом и обонянием у пациентов с COVID-19 не связаны с поражением самих нейросекреторных эпителиоцитов [13].

Между тем предполагается, что SARS-CoV-2 проникает в центральную нервную систему [17]. Через 7 дней после попадания в клетку вирус наблюдался в обонятельной коре головного мозга макак-резусов [18]. У пациентов, умерших от COVID-19, SARS-CoV-2 был обнаружен в тканях головного мозга [19].

Маркер АПФ-2 регистрируется на щеточной кайме (микроворсинках) энтероцитов в подвздошной, двенадцатиперстной, тощей, слепой и толстой кишках [20]. Вирус найден в железистых клетках и эпителии слизистой оболочки выводных протоков больших слюнных желез полости рта [20]. Во всех имеющихся исследованиях АПФ-2 обнаруживается в эндотелиальных клетках мелких и крупных артерий и вен [21].

Клинически было показано и доказано на клетках культуры A549 (у которых трансфекция с АПФ-2 приводила к увеличению чувствительности к вирусу SARS-CoV-2), что клетки с низким уровнем экспрессии АПФ-2 менее чувствительны к заражению вирусом [22]. Вероятнее всего, поэтому дети, экспрессирующие меньше АПФ-2, чем взрослые, более устойчивы к вирусу

[23]. Нужно также отметить, что экспрессия АПФ-2 выше у мужчин и увеличивается с возрастом [23].

*Структура АПФ-2 рецептора.* АПФ-2 – белок, который превращает ангиотензин I и II в ангиотензин I-IX и I-VII соответственно, а также действует на [Des-Arg<sup>9</sup>37]-Bradykinin- кинин-калликреиновую систему, регулируя процессы воспаления и свертывания крови [24]. В организме человека АПФ-2 встречается в двух формах: мембранного белка I-типа и растворенной [9].

АПФ-2 первого типа состоит из 805 аминокислот и имеет: неклеточный N-концевой домен с каталитически активным цинк-связывающим участком HEXXH, трансмембранный домен и C-концевой цитозольный хвост [9]. Внеклеточный домен способен связываться с S1 участком S-белка [14, 15, 17]. Ген, кодирующий АПФ-2, находится в X-хромосоме и имеет 40% идентичности и 61% сходства с АПФ-металлопротеазой [24].

Вторая, растворимая форма АПФ-2 редко обнаруживается в крови из-за ее низкой концентрации [25]. Однако показано, что повышенный уровень растворимого АПФ-2 коррелирует с тяжестью заболевания [25].

Таким образом, мембраносвязанная форма АПФ-2 представляет собой цинкосо-держущий трансмембранный металлофермент, который экспрессируется большим количеством клеток.

*Роль TMPRSS2 в проникновении SARS-CoV-2 в клетку.* Белок TMPRSS2 – мембрано-связанная сериновая протеаза-II человека. Этот фермент стимулирует протеолитическое расщепление АПФ-2, сохраняя его связанную с мембраной форму и каталитическую функцию (в отличие от фермента ADAM17, регулирующего количество тканевой и циркулирующей формы АПФ-2) [25]. После инфицирования клетки SARS-CoV-2 TMPRSS2 расщепляет S-белок по S1-S2 последовательности, активируя последний [26].

Белок TMPRSS2 выявляется в респираторном эпителии [26], на щеточной кайме (микроворсинках) энтероцитов в подвздошной, двенадцатиперстной, тощей, слепой и толстой кишках [20], на микроворсинках поддерживающих клеток обонятельной области полости носа [16]. Так же как и АПФ-2, экспрессия TMPRSS2 демонстрирует градиент от верхних до нижних отделов дыхательных путей. В отличие от АПФ-2, TMPRSS2 наблюдается не только на мембранах микроворсинок, но и в тонком слое апикальной цитоплазмы в реснитчатых клетках и клетках [21]. Нужно отметить, что и другие протеазы (фурин/фуриноподобные, сериновая эндопротеаза, пропроте-

инконвертаза-1 (PC1), трипсин, матриптаза, катепсины) могут быть вовлечены в процесс проникновения SARS-CoV-2 в клетку и усиливать его инфекционность [27].

*Проникновение вируса в клетку.* SARS-CoV-2 для проникновения в клетку использует как клатринзависимый, так и клатриннезависимый эндоцитоз [7]. На первом этапе вирус прикрепляется к плазматической мембране клеток слизистой оболочки дыхательных путей человека (преимущественно реснитчатых клеток) [28] с помощью S1 субъединицы S-белка, которая связывается с рецептором АПФ-2. При этом важным механизмом, способствующим доставке вируса в клетку, являются реснички [15]. Далее, мембраносвязанная протеаза TMPRSS2 (возможно, фурин и др.) расщепляет S-белок на участке между S1 и S2 субъединицами, тем самым активируя его. В эксперименте было показано, что ингибирование активности TMPRSS2, а также фурина блокирует проникновение SARS-CoV-2 в клетку [4]. Напротив, повышенная экспрессия TMPRSS2 или фурина стимулирует инфекцию [16].

Согласно наиболее доказанной в настоящее время гипотезе, связывание АПФ-2 с S-белком вызывает эндоцитоз вириона (рис. 1). Необходимость кислой среды для процессинга S-белка также предполагает важность эндоцитоза для проникновения SARS-CoV-2 в клетки. Однако имеются редкие данные, свидетельствующие о том, что среда с низким pH не является решающим фактором для инфицирования, что также было показано во время наблюдений за SARS-CoV, MERS-CoV и вирусом мышинного гепатита [27]. Существуют предположения, что мембрана SARS-CoV-2 может напрямую сливаться с апикальной частью плазматической мембраны клетки-хозяина, без эндоцитоза, что было обнаружено, но только в клеточных культурах [28]. Согласно этой гипотезе, SARS-CoV-2 прикрепляется к поверхности клетки зависимым от АПФ-2 способом, а после расщепления S-белка мембрана вируса сливается с плазматической мембраной микроворсинки клетки-хозяина, и нуклеокапсид выходит в цитозоль [15]. Такой путь возможен для неполяризованных клеток в культуре.

В поляризованных клетках слизистой дыхательных путей плазматическая мембрана в основании микроворсинки содержит клатриновые почки, которые, при захвате вириона, сразу формируют клатриновую везикулу. Слияние с плазматической мембраной микроворсинки проблематично, так как неизвестны механизмы для доставки нуклеокапсидов в перинуклеарную часть

клетки. Кроме того, в микроворсинке «мало места» для высвобождения нуклеокапсидов.

Таким образом, связывание АПФ-2 с S-белком вызывает эндоцитоз вириона, после чего вирусная оболочка сливается с эндосомальной мембраной клетки-хозяина, что позволяет вирусу высвободить свой геном в цитоплазму.

*Биогенез SARS-CoV-2 в клетке-хозяине.*

*Влияние вируса на клетку-хозяина*

После проникновения вируса в клетку-хозяина трагически меняется морфология и метаболизм. Происходит накопление коркового актина вблизи плазматической мембраны инфицированных клеток [29]. SARS-CoV-2 запускает фрагментацию комплекса Гольджи посредством подавления белка GRASP55, а также повышает экспрессию белка TGN46 (напротив, увеличение экспрессии GRASP55 или уменьшение TGN46 в эксперименте снижает уровень инфицирования) [30]. При этом органелла не содержит стопок и приобретает вид скопления мелких мембранных фрагментов, рассеянных в цитоплазме клетки и содержащих вирионы [30].

Инфекция COVID-19 приводит не только к разборке «ленты Гольджи», но и мобилизации компартментов клетки-хозяина и белковых механизмов, которые способствуют доставке вириона на клеточную поверхность независимо от комплекса Гольджи [30]. Кроме того, происходит разборка микротрубочек, которые не нужны для биогенеза SARS-CoV-2 или других коронавирусов [17].

Вирус оказывает влияние на ЭР, в частности индуцирует повышенную экспрессию нескольких генов, например экспрессию белков GRP78 и GRP94, ключевых регуляторов реакции ЭР на стресс, которые сами регулируются глюкозой [17]. SARS-CoV-2 нарушает: липидный обмен [29]; вызывает слияние митохондрий [17]; ингибирует механизм метилирования РНК хозяина [30], работу SNAR-белков и аутофагию; предотвращает захват вакуолей с двойной мембраной (ДМВ), преобразованных вирусом в аутофагосомы [31].

SARS-CoV-2 вызывает острый респираторный дистресс-синдром, который характеризуется некрозом альвеолярного эпителия на ранней стадии заболевания. Некроз альвеолярных эпителиальных клеток включает два типа запрограммированного некроза, а именно: некроптоз и пироптоз [32]. Маркеры эпителиального некроза, и в особенности высокоподвижная группа box-1 (HMGB-1), выходят в кровь. Уровень HMGB-1 в сыворотке является одним из молекулярных маркеров, выделяемых из некротизированных клеток.

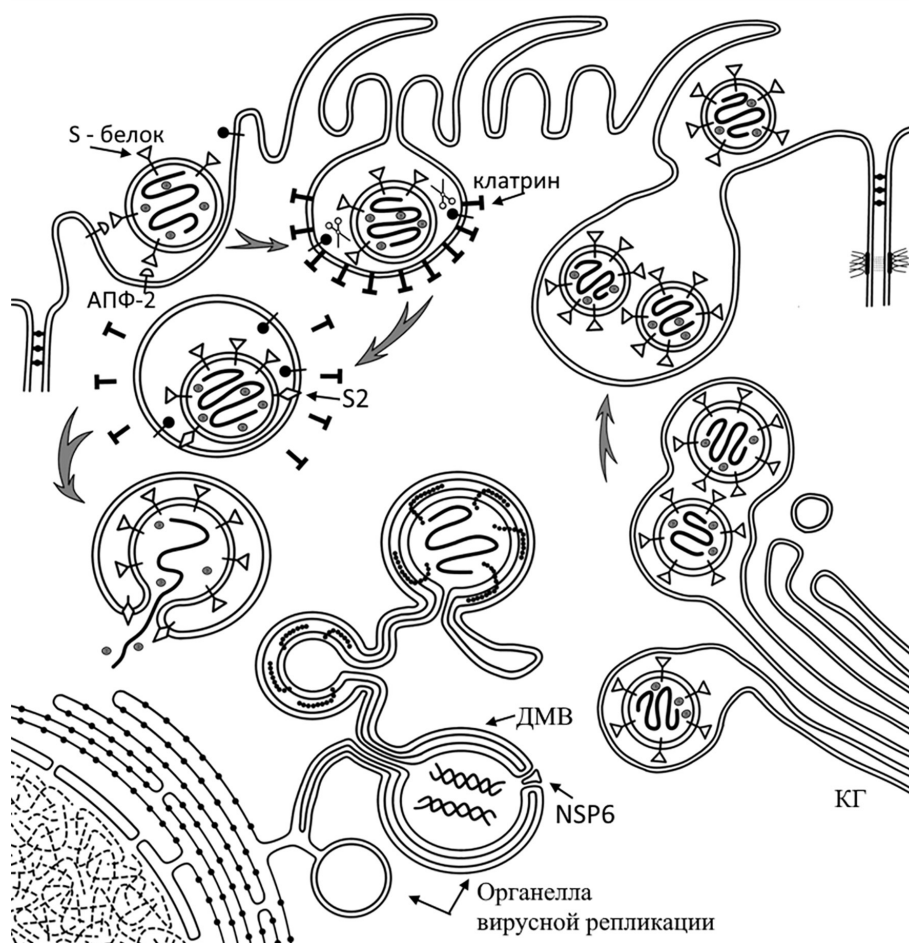


Рис. 1. Схема биогенеза вируса SARS-CoV-2

Репликация происходит в органелле вирусной репликации (рис. 1). С фрагмента ORF1ab считывается полипептид, который разрезается папаин-подобной протеазой (PLP) и 3С-подобной протеазой (3CL Pro) на 16 неструктурных белков вируса [33]. Среди них белки, необходимые для синтеза РНК-зависимой РНК-полимеразы и создания комплексов репликации и транскрипции.

В клетках, инфицированных SARS-CoV, ДМВ являются местами синтеза вирусной РНК [34]. Просвет ДМВ не содержит цитозольных белков, а вместо этого заполнен молекулами двухцепочечной РНК (дцРНК). Одноцепочечных РНК не наблюдается. Длина отдельных фрагментов дцРНК в ДМВ варьирует от 4 до 263 нм при их средней длине 52 нм [35]. ДМВ имеют поры, через которые в цитозоль выходят дцРНК. Мы предположили, что дцРНК служит матрицей для синтеза новой вирусной РНК, а также такая структура необходима для защиты вирусной РНК [36], так как в цитозоле на-

ходится много РНКаз, способных легко разрушать одноцепочечные РНК (рис. 2).

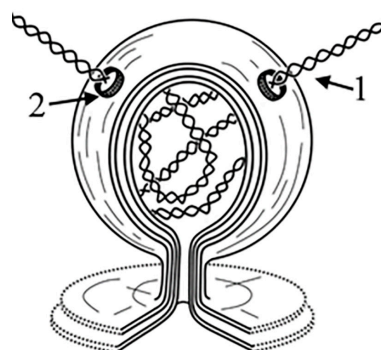


Рис. 2. Схема двухмембранной вакуоли SARS-CoV-2:  
1 – двухцепочечная РНК вируса;  
2 – мембранная пора

Наличие хеликаз в вирусном геноме предполагает важную роль дцРНК в биогенезе SARS-CoV-2. Хеликазы необходи-

мы для раскручивания или деспирализации дцРНК и, таким образом, для эффективной репликации +РНК вирусных геномов. Описана трехмерная структура хеликаз-полимеразы в репликационно-транскрипционном комплексе SARS-CoV-2 [37].

*Гипотеза о механизме формирования двойной мембранной вакуоли и функции NSP6 белка.* Внутри ДМВ вакуоли обнаружена дцРНК вируса, что позволяет говорить о ее важности для созревания вириона и защиты от цитозольных РНКаз [38]. В межмембранном пространстве ДМВ отсутствует белковая матрица, при этом мембраны плотно «склеены» между собой [34]. Вероятно, что ДМВ формируется из мембран ЭР, однако в этом случае возникает целый ряд вопросов. Так, неясно, как ЭР образует парные мембраны и как белки NSP и другие вирусные белки, лишенные сигнальных пептидов, встраиваются в липидный би-слой. Неизвестен механизм удаления матрицы ЭР из парного мембранного домена и накопления дцРНК внутри просвета вакуоли при полностью закрытом межмембранном пространстве и то, как формируются и работают специальные (подобные ядерным) поры, с помощью которых дцРНК вируса выходит из ДМВ и, по-видимому, регулируется приток белков в вакуольное пространство [39].

В эксперименте было показано, что трансфекция белка NSP6 вызывает закрытие просвета ЭР с образованием очень плотно расположенных и не содержащих просвета двойных парных мембран, связанных с ЭР [17]. Это явление не может быть объяснено известными на сегодняшний день молекулярными механизмами. При этом мембраны ДМВ имеют низкое содержание холестерина [39]. Иногда на цитозольной стороне ДМВ у других коронавирусов выявляются рибосомы [40].

Между тем можно предположить, что две двойные мембраны соединяются друг с другом, а их края постепенно превращаются в поры, где скапливаются белки ядерных пор. Очень тонкие трубчатые соединения, наблюдаемые между ЭР и ДМВ, позволяют предположить, что ДМВ формируется из ЭР [40]. Поры будут регулировать транспорт молекул, в том числе позволяя проходить только дцРНК. Действительно, в инфицированных SARS-CoV-2 во время контакта двух ДМВ наблюдаются двойные парные мембраны [39].

Не вызывает сомнения, что белок NSP6 участвует в образовании двойной мембранной вакуоли [41]. Однако, как работают молекулярные механизмы, остается загадкой. NSP6 вырезается пептидазой NSP5 из мега-

полипептида, после чего у него отсутствует сигнальный домен для встраивания в липидный би-слой мембраны ЭР. Вставка такого белка непосредственно из цитозоля в содержащий холестерин би-слой ЭР чрезвычайно затруднена. Трансфекция NSP6 [41] косвенно демонстрирует, что NSP6-содержащий замкнутый ЭР имеет низкую концентрацию холестерина. На эту роль могли бы подойти мембраны митохондрий, которые имеют мало холестерина и много ненасыщенных длинноцепочечных жирных кислот. Действительно, есть данные, что NSP6 нескольких других коронавирусов локализуется в митохондриях [42]. С другой стороны, инфекция клетки SARS-CoV-2 приводит к слиянию митохондрий [17] с образованием митохондриальных мультиламеллярных везикул митохондриального происхождения – митохондриальных мультиламеллярных органелл (ММО), которые могут служить резервуаром мембран для построения ДМВ [43], так как для их формирования большое количество мембран требуется в короткие сроки. В пользу этой гипотезы говорит тот факт, что ММО произошли от наружной мембраны грамотрицательных архей, следовательно, NSP6 с его шестью трансмембранными доменами может быстро проникнуть в липидный би-слой [35].

Кроме того, в строении двухмембранной вакуоли мог бы использоваться митохондриальный порин, который является основным интегральным мембранным белком ММО, но не взаимодействующим с собственно мембранами ЭР [44]. Тем не менее эта гипотеза требует дополнительного анализа.

#### *Внутриклеточный транспорт вируса и выход вириона из клетки*

Формирование вирусной оболочки происходит в так называемых местах выхода из ЭР. Известно, что для сборки SARS-CoV-2 необходим определенный температурный диапазон [45].

Сборка вирусной оболочки начинается с накопления S-белка на люминальной поверхности мембраны ЭР, где образует отдельный комплекс [35]. В накоплении S-белка необходимы E- или M-белки.

KxHxx-мотив в цитозольном хвосте «шипа» вируса слабо связывает  $\beta$ -COP субъединицу коатомера COP1, что облегчает рециркуляцию шипа в комплекс Гольджи, высвобождая молекулу на поверхность клетки [5]. Образуются уменьшенные комплексы, состоящие из N-белков и РНК, позволяющие эффективно упаковывать большую молекулу РНК в мелкие вирусные частицы [17].

Мембранные белки SARS-CoV-2 сильно гликозилированы, поэтому они попадают

из ЭР в комплекс Гольджи [17]. Механизм транспорта вирусных частиц через комплекс Гольджи неизвестен. Однако размер вириона SARS-CoV-2 свидетельствует против «везикулярной» и «диффузионной» моделей транспорта через органеллу [46]. С другой стороны, более высокая численность плотности вирионов на транс-полусоме комплекса Гольджи, по сравнению с цис-полусомой, свидетельствует и против модели «созревания и прогрессии цистерн» [47].

Опубликованы изображения, показывающие, что в пост-Гольджи переносчиках обнаружены частицы, идентичные вирионам, расположенным вне клеточной мембраны, что позволяет предположить, что в них находятся уже зрелые частицы вируса [48]. Утверждается, что коронавирусы используют лизосомы для своей секреции [48]. Однако большая часть частиц проходит через эндосомы, которые часто LAMP1-положительны [47].

Гликозилирование вирусных белков происходит в течение 4 ч после их синтеза. Пост-Гольджи переносчик, наполненный вирусными частицами, сливается с плазматической мембраной, и вирусы секретируются. Неясно, происходит ли секреция непосредственно через апикальную часть плазмолеммы, которая покрыта слизью, или первоначально вирусы доставляются к базолатеральной ее части, а затем в просвет дыхательных путей. Неизвестно, могут ли пост-Гольджи переносчики сливаться с базолатеральной частью плазмолеммы. Чтобы ответить на этот вопрос, необходим анализ распределения SNARE-белков на мембранах секреторного пути.

После люминальной секреции, SARS-CoV-2 связывается с микроворсинками дыхательных путей и индуцирует образование апикально вытянутых и сильно разветвленных микроворсинок, которые помогают SARSCoV-2 проходить через слизь [12]. Эти длинные микроворсинки объясняют, почему люди, выздоровевшие от COVID-19 страдают кашлем с обильным выделением слизи еще в течение длительного времени.

Между тем, несмотря на то, что достигнут значительный прогресс в изучении вируса, многие моменты, касающиеся механизмов взаимодействия SARS-CoV-2 с клетками, остаются непонятными. Неясно, почему АПФ-2 транспортируется к апикальной части плазмолеммы, тогда как сигналов для апикальной сортировки для него не обнаружено? Если АПФ-2 является апикальнонаправленным белком, то почему в клетке культуры могут быть инфицированы неполяризованные клетки? Какие механизмы участвуют в почковании SARSCoV-2?

Как транспортируются незрелые вирионы в комплекс Гольджи? Каков механизм внутри-Гольджи транспорта незрелых и зрелых вирионов?

Между тем основные этапы биогенеза вируса в целом понятны. SARS-CoV-2 проникает в клетку путем клатрин-зависимого эндоцитоза. В эндосоме S-белок расщепляется с помощью TMDRSS2, и образовавшаяся S<sup>2</sup>-субъединица перфорирует мембраны эндосом. Оказавшись в цитозоле, РНК вируса вызывает образование органеллы вирусной репликации, состоящей из сети замкнутых мембран эндоплазматического ретикулума и двухмембранных вакуолей (ДМВ), где вирус генерирует репликационную вилку. Из репликационной органеллы дцРНК вируса через поры ДМВ выходит в цитозоль и доставляется к комплексу Гольджи. Пройдя через комплекс Гольджи, вирус доставляется переносчиками к плазмалемме инфицированной клетки.

Понимая клеточные механизмы транспорта вируса, можно научиться эффективно воздействовать на целый ряд белков и молекулярных машин клетки и внутриклеточного транспорта, что может остановить или значительно уменьшить заражение SARS-CoV-2, например на ингибитор кальциевой помпы SERCA (тапсигаргин) и ингибитор гликозилирования белка (туникамицин); ингибитор ArfGEF (брефелдин А) и ингибитор транс-Гольджи транспорта (монензин); ингибитор H<sup>+</sup>-АТФазы вакуолярного типа (бафиломицин А1) и вакуолин-1 (индуктор лизосом), ингибиторы лизосомальных гидролаз (Е64d, лейпептин и пепстатин) и целый ряд других, ингибирующих внутриклеточный транспорт и эндоцитоз.

### Список литературы

1. El-Shennawy L., Hoffmann A.D., Dashzeveg N.K., McAndrews K.M., Mehl P.J., Cornish D., Yu Z., Tokars V.L., Nicolaescu V., Tomatsidou A., Mao C., Felicelli C.J., Tsai C.F., Ostiguin C., Jia Y., Li L., Furlong K., Wysocki J., Luo X., Ruiivo C.F., Batlle D., Hope T.J., Shen Y., Chae Y.K., Zhang H., LeBleu V.S., Shi T., Swaminathan S., Luo Y., Missiakas D., Randall G.C., Demonbreun A.R., Ison M.G., Kalluri R., Fang D., Liu H. Circulating ACE2-expressing extracellular vesicles block broad strains of SARS-CoV-2 // *Nat. Commun.* 2022. Vol. 13, Is. 1. P. 405.
2. Gong Y., Qin S., Dai L., Tian Z. The glycosylation in SARS-CoV-2 and its receptor ACE2 // *Signal Transduct. Target Ther.* 2021. Vol. 6. P. 396.
3. Gordo D.E., Jang G.M., Bouhaddo M., Xu J., Obernier K., White K.M., O'Meara M.J., Rezelj V.V., Guo J.Z., Swaney D.L. A SARS-CoV-2 protein interaction map reveals targets for drug repurposing // *Nature.* 2020. Vol. 583. P. 459–468.
4. Hou Y.J., Okuda K., Edwards C.E., Martinez D.R., Asakura T., Dinno K.H. 3rd, Kato T., Lee R.E., Yount B.L., Mascenik T.M., Chen G., Olivier K.N., Ghio A., Tse L.V., Leist S.R., Gralinski L.E., Schäfer A., Dang H., Gilmore R., Nakano S., Sun L., Fulcher M.L., Livraghi-Buttrico A., Nicely N.I., Cameron M., Cameron C., Kelvin D.J., de Silva A., Margolis D.M.,

- Markmann A., Bartelt L., Zumwalt R., Martinez F.J., Salvatore S.P., Borczuk A., Tata P.R., Sontake V., Kimple A., Jaspers I., O'Neal W.K., Randell S.H., Boucher R.C., Baric R.S. SARS-CoV-2 Reverse Genetics Reveals a Variable Infection Gradient in the Respiratory Tract // *Cell*. 2020. Vol. 182. P. 429–446.
5. Medeiros-Silva J., Somberg N.H., Wang H.K., McKay M.J., Mandala V.S., Dregni A.J., Hong M. pH- and Calcium-Dependent Aromatic Network in the SARS-CoV-2 Envelope Protein // *J. Am. Chem. Soc.* 2022. Vol. 144, Is. 15. P. 6839–6850.
6. Jennings B.C., Kornfeld S., Doray B. A weak COPI binding motif in the cytoplasmic tail of SARS-CoV-2 spike glycoprotein is necessary for its cleavage, glycosylation, and localization // *FEBS Lett.* 2021. Vol. 595. P. 1758–1767.
7. Hopfer H., Herzig M.C., Gosert R., Menter T., Hench J., Tzankov A., Hirsch H.H., Miller S.E. Hunting coronavirus by transmission electron microscopy – A guide to SARS-CoV-2-associated ultrastructural pathology in COVID-19 tissues // *Histo-pathology*. 2021. Vol. 78. P. 358–370.
8. Barlow J.L., McKenzie A.N.J. Innate Lymphoid Cells of the Lung // *Annu. Rev. Physiol.* 2019. Vol. 81. P. 429–452.
9. Donoghue M., Hsieh F., Baronas E., Godbout K., Gosselin M., Stagliano N., Donovan M., Woolf B., Robison K., Jeyaseelan R., Breitbart R.E., Acton S. A novel angiotensin-converting enzyme-related carboxypeptidase (ACE2) converts angiotensin I to angiotensin 1–9 // *Circ. Res.* 2000. Vol. 87. P. E1–E9.
10. Peng Q., Peng R., Yuan B., Zhao J., Wang M., Wang X., Wang Q., Sun Y., Fan Z., Qi J., Gao G.F., Shi Y. Structural and Biochemical Characterization of the nsp12-nsp7-nsp8 Core Polymerase Complex from SARS-CoV-2 // *Cell Rep.* 2020. Vol. 31. P. 107774.
11. Scialo F., Daniele A., Amato F., Pastore L., Matera M.G., Cazzola M., Castaldo G., Bianco A. ACE2: The Major Cell Entry Receptor for SARS-CoV-2 // *Lung* 2020. Vol. 198. P. 867–877.
12. Lee I.T., Nakayama T., Wu C.T., Goltsev Y., Jiang S., Gall P.A., Liao C.-K., Shih L.-C., Schürch C.M., McIlwain D.R., Chu P., Borchard N.A., Zarabanda D., Dholakia S.S., Yang A., Kim D., Chen H., Kanie T., Lin C.D., Tsai M.H., Phillips K.M., Kim R., Overdevest J.B., Tyler M.A., Yan C.H., Lin C.F., Lin Y.T., Bau D.T., Tsay G.J., Patel Z.M., Tsou Y.A., Tzankov A., Matter M.S., Tai C.J., Yeh T.H., Hwang P.H., Nolan G.P., Nayak J.V., Jackson P.K. ACE2 localizes to the respiratory cilia and is not increased by ACE inhibitors or ARBs // *Nat. Commun.* 2020. Vol. 11. P. 5453.
13. Fodoulian L., Tuberosa J., Rossier D., Boillat M., Kan C., Pauli V., Egervari K., Lobrinus J.A., Landis B.N., Carleton A., Landis B.N., Carleton A., Rodriguez I. SARS-CoV-2 receptors and entry genes are expressed in the human olfactory neuroepithelium and brain // *Science*. 2020. Vol. 23. P. 101839.
14. Bezzetti V., Gentili V., Api M., Finotti A., Papi C., Tamanini A., Boni C., Baldisseri E., Olioso D., Duca M., Tedesco E., Leo S., Borgatti M., Volpi S., Pinton P., Cabrini G., Gambari R., Blasi F., Lippi G., Rimessi A., Rizzo R., Cipolli M. SARS-CoV-2 viral entry and replication is impaired in Cystic Fibrosis airways due to ACE2 downregulation // *Nat. Commun.* 2023. Vol. 14. P. 132.
15. Pinto A.L., Rai R.K., Brown J.C., Griffin P., Edgar J.R., Shah A., Singanayagam A., Hogg C., Barclay W.S., Fütter C.E., Burgoyne T. Ultrastructural insight into SARS-CoV-2 entry and budding in human airway epithelium // *Nat. Commun.* 2022. Vol. 13. P. 1609.
16. Khan M., Yoo S.J., Clijsters M., Backaert W., Vanstapel A., Speleman K., Lietaer C., Choi S., Hether T.D., Marcellis L., Nam A., Pan L., Reeves J.W., Van Bulck P., Zhou H., Bourgeois M., Debaveye Y., De Munter P., Gunst J., Jorissen M., Lagrou K., Lorent N., Neyrinck A., Peetermans M., Thal D.R., Vandembrielle C., Wauters J., Mombaerts P., Van Gerven L. Visualizing in deceased COVID-19 patients how SARS-CoV-2 attacks the respiratory and olfactory mucosae but spares the olfactory bulb // *Cell*. 2021. Vol. 184. P. 5932–5949.
17. Santerre M., Arjona S.P., Allen C.N., Shcherbik N., Sawaya B.E. Why do SARS-CoV-2 NSPs rush to the ER? // *J. Neurol.* 2021. Vol. 268. P. 2013–2022.
18. Beckman D., Bonillas A., Diniz G.B., Ott S., Roh J.W., Elizaldi S.R., Schmidt B.A., Sammak R.L., Van Rompay K.K., Iyer S.S., Morrison J.H. SARS-CoV-2 infects neurons and induces neuroinflammation in a non-human primate model of COVID-19 // *Cell Rep.* 2022. Vol. 41. P. 111573.
19. Stein S.R., Ramelli S.C., Grazioli A., Chung J.Y., Singh M., Yinda C.K., Winkler C.W., Sun J., Dickey J.M., Ylaja K., Ko S.H., Platt A.P., Burbelo P.D., Quezado M., Pittaluga S., Purcell M., Munster V.J., Belinky F., Ramos-Benitez M.J., Boritz E.A., Lach I.A., Herr D.L., Rabin J., Saharia K.K., Madathil R.J., Tabatabai A., Soherwardi S., McCurdy M.T., NIH COVID-19 Autopsy Consortium, Peterson K.E., Cohen J.I., de Wit E., Vannella K.M., Hewitt S.M., Kleiner D.E., Chertow D.S. SARS-CoV-2 infection and persistence in the human body and brain at autopsy // *Nature*. 2022. Vol. 612. P. 758–763.
20. Matuck B.F., Dolhnikoff M., Duarte-Neto A.N., Maia G., Gomes S.C., Sendyk D.I., Zarpellon A., Andrade N.P., Monteiro R.A., Pinho J.R.R., Gomes-Gouvêa M.S., Souza S.C., Kanamura C., Mauad T., Saldiva P.H.N., Braz-Silva P.H., Caldini E.G., da Silva L.F.F. Salivary glands are a target for SARS-CoV-2: A source for saliva contamination // *J. Pathol.* 2021. Vol. 254. P. 239–243.
21. Brann D.H., Tsukahara T., Weinreb C., Lipovsek M., Van den Berge K., Gong B., Chance R., Macaulay I.C., Chou H.-J., Fletcher R.B., Das D., Street K., de Bezioux H.R., Choi Y.G., Risso D., Dudoit S., Purdom E., Mill J., Hachem R.A., Matsunami H., Logan D.W., Goldstein B.J., Grubb M.S., Ngai J., Datta S.R. Non-neuronal expression of SARS-CoV-2 entry genes in the olfactory system suggests mechanisms underlying COVID-19-associated anosmia // *Sci. Adv.* 2020. Vol. 6. P. 5801.
22. Blanco-Melo D., Nilsson-Payant B.E., Liu W.C., Uhl S., Hoagland D., Möller R., Jordan T.X., Oishi K., Panis M., Sachs D., Wang T.T., Schwartz R.E., Lim J.K., Albrecht H.R., Choi Y.G., Rimoldi O., Soto I.S., Lugo R., Uy-Prado G., Benoit Y., Balboa-Frutos M., Balboa-Frutos C., Galloway R., Imbalanced Host Response to SARS-CoV-2 Drives Development of COVID-19 // *Cell*. 2020. Vol. 181. P. 1036–1045.
23. Bunyavanich S., Do A., Vicencio A. Nasal gene expression of angiotensin-converting enzyme 2 in children and adults // *JAMA*. 2020. Vol. 323. P. 2427.
24. Mironov A.A., Savin M.F., Beznoussenko G.V. COVID-19. Biogenesis and Intracellular Transport // *Int. J. Mol. Sci.* 2023. Vol. 24, Is. 5. P. 4523.
25. Scialo F., Daniele A., Amato F., Pastore L., Matera M.G., Cazzola M., Castaldo G., Bianco A. The Major Cell Entry Receptor for SARS-CoV-2 // *Lung*. 2020. Vol. 198. P. 867–877.
26. Hoffmann M., Kleine-Weber H., Schroeder S., Krüger N., Herrler T., Erichsen S., Schiergens T.S., Herrler G., Wu N.-H., Nitsche A., Müller M.A., Drosten C., Pöhlmann S. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor // *Cell*. 2020. Vol. 181. P. 271–280.
27. Peng R., Wu L.A., Wang Q., Qi J., Gao G.F. Cell entry by SARS-CoV-2 // *Trends Biochem. Sci.* 2021. Vol. 46. P. 848–860.
28. Cortese M., Lee J.Y., Cerikan B., Neufeldt C.J., Oorschot V.M.J., Köhrer S., Hennies J., Schieber N.L., Ronchi P., Mizzon G., Romero-Brey I., Santarella-Mellwig R., Schorb M., Boermel M., Mocaer K., Beckwith M.S., Templin R.M., Gross V., Pape C., Tischer C., Frankish J., Horvat N.K., Laketa V., Stanifer M., Boulant S., Ruggieri A., Chatel-Chaix L., Schwab Y., Bartenschlager R. Integrative Imaging Reveals SARS-CoV-2-Induced Reshaping of Subcellular Morphologies // *Cell Host Microbe*. 2020. V. 28. P. 853–866.
29. Turonová B., Sikora M., Schürmann C., Hagen W.J.H., Welsch S., Blanc F.E.C., Von Bülow S., Gecht M., Bagola K., Hörner C., van Zandbergen G., Landry J., de Azevedo N.T.D., Mosalaganti S., Schwarz A., Covino R., Mühlebach M.D., Hummer G., Krijnse Locker J., Beck M. In situ structural analysis of SARS-CoV-2 spike reveals flexibility mediated by three hinges // *Science*. 2020. Vol. 370. P. 203–208.
30. Yang Y., Zheng L., Zheng X., Ge L. Autophagosomal Membrane Origin and Formation. In *Advances in Experimental Medicine and Biology*, Springer: Singapore. 2021. Vol. 1208. P. 17–42.



31. Miao G., Zhao H., Li Y., Ji M., Chen Y., Shi Y., Bi Y., Wang P., Zhang H. ORF3a of the COVID-19 virus SARS-CoV-2 blocks HOPS complex-mediated assembly of the SNARE complex required for autolysosome formation. *Dev // Cell*. 2021. Vol. 56. P. 427–442.
32. Tojo K., Yamamoto N., Tamada N., Mihara T., Abe M., Nishii M., Takeuchi I., Goto T. Early alveolar epithelial cell necrosis is a potential driver of COVID-19-induced acute respiratory distress syndrome // *Science*. 2023. Vol. 26. P. 105748.
33. Harcourt B.H., Jukneliene D., Kanjanahaluethai A., Bechill J., Severson K.M., Smith C.M., Rota P.A., Baker S.C. Identification of severe acute respiratory syndrome coronavirus replicase products and characterization of papain-like protease activity // *J Virol*. 2004. Vol. 78, Is. 24. P. 13600–13612.
34. Snijder E.J., Limpens R.W.A.L., de Wilde A.H., de Jong A.W.M., Zevenhoven-Dobbe J.C., Maier H.J., Faas F.F.G.A., Koster A.J., Bárcena M. A unifying structural and functional model of the coronavirus replication organelle: Tracking down RNA synthesis // *PLoS Biol*. 2020. Vol. 18. P. 3000715.
35. Baena V., Conrad R., Friday P., Fitzgerald E., Kim T., Bernbaum J., Berensmann H., Harned A., Nagashima K., Narayan K. FIB-SEM as a Volume Electron Microscopy Approach to Study Cellular Architectures in SARS-CoV-2 and Other Viral Infections: A Practical Primer for a Virologist. *Viruses* 2021. Vol. 13. P. 611.
36. Wolff G., Limpens R.W.A.L., Zevenhoven-Dobbe J.C., Laugs U., Zheng S., de Jong A.W.M., Koning R.I., Agard D.A., Grünewald K., Koster A.J., Snijder E.J., Bárcena M. A molecular pore spans the double membrane of the coronavirus replication organelle // *Science*. 2020. Vol. 369. P. 1395–1398.
37. Ogando N.S., Dalebout T.J., Zevenhoven-Dobbe J.C., Limpens R.W.A.L., van der Meer Y., Caly L., Druce J., de Vries J.J.C., Kikkert M., Bárcena M., Sidorov I., Snijder E.J. SARS-coronavirus-2 replication in Vero E6 cells: replication kinetics, rapid adaptation and cytopathology // *J. Gen. Virol*. 2020. Vol. 101, Is. 9. P. 925–940.
38. Gorshkov K., Chen C.Z., Bostwick R., Rasmussen L., Tran B.N., Cheng Y.S., Xu M., Pradhan M., Henderson M., Zhu W., Oh E., Susumu K., Wolak M., Shamim K., Huang W., Hu X., Shen M., Klumpp-Thomas C., Itkin Z., Shinn P., Carlos de la Torre J., Simeonov A., Michael S.G., Hall M.D., Lo D.C., Zheng W. The SARS-CoV-2 Cytopathic Effect Is Blocked by Lysosome Alkalinizing Small Molecules // *ACS Infect. Dis*. 2021. Vol. 7. P. 1389–1408.
39. Saraste J., Prydz K. Assembly and Cellular Exit of Coronaviruses: Hijacking an Unconventional Secretory Pathway from the Pre-Golgi Intermediate Compartment via the Golgi Ribbon to the Extracellular Space // *Cells*. 2021. Vol. 10. P. 503.
40. Romero-Brey I., Merz A., Chiramel A., Lee J.Y., Chlanda P., Haselman U., Santarella-Mellwig R., Habermann A., Hoppe S., Kallis S., Walther P., Antony C., Krijnse-Locker J., Bartenschlager R. Three-dimensional architecture and biogenesis of membrane structures associated with hepatitis C virus replication // *PLoS Pathog*. 2012. Vol. 8. P. 1003056.
41. Ricciardi S., Guarino A.M., Giaquinto L., Polischuk E.V., Santoro M., Di Tullio G., Wilson C., Panariello F., Soares V.C., Dias S.S.G., Santos J.C., Souza T.M.L., Fusco G., Viscardi M., Brandi S., Bozza P.T., Polischuk R.S., Venditti R., De Matteis M.A. The role of NSP6 in the biogenesis of the SARS-CoV-2 replication organelle // *Nature*. 2022. Vol. 606. P. 761–768.
42. Benvenuto D., Angeletti S., Giovanetti M., Bianchi M., Pascarella S., Cauda R., Ciccozzi M., Cassone A. Evolutionary analysis of SARS-CoV-2: How mutation of Non-Structural Protein 6 (NSP6) could affect viral autophagy // *J. Infect*. Vol. 2020. P. 8124–8127.
43. Mironov A.A., Beznoussenko G.V. The Regulated Secretion and Models of Intracellular Transport: The Goblet Cell as an Example // *Int. J. Mol. Sci*. 2023. Vol. 24, Is. 11. P. 9560.
44. Tirinci A., Sicking M., Hadzibeganovic D., Haßden-teufel S., Lang S. The Molecular Biodiversity of Protein Targeting and Protein Transport Related to the Endoplasmic Reticulum // *Int. J. Mol. Sci*. 2021. Vol. 23. P. 143.
45. Li S., Zandi R. Biophysical Modeling of SARS-CoV-2 Assembly: Genome Condensation and Budding // *Viruses*. 2022. Vol. 14. P. 2089.
46. Mironov A.A., Sesorova I.S., Beznoussenko G.V. Golgi's way: A long path toward the new paradigm of the intra-Golgi transport // *Histochemistry and Cell Biology*. 2013, Vol. 140, Is. 4. P. 383–393.
47. Mironov A.A., Beznoussenko G.V., Sesorova I.S., Seliverstova E.V. Different Golgi ultrastructure across species and tissues: implications under functional and pathological conditions, and an attempt at classification // *Tissue and Cell*. 2017. Vol. 49, Is. 2. P. 186–201.
48. Mannar D., Saville J.W., Sun Z., Zhu X., Marti M.M., Srivastava S.S., Berezuk A.M., Zhou S., Tuttle K.S., Sobolewski M.D., Kim A., Treat B.R., Da Silva Castanha P.M., Jacobs J.L., Barratt-Boyes S.M., Mellors J.W., Dimitrov D.S., Li W., Subramaniam S. SARS-CoV-2 variants of concern: spike protein mutational analysis and epitope for broad neutralization // *Nat. Commun*. 2022. Vol. 13, Is. 1. P. 4696.

## СТАТЬИ

УДК 616-092-05:796

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРОФИЛЬ КРОВИ  
У ВЫСОКОКЛАССНЫХ ГРЕБЦОВ-БАЙДАРЧНИКОВ****Абдурахмонов Ж.С., Кучкарова Л.С.***Национальный университет Узбекистана имени М. Улугбека, Ташкент,  
e-mail: aburahmonov7977@gmail.com*

Целью работы было сравнение эритроцитарного, лейкоцитарного и тромбоцитарного профилей крови у байдарочников высокой квалификации с разными соматотипами. Исследования были проведены у юношей-байдарочников олимпийской сборной республики по гребле на каноэ. В качестве контроля служили юноши-неспортсмены идентичного возраста и национальности. Измерения роста тела, веса тела и окружности груди проводили натощак с 9.00 до 10.00 утра. В качестве физической нагрузки использовалась гребля на одиночной байдарке, продолжительностью 1 ч, со средней скоростью 5 км/ч, со средней энергетической нагрузкой около 500–600 ккал. Все спортсмены тренировались в утром с 9.00 до 10.00. Было определено количество эритроцитов, средний объем эритроцитов, содержание гемоглобина, гематокрит, средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, скорость оседания эритроцитов, содержание лейкоцитов, лимфоцитов, гранулоцитов, количество тромбоцитов и тромбоцит до и после физической нагрузки у лиц с нормальным и крепким соматотипом. Показатели крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе BC-20 (Германия). Показано, что лейкоцитарный и тромбоцитарный профили, в отличие от эритроцитарного, заметно различаются у спортсменов и неспортсменов. После физической нагрузки у спортсменов обоих соматотипов увеличивалась скорость оседания эритроцитов, у нормостеников снижалось содержание лимфоцитов, а у гиперстеников увеличивалось содержание гранулоцитов и тромбоцитов. Эти данные показывают, что у спортсменов-байдарочников лейкоцитарный и тромбоцитарный профиль более вариабелен, чем эритроцитарный, а клеточный состав крови у нормостеников и гиперстеников после физической нагрузки изменяется неоднозначно.

**Ключевые слова:** спортсмены-байдарочники, эритроциты, лейкоциты, тромбоциты, гематокрит, скорость оседания эритроцитов, лимфоциты, гранулоциты

**INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON BLOOD PROFILE  
IN HIGH-CLASS KAYAKERS****Abdurahmonov Zh.S., Kuchkarova L.S.***National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek, Tashkent,  
e-mail: aburahmonov7977@gmail.com*

The purpose of the work was to compare the erythrocyte, leukocyte and platelet blood profiles of highly qualified kayakers with different somatotypes. The research was carried out on young kayakers of the republic's Olympic canoeing team. Non-athlete youths of identical age and nationality served as controls. Measurements of the body height, body weight and chest circumference were carried out on an empty stomach from 9.00 to 10.00 am. The physical activity used was rowing on a single kayak, lasting 1 hour, at an average speed of 5 km/h with an average energy load of about 500-600 kcal. All athletes trained in the morning from 9.00 to 10.00. The number of erythrocytes, the average volume of erythrocytes, the hemoglobin content, hematocrit, the average concentration of hemoglobin in erythrocytes, the erythrocyte sedimentation rate, the content of leukocytes, lymphocytes, granulocytes, the number of platelets and thrombocrit before and after physical activity in individuals with a normal and strong somatotype were determined. Blood parameters were determined using an automatic hematology analyzer BC-20 (Germany). It has been shown that the leukocyte and platelet profiles, in contrast to the erythrocyte profile, differ markedly between athletes and non-athletes. After physical exercise, erythrocyte sedimentation rate increased in athletes of both somatotypes, in normosthenics the content of lymphocytes decreased, and in hypersthenics the content of granulocytes and platelets increased. These data show that in athletes the leukocyte and platelet profile is more variable than the erythrocyte and cellular composition of the blood in normosthenics and hypersthenics after physical activity changes ambiguously.

**Keywords:** athletes kayakers, erythrocyte, leukocytes, platelets, hematocrit, erythrocyte sedimentation rate, lymphocytes, granulocytes

В последние годы в сфере высокого спорта особенно востребована необходимость внедрения в практику научно обоснованных подходов для адекватной оценки спортивных тренировок, состояния спортсменов в предсоревновательном и соревновательном периодах, формирования качественных национальных сборных из квалифицированных спортсменов, обеспечи-

вающих высокие результаты. Для отбора и оценки спортивного статуса спортсменов высокой категории большое значение имеет мониторинг их физиологических и биохимических показателей [1, 2]. Известно, что кровь является универсальной внутренней средой организма, состав которой быстро изменяется в ответ на любое воздействие, в том числе на физическую нагрузку.

Именно поэтому большинство показателей крови, в том числе клеток крови, в покое, во время и после физической нагрузки неоднозначны [1, 3]. Показано, что физические упражнения однонаправленно влияют на лейкоцитоз и гемостаз у юношей и девушек [4, 5]. Содержание эритроцитов сразу после тренировки возрастает, что доказывает важное функциональное значение красных кровяных телец во время физической нагрузки [6]. Однако малоизвестно, как изменяются показатели крови у спортсменов в зависимости от соматотипа, который при нормировании физической нагрузки обычно мало учитываются [7].

Целью работы было сравнение эритроцитарного, лейкоцитарного и тромбоцитарного профилей крови у спортсменов-байдарочников высокой квалификации с разными соматотипами.

#### Материалы и методы исследования

Измерения проведены у 23 неспортсменов и 36 байдарочников-одиночек олимпийской сборной республики Федерации гребли на каноэ Узбекистана, занимающихся спортивной греблей более 10 лет. По национальности все участвовавшие в наблюдении спортсмены-байдарочники были узбеками в возрасте 21–23 лет. В качестве контроля служили неспортсмены – юноши, работающие в условиях гребной станции, но не занимающиеся регулярно спортом.

Соматометрические измерения (рост, масса тела и окружность груди) у юношей для определения соматотипа проводили по стандартной методике натошак с 9.00 до 10.00 утра [8]. В качестве физической нагрузки использовалась гребля на одиночной байдарке, продолжительностью 1 ч, со средней скоростью 5 км/ч и средней энергетической нагрузкой около 500–600 ккал. Все спортсмены тренировались утром в одно и то же время – с 9.00 до 10.00.

Были определены количество эритроцитов (RBC), средний объем эритроцитов (MCV), содержание гемоглобина (HGB), гематокрит (HCT), средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах (MCH), скорость оседания эритроцитов (ESR). Кроме того, были выявлены содержание лейкоцитов (WRC), лимфоцитов (Lym), гранулоцитов (Gran), количество тромбоцитов (PLT) и тромбокрит (PCT). Показатели крови определяли на автоматическом гематологическом анализаторе BC-20 (Германия).

Полученные результаты обрабатывали с помощью t-критерия Стьюдента, при этом определяли среднее арифметическое (M), рассчитывали стандартную ошибку (m) и значение статистической достоверности (P).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты сравнения профиля клеток крови спортсменов и неспортсменов представлены в таблице.

Профиль элементов крови у неспортсменов и спортсменов с различными соматотипами (M±m)

№	Индикаторы	Нормостеники			Гиперстеники		
		Неспортсмены (n = 12)	Спортсмены (n = 10)	P	Неспортсмены (n = 11)	Спортсмены (n = 26)	P
Эритроциты							
1	RBC 10 <sup>12</sup> /л	4,31±0,21	4,61±0,21	> 0,2	4,42±0,33	4,71±0,23	> 0,2
2	MCV мкм <sup>3</sup>	84,5±4,62	88,12±3,62	> 0,2	86,5±4,61	89,11±3,61	> 0,2
3	HGB g/l	132±2,83	125,5±1,81	< 0,05	134,1±2,83	134,8±1,81	> 0,2
4	HCT%	42,2±1,24	45,91±1,14	> 0,2	44,3±0,83	45,41±0,93	> 0,2
5	ESR (mm/h)	10±1,14	5,23±0,54	> 0,05	8±0,43	7,41±0,22	> 0,2
Лейкоциты							
7	WBS 10 <sup>9</sup> /л	8,2±0,53	6,85±0,23	< 0,02	9,2±0,83	6,32±0,21	< 0,005
8	Lymph 10 <sup>9</sup> /л	2,1±0,21	3,31±0,11	< 0,001	2,3±0,31	2,81±0,23	< 0,05
9	Gran 10 <sup>9</sup> /л	3,9±0,32	3,03±0,12	< 0,02	3,8±0,42	3,02±0,35	< 0,05
Тромбоциты							
11	PLT 10 <sup>9</sup> /л	354,12±12,31	244,51±10,31	< 0,001	334,40±11,33	234,76±12,5	< 0,001
12	PCT%	0,37±0,09	0,26±0,05	> 0,05	0,32±0,08	0,23±0,01	< 0,05

Примечание: RBC – эритроциты; MCV – средний объем эритроцитов, HGB – концентрация гемоглобина, HCT – гематокрит, MCH – средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, ESR – скорость оседания эритроцитов, WBC – лейкоциты, Lymf – лимфоциты, Gran – гранулоциты, PLT – тромбоциты, PCT – тромбокрит.

Как видно из таблицы, показатели эритроцитов у спортсменов и неспортсменов достоверно друг от друга не отличались, однако уровень лейкоцитов у неспортсменов и спортсменов обоих соматотипов был неидентичным. Содержание лейкоцитов и лимфоцитов у спортсменов с нормальным соматотипом было выше, чем у неспортсменов с тем же соматотипом, количество гранулоцитов, напротив, было меньше, у спортсменов по сравнению со спортсменами в обеих группах, однако эти показатели колебались в пределах референтных значений. Повышенный уровень тромбоцитов и более высокий тромбокрит у неспортсменов, по сравнению со спортсменами, позволяет предположить, что неспортсмены, по сравнению со спортсменами, проявляют меньшую предрасположенность к свертыванию крови [9]. Следовательно, независимо от того, к какому соматотипу принадлежат участники, между некоторыми показателями лейкоцитов и тромбоцитов у спортсменов и неспортсменов имеются различия, хотя они и колеблются в пределах референтных значений, характерных для данного возраста и пола.

На следующем этапе исследования выявлено влияние физической активности на показатели крови у спортсменов нормального (нормостеники) и крепкого (гиперстеники) соматотипа.

На рис. 1 представлены показатели эритроцитов спортсменов нормального соматотипа до и после тренировки.

Видно, что большинство показателей эритроцитов у лиц нормального соматотипа до и после тренировки находились на од-

ном уровне. Только лишь после тренировки среднее содержание гемоглобина повышалось на 15,6%, а скорость оседания эритроцитов – на 41,7%. Несмотря на такую разницу, следует отметить, что эти значения находились в пределах физиологических норм, характерных для молодых людей этого возраста [10].

Изменения лейкоцитарного и тромбоцитарного профиля крови у лиц нормального соматотипа до и после тренировки представлены на рис. 2. Видно, что у нормостеников после физической нагрузки имело место достоверное снижение только числа лимфоцитов. Остальные показатели сохранялись на уровне контроля.

На рис. 3 представлены показатели эритроцитов спортсменов нормального соматотипа до и после тренировки. Оказалось, что у лиц с сильным соматотипом не было заметной разницы в эритроцитарном профиле крови. Отмечалось лишь увеличение скорости оседания эритроцитов в 1,7 раза, однако данное значение регистрировалось в пределах нормы.

Изменения профиля лейкоцитов и тромбоцитов у гиперстеников представлены на рис. 4. Из рисунка видно, что у гиперстеников содержание лейкоцитов и гранулоцитов после физической нагрузки увеличилось на 16,1 и 39,4% соответственно, а содержание тромбоцитов и величина тромбокрита также статистически значимо возросли на 13,8 и 17,4% соответственно.

Итак, физическая активность влияет на профиль клеток крови у байдарочников, что у гиперстеников проявляется выраженнее, чем у нормостеников.

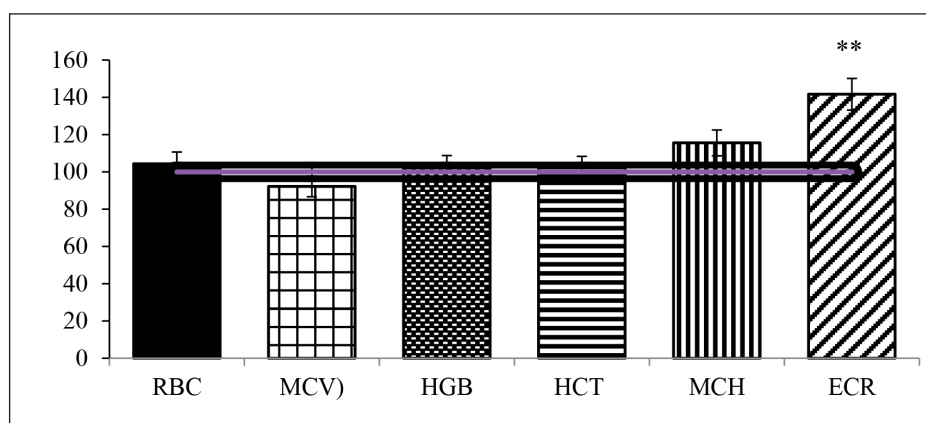


Рис. 1. Профиль эритроцитов крови у байдарочников-нормостеников до (горизонтальная полоса) и после (столбцы) физической нагрузки ( $M \pm m$ ,  $n = 10$ ).

Показатели до физической нагрузки принимали за 100%

Примечание: RBC – эритроциты, MCV – средний объем эритроцитов, HGB – концентрация гемоглобина, HCT – гематокрит, MCH – средняя концентрация эритроцитарного гемоглобина, ESR – скорость оседания эритроцитов; \*\* –  $p < 0,001$

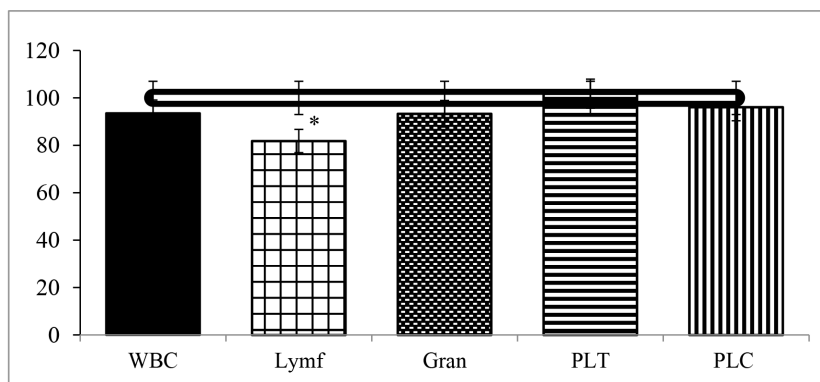


Рис. 2. Профиль лейкоцитов и тромбоцитов у байдарочников-нормостеников до (горизонтальная полоса) и после (столбцы) физической нагрузки ( $M \pm m$ ,  $n = 10$ ). Показатели до физической нагрузки принимались за 100%.  
Примечание: WBC – лейкоциты, Lymf – лимфоциты, Gran – гранулоциты, PLT – тромбоциты, PCT – тромбокрит; \* –  $P < 0,05$

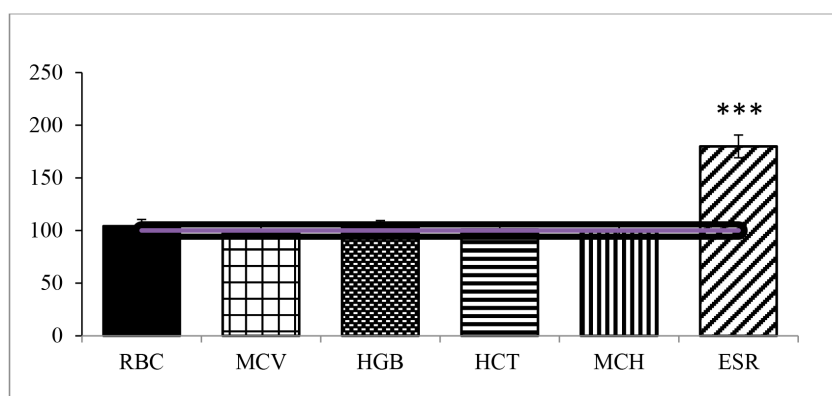


Рис. 3. Профиль эритроцитов у байдарочников-гиперстеников до (горизонтальная полоса) и после (столбцы) физической нагрузки. Показатели до физической нагрузки принимали за 100% ( $M \pm m$ ,  $n = 26$ ).  
Примечание: RBC – красные кровяные клетки; MCV – средний объем эритроцитов, HGB – концентрация гемоглобина, HCT – гематокрит, MCH – средняя концентрация гемоглобина в эритроцитах, ESR – скорость оседания эритроцитов; \*\*\* –  $P < 0,001$

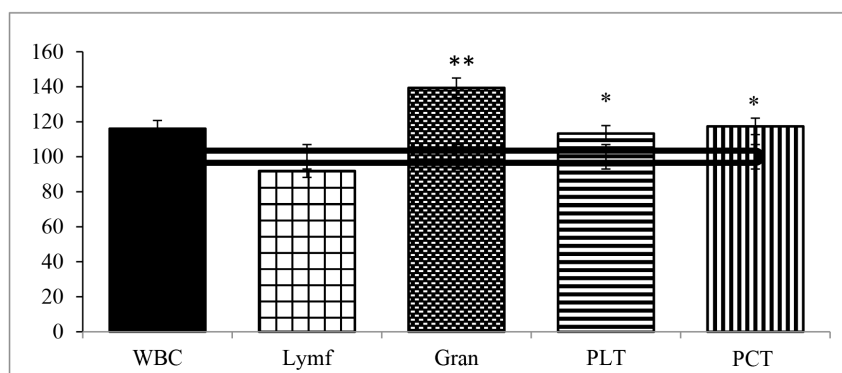


Рис. 4. Профиль лейкоцитов и тромбоцитов у гребцов-гиперстеников до (горизонтальная полоса) и после (столбцы) физической нагрузки. Показатели до физической нагрузки принимали за 100% ( $M \pm m$ ,  $n = 26$ ).  
Примечание. WBC – лейкоцит, Lymf – лимфоцит, Gran – гранулоцит, PLT – тромбоцит, PCT – тромбокрит; \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$

В данной работе впервые в Республике Узбекистан проведено сравнение профиля эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов у спортсменов-байдарочников высшей квалификации с различным соматотипом до и после физической нагрузки. Оказалось, что в команде байдарочников высокого класса были только нормостеники и гиперстеники, а гипостеники отсутствовали. После физической нагрузки у нормостеников выявлено повышение средней концентрации гемоглобина и реакции оседания эритроцитов, а также значительное снижение количества лимфоцитов. У гиперстеников было отмечено увеличение скорости оседания эритроцитов и количества лейкоцитов, особенно гранулоцитов, а также снижение количества лимфоцитов.

Показано, что уменьшение числа лимфоцитов у спортсменов может возникнуть при чрезмерных физических нагрузках, т.е. во время переутомления. Такая тенденция отмечена у обоих изученных соматотипов, что указывает на необходимость пересмотра норм субмаксимальной физической нагрузки [11]. Увеличение количества тромбоцитов, а также величины тромбокриты также показывает перенапряжение, наблюдающееся у спортсменов с крепким соматотипом. Поэтому восстановление лейкоцитарного и тромбоцитарного профиля у спортсменов с крепким соматотипом, возможно, будет медленнее, чем у лиц с нормальным соматотипом. Эти факты указывают на необходимость более точного дозирования тренировочных нагрузок в зависимости от соматотипа.

Результаты показали, что реакция профиля крови у спортсменов нормального и крепкого соматотипа на физическую нагрузку проявляется в изменении некоторых показателей клеток крови, колебания которых сохранялись в пределах физиологической нормы. Более выраженные сдвиги тромбоцитарного и лейкоцитарного профиля крови после физической нагрузки у лиц крепкого соматотипа говорят о задержке восстановительного периода или более выраженной утомляемости, что показывает необходимость учета соматотипа при дозировании физических нагрузок во время тренировок, а возможно, и при подборе спортсменов для высокого спорта.

## Выводы

1. У спортсменов-байдарочников лейкоцитарный и эритроцитарный профиль более вариабелен по сравнению с неспортсменами.
2. После физической нагрузки у всех спортсменов независимо от соматотипа снижается число лимфоцитов и возрастает скорость оседания крови.
3. У байдарочников-гиперстеников после физической нагрузки возрастает количество гранулоцитов, концентрации тромбоцитов и показатель тромбокриты, что, возможно, связано с большой утомляемостью этой группы спортсменов.

## Список литературы

1. Manske R.C., Lehecka B.J. Evidence – based medicine practice in sports physical therapy // *Int J Sports Phys Ther.* 2012. Vol. 7, Is. 5. P. 461–473.
2. Lee E.C., Fragala M.S., Kavouras S.A., Queen R.M., Pryor J.L., Casa D.J. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes // *J Strength Cond Res.* 2017. Vol. 31, Is. 10. P. 2920–2937. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002122.
3. Lamina S., Okoye C.G. Effect of interval training program on white blood cell count in the management of hypertension: A randomized controlled study // *Niger Med J.* 2011. Vol. 52, Is. 4. P. 271–277. DOI: 10.4103/0300-1652.93803.
4. Sand K.L., Flatebo T., Andersen M.B., Maghazachi A.A. Effects of exercise on leukocytosis and blood hemostasis in 800 healthy young females and males // *World J Exp Med.* 2013. Vol. 3, Is. 1. P. 11–20. DOI: 10.5493/wjem.v3.i1.11.
5. Boiocchi L., Gianelli U., Iurlo A., Fend., Bonzheim I., Cattaneo D., Knowles D.M., Orazi A. Neutrophilic leukocytosis in advanced stage polycythemia vera: hematopathologic features and prognostic implications // *Mod Pathol.* 2015. Vol. 28, Is. 11. P. 1448–1457. DOI: 10.1038/modpathol.100.
6. Hu M., Lin W. Effects of exercise training on red blood cell production: implications for anemia // *Acta Haematol.* 2012. Vol. 127, Is. 3. P. 156–164. DOI: 10.1159/000335620.
7. Яковлев А.Н., Масловский Е.А. Нормирование тренировочных нагрузок силовой направленности на занятиях по физическому воспитанию с учетом соматотипа лиц женского пола (на примере студенток Республики Беларусь) // *Ученые записки университета Лесгафта.* 2014. № 5. С. 111.
8. Romanova E. et al. Physical activity and metabolism of girls with different somatotypes // *Jurnal of Physical Education and Sport JPES.* 2022. Vol. 22, Is. 4. P. 900–906.
9. Hanke A.A., Staib A., Görlinger K., Perrey M., Dirkmann D., Kienbaum P. Whole blood coagulation and platelet activation in the athlete: a comparison of marathon, triathlon and long distance cycling // *Eur J Med Res.* 2015. Vol. 15, Is. 2. P. 59–65.
10. Казакова М.С., Луговская С.А. Референсные интервалы при применении современных гематологических анализаторов // *Клиническая лабораторная диагностика.* 2014. № 9. С. 10–12.
11. Kristin L.S., Torun F., Marian B.A., Azzam A.M. Effects of exercise on leukocytosis and blood hemostasis in 800 healthy young females and males // *World J Exp Med.* 2013. Vol. 3, Is. 1. P. 11–20. DOI: 10.5493/wjem.v3.i1.11.

УДК 576.89:591.69-9

**ФАУНА ГЕЛЬМИНТОВ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ  
(CANIDAE, MUSTELIDAE, FELIDAE) УЗБЕКИСТАНА**

<sup>1</sup>Сафаров А.А., <sup>2</sup>Акрамова Ф.Д., <sup>2</sup>Тургунов С.Н., <sup>2</sup>Саидова Ш.О., <sup>2</sup>Мирзаева А.У.,  
<sup>3</sup>Бердибаев А.С., <sup>2</sup>Шакарбоев Э.Б., <sup>2</sup>Эсонбоев Ж.А., <sup>2</sup>Азимов Д.А., <sup>2</sup>Ёркулов Ж.М.

<sup>1</sup>Государственный комитет ветеринарии и развития животноводства Республики Узбекистан,  
Ташкент, e-mail: safarov-alisher@mail.ru;

<sup>2</sup>Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент,  
e-mail: f.akramova1976@mail.ru;

<sup>3</sup>Нукусский государственный педагогический институт, Нукус,  
e-mail: abat.berdibaev@bk.ru

Изучены некоторые особенности фауны гельминтов хищных млекопитающих Узбекистана, их распространения и экологии в биогеоценозах Узбекистана. Общая зараженность хищных животных составила 79.8%. Интенсивность инвазии колебалась от единичных до десятков экземпляров. Всего у домашних и диких хищных млекопитающих идентифицировано 70 видов гельминтов. Наибольшее число видов гельминтов зарегистрировано у исследованных псовых (51 вид), следующие позиции занимают кошачьи (40 видов) и куницы (35 видов). Видовое разнообразие гельминтов у отдельных видов исследованных животных неравнозначно. Фауна гельминтов домашней собаки представлена 32 видами, шакала – 26, волка – 26, корсака – 23, лисицы – 42, каменной куницы – 17, американской норки – 18, барсука – 19, ласки – 9, речной выдры – 10, камышового кота – 23, степной кошки – 15, домашней кошки – 23 и рыси – 16 видами. Качественное и количественное распределение гельминтофауны отдельных семейств хищных плотоядных заметно различается. По характеру биологического цикла регистрируемые авторами гельминты хищных млекопитающих состоят из гетероксенных (85.9%) и гомоксенных (14.1%) форм. Установлены связи гельминтофауны исследуемых хищников и других отрядов млекопитающих, включая человека, что имеет важное значение для практической ветеринарии и медицины.

**Ключевые слова:** гельминты, фауна, Canidae, Mustelidae, Felidae, млекопитающие, Узбекистан

**FAUNA OF HELMINTHS OF PREDATORY MAMMALS  
(CANIDAE, MUSTELIDAE, FELIDAE) OF UZBEKISTAN**

<sup>1</sup>Safarov A.A., <sup>2</sup>Akramova F.D., <sup>2</sup>Turgunov S.N., <sup>2</sup>Saidova Sh.O., <sup>2</sup>Mirzaeva A.U.,  
<sup>3</sup>Berdibaev A.S., <sup>2</sup>Shakarboev E.B., <sup>2</sup>Esonboev Zh.A., <sup>2</sup>Azimov D.A., <sup>2</sup>Yorkulov Z.M.

<sup>1</sup>State Committee of Veterinary and Livestock Development of the Republic of Uzbekistan, Tashkent,  
e-mail: safarov-alisher@mail.ru;

<sup>2</sup>Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent,  
e-mail: f.akramova1976@mail.ru;

<sup>3</sup>Nukus State Pedagogical Institute, Nukus, e-mail: abat.berdibaev@bk.ru

This article provides information on some features of the fauna of helminths of predatory mammals in Uzbekistan, their distribution and ecology in the biogeocenoses of Uzbekistan. The total infestation of predatory animals was 79.8%. The invasion intensity ranged from single to dozens of specimens. In total, 70 species of helminths have been identified in domestic and wild predatory mammals. The largest number of helminth species was recorded in the studied canids (51 species), the next positions are occupied by felids (40 species) and mustelids (35 species). The species diversity of helminths in individual species of the studied animals is unequal. The helminth fauna of the domestic dog is represented by 32 species, jackal – 26, wolf – 26, corsac – 23, fox – 42, beech marten – 17, American mink – 18, badger – 19, weasel – 9, river otter – 10, jungle cat – 23, steppe cat – 15, domestic cat – 23 and lynx – 16 species. The qualitative and quantitative distribution of the helminth fauna of individual families of carnivores differs markedly. According to the nature of the biological cycle, the helminths of carnivorous mammals recorded by us consist of heteroxenous (85.9%) and homoxenous (14.1%) forms. Relationships between the helminth fauna of the studied predators and other orders of mammals, including humans, have been established, which are important for practical veterinary and medicine.

**Keywords:** helminths, fauna, Canidae, Mustelidae, Felidae, mammals, Uzbekistan

Хищные животные (Carnivora) являются одним из актуальных отрядов млекопитающих в плане гельминтологических исследований. Однако исследования по фауне гельминтов отдельных видов хищных млекопитающих Узбекистана фрагментарны [1]. Исходя из важности хищных жи-

вотных, вполне актуально также детальное изучение видового разнообразия паразитов и распространения.

Цель исследования – изучение видового разнообразия и особенностей распространения гельминтов хищных млекопитающих Узбекистана.

**Материал и методы исследования**

Основой настоящей работы являются собственные исследования гельминтов некоторых представителей хищных млекопитающих. Они проводились в 2018–2023 гг. в регионах Северо-Восточного, Восточного, Центрального, Южного и Се-

веро-Западного Узбекистана. Кроме того, использованы материалы от хищных плотоядных Узбекистана, собранные ранее 2000–2010 гг. сотрудниками лаборатории Общей паразитологии Института зоологии АН РУз. Объем материала иллюстрируют таблица 1 и рисунок.

**Таблица 1**

Видовой состав и количество исследованных животных

Вид	Исследовано, экз.
Шакал – <i>Canis aureus</i> (L., 1758)	120
Волк – <i>Canis lupus</i> (L., 1758)	62
Собака – <i>Canis lupus familiaris</i>	399
Корсак – <i>Vulpes corsac</i> (L., 1768)	61
Лисица – <i>Vulpes vulpes</i> (L., 1768)	68
Каменная куница – <i>Martes foina</i> (Erxleben, 1777)	43
Американская норка – <i>Mustela vison</i> (Schreber, 1777)	26
Барсук – <i>Meles meles</i> (L., 1758)	57
Ласка – <i>Mustela nivalis</i> (L., 1766)	35
Речная выдра – <i>Lutra lutra</i> (L., 1758)	6
Камышовый кот – <i>Felis chaus</i> (Schreber, 1777)	43
Степная кошка – <i>Felis lybica</i> (Forster, 1780)	11
Дом. кошка – <i>Felis catus</i>	66
Рысь – <i>Lynx lynx</i> (L., 1758)	5
Всего	1002



Место сбора материала из регионов Узбекистана:

1 – Северо-Восточный; 2 – Центральный; 3 – Северо-Западный; 4 – Восточный; 5 – Южный



Полевые работы проводились в промысловый период в сезоны охоты на диких животных – осенью и зимой.

Домашние собаки и кошки исследовались во все сезоны года из сельских районов и населенных пунктов известными методами – полным и неполным гельминтологическим вскрытием (Скрябин, 1928). Сбор гельминтов проводился при проведении мероприятий по дегельминтизации служебных собак животноводческих хозяйств и частных владельцев. Изучение собранной коллекции гельминтов велось по общепринятой методике (Петров, 1953): цестоды и трематоды окрашивались кармином или гематоксилином, из них готовили временные и постоянные препараты, скребни и нематоды просветлялись в смеси глицерина с молочной кислотой.

Изучение, измерение цестод, трематод, акантоцефал и нематод проводили с помощью микроскопической техники (микроскоп инвентированный Olympus SK2-TR, исследовательский Lomo, бинокляр ML – 2200, тринокулярный микроскоп N – 300 m Ningo Yongkin Optics). Видовое определение гельминтов проводили по известным монографиям [2, с. 12-47; 3, с. 383-538].

При оценке степени зараженности хищных животных гельминтами использовались стандартные паразитологические показатели: экстенсивность инвазии – ЭИ, % и интенсивность инвазии – ИИ, экз.

### Результаты исследования и их обсуждение

Зараженность гельминтами представлена в таблице 2. По результатам исследований ЭИ колебалась от 40,2 до 95,3%, а ИИ от 4 до 380 экз., в зависимости от вида хищных исследованных животных, обитающих в биогеоценозах Узбекистана.

Идентифицировано 70 видов гельминтов, принадлежащих к 4 классам: Cestoda, Trematoda, Acanthocephala и Nematoda.

По видовому разнообразию гельминтов первую позицию занимают представители псовых (Canidae) – 51 вид; немного меньше у кошачьих (Felidae) – 40 видов; последнее место по этому показателю занимают куньи (Mustelidae) – 35 видов (табл. 3).

В таблице 3 указан видовой состав гельминтов хищных млекопитающих различных семейств.

Из общего числа видов (51) гельминтов псовых цестоды составили 37,3%, трематоды – 9,8%, скребни – 3,9% и нематоды – 49%. Аналогичная ситуация наблюдается как у куньих, так и кошачьих. У куньих: цестод – 31,4%, трематод – 14,3%, акантоцефал – 8,6% и нематод – 45,7%. У кошачьих: цестод – 37,5%, трематод – 5%, акантоцефал – 5% и нематод – 52,5% (табл. 3). Удельный вес видов цестод и нематод составляет основу фаунистических комплексов гельминтов хищных животных Узбекистана.

Таблица 2

Зараженность хищных млекопитающих гельминтами в Узбекистане

Вид животных	Исследовано, особей	Заражено гельминтами	
		Количество	%
Шакал	120	101	84,1
Волк	62	50	80,6
Собака	399	380	95,3
Корсак	61	49	80,3
Лисица	68	63	92,6
Каменная куница	43	21	49,0
Американская норка	26	11	42,3
Барсук	57	23	40,2
Ласка	35	16	46,2
Речная выдра	6	4	-
Камышовый кот	43	31	74,4
Степная кошка	11	7	63,6
Домашняя кошка	66	40	60,5
Рысь	5	4	-
Всего	1002	800	79,8

Ниже представлены результаты эколого-фаунистического анализа гельминтов исследованных групп хищных животных.

ГЕЛЬМИНТОФАУНА ПСОВЫХ –  
*CANIDAE (GRAY, 1821)*

Псовые Узбекистана представлены 7 видами и подвидами, встречаются практически во всех регионах и являются промысловыми животными. Исследованы 5 видов псовых: шакал, волк, собака домашняя, кор-

сак и лисица, у которых зарегистрирован 51 вид паразитических червей.

**Гельминты собак (*Canis lupus familiaris*)** – результаты исследований показали, что собаки различных популяций (сельских и городских) заражены гельминтами. Экстенсивность инвазии составила 94,9% от общего числа исследованных собак (399 особей). Видовое разнообразие эндопаразитов состоит из 32 видов четырех классов: Cestoda, Trematoda, Acanthocephala и Nematoda (табл. 4).

Таблица 3

Видовой состав гельминтов  
хищных млекопитающих различных семейств

Класс	Вид гельминтов	Семейства хищных		
		Canidae	Mustelidae	Felidae
Cestoda	<i>Diphyllobothrium latum</i>	+	+	+
	<i>Spirometra erinacei-europaei</i>	+	+	+
	<i>Dipylidium caninum</i>	+	+	+
	<i>Diplopylidium nölleri</i>	+	-	+
	<i>Joyeuxiella echinorhynchoides</i>	+	-	-
	<i>Joyeuxiella pasqualei</i>	-	-	+
	<i>Joyeuxiella rossicum</i>	+	+	+
	<i>Taenia hydatigena</i>	+	+	+
	<i>Taenia macrocystis</i>	+	-	+
	<i>Taenia ovis</i>	+	-	-
	<i>Taenia pisiformis</i>	+	+	+
	<i>Taenia crassiceps</i>	+	+	+
	<i>Taenia laticollis</i>	-	-	+
	<i>Taenia martis</i>	-	+	-
	<i>Taenia mustelae</i>	-	+	-
	<i>Taenia multiceps</i>	+	-	-
	<i>Taenia skrjabini</i>	+	-	-
	<i>Taenia serialis</i>	+	-	-
	<i>Hydatigera krepkogorski</i>	+	-	+
	<i>Hydatigera taeniaeformis</i>	+	+	-
<i>Alveococcus multilocularis</i>	+	-	+	
<i>Echinococcus granulosus</i>	+	-	+	
<i>Mesocestoides lineatus</i>	+	+	+	
Trematoda	<i>Fasciola hepatica</i>	-	+	-
	<i>Plagiorchis elegans</i>	+	+	+
	<i>Plagiorchis lutrae</i>	-	+	-
	<i>Dicrocoelium dendriticum</i>	+	-	-
	<i>Echinochasmus perfoliatus</i>	+	-	-
	<i>Euparyphium melis</i>	-	+	-
	<i>Mesorchis denticulatus</i>	+	-	+
	<i>Alaria alata</i>	+	+	-

Окончание табл. 3

Класс	Вид гельминтов	Семейства хищных		
		Canidae	Mustelidae	Felidae
Acanthocephala	<i>Carynosoma strumosum</i>	-	+	-
	<i>Macrocanthorhynchus catulinus</i>	+	+	+
	<i>Moniliformis moniliformis</i>	+	+	+
Nematoda	<i>Capillaria plica</i>	+	+	+
	<i>Capillaria putorii</i>	+	+	+
	<i>Capillaria mucronata</i>	-	+	+
	<i>Thominx aerophilus</i>	+	+	+
	<i>Trichocephalus vulpis</i>	+	-	-
	<i>Dioctophyma renale</i>	+	+	+
	<i>Strongyloides vulpis</i>	+	-	-
	<i>Strongyloides stercoralis</i>	+	-	-
	<i>Strongyloides martis</i>	-	+	-
	<i>Ancylostoma caninum</i>	+	+	+
	<i>Ancylostoma tubaeforme</i>	-	-	+
	<i>Uncinaria stenocephala</i>	+	+	+
	<i>Crenosoma vulpis</i>	+	+	-
	<i>Crenosoma petrowi</i>	-	-	-
	<i>Troglostrongylus badanini</i>	-	-	+
	<i>Toxascaris leonina</i>	+	-	+
	<i>Toxocara canis</i>	+	-	+
	<i>Toxocara mystax</i>	+	-	+
	<i>Oxynema numidica</i>	+	-	+
	<i>Spirura rytipleurites</i>	+	-	+
	<i>Petrowspirura lynxi</i>	-	-	+
	<i>Cylicospirura subaequalis</i>	+	-	-
	<i>Spirocerca arctica</i>	+	-	-
	<i>Spirocerca lupi</i>	+	+	-
	<i>Vigisospirura potekhini</i>	-	+	-
	<i>Vigisospirura skrjabini</i>	-	+	-
	<i>Physoloptera praeputialis</i>	+	-	+
	<i>Physoloptera sibirica</i>	+	+	-
	<i>Gnatostoma spinigerum</i>	-	+	+
	<i>Gongylonema pulchrum</i>	+	-	-
	<i>Pneumospirura capsulate</i>	-	+	-
	<i>Rictullaria affinis</i>	+	-	+
	<i>Rictularia cahirensis</i>	+	-	+
<i>Filaria martis</i>	-	+	-	
<i>Dirofilaria immitis</i>	+	-	+	
<i>Dirofilaria repens</i>	+	-	+	
Всего		51	35	40

Таблица 4

Видовой состав и таксономическое разнообразие гельминтов собак Узбекистана

Класс	Семейство	Вид
Cestoda	Diphyllobothridae	Diphyllobothrium latum
	Dipylididae	Dipylidium caninum
		Joyeuxiella rossicum
	Mesocestoididae	Mesocestoides lineatus
	Taeniidae	Taenia hydatigena
		T. pisiformis
		T. multiceps
		T. skrjabini
		Hydatigera taeniaeformis
	Echinococcus granulosus	
Trematoda	Dicrocoeliidae	Dicrocoelium dendriticum
	Plagiorchidae	Plagiorchis elegans
	Alariidae	Alaria alata
Acanthocephala	Oligacanthorinchidae	Macrocanthorynchus catulinus
Nematoda	Capillariidae	Capillaria plica
	Trichocephalidae	Trichocephalus vulpis
	Dioctophymidae	Dioctophyma renale
	Strongyloididae	Strongyloides stercoralis
	Ancylostomatidae	Ancylostoma caninum
		Uncinaria stenocephala
	Crenosomatidae	Crenosoma vulpis
	Ascarididae	Toxascaris leonine
	Anisakidae	Toxocara canis
	Spiruridae	Spirocerca lupi
		S. arctica
	Physolopteridae	Physoloptera preputialis
		Ph. Sibirica
	Gongylonematidae	Gongylonema pulchrum
	Rictulariidae	Rictullaria affinis
		R. cahirensis
	Onchocercidae	Dirofilaria immitis
D. repens		

На территории Узбекистана по видовому составу на первом месте оказались нематоды (18 видов), относящиеся к семи отрядам: Trichocephalida, Ascaridida, Spirurida, Dioctophymida, Rhabditida, Strongylida и Pseudaliida. Среди отрядов нематод наибольшее количество видов имеет отряд Spirurida (8 видов). Далее следует класс цестод (10 видов) из двух отрядов, четырех семейств и семи родов. Наибольшим составом характеризуется семейство Taeniidae (9 видов), отряда Cyclophyllida. Половозрелые особи этих червей паразитируют в кишечнике собак, явля-

ющихся дефинитивными хозяевами. На третьем месте класс трематод, представленный двумя отрядами – Plagiorchida, Strigeida, и тремя видами: *Dicrocoelium dendriticum* (Rudolphi, 1819) является паразитом млекопитающих и человека; *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802) – рептилий, птиц и хищных млекопитающих; окончательными хозяевами *Alaria alata* (Goeze, 1792) являются хищники, в том числе и собаки. На последнем месте класс Acanthocephala, представленный единственным видом – *Macrocanthorynchus catulinus* (Kostylew, 1927).

Таблица 5

**Количественное распределение гельминтов собак сельских районов Узбекистана**  
(по данным литературы и собственных исследований)

Класс	Общее число видов	Регионы Узбекистана				
		Северо-Восточный	Восточный	Центральный	Южный	Северо-Западный
Cestoda	15	11	6	11	12	13
Trematoda	5	2	-	-	2	2
Acanthocephala	1	1	1	1	1	1
Nematoda	20	19	11	14	14	16
Всего	41	33	18	26	29	32

Таким образом, с учетом известных данных литературы (до 2023 года) и результатов проведенного авторами исследования, можно констатировать, что гельминтофауна собак Узбекистана состоит из 41 вида. Из них цестоды представлены 15 видами, трематоды – 5, акантоцефалы – 1 и нематоды – 20 видами, количественное распределение которых среди сельских и городских популяций собак на территории Узбекистана носит неравномерный характер (табл. 5).

Северо-восточный регион представлен 33 видами эндопаразитов четырех классов, разнообразие фауны гельминтов Северо-Западного региона состоит из 32 видов, а Восточного региона – из 18 видов. Относительно гельминтофауны собак в исследованных городах (Нукус, Самарканд, Ташкент) можно отметить довольно схожую картину – от 20 до 22 видов.

Обнаруженные виды гельминтов у собак можно разделить на 2 группы: имеющие медико-санитарное значение (цестоды – *Diphyllobothrium latum*, *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, *Taenia multiceps*, *Echinococcus granulosus*, *Alveococcus multilocularis*; нематоды – *Dioctophyma renale*, *Toxocara canis*, *Gongylonema pulchrum*, *Dirofilar-*

*ia repens*, *Dracunculus medinensis*); имеющие экономическое значение (представители семейств Taeniidae, Dicrocoeliidae, Anisakidae, Ascariididae, Trichocephalidae).

Все компоненты паразитарных систем, на каком бы уровне организации они ни находились, связаны с той или иной степенью физико-географических и биологических особенностей, определяющих конкретные ландшафтные и гидрологические условия биогеоценозов. Влияние этих факторов на качественные и количественные характеристики паразитофауны усиливается благодаря их комплексному воздействию на эпизоотологические (эпидемиологические) процессы паразитарных болезней, возникающих в конкретных территориях [4-6]. В этом контексте заслуживает особого внимания связь гельминтофауны домашней собаки и других позвоночных, включая и человека.

В таблице 6 приведены цифры, показывающие определенные связи паразитофауны домашней собаки с позвоночными других классов. Из общего числа видов фауны паразитов собаки, по данным собственных исследований и литературы, наибольшее число встречается у наземных позвоночных – у млекопитающих других отрядов.

Таблица 6

Связь гельминтофауны собак и других позвоночных

Классы гельминтов	Число видов	Хозяева				
		Рыбы	Амфибии	Рептилии	Птицы	Млекопитающие других отрядов
Cestoda	15	2	1	2	1	5
Trematoda	5	1	4	3	4	2
Acanthocephala	1	-	-	-	-	1
Nematoda	20	2	1	1	1	3
Всего	41	5	6	6	6	11

Таблица 7

Связь гельминтофауны домашних собак и млекопитающих других отрядов

Классы гельминтов	Всего видов гельминтов	Отряды млекопитающих					
		Насекомо- ядные	Зайце- образные	Грызуны	Парноко- пытные	Непарно- копытные	Мозоле- ногие
Cestoda	15	-	-	3	7	3	3
Trematoda	5	-	1	1	1	-	-
Acanthocephala	1	1	-	1	-	-	-
Nematoda	20	-	-	3	-	-	-
Всего	41	1	1	8	8	3	3

Таким образом, связь паразитофауны домашней собаки с представителями других классов позвоночных является весьма тесной, из 41 вида паразитов собак Узбекистана 34 зарегистрированы у представителей других классов: рыб – 12,2%, амфибий, рептилий и птиц по – 14,6% и у других отрядов млекопитающих – 26,8%.

Связь гельминтофауны собак установлена с представителями отрядов Insectivora, Logomorpha, Rodentia, Artiodactyla, Perissoactyla и Tylopoda (табл. 7).

Как показывают данные таблицы 7, из числа видов, представленных в гельминтофауне собак, у других отрядов млекопитающих Узбекистана отмечены 13 видов следующих родов: *Spirometra* (Mueller, 1937) (1 вид), *Taenia* (Linnaeus, 1758) (5 видов), *Echinococcus* (Rudolphi, 1801) (1 вид), *Alveococcus* (Abuladse, 1960) (1 вид), *Mesocostoides* (Vaillant, 1863) (1 вид), *Plagiorchis* (Lühe, 1899) (1 вид), *Macracanthorhynchus* (Travassos, 1917) (1 вид), *Filaroides* (Beneden, 1858) (1 вид), *Toxocara* (Stiles, 1905) (1 вид). По этому показателю первые позиции занимают отряды грызунов и парнокопытных, у которых выявлены по 8 видов гельминтов, общих для собак и отмеченных отрядов млекопитающих.

Резюмируя изложенные материалы о связи гельминтофауны собак с другими отрядами млекопитающих, можно отметить, что она является довольно тесной с двумя отрядами парно- и непарнокопытных, которые выполняют роль промежуточных хозяев для 7 видов цестод. Эти группы животных и собак выполняют роль окончательного хозяина для одного вида трематод – *D. dentriticum*.

Видовой состав гельминтов других классов позвоночных животных и собак связывает либо паразитирование их, как широко специфичных видов: *Dicrocoelium dentriticum*, *Plagiorchis elegans*, *Gongylonema pulchrum*, *Toxocara canis*, *Spirocerca lupi*, *Mes-*

*ocostoides lineatus*, хозяевами которых являются большинство классов позвоночных, либо паразиты, заражение которыми происходит в одной из фаз развития. В данном случае рыбы, амфибии, рептилии и птицы выполняют роль резервуарных хозяев.

В исследуемом материале рыбы участвуют в качестве дополнительных или резервуарных хозяев следующих родов: *Diphyllobothrium* (Cobbold, 1858), *Echinocasmus* (Dietz, 1909), *Diocotophyma* (Collet-Meygret, 1802), *Spirocerca* (Railliet et Henry, 1911). Эти категории хозяев характерны и для амфибий и рептилий, у которых отмечены паразитирование личиночных стадий гельминтов по 6 видов. Птицы, как дополнительные или резервуарные хозяева, отмечены для 6 видов гельминтов собак Узбекистана.

Отмеченные связи гельминтов собак с другими группами холоднокровных и теплокровных позвоночных, вероятно, способствовали формированию фаунистических комплексов гельминтов собак и оптимизации жизненных циклов и циркуляции инвазий в биогеоценозах.

Одним из основных факторов, определяющих состав гельминтофауны и частоту встречаемости паразитов позвоночных, являются биоценологические связи хозяев и паразитов [7, с. 357-369].

Среди отмеченных гельминтов есть виды (группы), развивающиеся с участием промежуточного хозяина (гетероксенные формы), виды, жизненный цикл которых протекает без участия промежуточных хозяев (гомоксенные формы), и виды, развитие которых может протекать двояко – либо прямым путем, либо с участием резервуарных (=паратенических) хозяев. Из 41 регистрируемого авторами вида гельминтов собак Узбекистана, согласно литературным данным [8, с. 36-59], биологический цикл изучался у 13 видов цестод, у 5 видов трематод, у 1 вида скребня, у 10 видов нематод.

Развитие у 29 видов гельминтов исследуемых собак происходит с участием промежуточных хозяев и 12 – прямым путем.

**Ракообразные** служат промежуточными хозяевами 2 видов цестод (*D. latum*, *S. erinaceiovronae*) и 1 вида нематод (*D. medinensis*). Заражение собак первым видом происходит при поедании резервуарных хозяев – рыб. Нематодами *D. medinensis* собаки заражаются случайным заглатыванием с водой циклопов, которые не входят в рацион питания собак.

**Олигохеты** служат промежуточными хозяевами 3 видов нематод (*C. plica*, *C. putori* и *D. renale*). Заражение собак 2 видами капиллярий происходит при поедании дождевых червей, а диоктофимами – при поедании рыб – промежуточных хозяев [7, с. 357-369].

**Орибатидные** клещи являются промежуточными хозяевами цестоды – *M. lineatus*. Собаки заражаются при поедании рептилий, птиц и грызунов, выполняющих роль резервуарных хозяев.

**Насекомые** оказались промежуточными хозяевами 1 вида цестод – *D. caninum*, 1 вида скребней – *M. catulinus* и 4 видов нематод – *S. lupi*, *G. pulchrum*, *D. immitis* и *D. repens*. Заражение собак происходит при случайном заглатывании насекомых (блох) – промежуточных хозяев цестоды *D. caninum* и жесткокрылых (жуков) – нематодой *G. pulchrum*. Заражение собак видами нематод (*S. lupi*) и скребней (*M. catulinus*) происходит при поедании резервуарных хозяев. Заражение собак личинками *Dirofilaria* происходит через укусы двукрылых.

**Легочные моллюски** (водные и наземные) служат промежуточными хозяевами 5 видов трематод: *D. dentriticum*, *P. elegans*, *E. perfoliatus*, *M. denticularis*, *A. alata*. Для некоторых видов вклиниваются вторые и резервуарные хозяева. Заражение собак происходит при случайном заглатывании второго промежуточного или поедании резервуарных хозяев.

**Рыбы** принимают участие в качестве вторых или резервуарных хозяев гельминтов собак. В исследуемом материале рыбы зарегистрированы как резервуарные хозяева для цестод (*D. latum*), трематод (*E. perfoliatus*) и нематод (*D. renale*, *S. lupi*). Заражение собак происходит при поедании резервуарных хозяев.

**Амфибии, рептилии, птицы** имеют большое значение как промежуточные и резервуарные хозяева гельминтов собак. Они участвуют в циркуляции ряда видов гельминтов собак, главным образом, представителей класса цестод. Заражение собак личинками гельминтов происходит при по-

едании либо промежуточных, либо резервуарных хозяев.

**Млекопитающие** являются промежуточными хозяевами 9 видов цестод семейства *Taeniidae*. Заражение собак личинками гельминтов происходит при поедании пораженных органов трупов и убитых копытных животных или поедании мелких млекопитающих.

Таким образом, пищевые связи домашних собак, как и общие виды (групп) хищников, в большой степени определяют видовой состав паразитирующих у них гельминтов и являются основным фактором формирования фауны гельминтов. Гельминты разных систематических групп используют для прохождения жизненного цикла разные ценотические «каналы», обусловленные историей развития каждого из них, а также эволюцией их симбиологических связей; установленные для гельминтофауны кунных В. Контримавичусом, по всей вероятности, они справедливы и по отношению к гельминтофауне собак [7, с. 382-386].

**Гельминты шакала** – *Canis aureus* L., 1758. При исследовании 120 особей шакала у 101 особи были обнаружены гельминты. Экстенсивность заражения составила 84.1%. Интенсивность инвазии колебалась от единичных до десятков экз. Обнаруженные авторами гельминты оказались представителями классов Cestoda, Trematoda, Acanthocephala и Nematoda. Современная фауна гельминтов состоит из 26 видов: *Diphyllobothrium latum* (L., 1758), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia ovis* (Cobbold, 1869), *Taenia multiceps* (Leske, 1780), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Mesocoeloides lineatus* (Goeze, 1782), *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Macrocantorynchus catulinus* (Kostylew, 1927), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Rudolphi, 1819), *Trichocephalus vulpis* (Froelich, 1789), *Diocotophyma renale* (Goeze, 1782), *Strongyloides vulpis* (Petrow, 1941), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Spirocerca lupi* (Rudolphi, 1809), *Physoloptera praeputialis* (Linstow, 1888), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Gongylonema pulchrum* (Molin, 1857), *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856), *Dirofilaria repens* (Railliet et Henry, 1911).

Наиболее широко представлены нематоды (15 видов) и цестоды (8 видов). Из общего числа видов (26) все цестоды (8 видов), трематоды (2 вида) и скребни (1 вид) развиваются с участием промежуточных хозяев,

относятся к гетероксенным формам гельминтов. Нематоды представлены как гетероксенными, так и моноксенными формами.

**Гельминты волков** – *Canis lupus* L., 1758. Из 62 исследованных особей волков 50 оказались инвазированными паразитическими червями (80.6%). Идентифицировано 26 видов гельминтов, принадлежащих к цестодам (11 видов), трематодам (2 вида), скребням (2 вида) и нематодам (11 видов): *Diphyllobothrium latum* (L., 1758), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Diplopylidium nölleri* (Skrjabin, 1924), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia ovis* (Cobbold, 1869), *Taenia multiceps* (Leske, 1780), *Taenia skrjabini* (Popow, 1937), *Tetratirotaenia polyacantha* (Leuckart, 1856), *Alveococcus multilocularis* (Leuckart, 1863), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Macrocanthorynchus catulinus* (Kostylew, 1927), *Moniliformis moniliformis* (Bremser, 1811), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Rudolphi, 1819), *Trichocephalus vulpis* (Froelich, 1789), *Diocotophyta renale* (Goeze, 1782), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Spirocercus lupi* (Rudolphi, 1809), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856), *Dirofilaria repens* (Railliet et Henry, 1911).

Основой фауны гельминтов волков, в условиях Узбекистана, являются цестоды и нематоды, большинство видов которых являются паразитами сельскохозяйственных, охотничьих животных, а также человека.

**Гельминты корсака** – *Vulpes corsac* (L., 1768). Общая зараженность корсаков гельминтами составила 80.3%. У исследованных 49 особей из 61 особи были отмечены эндопаразиты. Фауна гельминтов состоит из 23 видов: *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Diplopylidium nölleri* (Skrjabin, 1924), *Taenia crassiceps* (Zeder, 1800), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Tetratirotaenia polyacantha* (Leuckart, 1856), *Alveococcus multilocularis* (Leuckart, 1863), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Macrocanthorynchus catulinus* (Kostylew, 1927), *Moniliformis moniliformis* (Bremser, 1811), *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Toxocara mystax* (Leder, 1800), *Oxynema numidica* (Linstow, 1899), *Spirocercus arctica* (Petrow, 1927), *Spirocercus lupi* (Rudolphi, 1809), *Physoloptera praeputialis* (Linstow, 1888), *Physoloptera sibir-*

*ica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Rictullaria affinis* (Jägerskiöld, 1904).

Сообщества гельминтов, состоящие из цестод (7 видов), трематод (2 вида), акантоцефал (2 вида), нематод (12 видов), оказались банальными видами, характерными для плотоядных животных.

**Гельминты лисицы** – *Vulpes vulpes* (L., 1768). При гельминтологическом исследовании 68 особей лисиц из регионов Узбекистана у 63 выявлены паразитические черви. Экстенсивность заражения очень высокая – 92,6%. Интенсивность инвазии колебалась в широких пределах, от единичных до несколько десятков экземпляров.

Фауна гельминтов лисиц состояла из 42 видов. Класс Cestoda представлен 16 видами, Trematoda – 4 видами, Acanthocephala – 2 видами. Класс Nematoda включает – 20 видов: *Diphyllobothrium latum* (L., 1758), *Spirometra erinacei-europae* (Rudolphi, 1819), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Diplopylidium nölleri* (Skrjabin, 1924), *Joyeuxiella echinorhynchoides* (Sonsino, 1884), *Joyeuxiella pasqualei* (Diamara, 1893), *Joyeuxiella rossicum* (Skrjabin, 1923), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia macrocystis* (Diesing, 1850), *Taenia pisiformis* (Bloch, 1780), *Hydatigera krepkogorski* (Schulz et Landa, 1934), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Tetratirotaenia polyacantha* (Leuckart, 1856), *Alveococcus multilocularis* (Leuckart, 1863), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Dicrocoelium dendriticum* (Rudolphi, 1819), *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802), *Echinocasmus perfoliatus* (Ratz, 1908), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Macrocanthorynchus hirudinaceus* (Pallas, 1781), *Moniliformis moniliformis* (Bremser, 1811), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Rudolphi, 1819), *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839), *Trichocephalus vulpis* (Froelich, 1789), *Diocotophyta renale* (Goeze, 1782), *Strongyloides vulpis* (Petrow, 1941), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Crenosoma vulpis* (Rudolphi, 1819), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Toxocara mystax* (Leder, 1800), *Oxynema numidica* (Linstow, 1899), *Spirura rytipleurites* (Deslongchamps, 1824), *Spirocercus lupi* (Rudolphi, 1809), *Physoloptera praeputialis* (Linstow, 1888), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Gongylonema pulchrum* (Molin, 1857), *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856), *Dirofilaria repens* (Railliet et Henry, 1911).

Из общего числа видов (42) гельминтов лисиц около 50% могут паразитировать у домашних, промысловых животных и человека, что указывает на актуальность значения



исследуемых плотоядных в распространении возбудителей зоонозов в Узбекистане.

**ГЕЛЬМИНТОФАУНА КУНЬИХ – MUS-TELIDAE (SWAINSON, 1835)**

Куньи в Узбекистане представлены 11 видами и подвидами, принадлежащими к 6 родам – *Mustela* (L., 1785); *Vormela* (Blasius, 1844); *Martes* (Pinel, 1792); *Mellivora* (Storr, 1780); *Meles* (Brisson, 1762); *Lutra* (Brisson, 1762). Представители этих родов оказались хозяевами гельминтов [7, с. 283-317].

Было проведено исследование 5 видов куньих (каменная куница, американская норка, барсук, ласка и речная выдра), которые оказались зараженными паразитическими червями.

**Гельминты каменной куницы – *Martes faina* (Erxleben, 1777).** При исследовании 43 особей куницы у 21 выявлены гельминты. Зараженность составила 49,0%. Собранные паразиты оказались представителями 17 видов, принадлежащих к цестодам (6 видов), трематодам (1 вид) и нематодам (10 видов): *Taenia crassiceps* (Zeder, 1800), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia martis* (Zeder, 1803), *Taenia mustelae* (Gmelin, 1790), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Capillaria mucronata* (Molin, 1858), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Zeder, 1800), *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839), *Diocotophyta renale* (Goeze, 1782), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Crenosoma vulpis* (Rudolphi, 1819), *Filaria sp.*, *Spirocerca lupi* (Rudolphi, 1809), *Filaria martis* (Gmelin, 1790).

В фауне гельминтов каменной куницы Узбекистана преобладают нематоды (10 видов) и цестоды (6 видов). Примечательно, что из 17 видов гельминтов, за исключением *Uncinaria stenocephala*, в развитии участвуют промежуточные и резервуарные хозяева. Куницы заражаются при поедании либо промежуточных, либо резервуарных хозяев.

**Гельминты американской норки – *Mustela vison* (Schreber, 1777).** При исследовании 26 особей у 11 обнаружены 18 видов гельминтов впервые в Узбекистане: *Diphyllobothrium latum* (L., 1758), *Taenia crassiceps* (Zeder, 1800), *Taenia martis* (Zeder, 1803), *Taenia mustelae* (Gmelin, 1790), *Taenia pisiformis* (Bloch, 1780), *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782), *Plagiorchis elegans* (Rudolphi, 1802), *Euparyphium melis* (Schrank, 1788), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Corynosoma strumosum* (Rudolphi, 1802), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Zeder, 1800), *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839), *Diocotophyta renale* (Goeze, 1782), *Strongyloides martis* (Petrow, 1940), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Cren-*

*soma petrowi* (Morosov, 1939), *Filaroides osleri* (Cobbold, 1879).

Гельминты норки представлены цестодами (6 вид), трематодами (2 видов), скребнями (1 видом) и нематодами (11 видов). По характеру жизненного цикла обнаруженные авторами гельминты, за исключением двух видов нематод – *Strongyloides martis* и *Uncinaria stenocephala*, развиваются с участием промежуточных и резервуарных хозяев.

**Гельминты барсука – *Meles meles* (L., 1758).** Авторами исследовано 57 особей, из которых у 23 особей находили гельминтов, принадлежащих к 19 видам. Цестоды представлены 5 видами, трематоды – 1 видом, акантоцефалы – 2 видами. Класс нематода состоит из 11 видов. Основу фауны гельминтов барсука в Узбекистане составляют цестоды и нематоды, характерные для хищных млекопитающих: *Spirometra erinacei-europaei* (Rudolphi, 1819), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Taenia crassiceps* (Zeder, 1800), *Taenia martis* (Zeder, 1803), *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Macrocanthorynchus catulinus* (Kostylew, 1927), *Moniliformis moniliformis* (Bremser, 1811), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Zeder, 1800), *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Crenosoma vulpis* (Rudolphi, 1819), *Vigisospirura potekhini* (Petrow et Potekhina, 1953), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Gnathostoma spinigerum* (Owen, 1836), *Pneumospirura capsulata* (Gerichter, 1948), *Filaria martis* (Gmelin, 1790).

Отмеченные виды локализуются, главным образом, в органах пищеварительной системы (16 видов), а также респираторной системы (2 вида) и подкожной клетчатке (1 вид).

**Гельминты ласки – *Mustela nivalis* (L., 1766).** При исследовании 35 особей ласки пустынных зон Северо-Западного (Каракалпакстан, Устюрт, Кызылкум), Восточного и Северо-Восточного Узбекистана у 16 особей обнаружены гельминты. Зараженность составила 46,2%. Интенсивность инвазии невысокая. Идентифицировано 9 видов паразитов. Из них цестоды – 2 вида, трематоды – 2 вида, скребни – 1 вид и нематоды – 4 вида: *Taenia mustelae* (Gmelin, 1790), *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782), *Euparyphium melis* (Schrank, 1788), *Alaria alata* (Goeze, 1792), *Macrocanthorynchus catulinus* (Kostylew, 1927), *Capillaria putorii* (Zeder, 1800), *Strongyloides martis* (Petrow, 1940), *Filaria martis* (Gmelin, 1790), *Gnathostoma spinigerum* (Owen, 1836).

Отмеченные виды гельминтов ласки относятся к характерным паразитам куньих и других групп хищных млекопитающих.

**Гельминты речной выдры** – *Lutra lutra* (L., 1758). При исследовании 6 экземпляров речной выдры (убитые животные были изъяты у браконьеров 5 декабря 2022 года, внутренние органы были представлены для исследований) из водоемов Гиссарского района Сурхандарьинской области у 4 найдены гельминты, принадлежащие к цестодам, трематодам и нематодам: *Diphyllobothrium latum*, *Spirometra erinacei-europaei*, *Mesocestoides lineatus*, *Fasciola hepatica*, *Alaria alata*, *Plagiorchis lutrae*, *Diocotophyma renale*, *Physoloptera sibirica*, *Rictullaria affinis*, *Strongyloides martis*.

10 видов гельминтов впервые выявлены для Узбекистана. Интенсивность инвазии обнаруженных трематод составила от 2 до 13 экз. Из общего числа видов *D. latum*, *M. lineatus*, *F. hepatica*, *A. alata* и *D. renale* являются паразитами сельскохозяйственных животных и человека, т.е. они имеют эпизоотологическое и эпидемиологическое значения.

#### ГЕЛЬМИНТОФАУНА КОШАЧЬИХ – *FELIDAE* (GRAY, 1821)

Семейство кошачьих Узбекистана представлено 10 видами и 4 подвидами. Исследовано 4 вида диких и домашних кошачьих Узбекистана, которые оказались хозяевами гельминтов. Из общего числа (125) вскрытых особей 82 оказались инвазированными паразитами, что составляет 6,6%.

**Гельминты камышового кота** – *Felis chaus* (Gueld., 1776). Авторами из 43 исследованных особей камышового кота у 31 выявлены гельминты (74,4%). Идентифицировано 23 вида: *Spirometra erinacei-europaei* (Rudolphi, 1819), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Diplopylidium nölleri* (Skrjabin, 1924), *Joyeuxiella rossicum* (Skrjabin, 1923), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia macrocystis* (Diesing, 1850), *Hydatigera krepkogorski* (Schulz et Landa, 1934), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Macrocanthorynchus catulinus* (Kostylew, 1927), *Moniliformis moniliformis* (Bremser, 1811), *Thominx aerophilus* (Creplin, 1839), *Diocotophyma renale* (Goeze, 1782), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Troglostrongylus badanini* (Muminov, 1964), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Vigisospirura potekhini* (Petrow et Potekhina, 1953), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Gnathostoma spinigerum* (Owen, 1836), *Rictullaria cahirensis* (Jägerskiöld, 1904), *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856), *Dirofilaria repens* (Railliet et Henry, 1911).

В собранном материале цестоды представлены 9 видами, акантоцефалы – 2 видами и нематоды – 11 видами. Отмеченные виды гельминтов характерны для хищных млекопитающих, за исключением одного вида – *Troglostrongylus badanini* (Muminov, 1964), который не найден у других видов плотоядных.

**Гельминты степной кошки** – *Felis lybica* (Forster, 1780). У исследованных 11 особей гельминты выявлены у 7 (63,6%), из которых определены 15 видов, принадлежащих к классам Cestoda и Nematoda: *Spirometra erinaceid-europei* (Rudolphi, 1819), *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Diplopylidium nölleri* (Skrjabin, 1924), *Joyeuxiella rossicum* (Skrjabin, 1923), *Taenia macrocystis* (Diesing, 1850), *Taenia pisiformis* (Bloch, 1780), *Alveococcus multilocularis* (Leuckart, 1863), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Toxocara mystax* (Leder, 1800), *Oxynema numidica* (Linstow, 1899), *Vigisospirura potekhini* (Petrow et Potekhina, 1953), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Rictullaria affinis* (Jägerskiöld, 1904).

**Гельминты домашней кошки** – *Felis catus domesticus*. При исследовании 65 особей бездомных кошек у 40 обнаружены гельминты, принадлежащие к трем классам: Cestoda, Acanthocephala и Nematoda. Общая зараженность составила 60,5%. Интенсивность инвазии невысокая, от единичных до десятков экземпляров. Авторами идентифицировано 23 вида. Таким образом, гельминтофауна домашней кошки складывается из цестод – 12 видов и нематод – 11 видов. Все отмеченные виды по характеру биологии оказались гетероксенными формами гельминтов: *Dipylidium caninum* (L., 1758), *Diplopylidium acanthotetra* (Parona, 1886), *Joyeuxiella pasqualei* (Diamara, 1893), *Joyeuxiella rossicum* (Skrjabin, 1923), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia crassiceps* (Zeder, 1800), *Taenia laticollis* (Rudolphi, 1819), *Taenia macrocystis* (Diesing, 1850), *Taenia pisiformis* (Bloch, 1780), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Mesocestoides lineatus* (Goeze, 1782), *Capillaria putorii* (Zeder, 1800), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Toxascaris leonina* (Linstow, 1902), *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Spirura rytipleuritis* (Deslongchamps, 1824), *Physoloptera praeputialis* (Linstow, 1888), *Physoloptera sibirica* (Petrow et Gorbunov, 1931), *Rictullaria affinis* (Jägerskiöld, 1904), *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856), *Dirofilaria repens* (Railliet et Henry, 1911).

**Гельминты рыси** – *Lynx lynx* (L., 1758). О гельминтофауне рыси имеются очень скудные сведения, в которых сообщается об обнаружении 2 видов цестод – *Taenia mystax*, *T. macrocystis*.

Авторам удалось исследовать 5 особей, убитых браконьерами на Юге и Северо-Востоке Узбекистана в 2020-2023 гг. 4 особи оказались зараженными гельминтами, из которых идентифицировано 16 видов, принадлежащих к классам Cestoda (7 видов) и Nematoda (9 видов): *Spirometra erinaceieuropaei* (Rudolphi, 1819), *Taenia hydatigena* (Pallas, 1766), *Taenia laticollis* (Rudolphi, 1819), *Taenia pisiformis* (Bloch, 1780), *Hydatigera taeniaeformis* (Batsch, 1786), *Echinococcus granulosus* (Batsch, 1786), *Mesocostoides lineatus* (Goeze, 1782), *Capillaria plica* (Rudolphi, 1819), *Capillaria putorii* (Zeder, 1800), *Thominx aereophilus* (Creplin, 1839), *Ancylostoma caninum* (Ercolani, 1859), *Ancylostoma tubaeforme* (Zeder, 1800), *Uncinaria stenocephala* (Railliet, 1884), *Toxocara canis* (Werner, 1782), *Toxocara mystax* (Leder, 1800), *Petrowospirura lynxi* (Matschulsky, 1952).

Отмеченные виды являются характерными для хищных млекопитающих. Только один вид – *P. lynxi* является специфическим паразитом рыси и манула [7, с. 357-369].

Наблюдения показали, что качественное и количественное распределение гельминтофауны отдельных семейств хищных млекопитающих Узбекистана неодинаково. Удельный вес гельминтов отдельных классов в гельминтофауне различных семейств хищников четко показывает особенности фаунистических комплексов исследуемых животных.

Зарегистрированные у хищных млекопитающих паразиты, за исключением нескольких видов (*Fasciola hepatica*, *Dicrocoelium dendriticum*), относятся к облигатным гельминтам исследуемых животных. Все это дает основание полагать о стабильности паразито-хозяйниных отношений в системе «гельминты – хищные млекопитающие». Гельминты в процессе исторического развития освоили практически все органы и системы хищных животных и выработали различные пути выделения яиц или личинок во внешнюю среду. Сложившиеся биоценологические связи обеспечивают контакт инвазионных элементов с потенциальными промежуточными, дополнительными и резервными хозяевами гельминтов.

Исследование гельминтофауны собак в отдельных регионах Узбекистана были проведены в течение 1950-1975 гг., где изучались гельминты как сельских, так и городских популяций домашней собаки. У собак областей Северо-Восточного, Вос-

точного, Центрального и Северо-Западного Узбекистана отмечены 32 вида гельминтов, принадлежавших классам Cestoda, Trematoda, Acanthocephala и Nematoda. Общая зараженность собак гельминтами составила от 83,5 до 94,5%. Видовой состав гельминтов сельских популяций собак исследованных регионов Узбекистана значительно колебался от 18 до 28 видов. У городских популяций собак городов Самарканда, Бухары, Навои, Ферганы и мегаполиса Ташкента фауна паразитических червей составила от 8 до 20 видов [8, с. 36-59].

Доминирующее положение у обеих популяций собак занимают цестоды родов *Dipilidium*, *Taenia*, *Echinococcus* и нематоды – *Toxoscaris*, *Toxocara*, *Ancylostoma*.

Сведения по фауне гельминтов диких хищников Узбекистана ограничены, изучались гельминтофауны некоторых видов хищных млекопитающих Самаркандской, Сырдарьинской областей и Каракалпакстана. Здесь зарегистрировано около 26 видов паразитических червей, принадлежащих к классам цестода, трематода, скребни и нематода. При исследовании 278 особей хищных млекопитающих (шакал, волк, лиса, барсук, камышовый кот) зарегистрировано 53 вида гельминтов. Общая зараженность исследованных животных составила 50,4%. Видовое разнообразие фауны гельминтов у исследованных видов диких хищников неодинаково. Наибольшее число видов найдено у популяции лисы – 40 и камышового кота – 27 видов. 25 видов отмечены у шакала. 22 видами гельминтов оказались зараженными волки. Наименьшее число видов обнаружено у барсука – 16 [9].

Результаты исследований, проведенных во всех регионах Узбекистана с охватом большого числа видов хищных млекопитающих, также показали довольно богатую фауну гельминтов. Всего авторами зарегистрирован 71 вид гельминтов.

Интерес к изучению гельминтофауны хищных плотоядных не ослабевает и в настоящее время. Об этом свидетельствуют многочисленные публикации, отражающие результаты исследования по различным вопросам сообщества гельминтов как домашних, так и диких хищников в Российской Федерации [10-12], Белоруссии [13] и США [14]. Объясняется это причинами двойного характера. С одной стороны, среди гельминтозов хищных млекопитающих имеется значительное количество возбудителей опасных гельминтозов как домашних животных, так и человека. С другой стороны, все цестоды, трематоды, скребни и два вида нематод с их уникальными жизненными циклами являются объектами ис-

следований, имеющих общезоологическую к общебиологическую направленности. Эти обстоятельства, по мнению авторов, также актуальны и в настоящее время.

Представленные авторами сведения по гельминтофауне хищных млекопитающих Узбекистана – одного из важных регионов Центральной Азии, послужат основой для дальнейшего долгосрочного мониторинга гельминтологической ситуации и проведения противогельминтозных мероприятий для сельскохозяйственных и промысловых животных и человека.

### Заключение

Фауна гельминтов хищных млекопитающих Узбекистана складывается из 70 видов, принадлежащих цестодам, трематодам, скребням и нематодам. Распределение видов гельминтов у отдельных групп хищников весьма неравномерно. Наибольшим видовым разнообразием характеризуется семейство псовые (51 вид), несколько меньше гельминтов у кошачьих (40 видов), а гельминтофауна мустелид заметно обеднена (35 видов).

Комплекс видов, составляющих фауну паразитических червей хищных млекопитающих Узбекистана, значительно дополняет предшествующие данные литературы о видовом разнообразии гельминтов и их роли в возникновении зоонозных гельминтозов: дифиллоботриоз, дипилидиоз, эхинококкоз, ценуроз, цистицеркоз, мезоцестоидоз, диоктофимоз, токсокароз, дирофиляриоз и др. В распространении этих гельминтозов, в природных и урбанизированных территориях Узбекистана, роль основного источника инвазий, по мнению авторов, играют домашние собаки вследствие высокой их численности.

Знание фауны гельминтов хищных млекопитающих, распространение доминирующих видов и групп паразитических червей чрезвычайно важно для обоснования и про-

ведения противогельминтозных мероприятий. Оздоровление собак от гельминтов является важным звеном профилактики зоонозных заболеваний человека и продуктивных животных.

### Список литературы

1. Safarov A., Akramova F., Azimov D. Updates on the distribution and host spectrum of *Dirofilaria repens* in the Republic of Uzbekistan // Parasitol. Res. 2021. № 120. P. 3987–3992.
2. Козлов Д.П. Определитель гельминтов хищных млекопитающих СССР. М.: Наука, 1977. 276 с.
3. Anderson R.C. Nematode parasites of Vertebrates their development and transmission. New York: CAB International, 2000. 650 p.
4. Morgan E.R. Dogs and nematode zoonoses // Zoonoses and public health. 2013. P. 153-161.
5. Wabrielli A.F. Dogs and Trematode Zoonoses // Dogs, zoonoses and public health. 2013. P. 109-126.
6. Macpherson C.N., Torgenson P.R. Dogs and cestode zoonoses // Dogs, zoonoses and public health, 2013. P. 127-152.
7. Контримвичус В.Л. Гельминтофауна кунных и пути её формирования. М.: Наука, 1969. 432 с.
8. Азимов Д.А., Дадаев С.Д., Акрамова Ф.Д., Сапаров К.А. Гельминты жвачных животных Узбекистана. Ташкент: Фан, 2015. 223 с.
9. Safarov A., Mihalca A.D., Park G.-M., Akramova F., Ionic ̂ A.M., Abdinabiev O., Deak G., Azimov D.A. Survey of helminths of dogs in rural and urban areas of Uzbekistan and the zoonotic risk to human population // Pathogens. 2022. V. 11. P. 1085.
10. Тулов А.В. Паразитоценоз шакала (*Canis aureus*) в биоценозах Северо-западного Кавказа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2013. 24 с.
11. Храпай В.А. Паразитофауна домашних и диких плотоядных животных Юга России и меры борьбы с основными паразитами: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Москва, 2013. 21 с.
12. Ромашова Е.Н., Рогов М.В., Ромашов Б.В., Никулин П.И. Гельминты диких плотоядных Воронежской области // Российский паразитологический журнал. 2014. № 1. С. 23-33.
13. Якубовский М.В. Гельминты и ассоциативные гельминтозы диких животных в Республике Беларусь // Ветеринарное дело. 2015. № 5. С. 17-25.
14. McAllister Ch.T., Kinsella J.M., Tkach V.V. Helminth parasites (Trematoda, Cestoda, Nematoda) of Select Mammals (Didelphimorpha, Chiroptera, Carnivora) from McCurtain Country, Oklahoma // Proc. Okla. Acad. Sci., 2019. № 99. P. 64-69.

УДК 633.174.1

**ВЫРАЩИВАНИЕ *SORGHUM SACCURATUM* JAKUSCHEV.  
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ**

**Сухарева Л.В.**

*ФГБОУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», Вологда;  
ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия  
имени Н.В. Верещагина», Вологда, Молочное, e-mail: lyubov.suxareva@yandex.ru*

Сорго сахарное является одной из лучших кормовых культур, отличается высокой засухоустойчивостью и жаростойкостью, которые объясняются биологическими и морфологическими особенностями культуры, при относительно невысоких требованиях к почве способно формировать высокие и стабильные урожаи зеленой массы, которую в свою очередь можно использовать для приготовления силоса, травяной муки, сенажа и зерносенажа, на зеленую подкормку и выпас. Возделывание сорго сахарного в условиях Северо-Запада может быть осложнено местными почвенно-климатическими условиями. Повысить адаптационный потенциал и способствовать ускоренному росту, большему накоплению зеленой массы и большей продуктивности могут биопрепараты. В данном эксперименте по накоплению зеленой массы сорго сахарного в разных вариациях с биопрепаратами на фоне удобрений и без них в работе использовались биопрепараты, созданные компанией ООО «Биотроф» (г. Санкт-Петербург) на основе живых клеток микроорганизмов. В основе препарата «Натурост-Актив» лежит культура клеток *Lactobacillus buchneri*, а препарата «Натурост-М» – *Bacillus megaterium*. Опыт был проведен на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», расположенном в Вологодской области, в 2022 г.

**Ключевые слова:** *Sorghum saccuratum* Jakushev., сухая масса, сырая масса, количество листьев, биопрепараты, Натурост-Актив, Натурост-М

**CULTIVATION OF *SORGHUM SACCURATUM* JAKUSCHEV.  
IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WEST  
WITH THE USE OF BIOPREPARATION**

**Sukhareva L.V.**

*Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda;  
Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereschagin, Vologda,  
Molochnoe, e-mail: lyubov.suxareva@yandex.ru*

Sugar sorghum is one of the best fodder crops, characterized by high drought resistance and heat resistance, which are explained by biological and morphological features of the crop, with relatively low requirements to soil is able to form high and stable yields of green mass, which in turn can be used for making silage, grass meal, haylage and grain haylage, for green feeding and grazing. Cultivation of sugar sorghum in the conditions of the North-West can be complicated by local soil and climatic conditions. Biopreparations can increase the adaptation potential and promote accelerated growth, greater accumulation of green mass and high productivity. In this experiment on accumulation of green mass of sugar sorghum in different variations with biopreparations on the background of fertilizers and without them in the work used biopreparations created by the company LLC “Biotrof” (St. Petersburg) on the basis of living cells of microorganisms. The preparation “Naturost-Aktiv” is based on cell culture of *Lactobacillus buchneri*, and the preparation “Naturost-M” – *Bacillus megaterium*. The experiment was carried out in the experimental field of FGBUN “Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” located in the Vologda Oblast in 2022.

**Keywords:** *Sorghum saccuratum* Jakushev., dry weight, raw weight, number of leaves, biopreparations, Naturost-Active, Naturost-M

Сорго сахарное – кормовая культура, которая в засушливых условиях по урожайности зеленой массы может превзойти на 30–40% главную силосную культуру кукурузу. При расширении зоны возделывания культуры появится возможность минимизировать риск заготовки некачественных кормов за счет внедрения сорго сахарного в уже имеющиеся посевы или создания новых. Неприхотливая и позволяющая планировать стабильный урожай культура позволяет обеспечить собственными кормами поголовье. Очевидными преимущественными

признаками сорго сахарного являются высокая засухо- и жаростойкость, которые объясняются биологическими и морфологическими особенностями культуры [1], при относительно невысоких требованиях к почве сорго способно формировать высокие и стабильные урожаи зеленой массы, которую, в свою очередь, можно использовать для приготовления силоса, травяной муки, сенажа и зерносенажа, на зеленую подкормку и выпас [1–3]. Зеленая масса сорго сахарного, убранная в период молочно-восковой спелости зерна, содержит в соке стеблей

14–20% сахаров, стебли остаются сочными до глубокой осени, что позволяет приготавливать силос в чистом виде и в смеси с сухими стеблями кукурузы, корзинками подсолнечника, соломой [4]. В 100 кг зеленой массы содержится 24–25 корм. ед. и 0,6 кг переваримого протеина, в силосе – 22–23 корм. ед. и 0,6 кг переваримого протеина [5–7]. Известно, что содержащиеся в зерне сорго полифенольные соединения танины оказывают неблагоприятное влияние на усвояемость питательных веществ. Правильно сбалансированные по основным показателям рационы для КРС с использованием зерна сорго позволяют обеспечивать животных необходимыми питательными веществами и поддерживать высокий уровень продуктивности. Одно из направлений повышения урожайности – это подбор сортов и видов кормовых культур для конкретных условий произрастания. Другим путем повышения урожайности является использование биологических препаратов (в том числе микробиологических). Применение данных препаратов обеспечивает высокую концентрацию полезных форм микроорганизмов в конкретной точке применения. Биологические препараты способны улучшать минеральное питание растений, стимулировать рост и развитие растений путем выделения фитогормонов, аминокислот и других биологически активных веществ, а также подавлять деятельность патогенных микроорганизмов и повышать устойчивость растений к стрессовым условиям. Биопрепараты могут оказывать положительное влияние на всхожесть семян.

Цель исследования заключалась в изучении действия микробиологических препаратов на основе штаммов *Lactobacillus buchneri* и *Bacillus megaterium* на фоне с внесением удобрений и без них на рост, развитие и продуктивность растений сорго сахарного (*Sorghum saccharatum* Jakushev.) в условиях Вологодской области.

Задачи исследования:

– оценить морфометрические и биометрические показатели *Sorghum saccharatum* Jakushev. под влиянием микробиологических препаратов на основе штаммов микроорганизмов *Lactobacillus buchneri* и *Bacillus megaterium* в условиях полевых мелкоделяночных опытов;

– оценить предполагаемую значимость культуры сорго сахарного для региона.

#### Материалы и методы исследования

Проведение опыта по накоплению зеленой массы сорго сахарного в разных вариациях с биопрепаратами на фоне удобрений

и без них осуществлялось на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук», расположенного в Вологодской области, в 2022 г.

В работе использовались биопрепараты, созданные компанией ООО «Биотроф» (г. Санкт-Петербург) на основе живых клеток микроорганизмов. Препарат «Натурост-Актив» основан на живых молочнокислых бактериях *Lactobacillus buchneri*, продуцирующих вещества, подавляющие рост и развитие грибковых инфекций. Натурост-Актив является микробиологическим удобрением, стимулятором роста растений, способствует лучшему развитию растений, повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Основным типом взаимоотношений штамма бактерий, входящих в препарат, и конкурентных видов является антибиоз, обусловленный действием внеклеточных метаболитов, им продуцируемых, и проявляющийся в активном подавлении роста патогенов. Препарат «Натурост-Актив» обладает антифунгицидным эффектом, повышает иммунитет растений за счет продуцирования микроорганизмами индолил-3-молочной кислоты, индолил-3-карбоновой кислоты, индолил-альдегида и индолил-3-уксусной кислоты; карбоновые кислоты, продуцируемые бактерией, оказывают стимулирующее влияние на корневую и вегетативную части растений, способствуют увеличению качества получаемого урожая, повышают всхожесть семян и приживаемость растений. Препарат «Натурост-М» на основе культуры клеток *Bacillus megaterium* представляет собой микробиологическое удобрение на основе живых бактерий, продуцирующих вещества, препятствующие контаминации грибковыми болезнями. Силикаты и фосфаты в почве разрушаются метаболитами бактерий, которые переводят фосфор и калий в доступную форму для усвоения растениями. Применяется в полях при стандартных агрономических методах. Препарат Натурост-М увеличивает коэффициент использования минеральных и органических удобрений, снижает токсическое воздействие на растения после обработки химическими препаратами, в течение всего периода воздействия препарата образует «защитный барьер» на растениях и блокирует заражение растений новыми патогенами, стимулирует развитие корневой системы. В качестве объекта опыта было выбрано *Sorghum saccharatum* Jakushev. среднераннего сорта Галия, который включен в Госреестр по Центрально-Черноземному, Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам.

Полевой эксперимент предусматривал следующие варианты:

- 1) обработка водой (контроль);
- 2) обработка водой (контроль) + удобрение;
- 3) препарат «Натурост-Актив»;
- 4) препарат «Натурост-актив» + удобрение;
- 5) препарат «Натурост-М»;
- 6) препарат «Натурост-М» + удобрение.

В качестве удобрения выбрана азофоска в дозировке 16г/м<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная, площадь учетной делянки составляла 5 м<sup>2</sup>. Посев происходил в соответствии с рекомендованными нормами высева. Ширина междурядий – 45 см. С учетом 80% полевой всхожести площадь питания растений составила 1,12 м<sup>2</sup>. Семенной материал в вариантах с препаратами перед посевом инокулировали в рабочих растворах препаратов в концентрации 1 мл препарата на 1 л воды, семена контрольной группы замачивались в воде. В течение вегетационного периода проводили опрыскивание растений рабочими растворами той же концентрации согласно рекомендациям производителя, в фазу кущения. Уход за культурами проводили в соответствии с общепринятыми агротехническими приемами.

Посев семян сорго сахарного был осуществлен 30 мая. Образцы отбирались несколько раз за сезон, в фазы 3–5 листьев через 29 дней после посева, кущение (51 день), трубоквания (71 день), выметывания (90 дней). Средняя продолжительность вегетационного периода у сорго сахарного в среднем от 105 до 120 дней, в 2022 г. в условиях опыта на Вологодской области вегетационный период сорго сахарного составил всего 91 день. Погодные условия с 30 мая по 28 августа 2022 г. могли неоднозначно повлиять на рост и развитие сорго суданского. После посева температура два раза падала ниже 1 °С, что могло повлечь медленное прорастание и длительный межфазный период посев – всхожесть. Среднесуточная температура в период вегетации была +18 °С, что несколько ниже требуемых для культуры. Минимальное значение температуры за период вегетации +3,8 °С. Влажность в среднем за все время была 73 %. Количество дней с осадками 35, их сумма составила 147 мм. Почва на опытном участке осушенная дерново-подзолистая, среднесуглинистая. В таблице представлены данные по химическому составу почвы опытных делянок.

Статистическая обработка данных осуществлялась по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel<sup>®</sup>2010.

Химический состав почвы  
опытных делянок

Показатель	Значение за 2022 г.
Обменный аммоний, мг/кг	1,6±0,2
Азот нитратный, мг/кг	11,5±2,3
Подвижный калий, мг/кг	143,5±21,5
Подвижный фосфор, мг/кг	179,0±35,8
pH солевой вытяжки, ед. pH	5,2±0,1
Составлено по результатам химического анализа ФГБУ ГЦАС «Вологодский»	

Результаты исследования  
и их обсуждение

Полученные данные в стадии 3–5 листьев при изучении действия биопрепаратов на растения сорго сахарного показывают, что морфометрические параметры на начальных этапах онтогенеза слабо отличаются от контроля. По накоплению сырой массы в стадии 3–5 листьев выделяется вариант с внесением биопрепарата Натурост-М в комплексе с удобрением, что превосходит контрольный вариант на 3,9%. В стадии начала кущения все опытные варианты превосходили контроль. Максимальная прибавка к массе была зафиксирована в вариантах Натурост-Актив + удобрение на 265,4% и Натурост-М + удобрение на 241 %. В стадии начала трубоквания относительно контроля выделяются три варианта с применением биопрепаратов и внесением удобрений от 42,5% до 85,6%. Из графика на рис. 1 видно, что самое большое увеличение массы растений произошло в варианте контроль + удобрение. Из вариантов, превосходящих контроль, отмечаются оба варианта с биопрепаратами, в которых также были внесены и удобрения. Биомасса растений увеличилась в 32,3 раза в варианте Натурост-Актив + удобрение и в 30,8 раз в варианте Натурост-М + удобрение. Стоит выделить и вариант без использования биопрепаратов, но с внесением удобрений. Таким образом, вариация в опыте показывает значительный набор зеленой массы в 62,5%. Варианты с использованием только биопрепаратов показывают значения несколько ниже контрольных. Таким образом, вариант с использованием препарата Натурост-Актив на основе культуры клеток *Lactobacillus buchneri* ниже контроля на 58,7%. Вариант с препаратом Натурост-М на основе *Bacillus megaterium* на 31,5% ниже контрольного значения сырой массы растений. Аналогичная ситуация наблюдается и в измерении сухой массы (рис. 2).

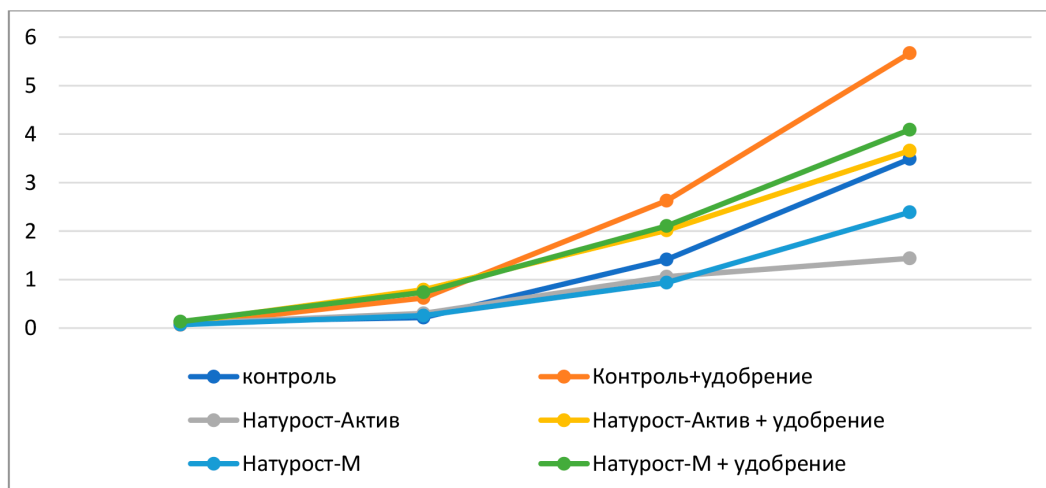


Рис. 1. Сырая масса растения, г

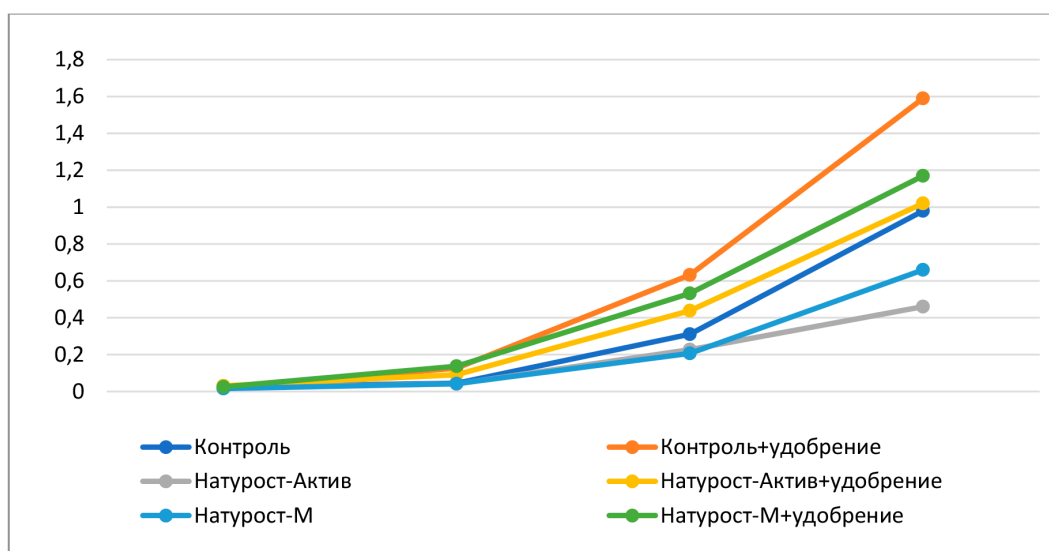


Рис. 2. Сухая масса растения, г

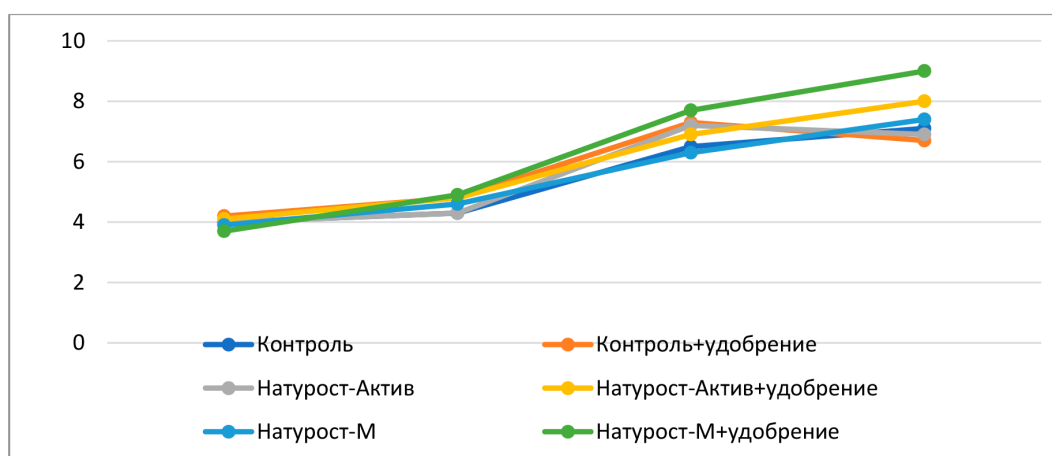


Рис. 3. Среднее количество листьев на растении, шт.



Количество листьев на растении выделяется в положительной динамике и относительно контроля в вариантах с применением биопрепаратов и внесением удобрений (рис. 3). В вариантах Натурост-Актив + удобрение и Натурост-М + удобрение идет постепенное увеличение количества листьев на 12,7 и 26,8%. Стоит отметить и некоторое увеличение количества листьев в варианте с использованием биопрепарата Натурост-М, увеличение количества листьев относительно контроля составило 4,2%.

Кустиность растений во всех вариантах в первые три стадии уборки оставалась на уровне  $1 \pm 0,1$ . Измерения в стадии выметывания показывают увеличение у опытных вариантов с использованием биопрепаратов, продуктивная кустиность наблюдается у единичных растений. Таким образом на 10% увеличивается общая кустиность в вариантах с использованием препаратов Натурост-Актив и Натурост-М. В варианте с использованием препарата Натурост-Актив и внесением удобрений показатель общей кустиности увеличивается на 20%. Максимальное увеличение кустиности на 50% наблюдается в варианте с внесением удобрений и использованием препарата Натурост-М. В этом же варианте отмечается наиболее появление продуктивных стеблей.

### Заключение

При почвенно-климатических условиях 2022 г. варианты с использованием только биопрепаратов не оказали существенного действия на растения *Sorghum saccharatum* Jakushev. сорта Галия. Действие препарата Натурост-Актив при использовании удобрения оказалось менее видимым, но препарат способствует как увеличению количества листьев (опытные растения в среднем имеют 8,0 листьев, а контрольные – 7,1), так и увеличению сырой массы растений (опытные растения в среднем имеют массу 3,66 г, а контрольные – 3,49 г.). В варианте с препаратом на основе культуры клеток *Bacillus megaterium* положительная динамика чуть более проявлена. В варианте Натурост-М + удобрение прибавка к сырой массе со-

ставила 26,8%. А также увеличение числа листьев на растении, контрольные растения имеют в среднем 7,1 листьев, а в варианте Натурост-М + удобрение – 9. На основании полученных данных по биометрическим показателям растений можно говорить, что в целом бактерии *Bacillus megaterium* и *Lactobacillus buchneri* в совокупности с внесением удобрений оказали несколько более ощутимое воздействие на ростовые процессы растений, чем только использование биопрепаратов.

В целом возделывание сорго сахарного возможно в условиях Вологодской области как в моно-, так и в смешанном посеве при правильном подборе сортов и схеме внесения агрохимикатов и пестицидов.

### Список литературы

1. Ковтунова Н.А., Ермолина Г.М., Горпиниченко С.И., Романюкин А.Е. Кормовая ценность сахарного сорго // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3 (58). С. 21–25.
2. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Горпиниченко С.И., Сарычева Н.И. Современная оценка питательности кормов из сорговых культур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 09 (123). С. 783–792.
3. Сыркина Л.Ф., Антимонов А.К., Антимонова О.Н., Акимова Л.И. Роль сахарного сорго в укреплении кормовой базы в засушливых условиях среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2011. № 5. С. 19–21.
4. Романюкин А.Е., Шишова Е.А., Ковтунова Н.А., Ермолина Г.М. Признаковая и генетическая коллекция скороспелых форм сахарного сорго // Аграрный вестник Урала. 2016. № 7 (149). С. 46–50.
5. Горпиниченко С.И., Шишова Е.А. Результаты селекции сорго сахарного в ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко // Зерновое хозяйство. 2014. № 4. С. 21–25.
6. Володин А.Б., Капустин С.И., Даниленко Ю.П. Рекомендации по возделыванию сорго на зерно, силос и зеленый корм в Ставропольском крае: методические указания. 2015. 32 с.
7. Метлина Г.В., Горпиниченко С.И., Ковтунова Н.А., Васильченко С.А. Агроэнергетическая эффективность возделывания новых сортов и гибридов сорго сахарного // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 288–297.
8. Кононенко И.С. Использование сорго в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы // Политематический сетевой электронный Научный журнал КубГАУ. 2012. № 82 (08). С. 1–18. URL: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/04.pdf> (дата обращения: 10.11.2023).

## НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

УДК 574

**АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОЗЕЛЕНИ,  
ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ОБЗОР ПРЕДМЕТНОГО ПОЛЯ****Бурак Л.Ч., Карбанович В.И.***ООО «Белросаква», Минск, e-mail: leonidburak@gmail.com, info@belrosakva.by*

В последние годы микрозелень, или молодая зелень овощей, собранная на стадии рассады, привлекает особое внимание благодаря пищевой ценности и потенциальной пользе для здоровья. Цель статьи – обзор результатов научных исследований оценки и биодоступности антиоксидантной активности микрозелени, а также состояние и перспективы использования. В качестве материалов исследования послужили научные статьи, опубликованные в период с 2015 по 2023 г. Научный поиск провели в научных базах данных ScienceDirect, Scopus и Web of Science. Поиск проводился с применением дескрипторов «микрозелень», «антиоксидантная активность», «выращивание микрозелени», «пищевая ценность», «биодоступность». Среди статей, соответствующих критериям включения, для составления данного обзора было выбрано 88 исследований. Результаты исследований показали, что микрозелень содержит многие биологически активные вещества, оказывающие влияние на антиоксидантную активность. Это глюкозинолаты, каротиноиды и фенольные соединения, витамины (С, Е и К), клетчатка и жирные кислоты омега-3, а также многие микро- и макроэлементы (железо и магний) и другие питательные вещества. Антиоксидантные соединения играют ключевую роль в борьбе с окислительным стрессом и имеют ряд преимуществ для здоровья: от здоровья сердечно-сосудистой системы до контроля диабета и потенциальной противораковой эффективности. Вместе с тем качественный и количественный состав многих антиоксидантных веществ, установленных в микрозелени, зависит от вида растения, условия выращивания и времени сбора урожая. Микрозелень является перспективным продуктом функционального и профилактического назначения. Дальнейшие научные исследования должны быть сосредоточены на оптимизации методов выращивания, изучении поглощения антиоксидантов и их потенциального применения в функциональных продуктах питания и нутрицевтиках. Данный обзор может быть использован в качестве материала для дальнейших исследований микрозелени и ее антиоксидантной активности.

**Ключевые слова:** микрозелень, овощи, стадия роста, сбор урожая, пищевая ценность, антиоксиданты, витамины, фенольные соединения, биостимуляторы

**ANTIOXIDANT ACTIVITY OF MICROGREENS,  
POTENTIAL OF USE. REVIEW OF THE SUBJECT FIELD****Burak L.Ch., Karbanovich V.I.***LLC Belrosakva, Minsk, e-mail: leonidburak@gmail.com, info@belrosakva.by*

In recent years, microgreens, or young vegetable greens harvested at the seedling stage, have received particular attention due to their nutritional value and potential health benefits. The purpose of the article is to review the results of scientific research on the assessment and bioavailability of the antioxidant activity of microgreens, as well as the status and prospects for use. The research materials were scientific articles published between 2015 and 2023. The scientific search was carried out in the scientific databases ScienceDirect, Scopus and Web of Science. The search was conducted using the descriptors “microgreens”, “antioxidant activity”, “microgreens cultivation”, “nutritional value”, bioavailability.” Among the articles that met the inclusion criteria, 88 studies were selected for this review. Research results have shown that microgreens contain many biologically active substances that affect antioxidant activity. These are glucosinolates, carotenoids and phenolic compounds, vitamins (C, E and K), fiber and omega-3 fatty acids, as well as many micro and macroelements (iron and magnesium) and other nutrients (fiber and omega-3 fatty acids). Antioxidant compounds play a key role in combating oxidative stress and have a range of health benefits, from cardiovascular health to diabetes control and potential anti-cancer effectiveness. At the same time, the qualitative and quantitative composition of many antioxidant substances found in microgreens depends on the type of plant, growing conditions and harvest time. Microgreens are a promising product for functional and preventive purposes. Further scientific research should focus on optimizing growing methods, studying the absorption of antioxidants and their potential use in functional foods and nutraceuticals. This review can be used as material for further research on microgreens and their antioxidant activity.

**Keywords:** microgreens, vegetables, growth stage, harvesting, nutritional value, antioxidants, vitamins, phenolic compounds, biostimulants

Микрозелень, собранная на стадии рассады, в последние годы привлекает большое внимание, так как помимо особого вкуса микрозелень повышает визуальную привлекательность различных кулинарных блюд благодаря своим ярким оттенкам. Помимо вкуса и внешнего вида современный потребитель отдает предпочтение пищевым про-

дуктам с высокой пищевой ценностью и обладающим антиоксидантной активностью [1–3]. Растения, в том числе микрозелень, производят широкий спектр фитохимических веществ, в том числе антиоксидантов, для борьбы с факторами стресса окружающей среды [4; 5]. Хотя антиоксиданты содержатся в различных частях растений,

таких как листья, стебли и семена, микрозелень отличается высокой пищевой ценностью [6]. Исследования показали, что такие сорта, как краснокочанная капуста, кинза, зеленая редька дайкон, содержат повышенные концентрации необходимых питательных веществ и биологически активных соединений, включая аскорбиновую кислоту, каротиноиды, филлохинон и токоферолы [7; 8], а также макро- и микроэлементов, таких как калий, кальций, железо, марганец, цинк, селен и молибден. При определенных условиях эти концентрации могут быть до 40 раз выше, чем у полностью зрелых растений, при этом содержание нитратов намного ниже по сравнению со зрелыми салатами [9]. Хотя конкретный качественный и количественный состав антиоксидантов варьируется в зависимости от сорта микрозелени, результаты исследований показывают, что обычные виды микрозелени, такие как чечевица, брокколи, китайская капуста, фиолетовая редька и красная капуста, имеют высокую антиоксидантную активность, в первую очередь связанную с их повышенным уровнем аскорбиновой кислоты [10–12]. Следует отметить, что выращивание микрозелени имеет ряд преимуществ, так как она требует мало места и ресурсов, ее выращивают круглый год в контролируемых условиях, что делает ее легкодоступным и устойчивым источником антиоксидантов. Кроме того, ее выращивание помогает продвигать безопасные и устойчивые методы ведения сельского хозяйства [13]. Микрозелень можно собирать часто из-за ее короткого цикла роста, составляющего от 7 до 21 дня, так что является устойчивым источником свежей пищи с высокой пищевой ценностью [3]. Преимущество микрозелени, в отличие, например, от листовых овощей, которые состоят только из листьев и обязательно срезаются перед продажей, состоит в том, что ее можно продавать неповрежденной, со всем субстратом на котором она произрастает. Это позволяет потребителю срезать продукт всего за несколько минут до употребления. Данный инновационный маркетинговый ход гарантирует более длительный срок годности продукта и обеспечивает высокое качество как с точки зрения свежести, так и с точки зрения питательной ценности [14]. Целью данного обзора является анализ результатов научных исследований, касающихся содержания антиоксидантов в микрозелени и их преимуществ для здоровья, состояние и перспективы использования. Данный обзор включает в себя исследования по изучению содержания антиоксидантов в микрозелени, таких как каротиноиды, флавоноиды и фенольные

кислоты, с учетом исследований как *in vitro*, так и *in vivo*, а также анализ факторов, влияющих на концентрацию антиоксидантов в микрозелени, таких как методы выращивания и сроки сбора урожая.

### Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили научные статьи, опубликованные в период с 2015 по 2023 г. Научный поиск провели в научных базах данных ScienceDirect, Scopus и Web of Science. Поиск проводился с применением дескрипторов «микрозелень», «антиоксидантная активность», «выращивание микрозелени», «пищевая ценность», «биодоступность». Среди статей, соответствующих критериям включения, для составления данного обзора было выбрано 88 исследований.

### Результаты исследования и их обсуждение

#### *Определение и характеристики микрозелени*

Микрозелень – это молодая рассада овощей, которую обычно собирают либо после завершения развития семядолей, либо когда вместе со стеблем появляются первые настоящие листья [15; 16]. Микрозелень имеет короткий цикл роста, который обычно длится 7–21 день, с оптимальным временем сбора урожая примерно на 14-й день, когда она достигает высоты 3–10 см. Различия в росте и размере можно объяснить разнообразием микрозелени [3]. За этот короткий период она приобретает концентрированный вкус и впечатляющий набор питательных веществ [16; 17]. Ростки, в отличие от микрозелени, представляют собой проросшие семена, которые едят целиком, включая семя, корень и побег. Ростки обычно выращивают в воде или во влажной среде и собирают вскоре после появления корня. Биологически росток представляет собой первую стадию развития растения, возникающую в процессе прорастания семян [15]. Люцерна, маш и ростки брокколи – это несколько разновидностей ростков. Ростки часто используются в салатах, сэндвичах и жарком из-за их нежного вкуса и хрустящей текстуры. И ростки, и микрозелень богаты питательными веществами, но их профиль питательных веществ различен. Основными компонентами ростков являются углеводы, белки и ферменты, такие как амилаза, липаза и протеазы [18].

С другой стороны, молодая зелень – это молодые растения, собранные после развития первых настоящих листьев, но до полной зрелости [19]. Обычно период сбора молодой зелени составляет от 20 до 40 дней

(от 10 до 15 см) [3], в зависимости от таких факторов, как сортовые характеристики, сезон выращивания, факторы окружающей среды и требования рынка. Молодую зелень, такую как редис, салат, руккола, мангольд, щавель и укроп, обычно выращивают в почве, где хорошо сбалансированная смесь органических веществ и минералов обеспечивает необходимые питательные вещества, например сочетание зеленого компоста и горшечной почвы [20]. При гидропонике молодая зелень демонстрирует устойчивый рост в богатой питательными веществами водной среде, которая может включать такие вещества, как жидкий дигестат, что позволяет точно контролировать потребление питательных веществ и условия роста [21]. Молодую зелень целесообразно использовать в салатах, коктейлях и в качестве декоративных элементов из-за ее нежной текстуры и нежного вкуса. Помимо вкуса, эта зелень содержит широкий спектр необходимых витаминов, минералов и пищевых волокон, повышающих ее общую пищевую ценность [22]. Хотя и микрозелень, и ростки, и молодая зелень считаются молодыми растениями, они различаются по выращиванию, времени сбора, вкусу, текстуре и содержанию питательных веществ. Микрозелень выделяется своим ярким цветом, насыщенным вкусом и высокой питательной ценностью.

Понимание стадий роста и оптимального времени сбора микрозелени имеет решающее значение для оптимизации ее вкуса и пищевой ценности. Микрозелень собирают как молодые растения, когда их семядоли полностью развились и вместе со стеблем появились один или два настоящих листа. Большинство сортов микрозелени имеют среднюю высоту от 2,5 до 7,6 см [23]. Как и у других семенных растений, процесс роста микрозелени начинается со стадии прорастания. На этом этапе семена впитывают воду и начинают прорастать. Всхожесть семян микрозелени сильно зависит от множества факторов, включая субстрат, влажность, температуру и световой режим. Чтобы инициировать прорастание, семена микрозелени обычно выдерживают в темноте при температуре 20–24 °C и относительной влажности 100%, в зависимости от вида. Например, семена базилика прорастали в камере с контролируемым климатом в течение трех дней при постоянной температуре 24 °C и в темноте. После этой начальной фазы микрозелень выставляют на свет и ежедневно поливают до тех пор, пока не появятся первые настоящие листья [24–26]. Микрозелень достигает стадии семядолей после прорастания, при этом семя-

доли представляют собой первую пару эмбриональных листьев, появляющихся из семени [27]. На этом этапе растение получает питание из накопленной энергии семян. Семядоли обычно толстые и мясистые и служат исходным источником питательных веществ для прорастания семян и развития растений [28]. Стадия семядолей обычно длится 3–5 дней, в зависимости от конкретного сорта микрозелени [17]. После завершения стадии семядолей микрозелень переходит в стадию настоящего листа. Настоящие листья – это второй развивающийся набор листьев, демонстрирующий характеристики зрелых листьев растения. На этом этапе начинают проявляться вкус, текстура и цвет микрозелени. Обычно стадия настоящего листа длится от 7 до 14 дней, в зависимости от сорта и желаемого уровня зрелости. Полное развитие настоящих листьев микрозелени обычно происходит в течение 8–10 дней [29]. Определение оптимального времени сбора урожая имеет решающее значение для того, чтобы микрозелень достигла максимального вкуса и содержания питательных веществ. Идеальное время для сбора микрозелени – время, когда она полностью развила первые настоящие листья, но еще не достигла полной зрелости. Слишком долгое ожидание сбора урожая может привести к тому, что листья станут более жесткими и вкус ухудшится. Время сбора микрозелени варьируется в зависимости от конкретного сорта и цели использования.

#### *Распространенные виды микрозелени и их пищевая ценность*

Микрозелень представляет собой разнообразный спектр вкусов, текстур и питательных веществ из-за различного генеалогического происхождения, охватывающего разные семейства растений. Например, семейство *Alliaceae*, включающее зеленый лук, лук-шалот, лук и чеснок содержит особый набор соединений серы, а в семействе *Amaranthaceae*, включающем шпинат, амарант, свеклу, мангольд, лебеду и пурпурную селезень, преобладает обилие питательных элементов, таких как нитраты и беталаины [30; 31]. Члены семейства *Apiaceae*, такие как сельдерей, кинза, кервель, фенхель, петрушка, морковь и укроп, дают разнообразный набор ароматических соединений, таких как терпены и фенилпропаноиды [32]. Семейство *Asteraceae* представляет салат, эндивий, подсолнечник, хризантему-гирлянду, шунгику и бархатцы, каждый из которых облагораживает состав микрозелени своим особым набором фитохимических веществ, таких как сесквитерпеновые лак-

тоны и терпены [33]. Наконец, семейство *Brassicaceae*, в которое входят горчица, капуста, брокколи, редис и китайская капуста, содержит глюкозинолаты и другие глюкозиды, усиливающие уникальные свойства микрозелени [34].

Капуста кудрявая (*Brassica oleracea var. sabellica*) и редис (*Raphanus sativus*) – популярные виды микрозелени, каждая из которых имеет свои особые характеристики и пищевой профиль. Слегка горьковатый вкус и хрустящая текстура капусты делают ее отличным дополнением к салатам, бутербродам и смузи. Установлена значительная корреляция между его горечью и уровнем специфических глюкозинолатов, а именно глюконапина и глюкобрассицина [5; 35]. Капуста содержит витамины А, С, Е и К, а также фенольные и каротиноидные соединения, которые, как было доказано, обладают антиоксидантной и противовоспалительной активностью [35], а микрозелень редиса характеризуется пряным вкусом и ярким красным цветом. Они служат отличным источником витамина С, фолиевой кислоты и калия, а также содержат глюкозинолаты с противораковыми свойствами [36].

Руккола (*Eruca sativa*) имеет острый вкус и нежную текстуру. Помимо содержания глюкозинолатов и фенольных соединений, она содержит витамины А, С и К, а также кальций, железо и магний [37]. Руккола также содержит нитраты, которые могут улучшить физическую работоспособность за счет увеличения кровотока и снижения потребления кислорода [38].

Брокколи (*Brassica oleracea var. italica*) – еще один популярный вид, известный своим мягким, слегка сладким вкусом и хрустящей текстурой. Это хороший источник витаминов С, А и К, а также сульфорафана – мощного антиоксидантного, противовоспалительного и противоракового соединения [39]. Сульфорафан (SFN) – высокоэффективное противораковое соединение, которое естественным образом содержится в брокколи. Термическая обработка при температуре 60–70 °С в течение 5–10 мин существенно увеличивает продукцию SFN, приводя к семикратному увеличению. Образование SFN происходит из соединения-предшественника, называемого глюкорафанином (GPN), и его преобразование происходит во время разрезания или жевания брокколи, чему способствует эндогенный фермент мирозиназа. GPN более стабилен, чем SFN, а концентрация GPN выше в ростках брокколи, чем в зрелых целых кочанах [39].

Базилик сладкий (*Ocimum basilicum*), известный своим ароматом и сладким вкусом [40], широко используется в итальянской

кухне. Он содержит витамины (К, С, Е и А), а также минералы, такие как железо, калий, магний и натрий. Кроме того, он обладает антиоксидантными, противораковыми, противомикробными, противогрибковыми и противовоспалительными соединениями [41–43].

Побеги гороха (*Pisum sativum*) имеют сладкий, свежий вкус и нежную текстуру. Они богаты витаминами А, С и К, а также такими минералами, как железо, кальций и калий.

Микрозелень подсолнечника (*Helianthus annuus*) имеет содержание белка 24–30% и содержит все восемь незаменимых аминокислот. По сравнению с сухими семенами подсолнечника в микрозелени подсолнечника содержание витаминов намного больше за счет ферментативной активности при прорастании. Прорастивание повышает уровень лизина, триптофана и свободных аминокислот в микрозелени подсолнечника. Эта микрозелень также содержит высокий уровень клетчатки, общих фенольных соединений (таких как кофейная и протокатеховая кислоты), обладает высокой антиоксидантной активностью, незаменимыми жирными кислотами и витаминами А, В, С, D и Е. Кроме того, она содержит важные макроэлементы, такие как кальций, фосфор, железо, йод, калий, магний, цинк, марганец, медь и хром [44].

По сравнению со зрелыми растениями микрозелень горчицы (*Brassica nigra*) содержит повышенные уровни специфических фитохимических веществ, таких как β-каротин, ликопин, фенольные кислоты и флавоноиды. Эти соединения усиливают антиоксидантную активность [1].

Зеленый лук, известный с научной точки зрения как *Allium fistulosum*, из семейства *Alliaceae*, обладает необходимыми макроэлементами, такими как натрий, калий, магний и кальций, а также витаминами С, В6, D, К, В9 и В12. Также лук содержит биологически активные соединения, в том числе кверцетин, сероорганические соединения и глутатион, что способствует потенциальной пользе для здоровья, эффективен против ожирения и применяется при лечении различных состояний [45; 46].

Лук-шалот, принадлежащий к семейству *Alliaceae*, как *Allium cepa var. aggregatum*, обладает питательным профилем, включающим витамины С, В1, В6, А, Е, К и В9, а также необходимые минералы, такие как кальций, железо, магний, калий и селен. Лук-шалот также содержит биологически активные соединения, в том числе витамин С, метиин, аллицин, изоаллиин, пропин и жирорастворимые серные соединения, которые оказы-

вают противораковое, противодиабетическое, антиоксидантное, антиагрегантное, антигипертензивное, антидепрессивное, нейропротекторное, противовоспалительное и противопаразитарное свойства [47].

Чеснок (*Allium sativum*) известен своей пищевой ценностью, включая витамины С, В6, В1, В2, В3 и В9, а также минералы, такие как кальций, железо, магний, фосфор, калий, цинк, марганец и селен. Чеснок также содержит соединения серы, витамин С и фенольные соединения, что способствует его разнообразным преимуществам для здоровья, таким как антибактериальные, противогрибковые, противопаразитарные, антихолестериновые, противодиабетические, защитные свойства печени, противораковые и иммуностимулирующие свойства [48].

#### *Антиоксидантная активность микрорзелени*

Антиоксиданты характеризуются своей способностью отдавать электрон свободным радикалам, которые представляют собой высокореактивные молекулы, способные вызывать повреждения клеток. Нейтрализуя свободные радикалы, антиоксиданты эффективно уменьшают их вредное воздействие на клеточные структуры. Основным механизмом, с помощью которого антиоксиданты оказывают свое защитное действие, является способность улавливать и устранять свободные радикалы, тем самым задерживая или ингибируя клеточное повреждение. Антиоксиданты можно разделить на три группы в зависимости от механизма их действия. Первая группа состоит из первичных антиоксидантов, которые в первую очередь действуют как поглотители свободных радикалов. Эти антиоксиданты напрямую взаимодействуют со свободными радикалами, нейтрализуя их и предотвращая дальнейшее повреждение [49]. Ко второй группе относятся вторичные антиоксиданты, которые играют решающую роль в предотвращении цепных окислительных реакций, ингибируя иницирование таких реакций. Они действуют как профилактические антиоксиданты, препятствуя образованию свободных радикалов и их последующему распространению. Наконец, третичные антиоксиданты относятся к группе, которая участвует в восстановлении поврежденных биомолекул. Эти антиоксиданты восстанавливают и реабилитируют биомолекулы, пострадавшие от окислительного стресса, смягчая пагубные последствия окислительного повреждения [50]. Поддерживая баланс между свободными радикалами и антиоксидантами, известный как система антиоксидантной

защиты, организм может противодействовать вредному воздействию окислительного стресса [51]. Организм человека обладает способностью вырабатывать различные эндогенные метаболические антиоксиданты посредством внутренних метаболических процессов. Эти эндогенные антиоксиданты состоят из липоевой кислоты, глутатиона, L-аргинина, коэнзима Q10, мелатонина, мочевой кислоты, билирубина, металлов-хелатирующих белков, трансферрина и ряда других веществ. Их основной функцией является защита клеток и тканей от окислительного повреждения путем противодействия вредному воздействию свободных радикалов и активных форм кислорода. Благодаря своим антиоксидантным свойствам эти эндогенные метаболические антиоксиданты играют решающую роль в поддержании клеточного гомеостаза и сохранении общего состояния здоровья [52]. Экзогенные антиоксиданты, такие как токоферолы, каротиноиды, аскорбиновая кислота, флавоноиды и фенольные соединения, играют двойную роль в смягчении окислительного стресса и воспаления, которые являются критическими факторами в развитии и прогрессировании хронических заболеваний. Конкретные классы этих антиоксидантов, включая антоцианы, флавонолы, изофлавоны, стильбены, кверцетин, катехины, ресвератрол, кумаровую кислоту,  $\beta$ -каротин и ликопин, были тщательно исследованы на предмет их противовоспалительного действия. Эти соединения не только нейтрализуют свободные радикалы, но и модулируют сигнальные пути, связанные с окислительным стрессом и воспалением [53–55]. Микрорзелень содержит широкий спектр антиоксидантов, которые играют важную роль в поддержании общего состояния здоровья. Среди различных типов антиоксидантов, обнаруженных в микрорзелени, решающую роль играют каротиноиды. Эти пигменты, в том числе бета-каротин, ликопин и лютеин/зеаксантин, не только придают микрорзелени яркий цвет, но также обладают мощными антиоксидантными свойствами [56–58]. Нейтрализуя свободные радикалы и снижая окислительный стресс, каротиноиды в микрорзелени также способствуют снижению риска хронических заболеваний, таких как болезни сердца и некоторые виды рака [3; 36].

Фенольные соединения – еще одна группа антиоксидантов, присутствующих в микрорзелени [3]. Представителями фенольных соединений являются флавоноиды, антоцианы и фенольные кислоты, известные своими антиоксидантными и противовоспалительными свойствами [59]. Микрорзелень

также является источником витаминов, особенно витаминов С и Е. Витамин С действует как водорастворимый антиоксидант, укрепляя иммунную систему, способствуя синтезу коллагена и защищая клетки от окислительного повреждения. С другой стороны, витамин Е, жирорастворимый антиоксидант, защищает клеточные мембраны и липиды от окислительного стресса [60]. Включение микрозелени в рацион может способствовать соблюдению рекомендуемой суточной дозы необходимых витаминов, кроме того, микрозелень содержит микроэлементы, такие как селен и цинк, которые действуют как важные кофакторы антиоксидантной активности ферментов [1].

*Факторы, влияющие на содержание антиоксидантов в микрозелени*

На содержание антиоксидантов в микрозелени влияют несколько факторов, включая сорт или разновидность микрозелени, условия выращивания и методы обработки после сбора урожая. Выбор сорта важен, поскольку разные сорта микрозелени могут иметь значительные различия в уровне антиоксидантов. Некоторые сорта могут быть специально выведены или отобраны из-за более высоких концентраций каротиноидов, фенольных соединений или витаминов, повышающих их антиоксидантный потенциал [8; 22]. Факторы окружающей среды играют решающую роль в синтезе и накоплении антиоксидантов в микрозелени. Обеспечение оптимальных условий выращивания, включая соответствующий свет, температуру, влажность и обеспечение питательными веществами, может повысить выработку антиоксидантов [61]. Оптимальная температура и время сбора для получения максимального урожая, определенные для шести микрозеленных культур, находились в диапазоне от 24 до 28 °С и от 6-го до 13-го дня соответственно [29]. Исследование влияния засоления на экстракты микрозелени пшеницы показало, что различные концентрации хлорида натрия (NaCl) влияют на биохимический профиль микрозелени. В частности, концентрация 12,5 мМ NaCl приводила к повышению уровня β-каротина, фенольной кислоты, флавоноидов и аскорбиновой кислоты, а также к увеличению активности по улавливанию нитритов. С другой стороны, концентрация NaCl 25 мМ приводила к максимальному содержанию антоцианов и активности по улавливанию радикалов. Эти результаты показывают, что контролируемый стресс от засоления может служить эффективной стратегией для разработки инновационных продуктов из экстракта микрозелени пшеницы, обо-

гащенных питательными компонентами [29]. Непрерывное освещение оказалось полезным при выращивании микрозелени, поскольку оно увеличивает выход свежей биомассы и снижает расходы на электроэнергию. Примечательно, что зелень капусты и амаранта обладает повышенными антиоксидантными свойствами, а также повышенным уровнем фенолов и антоцианов при воздействии как дневного света, так и постоянного освещения. Аналогичным образом зеленый базилик и фиолетовый базилик сохраняют концентрацию вторичных метаболитов, одновременно снижая затраты на электроэнергию за счет непрерывного освещения, что делает его устойчивой и экономически жизнеспособной технологией освещения для производства микрозелени [63]. Исследование показало, что, хотя воздействие УФ-В света уменьшает физические размеры и общую биомассу микрозелени, оно значительно усиливает их антиоксидантные свойства и такие важные фитохимические вещества, как флавоноиды и фенольные соединения. Воздействие облучения УФ-В также привело к снижению содержания некоторых фотосинтетических пигментов в ростках, но к увеличению концентрации хлорофилла В в микрозелени. Результаты указывают на потенциальную возможность регулируемого воздействия УФ-В повышать как пищевую ценность, так и полезные для здоровья свойства этих растений, делая их полноценными функциональными продуктами питания [64]. Другое исследование показало, что 100% синий свет способствует получению микрозелени *Linum usitatissimum* с самым высоким уровнем антиоксидантов и других полезных для здоровья соединений [65]. Также в ходе одного из исследований было продемонстрировано, что в условиях засоления синий свет и флуоресцентный светодиодный свет индуцируют повышенные уровни синигрина, фенольных соединений и антиоксидантов в микрозелени *Brassica carinata* L., что сопровождается увеличением активности супероксиддисмутазы и каталазы [66]. Эксперимент в помещении показал, что дополнительное освещение с длиной волны 520 и 622 нм более эффективно снижает уровень нитратов, а показатели антиоксидантной системы улучшаются с помощью диодов с длиной волны 595 нм. Установлено положительное влияние УФ-А-излучения на антиоксидантные соединения, но на параметры роста такое влияние было незначительным. Дополнительное УФ-А-излучение с длиной волны 366 и 390 нм было более благоприятным для накопления антиоксидантов. Кратковременное освеще-

ние в течение трех дней перед сбором урожая с высоким уровнем плотности потока фотосинтетических фотонов (PPFD) красными (638 нм) светодиодами увеличивало количество вторичных метаболитов микрозелени в обоих условиях выращивания. Исследования показали, что различное светодиодное освещение может быть эффективным способом для производства микрозелени с высоким содержанием питательных веществ и специфическим профилем антиоксидантов [67]. Выбор питательной среды или субстрата также влияет на содержание антиоксидантов в микрозелени. Выбор питательной среды, будь то почвенная или гидропонная, оказывает существенное влияние на доступность и усвоение питательных веществ, что, в свою очередь, влияет на синтез антиоксидантов в микрозелени. Например, при выращивании микрозелени с использованием смеси 30% вермикулита, 30% опилок, 10% перлита и 30% грибов наблюдалось увеличение активности антиоксидантных ферментов, таких как пероксидаза (POD) и аскорбатпероксидаза (APX) [68]. Снижение питательных веществ привело к снижению концентрации каротиноидов, фенольных соединений, нитратов и антиоксидантов в семядолях кресс-салата редиса, тогда как в его стеблях наблюдалось увеличение фенолов и антоцианов. Аналогичные тенденции наблюдались и у кресс-салата, хотя влияние на каротиноиды и антоцианы различалось. Повышенное содержание минералов положительно повлияло на сенсорное восприятие, выявив несоответствие между сенсорными и пищевыми свойствами [69].

Сбор микрозелени на оптимальной стадии роста обеспечивает более высокое содержание антиоксидантов, а правильные методы после сбора урожая помогают сохранить антиоксиданты во время хранения [29]. Температура хранения существенно влияет на атмосферу упаковки, качество продукции и срок годности: 1°C является оптимальной температурой, не допускающей повреждения от переохлаждения. Скорость пропускания кислорода (OTR) упаковочной пленки влияет на состав газа, в то время как обработка хлором первоначально снижает микробные популяции, но после 7 дней происходит восстановление [70]. Чтобы продлить срок хранения микрозелени подсолнечника, была применена обработка недорогими и безопасными химикатами, такими как пары этанола, лимонная кислота и аскорбиновая кислота, что привело к увеличению срока хранения до 16 дней. Обработки аскорбиновой кислотой и лимонной кислотой + аскорбиновой кислотой

оказались наиболее эффективными для сохранения питательных свойств и продления срока хранения [71]. В исследовании микрозелени рукколы, редиса и красной капусты установлено, что хранение при температуре 4°C продлевает срок хранения на 14 дней для рукколы и красной капусты и на 21 день для редиса. Однако хранение при температуре 10°C сокращало срок хранения краснокочанной капусты и рукколы до 7 дней и редиса до 14 дней. Частота дыхания при сборе урожая и во время хранения коррелировала с изменениями качества зелени. В течение второй недели частота дыхания значительно увеличилась, что можно объяснить деятельностью микроорганизмов, участвующих в разложении или расщеплении органического вещества [72].

#### *Проблемы и перспективы*

Изучение всего потенциала микрозелени и восполнение некоторых пробелов требует дополнительных исследований. С этой целью целесообразно провести углубленные исследования микроэлементного, витаминного и фитохимического содержания различных видов микрозелени. Это позволит более тщательно понять их питательные преимущества и различия. Необходимы дополнительные исследования, чтобы определить, какие антиоксиданты придают микрозелени высокую антиоксидантную активность и как они действуют в отношении заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

Оптимизация выращивания микрозелени – еще одна область, требующая дальнейшего изучения. На развитие биологически активных соединений, вкусовые характеристики и внешнюю привлекательность влияют световой спектр, интенсивность, продолжительность и среда выращивания [1]. Микрозелень имеет короткий срок хранения, поэтому необходимо провести дальнейшие исследования по изучению методов обработки после сбора урожая, чтобы обеспечить максимальное сохранение ее пищевой ценности [8]. Одним из направлений исследований является поиск наилучших условий хранения, подходящего вида упаковки и современных способов обработки. Учитывая, что микрозелень часто едят сырой, обеспечение ее безопасности имеет решающее значение. Пищевая ценность микрозелени должна быть сохранена посредством исследования эффективных методов санитарной обработки. Также следует продолжить изучение потребительского спроса и перспектив использования в кулинарии. Кулинарный потенциал, вкусовые характеристики и совместимость различных видов



микрорзелени требуют дальнейшего изучения. Использование в полной мере микрорзелени как здорового и устойчивого источника пищи можно реализовать, восполнив эти пробелы в знаниях и проведя дальнейшие исследования в этих областях.

*Способы повышения антиоксидантной активности микрорзелени*

Для повышения уровня антиоксидантов в микрорзелени можно использовать несколько способов. Прежде всего, решающее значение имеет выбор подходящих сортов микрорзелени с высокой антиоксидантной способностью. Различные виды и сорта микрорзелени могут значительно различаться по своему антиоксидантному составу. Таким образом, выявление и выбор сортов с естественным высоким содержанием антиоксидантов может служить отправной точкой для максимизации уровня антиоксидантов [2].

Условия выращивания микрорзелени играют значительную роль в определении содержания в ней антиоксидантов. Оптимизация факторов окружающей среды, таких как интенсивность, продолжительность и качество света, а также температура, влажность и доступность питательных веществ, может влиять на синтез и накопление антиоксидантов. Обеспечение идеальных условий выращивания, адаптированных к конкретным сортам микрорзелени, может способствовать существенному увеличению их антиоксидантной активности. Например, регулировка спектра света с помощью специальных светодиодных ламп может повысить выработку определенных антиоксидантов [8].

Другой способ выращивания микрорзелени предполагает применение экзогенных элиситоров или биостимуляторов. Эти вещества, в том числе регуляторы роста растений, элиситоры и органические добавки, могут стимулировать выработку антиоксидантов в растениях [73]. Регуляторы роста растений, группа химических соединений, влияющих на рост и развитие растений, делятся на пять основных групп: ауксин, гиббереллиновая кислота, цитокинин, этилен и абсцизовая кислота. Например, применение гиббереллиновой кислоты в концентрации 5 мкМ к растениям привело к заметному увеличению активности антиоксидантных ферментов [74]. Элиситоры – агенты, способные инициировать выработку фитоалексинов и активировать различные защитные механизмы растений. Исследование показало, что соли натрия, а именно 0,01 М NaCl и 0,1 М Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, вызывают наиболее значительную антиоксидантную активность в микрорзелени белокочанной капусты [75].

Биостимуляторы растений – это вещества и/или микроорганизмы, которые при применении к растениям или ризосфере активируют естественные процессы, направленные на улучшение усвоения питательных веществ, эффективность использования питательных веществ, устойчивость к стрессу окружающей среды и общее качество урожая [76]. Примеры биостимуляторов включают гуминовые и фульвокислоты, экстракты морских водорослей, жидкий навозный компост, полезные микроорганизмы и грибы. Было документально подтверждено, что применение биостимуляторов повышает уровень антиоксидантов в микрорзелени редиса [77]. Органические добавки – это материалы, добавляемые или смешиваемые с верхним слоем почвы для изменения характеристик почвы и содействия развитию растений. Распространенными примерами органических добавок являются вермикаст, компост, навоз, твердые биологические вещества, опилки и древесная зола. Примечательно, что применение сухого вермикаста, гумата калия и вулканических минералов значительно увеличивает антиоксидантную способность микрорзелени капусты [78].

Абиотические стрессы также могут повлиять на рост и качество сельскохозяйственных культур. Растения реагируют физиологическими, биохимическими и молекулярными изменениями. Эти стрессы индуцируют вторичные метаболиты растений, имеющие преимущества для защиты и здоровья человека, такие как противовоспалительные и антиоксидантные свойства [79].

Сбор микрорзелени на оптимальной стадии роста имеет решающее значение для максимального увеличения содержания в ней антиоксидантов. Например, микрорзелень семейства *Brassica* рекомендуется собирать на 7-й день после прорастания [56]. Хотя у большинства микрорзелени настоящие листья обычно полностью формируются между 8-м и 10-м днями, есть исключения, такие как пальчатое просо и красный амарант. Появление у них настоящих листьев задерживается и происходит на 13-й и 14-й день соответственно [80]. Таким образом, своевременный сбор урожая, когда микрорзелень достигла максимального уровня антиоксидантов, может помочь обеспечить максимальное содержание антиоксидантов в конечном продукте.

Методы обработки после сбора урожая также играют важную роль в сохранении и максимальном увеличении содержания антиоксидантов в микрорзелени [1]. Сведение к минимуму времени обработки и хранения, а также использование надлежащих условий хранения, таких как контроль

температуры и влажности, могут помочь предотвратить деградацию антиоксидантов [81]. Например, микрозелень горчицы продемонстрировала максимальную антиоксидантную активность и органолептические показатели качества от умеренного до хорошего при хранении при температуре 5 °С в течение 14 дней [81]. Аналогичным образом у микрозелени редиса высокие показатели качества установлены при хранении с температурой 5 °С, а максимальные показатели наблюдались при 10 °С в течение того же 14-дневного периода хранения. Как для микрозелени горчицы, так и для редиса органолептические показатели значительно ухудшаются при хранении при температуре, превышающей 15 °С [70]. Инновационные упаковочные материалы с модифицированной атмосферой также могут способствовать поддержанию уровня антиоксидантов во время хранения. Учитывая комплексные органолептические свойства, микрозелень горчицы рекомендуется хранить в полиэтиленовых пакетах толщиной 150 мкм при температуре 5 °С с целью сохранения потребительской привлекательности в течение 14-дневного срока хранения [81].

#### *Потенциальное применение микрозелени*

По прогнозам, рынок микрозелени вырастет с 230,99 млрд долл. США в 2023 г. до 315 млрд долл. США к 2028 г., при этом совокупный годовой темп роста (CAGR) составит 6,40% в течение прогнозируемого периода с 2023 по 2028 г. [82]. Одной из областей, где микрозелень находит все большее применение, является общественное питание. Кафе, рестораны и домохозяйки добавляют их в блюда, чтобы придать им визуально привлекательный вид, уникальную текстуру и насыщенный вкус. Микрозелень используется в качестве гарниров, ингредиентов для салатов и усилителей вкуса в различных кухнях [17].

Разные виды микрозелени приобретают всемирную популярность как свежие, легкоусвояемые функциональные и нутрицевтические продукты питания, а также пищевые добавки [83; 84]. Высокое содержание фитохимических веществ, включая полифенолы, флавоноиды, каротиноиды, витамины, микро- и макроэлементы, создает перспективу широкого использования для разнообразия и улучшения рациона питания человека и решения проблемы дефицита питательных веществ [3]. Кроме того, микрозелень служит ценным материалом для изучения растительных соединений и их взаимодействия с биологическими системами в фармацевтических исследованиях

и разработках для оценки биодоступности, токсичности и механизмов действия различных биологически активных соединений. Исследования микрозелени *Brassicaceae* показали, что ключевые соединения, такие как глюкозинолаты, изотиоцианаты и фенольные соединения, остаются биодоступными даже после желудочно-кишечного пищеварения *in vitro* [85]. Микрозелень может служить эффективной моделью в доклинических исследованиях для оценки терапевтических преимуществ, безопасности и механизмов действия натуральных продуктов. Например, в модели на грызунах, изучавшей ожирение, вызванное диетой, добавление микрозелени красной капусты успешно противодействовало увеличению веса из-за диеты с высоким содержанием жиров. Микрозелень капусты также значительно снизила уровень холестерина ЛПНП и показатели воспаления печени и холестерина. Это говорит о том, что микрозелень может играть роль в защите от сердечно-сосудистых заболеваний, помогая контролировать уровень холестерина [86]. Исследования показали, что водные экстракты микрозелени, такой как зеленый горошек, соя и различные виды редиса, эффективно снижают пролиферацию клеток в культурах саркомы. На антипролиферативные эффекты повлиял тип освещения: флуоресцентное или светодиодное, с преобладающим спектральным пиком синего цвета [87].

Кроме того, благодаря высокому содержанию витаминов, минералов, антиоксидантов и фитохимических веществ микрозелень имеет большие перспективы использования в качестве продуктов питания функционального и профилактического назначения. Микрозелень можно легко добавлять в соки, смузи, салаты, сэндвичи и наборы для здорового питания, обеспечивая удобный и приятный способ увеличить потребление питательных веществ.

Сельскохозяйственный сектор предлагает еще одну потенциальную рыночную возможность для микрозелени. Достижения в области вертикального земледелия, гидропоники и городского сельского хозяйства позволяют выращивать микрозелень в контролируемых условиях с минимальным пространством и ресурсами [13; 88]. Возможность выращивать микрозелень на местном уровне и в течение всего года дает возможность мелким фермерам, городским предпринимателям и общественным садоводам поставлять свежую местную микрозелень на близлежащие рынки и в рестораны.

Более того, спрос на устойчивые и экологически чистые продукты питания создал нишу рынка для органических продуктов

местного производства. Микрозелень с ее коротким циклом выращивания и высокой урожайностью можно выращивать с использованием органических методов и с минимальным воздействием на окружающую среду. Это соответствует запросам потребителей, которые отдают приоритет органическим и экологически чистым продуктам питания, что дает производителям микрозелени потенциальные возможности выделить свою продукцию и выйти на специализированные рынки. Наконец, микрозелень открывает новые возможности в сфере общественного питания, включая отели, кафе и предприятия общественного питания. Их способность улучшать внешний вид и вкус блюд, а также их питательные свойства делают микрозелень привлекательным ингредиентом для этих заведений. Микрозелень можно добавлять в различные блюда, например в бутерброды, роллы, супы и гарниры, придавая меню свежесть и изысканность. Необходимо продолжить научные исследования по изучению последствия включения микрозелени в рацион для смягчения хронических заболеваний, связанных с окислительным стрессом. Следует изучать механизмы, с помощью которых антиоксиданты микрозелени могут оказывать положительное влияние на здоровье, включая уменьшение окислительного повреждения, воспаления и укрепление защитных систем. Эти результаты будут способствовать большему пониманию нами содержания антиоксидантов в микрозелени и ее пользы для здоровья, информируя исследователей, врачей и специалистов по питанию об их потенциале устойчивого диетического продукта.

### Заключение

Результаты проведенного обзора научных исследований подтверждают, что микрозелень является ценным источником антиоксидантов, таких как витамины С и Е, каротиноиды и фенольные соединения. Эти антиоксиданты играют ключевую роль в борьбе с окислительным стрессом и приносят целый ряд преимуществ для здоровья: от здоровья сердечно-сосудистой системы до контроля диабета и потенциальных противораковых эффектов. Однако содержание антиоксидантов может различаться в зависимости от таких факторов, как вид растения, условия окружающей среды и время сбора урожая. Микрозелень имеет широкие перспективы использования в качестве продукта функционального и профилактического назначения, поэтому решающее значение имеет необходимость проведения дальнейших целевых научных исследований. Эти исследования должны

быть сосредоточены на оптимизации методов выращивания, изучении поглощения антиоксидантов и их потенциального применения в функциональных продуктах питания и нутрицевтиках. Продолжающиеся исследования необходимы для полного использования преимуществ микрозелени для здоровья и питания.

### Список литературы

1. Zhang Y., Xiao Z., Ager E., Kong L. & Tan L. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture // *Journal of Future Foods*. 2021. Vol. 1. P. 58–66. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2021.07.001.
2. Tan L., Nuffer H., Feng J., Kwan S.H., Chen H., Tong X., Kong L. Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms // *Food Science and Human Wellness*. 2020. Vol. 9 (1). P. 45–51. DOI: 10.1016/j.fshw.2019.12.002.
3. Bhaswant M., Shanmugam D.K., Miyazawa T., Abe C., Miyazawa T. Microgreens—a comprehensive review of bioactive molecules and health benefits // *Molecules*. 2023. Vol. 28. P. 867. DOI: 10.3390/molecules28020867.
4. Sharma D., Shree B., Kumar S., Kumar V., Sharma S., Sharma S. Stress induced production of plant secondary metabolites in vegetables: functional approach for designing next generation super foods // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022. Vol. 192. P. 252–272. DOI: 10.1016/j.plaphy.2022.09.034.
5. Kumar S., Saini R., Suthar P., Kumar V., Sharma R. Plant secondary metabolites: their food and therapeutic importance // *Plant Secondary Metabolites: Physico-Chemical Properties and Therapeutic Applications* (edited by A.K. Sharma & A. Sharma). 2022. P. 371–413. Singapore: Springer Nature Singaporehttp. DOI: 10.1007/978981-16-4779-6\_12.
6. Arumugam R., Elanchezian B., Samidurai J. & Amirthaganesan K. Comparative antioxidant, antibacterial and phytochemical analysis of roots, stems, leaves and seeds from *Cleome rutidosperma* DC // *Natural Resources for Human Health*. 2022. Vol. 2. P. 479–484. DOI: 10.53365/nrfhh/146009.
7. Choe U., Yu L.L., Wang T.T.Y. The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. Vol. 66. P. 11519–11530. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b03096.
8. Mlinarić S., Piškor A., Melnjak A., Mikuška A., Šrajter Gajdošik M. & Begović L. Antioxidant capacity and shelf life of radish microgreens affected by growth light and cultivars // *Horticulturae*. 2023. Vol. 9. P. 76. DOI: 10.3390/horticulturae9010076.
9. Pinto E., Almeida A.A., Aguiar A.A. & Ferreira I.M.P.L.V.O. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015. Vol. 37. P. 38–43. DOI: 10.1016/j.jfca.2014.06.018.
10. Lenzi A., Orlandini A., Bulgari R., Ferrante A., Bruschi P. Antioxidant and mineral composition of three wild leafy species: a comparison between microgreens and babygreens // *Food*. 2019. Vol. 8. P. 487. DOI: 10.3390/foods8100487.
11. Kowitcharoen L., Phornvillay S., Lekham P., Pongprasert N., Srilaong V. Bioactive composition and nutritional profile of microgreens cultivated in Thailand // *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. P. 7981. DOI: 10.3390/app11177981.
12. Пашкевич А.М., Рупасова Ж.А., Чайковский А.И. и др. Генотипические особенности биофлавоноидного комплекса микрозелени гороха овощного // *Экологические системы и приборы*. 2023. № 3. С. 14–20. DOI: 10.25791/esip.3.2023.1357.
13. Du M., Xiao Z. & Luo Y. Advances and emerging trends in cultivation substrates for growing sprouts and microgreens toward safe and sustainable agriculture // *Current Opinion in Food Science*. 2022. Vol. 46. P.100863. DOI: 10.1016/j.cofs.2022.100863.

14. Шаклеина М.Н., Алалыкин А.А., Соловьева М.С. Оценка содержания витаминов в микрозелени нескольких видов культурных растений // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 165–171. UR L: <http://journal.asu.ru/cw/article/view/9988> (дата обращения: 22.11.2023).
15. Di Gioia F., Renna M. & Santamaria P. Sprouts, microgreens and “baby leaf” vegetables. In: Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables (edited by F. Yildiz & R.C. Wiley) // US, Boston, MA: Springer. 2017. P. 403–432.
16. Turner E.R., Luo Y. & Buchanan R.L. Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: a review // Journal of Food Science. 2020. Vol. 85. P. 870–882. DOI: 10.1111/1750-3841.15049.
17. Ebert A.W. Sprouts and microgreens—novel food sources for healthy diets // Plants (Basel, Switzerland). 2022. Vol. 11. P. 571. DOI: 10.3390/plants11040571.
18. Ikram A., Saeed F., Afzaal M. et al. Nutritional and end-use perspectives of sprouted grains: a comprehensive review // Food Science & Nutrition. 2021. Vol. 9. P. 4617–4628. DOI: 10.1002/fsn3.2408.
19. Lenzi A., Orlandini A., Bulgari R., Ferrante A. & Bruschi P. Antioxidant and mineral composition of three wild leafy species: a comparison between microgreens and babygreens // Food. 2019. Vol. 8. P. 487. DOI: 10.3390/foods8100487.
20. De Falco E., Vitti A., Celano G. & Ronga D. Suitability of on-Farm Green Compost for the Production of Baby Leaf Species // Horticulturae. 2021. Vol. 7. P. 512. DOI: 10.3390/horticulturae7110512.
21. Ronga D., Setti L., Salvarani C. et al. Effects of solid and liquid digestate for hydroponic baby leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 244. P. 172–181. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.09.037.
22. Martínez-Ispizua E., Calatayud Á., Marsal J.I. et al. The nutritional quality potential of microgreens, baby leaves, and adult lettuce: an underexploited nutraceutical source // Food. 2022. Vol. 11. P. 423. DOI: 10.3390/foods11030423.
23. Das M. & Dhar A. Nutritional and functional quality of mustard and coriander greens at different phases of development // Current Research in Nutrition and Food Science Journal. 2023. Vol. 11. P. 153–163. DOI: 10.12944/CRNFSJ.11.1.10.
24. Biró-Janka B., Nyárádi I.-I., Duda M.M., Demeter B. & Nagygyörgy A. Changes in germination parameters of seven sweet basil (*L.*) varieties due to treating with gibberellic and ascorbic acids // Acta Univ. Sapientiae. Agriculture and Environment. 2019. Vol. 11. P. 83–94. DOI: 10.2478/ausae-2019-0008.
25. Bulgari R., Negri M., Santoro P. & Ferrante A. Quality evaluation of indoor-grown microgreens cultivated on three different substrates // Horticulturae. 2021. Vol. 7. P. 7. DOI: 10.3390/horticulturae7050096.
26. Moraru P.I., Rusu T. & Mintas O.S. Trial protocol for evaluating platforms for growing microgreens in hydroponic conditions // Foods. 2022. Vol. 11. P. 1327. DOI: 10.3390/foods11091327.
27. Xu X., Zhang L., Cao X. et al. Cotyledons facilitate the adaptation of early-maturing soybean varieties to high-latitude long-day environments // Plant Cell & Environment. 2021. Vol. 44. P. 2551–2564. DOI: 10.1111/pce.14120.
28. Cao J., Li X., Chen L., He M. & Lan H. The developmental delay of seedlings with cotyledons only confers stress tolerance to *Suaeda aralocaspica* (Chenopodiaceae) by unique performance on morphology, physiology, and gene expression // Front Plant Science. 2022. Vol. 13. P. 844430. DOI: 10.3389/fpls.2022.844430.
29. Dhaka A.S., Dikshit H.K., Mishra G.P. et al. Evaluation of growth conditions, antioxidant potential, and sensory attributes of six diverse microgreens species // Agriculture. 2023. Vol. 13. P. 676. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.3c00040.
30. Miguel M.G. Betalains in some species of the Amaranthaceae family: a review // Antioxidants (Basel, Switzerland). 2018. Vol. 7. P. 53. DOI: 10.3390/antiox7040053.
31. Liubertas T., Kairaitis R., Stasiule L. et al. The influence of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) dietary nitrates on the aerobic capacity of physically active young persons // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2020. Vol. 17. P. 37. DOI: 10.1186/s12970-020-00366-5.
32. Thiviya P., Gamage A., Piumali D., Merah O. & Madhujith T. Apiaceae as an important source of antioxidants and their applications // Cosmetics. 2021. Vol. 8. P. 111. DOI: 10.3390/cosmetics8040111.
33. Chadwick M., Trewin H., Gawthrop F. & Wagstaff C. Sesquiterpenoids lactones: benefits to plants and people // International Journal of Molecular Sciences. 2013. Vol. 14. P. 12780–12805. DOI: 10.3390/ijms140612780.
34. Abdel-Massih R.M., Debs E., Othman L., Attieh J. & Cabrero F.M. Glucosinolates, a natural chemical arsenal: more to tell than the myrosinase story // Frontiers in Microbiology. 2023. Vol. 14. P. 1130208. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1130208.
35. Zeng W., Tao H., Li Y. et al. The flavor of Chinese kale sprouts is affected by genotypic variation of glucosinolates and their breakdown products // Food Chemistry. 2021. Vol. 359. P. 129824. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129824.
36. de la Fuente B., López-García G., Mániz V., Alegría A., Barberá R. & Cilla A. Antiproliferative effect of bioaccessible fractions of four Brassicaceae microgreens on human colon cancer cells linked to their phytochemical composition // Antioxidants (Basel, Switzerland). 2020. Vol. 9. P. 368. DOI: 10.3390/antiox9050368.
37. Silva P.H.S., Filho A.B.C., dos Santos Reis I., Reyes S.M.R. & de Macêdo Cruz M. Nitrogen rates on growth, yield and nitrate foliar content of arugula // Revista Caatinga. 2021. Vol. 34. P. 380–387. DOI: 10.1590/1983-21252021v34n214rc.
38. Silva P.H.S., dos Santos Reis I., Nascimento C.S., Nascimento C.S. & Cecílio Filho A.B. Characterization of growth and visual symptoms of nitrogen, potassium and magnesium deficiencies in arugula // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2021. Vol. 33. P. 575–582. DOI: 10.9755/ejfa.2021.v33.i7.2722.
39. Nandini D.B., Rao R.S., Deepak B.S. & Reddy P.B. Sulforaphane in broccoli: the green chemoprevention! Role in cancer prevention and therapy // Journal of Oral and Maxillofacial Pathology. 2020. Vol. 24. P. 405. DOI: 10.4103/jomfp.jomfp\_126\_19.
40. Calderón Bravo H., Vera Céspedes N., Zura-Bravo L. & Muñoz L.A. Basil seeds as a novel food, source of nutrients and functional ingredients with beneficial properties: a review // Food. 2021. Vol. 10. P. 1467. DOI: 10.3390/foods10071467.
41. Jakowienko P., Wójcik-Stopczyńska B. & Jadcak D. Antifungal activity of essential oils from two varieties of sweet basil (*L.*) // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 2011. Vol. 74. P. 97–106. DOI: 10.2478/v10032-011-0008-4.
42. Joshi R.K. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. (sweet basil) from Western Ghats of north West Karnataka, India // Ancient Science of Life. 2014. V. 33. P. 151–156. DOI: 10.4103/0257-7941.144618.
43. Falowo A.B., Mukumbo F.E., Idamokoro E.M., Afolayan A.J. & Muchenje V. Phytochemical constituents and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on ground beef from Boran and Nguni cattle // International Journal of Food Science. 2019. Vol. 1. P. 2628747. DOI: 10.1155/2019/2628747.
44. Dalal N. & Siddiqui S. Evaluation of effects of chemical treatments on sensory attributes of sunflower microgreens with storage // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2020. Vol. 9. P. 439–443.
45. Aoyama S. & Yamamoto Y. Antioxidant activity and flavonoid content of welsh onion (*Allium fistulosum*) and the effect of thermal treatment // Food Science and Technology Research. 2007. Vol. 13. P. 67–72. DOI: 10.3136/fstr.13.67.
46. Lee S.M., Kim D. & Kim Y.-S. The effects of antioxidants on the changes in volatile compounds in heated welsh on-

- ions (*Allium fistulosum* L.) during storage // *Molecules*. 2022. Vol. 27. P. 2674. DOI: 10.3390/molecules27092674.
47. Chakraborty A.J., Uddin T.M., Matin Zidan B.M.R. et al. *Allium cepa*: a treasure of bioactive phytochemicals with prospective health benefits // *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2022. Vol. (01) 18. P. 4586318. DOI: 10.1155/2022/4586318.
48. Tesfaye A. Revealing the therapeutic uses of garlic (*Allium sativum*) and its potential for drug discovery // *Scientific World Journal*. 2021. Vol. 2021. P. 8817288. DOI: 10.1155/2021/8817288.
49. Hermund D.B. 10-Antioxidant properties of seaweed-derived substances. In: *Bioactive Seaweeds for Food Applications* (edited by Y. Qin) // Cambridge, MA: Academic Press. 2021. P. 201–221.
50. Riveros M.E., Ávila A., Schruers K. & Ezquer F. Antioxidant biomolecules and their potential for the treatment of difficult-to-treat depression and conventional treatment-resistant depression // *Antioxidants*. 2022. Vol. 11. P. 540. DOI: 10.3390/antiox11030540.
51. Sharifi-Rad M., Anil Kumar N.V., Zucca P. et al. Lifestyle, oxidative stress, and antioxidants: Back and forth in the pathophysiology of chronic diseases // *Frontiers in Physiology*. 2020. Vol. 11. P. 694. DOI: 10.3389/fphys.2020.00694.
52. Tan B.L., Norhaizan M.E., Liew W.-P.-P. & Sulaiman Rahman H. Antioxidant and oxidative stress: a mutual interplay in age-related diseases // *Frontiers in Pharmacology*. 2018. Vol. 9. P. 1162. DOI: 10.3389/fphar.2018.01162.
53. Kawata A., Murakami Y., Suzuki S. & Fujisawa S. Anti-inflammatory activity of  $\beta$ -carotene, lycopene and tri-n-butylborane, a scavenger of reactive oxygen species // *InVivo*. 2018. Vol. 32. P. 255–264. DOI: 10.21873/invivo.11232.
54. Jaglan P., Kumar V., Suthar P., Aleena A. & Kumar S. Advances in the profiling and characterization of antioxidants. In: *Bentham Briefs in Biomedicine and Pharmacotherapy Oxidative Stress and Natural Antioxidants* (edited by P. Kaur, R.G. Mehta, R. Tarunpreet, S. Thind & S. Arora) // Sharjah, UAE: Bentham Science Publisher. 2021. P. 171–208.
55. Rudrapal M., Khairnar S.J., Khan J. et al. Dietary polyphenols and their role in oxidative stress-induced human diseases: insights into protective effects, antioxidant potentials and mechanism(s) of action // *Frontiers in Pharmacology*. 2022. Vol. 13. P. 806470. DOI: 10.3389/fphar.2022.806470.
56. Xiao Z., Rausch S.R., Luo Y. et al. Microgreens of Brassicaceae: genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity // *LWT – Food Science and Technology*. 2019. V. 101. P. 731–737. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.076.
57. Alrifai O., Hao X., Liu R., Lu Z., Marcone M.F. & Tsao R. LED-induced carotenoid synthesis and related gene expression in brassica microgreens. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021. Vol. 69. P. 4674–4685. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c00200.
58. Sharma S., Katoch V., Kumar S. & Chatterjee S. Functional relationship of vegetable colors and bioactive compounds: implications in human health // *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2021. Vol. 92. P. 108615. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2021.108615.
59. Ma Z., Du B., Li J., Yang Y. & Zhu F. An insight into anti-inflammatory activities and inflammation related diseases of Anthocyanins: a review of both *in vivo* and *in vitro* investigations // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. P. 11076. DOI: 10.3390/ijms222011076.
60. Böhm V. Vitamin E // *Antioxidants (Basel)*. 2018. Mar 20. Vol. 7(3):44. DOI: 10.3390/antiox7030044.
61. Abaajeh A.R., Kingston C.E. & Harty M.A. Environmental factors influencing the growth and pathogenicity of microgreens bound for the market: a review // *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2023. Vol. 38. e12. DOI: 10.1017/S174217052300008X.
62. Islam M.Z., Park B.-J. & Lee Y.-T. Effect of salinity stress on bioactive compounds and antioxidant activity of wheat microgreen extract under organic cultivation conditions // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 140. P. 631–636. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.090.
63. Lanoue J., St Louis S., Little C. & Hao X. Continuous lighting can improve yield and reduce energy costs while increasing or maintaining nutritional contents of microgreens // *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. P. 983222. DOI: 10.3389/fpls.2022.983222.
64. Santin M., Sciampagna M.C., Mannucci A. et al. Supplemental UV-B exposure influences the biomass and the content of bioactive compounds in *Linum Usitatissimum* L. sprouts and microgreens // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. P. 213. DOI: 10.3390/horticulturae8030213.
65. Puccinelli M., Maggini R., Angelini L.G. et al. Can light Spectrum composition increase growth and nutritional quality of *Linum usitatissimum* L. sprouts and microgreens? // *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. P. 98. DOI: 10.3390/horticulturae8020098.
66. Maina S., Ryu D.H., Cho J.Y. et al. Exposure to salinity and light spectra regulates glucosinolates, phenolics, and antioxidant capacity of *Brassica carinata* L. microgreens // *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. P. 1183. DOI: 10.3390/antiox10081183.
67. Brazaitytė A., Viršilė A., Samuoliene G. et al. Light quality: growth and nutritional value of microgreens under indoor and greenhouse conditions // In: *Acta Horticulturae*. P. 277284. Belgium: International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven.
68. Saleh R., Gunupuru L.R., Lada R., Nams V., Thomas R.H. & Abbey L. Growth and biochemical composition of microgreens grown in different formulated soilless media // *Plants*. 2022. Vol. 11. P. 3546. DOI: 10.3390/plants11243546.
69. Keutgen N., Hausknecht M., Tomaszewska-Sowa M. & Keutgen A.J. Nutritional and sensory quality of two types of cress microgreens depending on the mineral nutrition // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P. 1110. DOI: 10.3390/agronomy11061110.
70. Xiao Z., Luo Y., Lester G.E., Kou L., Yang T. & Wang Q. Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment // *LWT – Food Science and Technology*. 2014. Vol. 55. P. 551–558. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.009.
71. Dalal N., Siddiqui S. & Phogat N. Post-harvest quality of sunflower microgreens as influenced by organic acids and ethanol treatment // *Journal of Food Processing & Preservation*. 2020. Vol. 44. e14678. DOI: 10.1111/jfp.14678.
72. Berba K.J. & Uchanski M. Post-harvest physiology of microgreens // *Journal of Young Investigators*. 2012. Vol. 24. P. 5.
73. Toscano S., Ferrante A., Branca F. & Romano D. Enhancing the quality of two species of baby leaves sprayed with Moringa leaf extract as biostimulant // *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P. 1399. DOI: 10.3390/agronomy11071399.
74. Jaleel C.A., Salem M.A., Hasanuzzaman M. & Nahar K. Plant growth regulator interactions results enhancement of antioxidant enzymes in *Catharanthus roseus* // *Journal of Plant Interactions*. 2010. Vol. 5. P. 135–145. DOI: 10.1080/17429140903377456.
75. Patras A. Effects of development stage and sodium salts on the antioxidant properties of white cabbage microgreens // *Agriculture*. 2021. Vol. 11. P. 200. DOI: 10.3390/agriculture11030200.
76. Brown P. & Saa S. Biostimulants in agriculture // *Front Plant Science*. 2015. Vol. 6. P. 671. DOI: 10.3389/fpls.2015.00671.
77. Toscano S., Romano D. & Patané C. Effect of application of biostimulants on the biomass, nitrate, pigments, and antioxidants content in radish and turnip microgreens // *Agronomy*. 2023. Vol. 13. P. 145. DOI: 10.3390/agronomy13010145.
78. Saleh R., Gunupuru L.R., Lada R., Nams V., Thomas R.H. & Abbey L. Growth and biochemical composition of micro-

- greens grown in different formulated soilless media // *Plants*. 2022. Vol. 11. P. 3546. DOI: 10.3390/plants11243546.
79. Sharma S., Shree B., Sharma D. et al. Vegetable microgreens: the gleam of next generation super foods, their genetic enhancement, health benefits and processing approaches // *Food Research International*. 2022. Vol. 155. P. 111038 DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111038.
80. Senevirathne G.I., Gama-Arachchige N.S., Karunaratne A.M. Germination, harvesting stage, antioxidant activity and consumer acceptance of ten microgreens // *Ceylon Journal of Science*. 2019. Vol. 48. P. 91–96. DOI: 10.4038/cjs.v48i1.7593.
81. Dayarathna N.N., Gama-Arachchige N.S., Damunupola J.W. et al. Effect of storage temperature on storage life and sensory attributes of packaged mustard microgreens // *Life*. 2023. Vol. 13 (2). P. 393 DOI: 10.3390/life13020393.
82. Mordor Intelligence™ Industry Reports. Microgreens market size & share analysis – growth trends & forecasts (2023–2028). 2023.
83. Gupta A., Sharma T., Singh S.P., Bhardwaj A., Srivastava D. & Kumar R. Prospects of microgreens as budding living functional food: breeding and biofortification through OMICS and other approaches for nutritional security // *Frontiers in Genetics*. 2023. Vol. 14. P. 1053810. DOI: 10.3389/fgene.2023.1053810.
84. Dereje B., Jacquier J.-C., Elliott-Kingston C., Harty M. & Harbourne N. Brassicaceae microgreens: phytochemical compositions, influences of growing practices, postharvest technology, health, and food applications // *ACS Food Science & Technology*. 2023. Vol. 3. P. 981–998. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.3c00040.
85. Alloggia F.P., Bafumo R.F., Ramirez D.A., Maza M.A. & Camargo A.B. Brassicaceae microgreens: a novel and promising source of sustainable bioactive compounds // *Current Research in Food Science*. 2023. Vol. 6. P. 100480 DOI: 10.1016/j.crf.2023.100480.
86. Huang H., Jiang X., Xiao Z. et al. Red cabbage microgreens lower circulating low-density lipoprotein (LDL), liver cholesterol, and inflammatory cytokines in mice fed a high-fat diet // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Vol. 64. P. 9161–9171. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b03805.
87. Truzzi F., Whittaker A., Roncuzzi C., Saltari A., Levesque M.P., Dinelli G. Microgreens: functional food with antiproliferative cancer properties influenced by light // *Foods (Basel, Switzerland)*. 2021. Vol. 10. P. 1690. DOI: 10.3390/foods10081690.
88. Oh S. & Lu C. Vertical farming – smart urban agriculture for enhancing resilience and sustainability in food security // *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2023. Vol. 98. P. 133–140. DOI: 10.1080/14620316.2022.2141666.

УДК 504.53:631.47:631.445

## СОЛЕВОЙ СОСТАВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

<sup>1</sup>Холдаров Д.М., <sup>2</sup>Собиров А.О., <sup>2</sup>Касимова Х.Х., <sup>3</sup>Холдарова М.М.

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимических исследований, Ташкент;*

<sup>2</sup>*Ферганский политехнический институт, Фергана;*

<sup>3</sup>*Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: davronbek.xoldarov@yandex.ru*

Расположение геохимических соединений в карбонатно-гипсовых засоленных почвах пустынной зоны Ферганской долины в пространстве и времени, а также в профиле почв по отдельности по условиям их формирования отличаются от других регионов Узбекистана (Мирзачул, Джизакская пустыня, Зеравшанская и Вахшская долины). По происхождению, морфологическому строению, галохимическому составу, водно-физическим свойствам и мелиоративным свойствам широко распространенные в Центральной Фергане гипсовые, арзык-шоховые, шох-арзыкские почвы выделяются в отдельную карбонатно-гипсовую геохимическую почвенную провинцию. Установлена историческая целостность и непрерывность процессов солеобразования в районе долины. Накопление солей и геохимических соединений является результатом сложного комплекса древних и современных процессов, оно формировалось на протяжении многих веков геологических периодов. Генезис, эволюция и геохимия засоленных почв, в том числе солончаков, весьма разнообразны. Одной из них, и самой важной, является материнская порода, распространенная в условиях сухого климата и содержащая различные типы мигрирующих солей. Это заставляет соли в верхнем слое почвы перемещаться из одного места в другое в виде мелкой пыли под воздействием ветра или осадков.

**Ключевые слова:** Ферганская долина, Центральная Фергана, солончак, провинция, сульфат, карбонат

## SALT CONTENT OF SALINE SOILS IN FERGHANA VALLEY

<sup>1</sup>Khodarov D.M., <sup>2</sup>Sobirov A.O., <sup>2</sup>Kasimova Kh.Kh., <sup>3</sup>Khodarova M.M.

<sup>1</sup>*Institute of Soil Science and Agrochemical Research, Tashkent;*

<sup>2</sup>*Fergana Polytechnic Institute, Fergana;*

<sup>3</sup>*Fergana State University, Fergana, e-mail: davronbek.xoldarov@yandex.ru*

The location of geochemical compounds in the carbonated-gypsum saline soils of the Fergana Valley desert region in space and time, as well as in the profile of soil soils, is uniquely and appropriately stratified, and the conditions of their formation are different from such alternative and similar regions of our Republic (Mirzachol, Jizzakh desert, Zarafshan and Vakhsh valleys). According to the origin, morphological structure, halochemical composition, water-physical properties and melioration properties of the gypsum, arzyc-shokh and shokh-arzyc soils widely distributed in the Central Fergana region, they are divided into a separate carbonate-gypsum geochemical soil province. The historical integrity and continuity of the salt formation processes in the valley area have been determined. The accumulation of salts and geochemical compounds is the result of the complex of ancient and modern processes and has been formed over many centuries of geological periods. The genesis, evolution, and geochemistry of saline soils, including alkaline soils, are very diverse. One of them, and the most important, is the parent rock, which is distributed in dry climates and contains various types of migrating salts. It causes salts in the top layer of soil to move from one place to another in the form of fine dust by wind or as a result of atmospheric precipitation.

**Keywords:** Ferghana Valley, Central Ferghana, alkaline soils, province, sulfate, carbonate

Научное исследование генезиса, эволюции и геохимических свойств засоленных луговых сазовых почв и солончаков, распространенных в Ферганской долине, является одной из актуальных проблем.

В мире насчитывается более 833 млн га засоленных земель, что составляет 8,7% земной поверхности. Засоленные почвы распространены в основном в странах с сухим климатом, в Пакистане, Индии, Китае, США, Средней Азии, Южной Америке, Африке, Австралии на больших площадях, а также среди незасоленных почв в виде пятен более мелкими массивами. Засоленные почвы на территории СНГ составляют 52,3 млн га, или 2,4% всех почв по площади. Более половины орошаемых площадей Средней Азии, Южного Казахстана, около 75–80% орошаемых земель имеют разную степень засоления.

Цель исследования – изучение содержания солей и их миграции в орошаемых почвах и солончаках с разной степенью засоления, распространенных в пустынной зоне Ферганской долины.

### Материалы и методы исследования

Полевые почвенные исследования проводились на основе морфологического метода Докучаева, сравнительно-географического метода исследования. Анализы выполнялись общепринятым методом, описанным в руководствах СоюзНИХИ [1], Е.В. Ариушкиной [2]. Полученные результаты были проанализированы математически и статистически на основе методического пособия Б.А. Доспехова [3], использована компьютерная техника последних версий электронных таблиц, графиков и программ Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

Изучение состава и количества карбонатов и сульфатных солей в почвах, распространенных в Центральной Фергане, входящей в состав пустынной области Ферганской долины, имеет большое теоретическое и практическое значение. Эти соли обладают способностью активно перемещаться по почвенному профилю и в результате своего перемещения накапливаться на определенных глубинах.

А.Ф. Миддендорф в своей работе представил первую классификацию почв Ферганской долины: «галечниковая пустыня», «солончаковая пустыня», «песчаная пустыня», «лёссовая» и несколько гумусовых выделений, различных по условиям сельскохозяйственного использования и урожайности, дал сравнительную оценку почв. Плодородные почвы Туркестана он приравнял к черноземам. А.Ф. Миддендорф, дав естественно-историческую характеристику Ферганской долины, упомянул о наличии засоленных почв. В этих районах роль минерализованных грунтовых вод, расположенных вблизи поверхности земли, в протекании этих процессов была научно доказана в основном тем, что эти воды находились под сильным давлением [4].

В работе В.А. Ковда даны сведения о солевом режиме засоленных почв Ферганской области, составе и динамике солей в почвенных растворах.

Почвенный покров Ферганской долины М.А. Панков разделил на 7 геоморфологических и 13 почвенных районов. Даны характеристики почвенного покрова, механического состава, засоленности и почвообразующих пород, параметров подземных грунтовых вод, малых геоморфологических районов внутри почвенных регионов. Кроме того, он высказал мнение о почвах Центрально-Ферганской пустынной зоны, которые могут быть освоены в будущем, и мелиоративных мероприятиях по их освоению.

В 1978–1988 гг. М. Мухаммаджоновым и П. Бесединым были проведены опыты по улучшению мелиоративного состояния плодородных и загипсованных почв Ферганской долины, то есть возделыванию сельскохозяйственных культур путем глубокого рыхления.

М.У. Умаров, изучая физические, физико-механические свойства почв Центральной Ферганы, подчеркивает наличие между 70–120 см плотных непроницаемых слоев, и этот слой отрицательно влияет на физические свойства почв.

Изменения почв Центральной Ферганы под влиянием орошения были подробно изучены А. Махсудовым в 1969–1979 гг.

П.Н. Беседин, К.Ш. Шадманов, Г.Ю. Юлдашев проводили исследования по орошению засоленных орошаемых почв Центральной Ферганы минерализованными водами. Она составляет 3,5–4,0 г/л для полива лугово-сазовых, почв тяжелого механического состава и чередования поливов арыковой водой для предотвращения увеличения поглощенного натрия в почве, доказано, что можно использовать для промывки солей и орошения 4–6 г/л минерализованную воду для лугово-сазовых почв легкого механического состава [5].

Генезис малопродуктивных арзыковых, шоховых и гипсовых почв на территории Центральной Ферганы изучен В.Ю. Исмаиловым [6, 7]. По природно-историческим условиям арзыковые, шоховые и гипсовые почвы Центральной Ферганы представляют собой отдельную почвенно-геохимическую провинцию, в их формировании велика роль тектонических и денудационных движений земной коры, накопления натрия, магния, кальция и других элементов в почве под влиянием подземных и поверхностных вод. В результате было показано, что в почвенных покровах района появились разной степени засоленности гипсовые, глинистые и арзыковые слои.

Соли в основном представлены сернокислыми и хлоридными кальцием, магнием и натрием. В исследованных авторами солончаках природного и антропогенного генезиса основная масса солей представлена в виде  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{MgSO}_4$ , далее идут  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  [8, 9].

В процессе изучения свойств шоховых, гипсовых почв, распространенных в северных частях Центральной Ферганы и конуса-выноса Шохимарданская и Исфайрамская, в почвах, где грунтовые воды залегают в среднем глубже 2,5–3,0 м, установлено, что карбонаты кальция и магния в нижних частях и средних частях накапливается гипс, часто в виде арзыка [10].

Орошаемые земли Центральной Ферганы зачастую обладают слабой естественной и недостаточной искусственной дренажностью, в связи с чем почвы подвержены засолению в различной степени. В настоящее время среди орошаемых почв, подверженных засолению, в том числе средне, сильно и очень сильнозасоленные составляют 26,8% [11–13].

Накопление солей в почвах Ферганской области происходило за счет  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и гипса ( $\text{CaSO}_4$ ). Чем суше климат, тем быстрее в почве накапливаются соли. По мере при-



ближения грунтовых вод к поверхности накопление солей также увеличивается в областях с высокими испаряющими свойствами (особенно в пустынных регионах). В Центральной Фергане 1000–1500 мм над землей в год. 1–1,5 т/га в результате испарения под воздействием слабоминерализованной воды (около 0,5 г/л). соль накапливается, т.е. остается в почве [14].

Вопросы, связанные с засолением почв, подробно изучались в исследованиях, проведенных многими зарубежными учеными, которые высказали мнения о причинах засоления почв и составе солей, вызывающих засоление, а также о мерах по снижению засоления почв.

Российские ученые проводили исследования климатических изменений свойств засоленных гидроморфных почв в бассейне озера Неро за последние 30–40 лет. Исследователи изучили рН почвы и содержание органического углерода, карбоната кальция и растворимых солей [15].

Исследования в Китае показали, что сочетание соломы и внесения неорганического азота является эффективной стратегией улучшения прибрежных засоленных почв. Разложение соломы способствовало формированию и устойчивости агрегатов засоленной почвы. Внесение соломы и неорганического азота эффективно снижает засоление почвы [16, 17].

Содержание соли в сильно засоленных почвах в Синьцзяне, Китай, контролировалось в течение семи лет подряд с использованием технологии быстрого измерения электромагнитной индукции (ЭМИ). Было обнаружено, что в сочетании с сельскохозяйственными культурами орошение с искусственным дренажем и изоляция солей в корневой зоне эффективно снижает засоленность почвы в пахотном слое [18].

Научные исследования, проводимые в этом направлении, продолжают и сегодня многими исследователями [19–21].

Высокий уровень карбонизации почвы увеличивает ее буферную способность, создавая постоянную слабощелочную среду. Эти соли, т.е.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , непрерывно поставляют и насыщают почвенный поглощающий комплекс Са и Mg. Таким образом, карбонаты и сульфаты Са и Mg в почвенном разрезе имеют важное генетическое значение и влияют на эффективность внесения в почву фосфорных удобрений, в том числе принимая участие в переходе фосфора из легкоподвижных в труднорастворимые формы. С.Н. Рыжов по их данным, карбонаты Са и Mg участвуют в цементации (уплотнении) почвенных

агрегатов и агрегатообразовании. Г.И. Оловянишников, Д.М. Кугучков в их работе было доказано, что эти соли накапливаются в почве на разных уровнях и вызывают карбонатное засоление.

Участие  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , наряду с  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и двойными солями в формировании почв Центральной Ферганы подробно изучено в [5]. Также отмечено обилие гипса,  $\text{MgSO}_4$  и доломита в арзиковых-солончаковых почвах пустынной зоны [6].

На пониженных элементах рельефа в условиях близкого залегания грунтовых вод к поверхности, где они по капиллярам могут подниматься до корнеобитаемого слоя и выше, формируются супераквальные ландшафты. В наших условиях супераквальный ландшафт расположен как биогеохимическая провинция в пустынной зоне Ферганской долины [22].

Постоянное залегание поливных наносов в орошаемых лугово-сазовых почвах, т.е. их оседание на почве, а также их выдувание с помощью ветров, поступление и уход через грунтовых воды, также влияет на количество и баланс сульфатных и карбонатных солей Са и Mg в почве. В то же время, если посмотреть на распределение содержания гипса по сечению почвы, то из таблицы видно, что оно возрастает по направлению к нижним слоям к средней части почвенного профиля, а затем в определенной степени уменьшается. Эта особенность характерна для лугово-сазовых почв Центральной Ферганы.

Хотя количество гипса в пахотном и подпахотном слоях мало изменяется, это соответствует периоду освоения почв, т.е. количество гипса в пахотном и подпахотном слоях староорошаемых лугово-сазовых почв составляет около 2,5–8,10%, тогда как во вновь возделываемых и вновь орошаемых группах этот показатель составляет 3,6–11,2%. Это изменение, безусловно, связано с преемственностью антропогенного воздействия, если смотреть на показатель, то количество гипса составляет 18–27%.

В средней части почв исследуемых территорий (в горизонте «В») накапливается 20–27% гипса. Этот горизонт скорее всего реликтовое. Этот горизонт особенный и был выделен большинством ученых. В этом слое также много  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ .

Причиной этого является относительно хорошая растворимость соли  $\text{MgSO}_4$ , которая накапливается в этом слое при промывке солей и процессах орошения. Положительная корреляция ( $t = 0,53–0,95$ ) наблюдается между количествами гипса и эпсомита в почве. Ошибка коэффициента корреляции составляет от  $\pm 0,2$  до  $\pm 3,86$ .

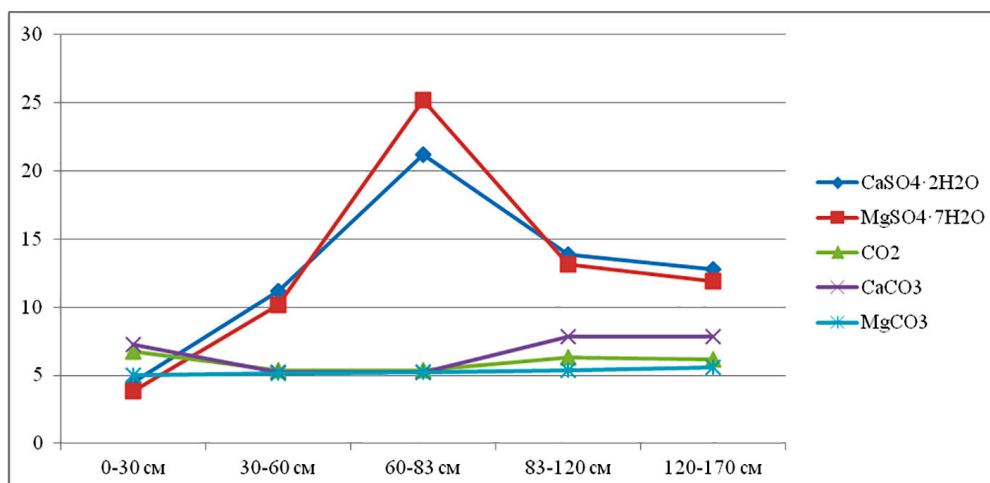


Рис. 1. Распределение солей в новоосвоенных луговых сазовых почвах, %

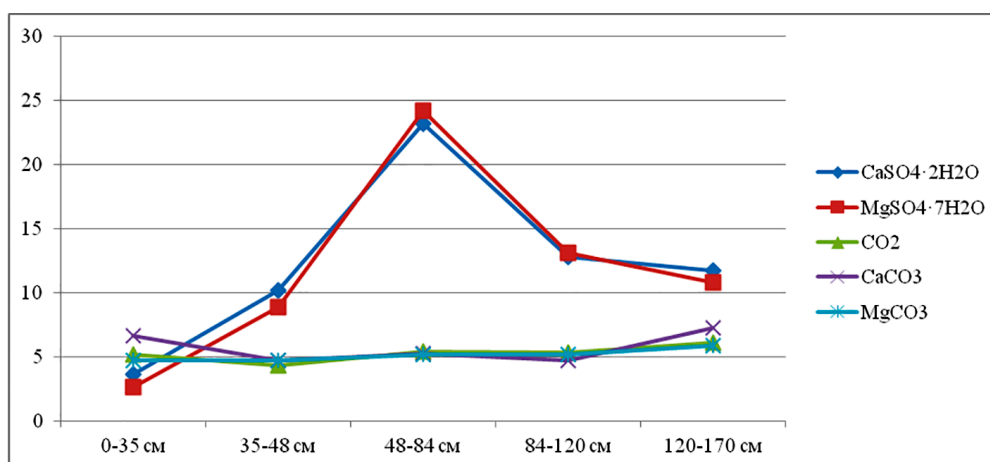


Рис. 2. Распределение солей в новоорошаемых луговых сазовых почвах, %

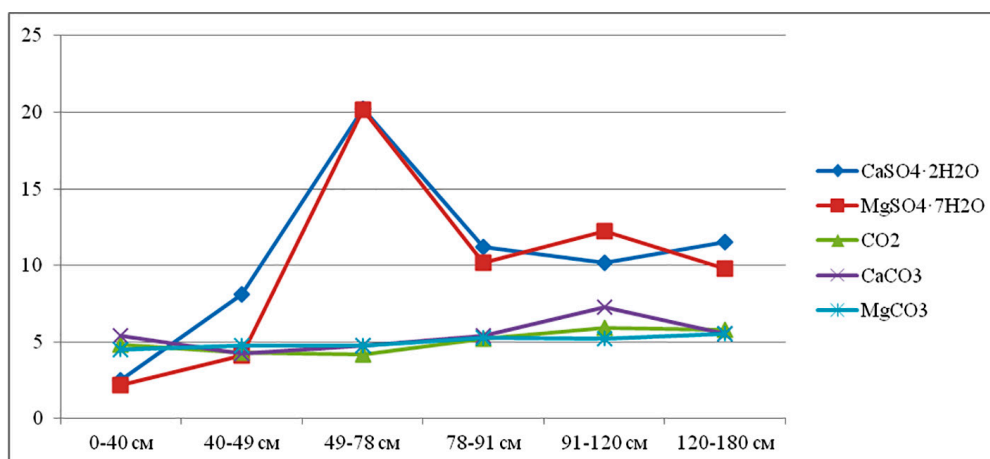


Рис. 3. Распределение солей в староорошаемых луговых сазовых почвах, %

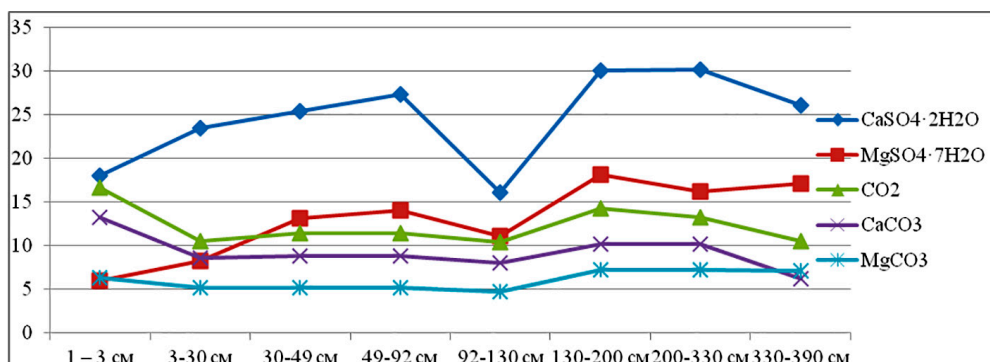


Рис. 4. Распределение солей в солончаках, %

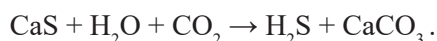
Среднее количество карбонатов (CO<sub>2</sub>) в орошаемых почвах составляет 4–6% и практически равномерно распределено по профилю поперечного сечения. Это особенность относится и к CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, а наличие повышенных количеств MgSO<sub>4</sub> и MgCO<sub>3</sub> в исследованных почвах свидетельствует о наличии отдельной магниевой геохимической провинции (рис. 1–4).

Однако корреляция между CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub> положительная и низкая, 0,21–0,48. В этом случае ошибка коэффициента корреляции (mr) равна 0,34.

В территории Центральной Ферганы, относящейся к пустынному району Ферганской долины, грунтовые воды минерализованы (сульфатные, гидрокарбонатные) и расположены близко к поверхности земли. Гипс и карбонаты находятся в слое «В», т.е. 60–100 см, образует осадок. Эта особенность особенно хороша у испарительных барьеров: по данным М.А. Глазовской, они могут накапливать до 25–30% карбонатов.

Чем больше в почвенном растворе солей Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaCl (в исследованиях авторов достаточно Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), тем несколько увеличивается растворимость карбонатов, и в виде бикарбонатов они достигают верхних слоев земли и за счет потери их вода при высоких температурах выпадает в осадок в соли CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, можно согласиться с выводом, что в пахотном слое появляются карбонаты.

По имеющимся данным, количество карбонатов в соленых корках составляет 10–20%. Наши наблюдения подтверждают это число (16%). Биогенная известь в исследованных почвах встречается очень редко, если она и присутствует, то может образовываться при сульфатредукции серы в гипсе следующим образом:



По данным М.А. Глазовской, этот процесс наблюдается у солончаков [23].

Процессы образования почвенных карбонатов сложны, к ним относятся и карбонаты микроэлементов, то есть в карбонатном слое накапливаются такие микроэлементы, как Cu, Sn, Rb, Mn, Hg, Zn [24, 25].

В заключение следует отметить, что орошаемые лугово-сазовые почвы на территории Центральной Ферганы относятся к пустынной области Ферганской долины, бедны гумусом и питательными веществами, умеренно засолены, среднее количество вредных (ядовитых) солей в них составляет 0,6–0,7%. С увеличением периода орошения количество этих солей уменьшается до 0,25–0,40% в староорошаемых почвах. Богат гипсом и карбонатами. MgSO<sub>4</sub> занимает ведущее место в составе солей, что свидетельствует о существовании особой провинциальности. Верхний слой новоорошаемых почвах слабо солонцеватый (5–7% по отношению к поглотительной способности поглощенного Na), остальные слои, и ново-, и староорошаемые, не солонцеватые. Адсорбция катионов ТСК в орошаемых почвах зависит от их ионного радиуса.

#### Список литературы

1. Методы агрофизических исследований почв Средней Азии. Ташкент: СоюзНИХИ, 1973. 132 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 488 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Миддендорф А.Ф. Очерки Ферганской долины. СПб., 1882. 605 с.
5. Беседин П.Н., Шадманов К.Ш., Юлдашев Г.Ю. Почвенный покров опытного участка СоюзНИХИ в совхозе «Правда» / Приемы освоения эродированных почв Центральной Ферганы: сб. науч. тр. Ташкент, 1979. С. 15–35.
6. Исаков В.Ю., Юсупова М.А., Хошимов А.Н. Геоэкология и химические свойства песчаных почв Ферганской долины // Ученый XXI века. 2016. № 1 (14). С. 3–6.
7. Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б. Особенности характеристики почв песчаных массивов Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 1. С. 15–19.
8. Юлдашев Г., Исагалиев М., Азимов З., Мамажонов И. Запас и качество воднорастворимых солей в природных

- и вторичных солончаках Ферганской долины // Живые и биокосные системы. 2023. № 43. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-43-2. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-43/article-2/> (дата обращения: 12.12.2023).
9. Юлдашев Г., Исагалиев М.Т., Безуглова О.С. Изменение состава поглощенных оснований почв пустынь как индикатор их эволюции // Живые и биокосные системы. 2018. № 26. DOI: 10.18522/2308-9709-2018-26-3. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-26/article-3> (дата обращения: 12.12.2023).
10. Мирзаев У.Б., Умаркулова Б.Н. Влияние антропогенного фактора на эволюцию орошаемых арзык-шоховых почв // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 2. С. 5–9.
11. Исмонов А.Ж., Абдурахмонов Н.Ю., Каландаров Н.Н. Почвы Центральной Ферганы и их изменение при орошении // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. № 3. С. 12–17.
12. Турдалиев Ж.М., Мансуров Ш.С., Ахмедов А.У., Абдурахмонов Н.Ю. Засоленность почвогрунтов и грунтовых вод Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 2. С. 10–15.
13. Каландаров Н.Н. Состояние гидроморфных почв северной части Центральной Ферганы и их изменение под влиянием антропогенного фактора: автореф. дис. ... докт. философии (PhD) по биол. наукам. Ташкент, 2019. 45 с.
14. Холдаров Д.М., Собиров А.О. О биомикроэлементном составе засоленных почв и растений // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 4. С. 78–82.
15. Simonova J., Rusakov A., Ryumin A., Mirin D., Lemeshko N., Popov A., Rusakova E. The response of salt-affected hydromorphic soils of the Nero Lake basin to the recent climate change within the Upper Volga Region, Russia // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 207. P. 104871. DOI: 10.1016/j.still.2020.104871.
16. Xie W., Chen Q., Wu L., Yang H., Xu J., Zhang Y. Coastal saline soil aggregate formation and salt distribution are affected by straw and nitrogen application: A 4-year field study // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 198. P. 104535. DOI: 10.1016/j.still.2019.104535.
17. Su X., Wang Y., Wang G., Zhang Y., Gong X., Jun Y., Gou F., Lyu H. Assessment and prediction of coastal saline soil improvement effects combining substrate amendments and salt barrier materials in typical region of the Yangtze River Delta // Soil and Tillage Research. 2022. Vol. 223. P. 105483. DOI: 10.1016/j.still.2022.105483.
18. Shi X., Wang H., Song J., Lv X., Li W., Li B., Shi J. Impact of saline soil improvement measures on salt content in the abandonment-reclamation process // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 208. P. 104867. DOI: 10.1016/j.still.2020.104867.
19. Upadhyay S.K., Chauhan P.K. Optimization of eco-friendly amendments as sustainable asset for salt-tolerant plant growth-promoting bacteria mediated maize (*Zea Mays* L.) plant growth, Na uptake reduction and saline soil restoration // Environmental Research. 2022. Vol. 211. P. 113081. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113081.
20. Batistão A.C., Holthusen D., Reichert J.M., Portela J.C. Soil solution composition affects microstructure of tropical saline alluvial soils in semi-arid environment // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 203. P. 104662. DOI: 10.1016/j.still.2020.104662.
21. Sundha P., Basak N., Rai A.K., Yadav R.K., Sharma P.Ch., Sharma D.K. Can conjunctive use of gypsum, city waste composts and marginal quality water rehabilitate saline-sodic soils? // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 200. P. 104608. DOI: 10.1016/J.STILL.2020.104608.
22. Холдаров Д.М., Шодиев Д.А., Райимбердиева Г.Г. Геохимия микроэлементов в элементарных ландшафтах пустынной зоны // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 3 (100). С. 77–81.
23. Глазовская М.А. Почвы мира. М., 1972. Т. 1. 230 с.
24. Холдаров Д.М., Собиров А.О. Коэффициент биологической поглощаемости растений в засоленных почвах и солончаках // Universum: Химия и Биология. 2021. Ч. 1. № 1 (79). С. 23–25.
25. Kholdarov D., Urmanov S., Sobirov A., Turdimatova G. Migration of microelements in soils of Ferghana valley and advantages of using them // Science and innovation. 2023. Vol. 2, Is. 1. P. 108–114. DOI: 10.5281/zenodo.7558418.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 577.322.5:616.1

**ФАКТОРЫ РИСКА НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ  
В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ КАРДИООНКОЛОГИИ**

**Максименко А.В.**

*Институт экспериментальной кардиологии имени академика В.Н. Смирнова  
ФГБУ «Национальный исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, e-mail: alex.v.maks@mail.ru*

Растущее влияние на здоровье человека современных факторов риска неинфекционных заболеваний выдвигает на ведущие места по распространенности и показателям летальности кардиологические и онкологические патологии. Совместное присутствие и развитие в организме их патологических процессов, взаимное воздействие этих патологий на метаболизм организма обуславливают и способствуют формированию новой области медицины – кардиоонкологии, обоснованному составлению заметной когорты кардиоонкологических пациентов. Появилась концепция экспозома, подразумевающая возможности многократного воздействия на здоровье пациентов разнообразных факторов риска неинфекционных заболеваний. Изучение экспозома с учетом пожизненных эффектов всех воздействий на здоровье привело к построению и развитию концепции окружающей среды с перспективой, что ее факторы риска, а не классические будут характеризоваться как факторы риска нашего будущего и их влияние на здоровье человека продолжает возрастать. Стрессоры окружающей среды, нездоровое поведение (курение, малоподвижный образ жизни) и классические факторы риска (гипертония, диабет, ожирение) вызывают сходные патомеханизмы, способствующие появлению аддитивных синергических эффектов, ведущих к более выраженному развитию и более быстрому прогрессированию неинфекционных заболеваний. Такой прогноз акцентирует внимание и исследовательские усилия на изучении и разработке новых терапевтических средств кардиоонкологического назначения на основе данных метаболизма гликозаминогликанов, имеющих довольно высокую и продуктивную исследовательскую перспективу.

**Ключевые слова:** современные факторы риска неинфекционных заболеваний, кардиоонкология, концепция экспозома, концепция окружающей среды, естественная, социальная и личные среды воздействия на здоровье, сосудистая проходимость, новообразования

**RISK FACTORS OF NON-COMMUNICATIVE IN LINKAGE  
AND DEVELOPMENT OF CARDIOONCOLOGY**

**Maksimenko A.V.**

*V.N. Smirnov Institute of experimental cardiology E.I. Chazov National Medical Research Center  
of Cardiology, Ministry of Health Care of Russian Federation, Moscow, e-mail: alex.v.maks@mail.ru*

The contemporary risk factors of non-communicable diseases have the grooving influence on human health and advance the cardiovascular and oncological pathologies on the leading positions (according to morbidity index and death rate). Their cooperative presence and development in organism, mutual effect on its metabolism contribute the formation of the modern medicine area – cardiooncology, the composition of cardioocological patient cohort. The investigation of medicative effect on glycosaminoglycan metabolism aid the decrease and blockade of such injuries. The study of ‘exposome’ with multiexposure effects on human health has contributed to the creation ‘envirome’ concept, that future environmental stressors rather than classical/traditional risk factors are defined as the risk factors of the future. The partakers of hyaluronan family are active for progress of endothelial dysfunction, growth of tumors, metastasis and angiogenesis. Targeting pharmacological correction of hyaluronan metabolism and others partakers of its family may become efficacious for treatment of cardiovascular pathologies. For this aim the preparations of substitutive therapy (as sulodexide or albumin) are used and the controlled destruction of hyaluronan with enzyme activity of hyaluronidase also.

**Keywords:** modern risk factors for non-communicable diseases, cardio-oncology, exposome concept, environmental concept, natural, social and personal environments affecting health, vascular patency, neoplasms

Возникновение и развитие новых областей медицины отличает определение лимитирующих размеры поражения патологических процессов, своевременность их диагностического установления, поиск новых терапевтических средств. Увеличение воздействия на здоровье человека современных факторов риска неинфекционных заболеваний обуславливают значимость изысканий в указанных биомедицинских областях. Все чаще особенностью эпиде-

миологических рассматриваний сегодняшнего дня становятся последствия наших обыденных и повседневных привычек, проступков и действий (порой с нейтральным или вредным влиянием). Относится ли употребление вина, шоколада, кофе к запрещенным удовольствиям [1, 2]? В этом отношении настоятельно рекомендуется умеренное потребление вина, а шоколад темных или горьких сортов остается радостью для нашей сердечно-сосудистой системы,

тогда как регулярное употребление/питье кофе (до четырех чашек в день) может даже иметь защитное действие. Имеются уточненные данные, что снижение риска сердечно-сосудистых событий (таких как инфаркт миокарда) может быть связано с умеренным употреблением алкоголя, а риск раковой патологии, напротив, проявляет тенденцию к его росту [3]. Этот вопрос до сих пор предстает предметом острых научных дискуссий. При умеренном потреблении алкоголь характеризуется специфическим метаболизмом с начальным функционированием алкогольдегидрогеназы, а затем ацетальдегидрогеназы, образуя в качестве конечного метаболита ацетат. Более высокие уровни потребления алкоголя активируют индуцируемый метаболический механизм (печеночную микросомальную окислительную систему), генерирующую активные формы кислорода, усиливающие развитие окислительного стресса. Поддерживаемое в течение длительного времени избыточное употребление алкоголя ассоциируется с широко и хорошо известным рядом вредных воздействий на организм. Алкоголь классифицируется Международным агентством по изучению рака как канцероген для человека [3]. При умеренном его потреблении снижение сердечно-сосудистых рисков, вероятно, преобладает над увеличением риска новообразований. Во всяком случае, никто, однако, не должен употреблять алкогольные напитки по состоянию здоровья. Противоположная направленность связи между потреблением алкоголя и сердечно-сосудистыми, как и онкологическими событиями с сопряжением этой связи с показателем смертности от всех причин остается сложным предметом горячих научно-медицинских обсуждений. Установление факта (вместе с приведенными выше данными), что заметная частота добавления соли (хлорида натрия – NaCl) в пищу связана с более высоким риском преждевременной смертности от всех причин и более низкой продолжительностью жизни [4, 5], подчеркнуло (как и рекомендация меньше потреблять калорий и своевременно питаться (в нужное время) [6]), что к традиционным факторам риска сердечно-сосудистых заболеваний (сахарный диабет, артериальная гипертензия, курение, гиперхолестеринемия, генетическая предрасположенность) добавляются физико-химические факторы окружающей среды (загрязнение воздушных масс, почвы, воды, шумовое воздействие, изменение климата (экстремальная жара, бури в пустыне, лесные пожары), искусственное освещение в ночное время) [7], увеличивая воздействие на здоровье человека. В итоге

неинфекционные заболевания превращаются в основную причину болезней, обуславливая 70% смертности. Для составления представленного обзора полученных данных было проанализировано 48 статей за последние 7 лет с использованием баз данных PubMed, MedLine, SpringerLink, Cyberleninka, Elibrary.

Целью настоящего обзорного изложения стало последовательное рассмотрение традиционных факторов риска неинфекционных заболеваний и современных факторов риска с определением изменения их динамического соотношения во влиянии на здоровье человека в настоящее и будущее время.

#### *Формирование кардиоонкологии*

Растет встречаемость сочетанных сердечно-сосудистых и онкологических патологий, составляющих основу для развития кардиоонкологии. С консервативных и односторонних позиций сама коморбидность не служит обоснованием для выделения новой медицинской дисциплины (должно ли любое сочетание нарушений в организме рассматриваться как самостоятельное направление). Однако возникновение и место кардиоонкологии отмечалось уже ранее в ряде сообщений международной и отечественной печати [8, 9]. В составленном группой экспертов заключении [10] последовательно указывается, что проведение онкологического лечения вызывает порой сердечно-сосудистые осложнения, названные кардиотоксичностью, оказавшиеся главной причиной смертности у онкологических пациентов, не связанной с заболеванием раком. Неуклонный рост количества таких больных во всем мире с их активной противораковой терапией сопряжен с увеличением и без того высокого риска различных сердечно-сосудистых осложнений. Успешное лечение онкологических заболеваний привело не только к увеличению выживаемости страдающих ими пациентов, но и отдаленному росту их летальности (напрямую не связанной с онкологическими причинами) из-за различных сердечно-сосудистых осложнений после химиотерапии, таргетной и лучевой терапии. В таких обстоятельствах ранняя диагностика, первичная и вторичная профилактика кардиотоксического действия химиотерапевтических препаратов стала важным условием улучшения прогноза у онкологических больных. Наряду с этим значимая актуальность контроля состояния кардиотоксичности в терапии рака подчеркивается появлением связанных с лечением аритмий, миокардита, коронарного спазма, сердечной недостаточности, гипертонии и тромбоза [11]. Кардиозащитным вмеша-

тельством при этом становится дистанционное ишемическое кондиционирование (remote ischaemic conditioning – RIC). Оно предстает не только средством, повышающим уровень выживания и защиты органов от ишемии/реперфузии, но и сохранения раковых клеток с продвижением их развития. Здесь уместно и весомо упомянуть порой антагонистическую направленность кардиопротекторных стратегий и некоторых методов лечения рака, воздействующих на факторы роста, цитозольные протеинкиназы, факторы транскрипции, митохондриальную функцию и ангиогенез (не будет ли отмеченное противодействие затруднять проявление эффектов терапии разного вида?). Такие данные указывают на необходимость и полезность проведения исследований кардиопротекции доклинически и клинически у пациентов с раком (особенно с использованием дистанционного ишемического кондиционирования – RIC) [11]. Следует отметить решающее значение раннего выявления субклинической дисфункции миокарда для профилактики наиболее грозного сердечно-сосудистого осложнения химиотерапии – хронической сердечной недостаточности. Обнаружение выраженного снижения фракции выброса левого желудочка после химиотерапии предстает лишь поздним предиктором необратимых изменений в виде токсической кардиомиопатии и клинически выраженной быстро прогрессирующей хронической сердечной недостаточности. С учетом зарубежного опыта можно уверенно утверждать, что для реальных успехов в разработке единой стратегии профилактики, диагностики и лечения сердечно-сосудистых осложнений, ассоциированных с противоопухолевой терапией, как и в выборе наиболее рациональной тактики дальнейшего ведения больных необходим комплексный подход при взаимодействии кардиолога, онколога, химиотерапевта, радиолога и специалиста по визуализирующим технологиям. Значительное увеличение количества пациентов, выздоровевших от онкогематологических заболеваний или достигших длительной ремиссии, сопровождалось ростом количества болезней сердечно-сосудистой системы у переживших противоопухолевую терапию онкогематологических пациентов. Это результат не только имеющихся у этого контингента больных заболеваний сердца (обычных для общей популяции), но и последствия современной высокоэффективной терапии в онкогематологии, нежелательным эффектом которой является кардиотоксичность. Опираясь на имеющиеся данные о риске сердечно-сосудистых заболеваний у онкологических больных и эффективно-

сти программ комплексной кардиореабилитации для снижения сердечно-сосудистого риска в общей популяции и у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями, представляется актуальным разработка программ кардиореабилитации с учетом онкологической специфики и их внедрения в структуру оказания помощи пациентам со злокачественными новообразованиями [10, 12]. Обособление кардиоонкологии сопровождалось терминологическим разнообразием ее названия. Встречались термины сердечно-сосудистая онкология, онкокардиология, кардиоонкология и другие. Более распространенным и устоявшимся предстает название кардиоонкология, отвечающее спросу на междисциплинарный подход к лечению сердечно-сосудистых осложнений, связанных с терапией рака [13].

Настоящее обзорное изложение посвящено развитию новой кардиоонкологической области медицины под влиянием меняющейся совокупности традиционных и новых факторов риска неинфекционных заболеваний (с учетом эпидемиологических аспектов выполненных исследований).

#### *Факторы риска будущего*

Сердечно-сосудистые заболевания вызывают большинство смертей от неинфекционных недугов, факторы риска которых детерминируются окружающей средой (имеется мнение, что до 25% случаев ишемической болезни сердца связаны с нездоровым окружением, особенно с загрязнением воздуха). Формируется новая область изучения «экспозома», изучающая пожизненные эффекты всех воздействий окружающей среды на здоровье [14]. Концепция экспозома включает перспективу мультиэкспозиции (многократного воздействия), как и факторы, ассоциирующиеся с функционированием систем органов, и генетические факторы. В результате была разработана и предложена усовершенствованная концепция «окружающей среды», детерминируемая тремя областями, состоящими из естественной, социальной и личной среды. Стрессоры окружающей среды, нездоровое поведение (курение, малоподвижный образ жизни) и классические факторы риска (гипертония, диабет, ожирение) вызывают сходные патомеханизмы, способствующие появлению аддитивных синергических эффектов, ведущих к более выраженному развитию и более быстрому прогрессированию неинфекционных заболеваний. Весьма вероятно, что по отмеченным данным факторы риска окружающей среды, а не классические факторы риска будут определены как сердечно-сосудистые факторы риска будущего [14] (рис. 1).



Рис. 1. Болезнетворное влияние современных условий на основы здорового образа жизни

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) первыми основными причинами смертности населения называет ишемическую болезнь сердца, инсульты, хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ) и онкологические заболевания. От них умирает в общем 71% населения, или 41 млн чел. Ожидая чуда-спасения от врачей, не следует забывать, что от врачебных усилий здоровье человека зависит на 8%. От генетики организма на 20%, а на все 50% оно зависит от образа жизни (гиподинамия, табакокурение, употребление алкоголя, нездоровое питание – основные факторы риска развития хронических заболеваний).

Воздействие на организм человека разных факторов риска (классических (показаны внизу рисунка) и факторов риска окружающей среды (показаны сверху)), совместно формирующих аддитивные синергические эффекты в патомеханизмах развития неинфекционных заболеваний

Связь только 1% генов человека с канцерогенезом (при распространенном мнени-

нии, что рак – это болезнь генома, хотя, видимо, не единственная его причина) усиливает внимание специалистов к факторам риска, пополняемым сейчас и факторами риска окружающей среды. Отмечается клиническое обособление комбинации названных тревожных патологий с перекрытием связанных с ними нарушений метаболизма. Совершенствуются гибридные технологии лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Значимая распространенность по всему миру рака желудка объясняется заметной вероятностью его возникновения в нынешних условиях. Чаще всего рак желудка развивается не из-за какой-то мутации, а вследствие связи между бактерией *Helicobacter pylori*, хроническим гастритом, язвой желудка и двенадцатиперстной кишки, как и сочетаемостью хронического гастрита и рака желудка. Внешние (курение) и внутренние (*Helicobacter pylori*) факторы инициируют сложные процессы с формированием атрофии слизистой оболочки желудка (атрофический гастрит), на фоне которой, с последующей заменой метапла-



зии желудочного типа на кишечный, проявляется дисплазия с дальнейшим развитием рака. Более 90% рака желудка проявляется таким образом. Наряду с этим отмечена связь вируса Эпштейна – Барр с раком желудка. Хотя основным фактором развития последнего считают бактерии *Helicobacter pylori*, вирус Эпштейна – Барр может запускать генетические онкогенные мутации, способствующие развитию канцерогенеза. Проводится поиск маркеров рака желудка, одним из которых рассматривается и вирус Эпштейна – Барр. Появляется точка зрения, что рак желудка, ассоциированный с вирусом Эпштейна – Барр, может оказаться отдельным подтипом опухоли желудочно-кишечного тракта. В эпидемиологических условиях пагубного воздействия современных факторов риска неинфекционных заболеваний на основы здорового образа жизни (рис. 1) естественен рост актуальности обзорного рассмотрения мишеней для коррекции выявленных нарушений метаболизма кардиоонкологического профиля как среди членов гликозаминогликанового семейства гиалуронана, так и данных разработок и исследований потенциальных средств лечебного назначения.

*Регуляция сосудистой проходимости и развития новообразований*

Множественные изменения углеводных составляющих исследуемых биологических систем подчеркнули их высокую структурную изменчивость, обусловленную, в частности, воздействием ферментов, способствующих многообразным превращениям и регулирующим метаболические изменения. Количество таких биокатализаторов весьма велико. Среди них следует отметить гиалуронидазу, заметно влияющую на состояние эндотелиального гликокаликса [15]. Последний рассматривается как компонент двойного защитного слоя сосудистой стенки, поддерживающего необходимый для жизнедеятельности организма уровень кровообращения [16–18]. Функционирование гиалуронидазы осуществляется в различном микроокружении (зачастую состоящем из гликозаминогликанов (ГАГ)), выступающих значимой частью сосудистого гликокаликса [16, 19]. Исследования метаболизма углеводов подчеркнули важность этого биокатализатора (гиалуронидазы) и действенность использования приемов вычислительной биохимии [20–22] для понимания механизма регуляции его/ее активности. ГАГ взаимодействуют с белками, накапливаются в предрасположенных к нарушениям участках сосудистой системы (как точки ветвления), участвуют

и влияют на различные заболевания человека (сердечно-сосудистые, инфекционные, нейродегенеративные патологии и опухоли) [23]. Создание возможности использования структурного разнообразия ГАГ важно для открытия новых терапевтических средств с ясным представлением, что пока исследования, разработки, рынок препаратов на основе углеводов (и особенно ГАГ) заметно отстают от развития препаратов на основе белков (с надеждой, что довольно много ГАГ или их миметиков пройдут в ближайшие 5–10 лет клинические испытания). Понимание роли ГАГ в течении заболеваний и выяснение способов регуляции физиологических и патологических процессов в этих событиях способствует получению новых лекарств на основе ГАГ или нацеленных на них препаратов [23].

Актуальность лечебного сохранения (т.е. в поддерживающемся терапевтическом режиме) надлежащего функционирования сосудистой стенки [24–26], опирающаяся на результаты клинических исследований, подтверждается эффективным использованием ГАГ для восстановления нормальной эндотелиальной функции [27], обуславливая перспективность разработки препаратов гиалуронидазы (пригодных для регуляции размеров ГАГ покрытия) потенциального кардиологического назначения. Важность развития такого исследовательского направления медицины сосудов базируется на сегодняшнем присутствии в арсенале врача в основном средств заместительной терапии, таких как сулодексид [24–27], который представляет собой смесь высокоочищенных ГАГ из высокоподвижного гепарина (80%) и дерматансульфата (20%) [28]. Надо также заметить, что проведенное популяционное исследование (4,5 млн пациентов) обнаружило у больных раком риск инсульта, сердечной недостаточности, тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) увеличенный соответственно в 44, 62 и 243 раза, а риск сердечно-сосудистой смертности в 33 раза выше, чем у пациентов без рака [29]. Результаты общенационального датского исследования показывают, что улучшение выживаемости при сердечной недостаточности может увеличить риск развития рака благодаря конкурирующему риску [30], позволяя считать рак сопутствующим заболеванием сердечной недостаточности [31, 32]. Приведенные данные весомо подчеркивают критическую важность сердечно-сосудистых заболеваний у онкологических больных и способствуют умножению усилий по их распознаванию, выявлению и эффективному лечению.



### Эффекторы повреждений гликокаликса (А)

Ишемия, Гиперхолестеринемия, Воздействие гликозидаз, Окислительный стресс, Сосудистое воспаление, Гипергликемия

### Патологические процессы с участием гиалуронана, (Б) способствующие развитию в организме нарушений

Избыточная гидратация тканей гиалуронаном	Нарушения микроциркуляции, феномен no-reflow	Накопление гиалуронана в опухолях (рак поджелудочной железы, сочетанный рак желудка и пищевода, рак желчного тракта молочной железы)	Хроническое воспаление	Отек головного мозга	Хронический простатит
---	--	--	------------------------	----------------------	-----------------------

Рис. 2. Повреждения эндотелиального гликокаликса (поддерживающего целостность сосудистой стенки и подвергающегося удалению из его состава синдеканов, гепарансульфатов, гиалуронана) в разных патологических процессах предполагают для их снижения заместительное воздействие сулодексидна или стабилизацию гликокаликсного слоя увеличением в его составе альбумина – (А).

SOD – внеклеточная супероксиддисмутаза, блокирующая развитие окислительного стресса на сосудистой стенке. (Б) – нарушения связанные с эффектами гиалуронана, приводящие к затруднениям кровообращения из-за роста содержания гиалуронана в крови и ткани, феномена «no-reflow» с сосудами разного калибра, отеку, требующих корректирующего действия производных гиалуронидазы

Поражение эндотелиального гликокаликса (ЭГЛК) выступает первым и важным этапом эндотелиальной дисфункции. Толщина ЭГЛК регулируется ферментами: бактериальной гепариназой (действует на гепарансульфат, снижая его толщину/высоту на гликокаликсном покрытии на 43%), хондроитиназа и гиалуронидаза уменьшают ее на 34 и 26% соответственно. Дефицит гиалуронидазы дает/обеспечивает более толстый/высокий гликокаликс. Дегградация протеогликанов обработкой гиалуронидазой демонстрирует в норме вовлечение гиалуронана в большинство функций ЭГЛК [33] (рис. 2). Увеличение и/или устранение нарушений метаболизма ГАГ, патологического состояния ЭГЛК достигается как в результате заместительного (сокращение потерь компонентов) и/или стабилизирующего (экранирование поверхности сосудистой стенки) действия используемых средств (рис. 2, А), так и путем регулируемой дегградации гиалуронана (рис. 2, Б) [17, 18, 34, 35].

В целом следует выделить увеличивающийся размер исследований кардиоонкологических нарушений коррекцией изменений гиалуронанового оборота. Необходимо и специально отметить, что конкретное представление и анализ результатов таких исследований планируется в последующем отдельном обзорном рассмотрении. Сейчас же выделим улучшение сосудистой проходимости и перфузии используемым пегилированной гиалуронидазы человека (PEGPH20) с повышением благодаря этому оксигенации опухоли (для случаев опухолей с существенным накоплением гиалуронана как при лечении рака поджелудочной железы) и ростом эффективности ферментного препарата в качестве радиосенсибилизирующего агента. Применение PEGPH20 увеличивало время выживаемости мышей с введением препарата биокаллизатора в сочетании с лучевой терапией значительно больше, чем только с лучевой терапией или только с PEGPH20 [36]. Введение ферментного производного (PEGPH20) мышам со сверхэкспрессией гиалуронансинтазы 3 (HAS3) способствовало метаболическому сдвигу в сторону снижения гликолитического потока, подчеркивая потенциальный опосредованный эффект препарата. Следует отметить, что участники сигнального пути гиалуронана (гиалуронансинтазы, его рецепторы, гиалуронидаза HYAL-1 и другие) способствуют росту опухоли, метастазированию и ангиогенезу, превращая каждый из них в потенциальную мишень для лечения рака [37–39]. Разработано множество целевых подходов для воздействия на различные члены се-

мейства гиалуронана (низкомолекулярные ингибиторы, антитела, вакцины). Гиалуронан использовали в препаратах наночастиц для адресной доставки химиотерапевтических препаратов и других противоопухолевых соединений к опухолевым клеткам благодаря взаимодействию с рецепторами гиалуронана на клеточной поверхности. Было обнаружено, что в отличие от ангиогенных фрагментов гиалуронана его олигосахариды, состоящие из 2–3 дисахаридных единиц/звеньев, обладают противоопухолевой активностью [37]. Отмеченная особенность может оказаться весьма полезной при разработке средств для лечения рака с контролем степени дегградации гиалуронана (при терапии с возможным аналитическим сопровождением).

В целом сегодня продолжается определение новых участников совокупности нетрадиционных факторов риска, включающих кишечную микробиоту, генерирующую новые метаболиты, озоновое загрязнение окружающего воздуха, связь кетонных производных организма с растущей частотой тяжелых сердечно-сосудистых событий и более высоким уровнем кардиозаболеваний и смертности, детерминанту «качества жизни» – депрессию [40]. Их воздействие на здоровье человека продолжается без уменьшения влияния этих факторов риска, и они продолжают последовательно изучаться.

Перефразирование известной фразы – «нельзя ждать милостей от природы после того, что мы с ней сделали» – внятно подчеркивает тревожные изменения условий современной жизни, касающиеся всех, но многими беспечно и опасно не замечаемые. Усиливающееся воздействие на человека новых факторов риска неинфекционных заболеваний деформирует нормы здорового образа жизни, способствует сочетанному развитию серьезных, беспокоящих и тяжелых патологий, значимо сокращает продолжительность жизни. Отмечается глобально увеличивающееся сопровождение друг другом сердечно-сосудистых и онкологических нарушений (возможно, для уточнения этого целесообразно выполнение исследования с использованием менделевской рандомизации). Изменяющееся многообразное проявление факторов риска окружающей среды, нынешние эпидемиологические тенденции обуславливают уже сейчас (наряду с клиническими данными) формирование и развитие новой области медицины – кардиоонкологии, нацеленной на обнаружение, мониторинг и лечение пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями в течение и после лечения рака. Возникает актуальная потребность тесного

сотрудничества специалистов различного медицинского профиля с укреплением кадрового состава и оснащения лечебных учреждений. На здоровье современного человека продолжают оказывать влияние множество факторов риска (от обыденных бытовых привычек до меняющихся тенденций развития экономики и политических катаклизмов и противоречий). Гипотетически с развитием социально-экономической формации и обнаружением новых видов поражения организма увеличивающийся размер такого влияния не делает маловероятным появление и дальнейшее распространение новых комбинированных патологий (в сочетании уже известных, а возможно, и новых нозологий), составляющих и предлагающих серьезный вызов современным врачам и медикам, работникам системы здравоохранения. Осуществляемая сейчас цифровизация общества, роботизация производства, электрификация автосредств, расширяющееся использование искусственного интеллекта, растущие ограничения рынка энергоресурсов, воздействия на земную природу изменяют состояние макроэкономики, инициирующее проявление новых факторов риска с глобальным увеличением вероятности расширения и распространения участвующих случаев комбинированных поражений организма. В современных условиях искажения доминирующего направления развития культуры общества (подмена ориентиров культурного продвижения, снижение уровня критериев его значимости, «исправление» исторических событий, формирование «непредсказуемого» прошлого и др.) существенной причиной надвигающегося глобального кризиса нашей цивилизации становится отставание достигнутого ею морально-нравственного уровня от скорости осуществления научно-технического прогресса (рис. 1, сопоставление факторов риска окружающей среды с традиционными факторами риска неинфекционных заболеваний). Для замедления и предотвращения отмеченных негативных тенденций необходимо тщательное выполнение договорных межгосударственных действий в защиту окружающей среды, программное восстановление природных утрат и разрушений, противодействие растущим факторам риска здоровью путем прямой и опосредственной активности (блокируя уже не отдельные факторы риска, а и их группы вместе с использованием нынешних средств замедления деструкции общества). Как одну из целей потенциального терапевтического воздействия следует выделить контролирующую коррекцию метаболизма гликозаминогликанов, в частности членов семейства

гиалуронана. По сегодняшним представлениям медицинский контроль и управление болезнетворными процессами направлены на усиление защиты сосудистой стенки средствами заместительной терапии и регуляцию гиалуронанового оборота ферментными производными. Глубину, широту, плодотворность этого и других подходов призваны определить проводимые междисциплинарные изучения и разработки научно-медицинской сферы.

### Список литературы

1. Lüscher T.F. Wine, chocolate, and coffee: forbidden joys? // *European Heart Journal*. 2021. Vol. 42. P. 4520–4522. DOI: 10/1093/eurheartj/ehab654.
2. Markus G.M., Rosenthal D.G., Nah G., Vittinghoff M.S., Fang C., Ogomori K., Joyce S., Yilmaz D., Yang V., Kessedjian T., Wilson E., Yang M., Chang K., Wall G., Olgin J.E. Acute effects of coffee consumption on health among ambulatory adults // *New England Journal Medicine*. 2023. Vol. 388. P. 1092–1100. DOI: 10.1056/NEJMoa2204727.
3. Poli A. Is drinking wine in moderation good for health or not? // *European Heart Journal*. 2022. Vol. 24 (supplement D). P. 1119–1122. DOI: 10.1093/eurheartjsupp/suac084.
4. Ma H., Xue Q., Wang X., Li X., Franco O.H., Li Y., Heianza Y., Manson J.E., Qi L. Adding salt to foods and hazard of premature mortality // *European Heart Journal*. 2022. Vol. 43. P. 2878–2888. DOI: 101093/eurheartj/ehac208.
5. Rosengren A. Salt: the sweet spot? // *European Heart Journal*. 2022. Vol. 43. P. 2889–2891. DOI: 101093/eurheartj/ehac336.
6. Gladka M.M., Le Gouteur D.G., Simpson S.J. Midnight snacks might shorten your life: lifespan and healthspan advantages of eating less and at the right time // *Cardiovascular Research*. 2023. Vol. 119. P. e108–e110. DOI: 10.1093/cvr/cvad018.
7. Münzel T., Hahad O., Daiber A., Landrigan P.J. Soil and water pollution and human health: what should cardiologists worry about? // *Cardiovascular Research*. 2023. Vol. 119. P. 440–449. DOI: 10.1093/cvr/cvac082.
8. Prisco D., D’Elios M.M., Cenci C., Ciucciarelli L., Tamburini C. Cardiovascular oncology: a new discipline inside internal medicine? // *International Emergency Medicine*. 2014. Vol. 9. P. 359–364. DOI: 10.1007/s11739-014-1064-9.
9. Баллозек М.Ф., Ионова А.К. Кардиоонкология в программах лечения и реабилитации онкологических больных // *Российский кардиологический журнал*. 2014. Т. 5, № 109. С. 75–80.
10. Васюк Ю.А., Гендлин Г.Е., Емелина Е.И., с группой экспертов. Согласованное мнение российских экспертов по профилактике, диагностике и лечению сердечно-сосудистой токсичности противоопухолевой терапии // *Российский кардиологический журнал*. 2022. Т. 26, № 9. С. 4703.
11. Heusch G. Cardioprotection in cardio-oncology: a case for concern? // *Cardiovascular Research*. 2023. Vol. 119. P. e-144–e-145. DOI: 10/1093/CVR/CVAD111.
12. Lyon A.R., Lopez-Fernandez T., Couch L.S., Asteggiano R., Aznar M.C., Bergler-Klein J., Boriani G., Cardinale D., Cordoba R., Cosyns B., Gutter D.J., de Azambuja E., de Boer R.A., Dent S.F., Farmakis D., Gevaer S.A., Gorag D.A., Herrmann J., Lenihan D., Moslehi J., Moura B., Salinger S.S., Stephens R., Suter T.M., Szmit S., Tamargo J., Thevendiranathan P., Tocchetti C.G., van der Meer P., van der Pal H.J.H. 2022 ESC Guidelines on cardio-oncology developed in collaboration with the European Hematology Association (EHA), the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) and the International Cardio-Oncology Society (IC-OS) // *European Heart Journal. Cardiovascular Imaging*. 2022. Vol. 23, Is. 10. P. e333–e465. DOI: 101093/eurheartj/ehac244.

13. Han Y. Cardio-oncological evaluation and management of patients in China // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44. P. 1199–1200. DOI: 101093/eurheartj/ehad064.
14. Münzel T., Hahad O., Sørensen M., Lelieveld J., Durrer G.D., Nieuwenhuis M., Daiber A. Environment risk factors and cardiovascular diseases: a comprehensive expert review // *Cardiovascular Research*. 2022. Vol. 118. P. 2880–2902. DOI: 10/1093/CVR/CVAB316.
15. Максименко А.В., Библашвили Р.Ш. Конформационные переходы на 3D-модели бычьей тестикулярной гиалуронидазы при молекулярном докинге с гликозаминогликановыми лигандами // *Биоорганическая химия*. 2018. Т. 44. С. 147–157.
16. Reitsma S., Slaaf D.W., Vink Y., van Zandvoort M.A., oude Egbrink M.G. The endothelial glycocalyx: composition, function, and visualization // *Pflüger's Archives*. 2007. Vol. 454. P. 345–359. DOI: 101007/s00424-007-0212-8.
17. Максименко А.В., Турашев А.Д. Эндотелиальный гликокаликс системы кровообращения. I. Обнаружение, компоненты, структурная организация // *Биоорганическая химия*. 2014. Т. 40, № 2. С. 131–141.
18. Максименко А.В., Турашев А.Д. Эндотелиальный гликокаликс системы кровообращения. II. Биологические функции, состояние в норме и патологии, биоинженерное использование // *Биоорганическая химия*. 2014. Т. 40, № 3. С. 259–274.
19. Maksimenko A. Theoretical research of interactions between glycosidases and glycosaminoglycan ligands with molecular docking and molecular dynamics methods // *Cardiology and Cardiovascular Research*. 2020. Vol. 4. P. 220–230.
20. Chandel N.S. Carbohydrate metabolism // *Cold Spring Harbor Perspective Biology*. 2021. Vol. 13. P. 1–7. DOI: 101101/cshspect.040568.
21. Sankaranarayanan N.V., Nagarajan B., Desai U.R. So you think computational approaches to understanding glycosaminoglycan-protein interactions are too dry and too rigid? Think again! // *Current Opinion Structural Biology*. 2018. Vol. 50. P. 91–100. DOI: 101016/j.sbi.2017.12.004.
22. Yang J., Chi L. Characterization of structural motifs for interactions between glycosaminoglycans and proteins // *Carbohydrate Research*. 2017. Vol. 452. P. 54–63. DOI: 101016/j.carres.2017.10.008.
23. Shi D., Sheng A., Chi L. Glycosaminoglycan-protein interactions and their roles in human disease // *Frontiers in Molecular Bioscience*. 2021. Vol. 8. P. 639666. DOI: 10.3389/fmolb.2021.639666.
24. Andreozzi G.M. Role of sulodexide in treatment of CVD // *International Angiology*. 2014. Vol. 33. P. 255–262.
25. Coccheri S. Biological and clinical effects of sulodexide in arterial disorders and diseases // *International Angiology*. 2014. Vol. 33. P. 263–274.
26. Максименко А.В. Молекулярные аспекты трансляционной кардиологии в исследованиях сосудистой стенки // *Кардиология*. 2017. Т. 57, № 7. С. 66–79.
27. Masola V., Zaza G., Onisto M., Lupo A., Gambaro G. Glycosaminoglycans, proteoglycans and sulodexide and endothelium: biological role and pharmacological effects // *International Angiology*. 2014. Vol. 33. P. 243–254.
28. Manello F., Ligi D., Raffetto J.D. Glycosaminoglycan sulodexide modulates inflammatory pathways in chronic venous disease // *International Angiology*. 2014. Vol. 33. P. 236–242.
29. Paterson D.I., Wiebe N., Cheung W.Y., Mackey J.R., Pituskin E., Reiman A., Tonelli M. Incident cardiovascular disease among adult with cancer: a population-based cohort study // *Journal American College Cardiology. CardioOncology*. 2022. Vol. 4. P. 85–94. DOI: 101016/j.jacc.2022.01.100.
30. Bruhn J., Malmborg M., Gared C.H., Ravn P., Zahir D., Andersson C., Gislason G., Torp-Pedersen C., Kragholm K., Fosbol E., Butt J.H., Lang N.N., Petrie M.C., McMurrey J., Kober L., Schou M. Temporal trends in the incidence of malignancy in heart failure: a nationwide Danish study // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44. № 13. P. 1124–1132. DOI: 10.1093/eurheartj/ehac797.
31. Ameri P., Bertero E., Meijers W.C. Cancer is a comorbidity of heart failure // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44, Is. 13. P. 1133–1135. DOI: 101093/eurheartj/ehac710.
32. Crea P. The link among heart failure, chronic kidney disease, and cancer: new light shed on the complex patient // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44. P. 1099–1102. DOI: 101093/eurheartj/ehad181.
33. Dogne S., Flamion B., Caron N. Endothelial glycocalyx as a shield against diabetic vascular complications: involvement of hyaluronan and hyaluronidases // *Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology*. 2018. Vol. 38, Is. 7. P. 1427–1439.
34. Becker B.F., Jacob M., Leipert S., Salmon A.H.J., Chappell D. Degradation of the endothelial in clinical settings: searching for the sheddases // *British Journal Clinical Pharmacology*. 2015. Vol. 80, Is. 3. P. 389–402. DOI: 10.1111/bcp.12629.
35. Tseng V., Ni K., Allawzi A., Prohska C., Hernandez-Lagunas L., Elajaili H., Cali V., Midura R., Hascall V., Triggs-Raine B., Petrache I., Yart C.M., Nozik-Grayck E. Extracellular superoxide dismutase regulates early vascular hyaluronan remodeling in hypoxic pulmonary hypertension // *Scientific Report*. 2020. Vol. 10. P. 280. DOI: 10.1038/s41598-019-57147-7.
36. Seki T., Saida Y., Kishimoto S., Lee J., Otowa Y., Yamamoto K., Chandramouli G.Vr., Devasahayam N., Mitchell J.B., Krishna M.C., Brender J. PEGPH20, a PEGylated human hyaluronidase, induces radiosensitization by reoxygenation in pancreatic cancer xenografts. A molecular study // *Neoplasia*. 2022. 100793. DOI: 10.1016/j.neo.2022.100793.
37. Lokeshwar V.B., Mirza S., Jordan A. Targeting hyaluronan acid family for cancer chemoprevention and therapy // *Advanced Cancer Research*. 2014. Vol. 123. P. 35–65. DOI: 10.1016/B978-0-12-800092-2.00002-2.
38. Meteva D., Vinci R., Seppelt C., Abdelwahed Y.S., Pedicino D., Nelles G., Skurk C., Haghikia A., Rauch-Kröhnert U., Gerhardt T., Straessler E., Zhao Y., Golla F., Joner M., Rai H., Kratzer A., Arnal H.G., Liuzzo G., Klotsche J., Crea F., Landmesser U., Leitsner D.M., Kränkel N. Toll like receptor 2, hyaluronan, and neutrophils play a key role in plaque erosion: the OPTICO-ACS study // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44. P. 3892–3907. DOI: 101093/eurheartj/ehad379.
39. Kessler T., Sager H.B., Mann M. Role of the extracellular matrix in cell-cell communication: a new therapeutic target? // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44. P. 3495–3497. DOI: 10/1093/eurheartj/ehad061.
40. Crea F. The saga of non-traditional risk factors continues with proteomics, microbiome, ozone, ketone bodies, and depression: let us rethink prevention // *European Heart Journal*. 2023. Vol. 44. P. 1579–1582. DOI: 101093/eurheartj/ehad233.

## СТАТЬЯ

УДК 630\*114.36:630\*114.442.4

**ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
И АГРОХИМИЧЕСКОГО СВОЙСТВА  
ОРОШАЕМЫХ СВЕТЛЫХ СЕРОЗЕМОВ**<sup>1</sup>Турдалиев А.Т., <sup>2</sup>Мусаев И.И., <sup>3</sup>Мамажонов Г.Г.У.<sup>1</sup>*Кокандский филиал Ташкентского государственного технического университета, Коканд,  
e-mail: avazbek1002@mail.ru;*<sup>2</sup>*Ферганский государственный университет, Фергана;*<sup>3</sup>*Ферганский политехнический институт, Фергана*

В статье представлены результаты изучения морфологической характеристики и гранулометрического состава орошаемых светлых сероземов и их изменения под влиянием земледелия. Установлено, что пахотные горизонты изученных почв имеют разную мощность, а их генетические горизонты содержат много камней и гравий разных размеров. В то же время определено изменение морфологических особенностей и агрохимического состава изучаемых почв при разном уровне окультуренности в результате антропогенного воздействия. Орошаемые светлые сероземы на исследуемой территории имеют различную степень окультуренности, пахотные горизонты новоосвоенных почв имеют меньшую мощность, чем новоорошаемых почв, а пахотные горизонты староорошаемых почв формировались большей мощностью, чем новоосвоенные и новоорошаемые почвы. Содержание гумуса в почве увеличивается также в ряду новоосвоенные → новоорошаемые → староорошаемые почвы. Из-за проблемы постоянного дефицита поливной воды на участке разреза 9-I, где распределены староорошаемые светлые сероземы, очень редкий растительный покров, а также медленный уровень развития существующих саженцев винограда. Таким образом, установлено, что по агрохимическому составу, то есть по гумусу и элементам питания, эти почвы относятся к группе малообеспеченных по сравнению с почвами разреза 5-I и других староорошаемых почв.

**Ключевые слова:** светлый серозем, морфологические признаки, гранулометрический состав, гумус, плодородие, агрохимический состав

**CHANGES IN THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS  
AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF IRRIGATED CALCISOLS**<sup>1</sup>Turdaliev A.T., <sup>2</sup>Musaev I.I., <sup>3</sup>Mamajonov G.G.U.<sup>1</sup>*Kokand Branch of Tashkent State Technical University, Kokand, e-mail: avazbek1002@mail.ru;*<sup>2</sup>*Fergana State University, Fergana;*<sup>3</sup>*Fergana Polytechnic Institute, Fergana*

The article presents the results of studying the morphological characteristics and granulometric composition of irrigated calcisols and their changes under the influence of agriculture. It has been established that the arable horizons of the studied soils have different thicknesses, and their genetic horizons have a lot of stones and gravel of different sizes. At the same time, the change in the morphological features and agrochemical composition of the studied soils at different levels of cultivation as a result of anthropogenic impact was determined. Irrigated calcisols in the study area have a different degree of cultivation, the arable horizons of newly developed soils have a lower thickness than newly irrigated soils, and the arable horizons of old irrigated soils were formed with a greater thickness than newly developed and newly irrigated soils. The amount of humus in the soil also increases in the series newly developed → newly irrigated → old irrigated soils. Due to the problem of constant shortage of irrigation water in section 9 I of the section, where old irrigated calcisols are distributed, very sparse vegetation cover, as well as the level of development of existing grape seedlings, is slow. Thus, it has been established that in terms of agrochemical composition, these soils, that is, in terms of humus and nutrients, belong to the group of poor resources compared to the soils of section 5 I and other old irrigated soils.

**Keywords:** calcisols, morphological characteristics, granulometric composition, humus, fertility, agrochemical composition

В настоящее время во многих странах мира наблюдается тенденция возрастания негативного антропогенного воздействия на почвы. В результате такого воздействия происходят изменение экологических свойств почвы, снижение плодородия, а в отдельных случаях почва становится непригодной для сельскохозяйственного использования. Изучение морфологических и агрохимических свойств почв является актуальным как для почвоведения в целом,

так и для производства сельскохозяйственных культур. На основании морфологических признаков и агрохимического состава почв можно получить обоснованные представления об их элементном и вещественном составе, почвенных процессах, режимах и особенностях почвообразования в данном регионе.

Актуальны вопросы создания, развития, определения свойств и морфогенетической структуры, качественной оценки и продук-

тивности орошаемых почв, предотвращения негативных процессов, влияющих на их продуктивность, и определения изменений в них под влиянием многолетнего сельскохозяйственного использования.

Морфология почв является результатом длительного почвообразовательного процесса: переход горных пород в новое биокосное тело – почву – требует времени [1].

Многие исследователи проводили научные исследования в этой области [2, 3]. Основные типы почв, их география, агрохимические свойства, мелиоративное состояние и другие характеристики почв Ферганской долины нашли отражение в исследованиях многих почвоведов и агрохимиков [4, 5].

Г. Юлдашев и его ученики проводили (в 1990–2023 годах) и продолжают изучение почв аридных районов и гидромодульного районирования Ферганской области [6, 7]. Также учеными зарубежных стран проведен ряд научных исследований орошаемых сероземов, изменения их свойств и других характеристик под влиянием орошаемого земледелия [7, 8].

Цель исследования – определение изменений морфологических и агрохимических свойств почв при длительном сельскохозяйственном использовании.

#### Материал и методы исследования

Исследования проводились по почвенно-генетическому и сравнительно-географическому методам, разработанным В.В. Докучаевым. Химические анализы проводились на основании пособий «Методика агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах» и «Руководство по химическому анализу почв» Е.В. Аринушкиной.

В исследованиях были изучены сельскохозяйственные земли и выбраны орошаемые светлые сероземы, принадлежащие ООО «FERGANA FRANCE» Ферганской области. Пробы почвы были отобраны с указанной территории на основании правил генетического почвоведения.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Морфология орошаемых почв Ферганской области медленно изменяется, отражая меняющиеся почвенные свойства. Различные агротехнологии и агро-мелиоративные приемы в значительной степени воздействуют на почву, что приводит к изменению ее морфологических особенностей и агрохимических свойств.

Генетические горизонты почв характеризуют изменение ее свойств по вертикали и отчасти по горизонтали, эта простран-

ственная дифференциация связана с распространением воздействия почвообразовательных факторов на горную материнскую породу. Обычно переходы между горизонтами имеют относительно постепенный характер [8]. Однако в природе эта закономерность не всегда сохраняется.

Сечение песчаных почв в Центральной Фергане в большинстве случаев характеризуется довольно высокой плотностью, начиная с глубины 20–30 см. Причиной этого является накопление большого количества гипса и углерода на этой глубине. В диапазоне от 50 до 120 см чаще всего находится слой синевато-беловатого оттенка [9].

В исследованиях авторов образцы почвы были взяты с полей, ниже приведены некоторые из их морфологических особенностей [10].

Разрез 2-I. Новоорошаемые светлые сероземы. Ферганская область, Ферганский район, 150 м южнее от полевого сарая, между рядами саженцев пашня, уклон с юга на север. 08.10.2022 г.

$A_n$  0–19 см. Светло-желтый, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистый, влажный, в горизонте много корней, встречаются камни разных размеров, переход в следующий горизонт медленный и плоский по плотности.

$A_{n-n}$  19–25 см. Цвет светло-желтый, влажный, гранулометрический состав тяжелосуглинистый, встречаются корни, встречаются камни разной величины, плотнее верхнего горизонта, переход в следующий горизонт резкий по цвету.

В 25–55 см. Цвет светло-серый, среднесуглинистый, встречаются корни, каменно-гравийный горизонт содержит камни разных размеров. Переход к следующему горизонту медленный, неравномерный, по цвету признака.

$C_1$  55–98 см. Светло-серый цвет, тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу, каменно-гравийный горизонт, встречаются мелкие корни, имеются поры, переход в следующий горизонт по цвету и плотности медленный.

$C_2$  98–132 см. Светло-желтоватый цвет, корней не видно, влаги мало, пятен нет, следов насекомых нет, сплошной каменно-гравийный горизонт.

Разрез 5-I. Староорошаемые светлые сероземы. Ферганская область, Ферганский район, 500 м к востоку от полевого сарая, вспаханный участок между рядами саженцев. 09.10.2022 г.

$A_n$  0–22 см. Светло-желтый, влажный, среднесуглинистый с гранулометрическим составом. Встречаются корни растений, встречаются камни разных размеров, пе-

реход в следующий горизонт медленный по цвету.

A<sub>п-п</sub> 22–31 см. Цвет светло-желтоватый, влажный, гранулометрический состав – среднесуглинистый, плотный, есть корни растений, много камней, переход в следующий горизонт медленный по цвету.

В 31–55 см. Цвет светло-желтый, влажный, среднесуглинистый, присутствуют белые пятна, много камней разной величины, высокой плотности, имеются остатки корневой системы, переход в следующий горизонт в зависимости от цвета и плотности.

С 55–105 см. Светло-серый, средней влажности, белые пятна, мало корней, немного следов животных, плотный каменно-гравийный горизонт.

Разрез 6-І. Новоосвоенные орошаемые светлые сероземы. Ферганская область, Ферганский район, 500 м к западу от здания машинно-тракторного парка, вспаханный участок между рядами саженцев. 21.10.2022 г.

A<sub>п</sub> 0–17 см. Цвет светло-желтый, влажный, гранулометрический состав среднесуглинистый, рыхлый, корней много, камней мало, организмы встречаются, переход в следующий горизонт медленный по плотности.

A<sub>п-п</sub> 17–26 см. Цвет светло-желтый, влажный, среднесуглинистого гранулометрического состава, плотный, много камней, встречаются белые пятна, есть корни, переход в следующий горизонт медленный по плотности.

В 26–70 см. Цвет светло-желтоватый, влажный, по гранулометрическому составу среднесуглинистый, плотный, встречаются камни разной величины, встречаются белые пятна, переход в следующий горизонт по цвету.

С 70–90 см. Светло-серый, умеренно влажный, корней нет, следов животных не видно, редко встречаются белые карбонатные пятна.

Разрез 9-І. Старорошаемые светлые сероземы. Ферганская область, Ферганский район, 300 м южнее дороги к зданию, 700 м западнее шоссе Фергана – Водил, пашня между рядами саженцев, уклон с юга на север. 02.11.2022 г.

A<sub>п</sub> 0–25 см. Светло-желтый, среднесуглинистый, влажный, много корней, есть камни разного размера, переход в следующий горизонт медленный в зависимости от плотности.

A<sub>п-п</sub> 25–41 см. Цвет светло-желтый, влажный, среднесуглинистый, мало корней, встречаются камни разной величины. Плотный, комковатый, переход в следующий горизонт медленный по цвету.

В 41–63 см. Светло-желтоватый цвет, среднесуглинистый, много камней, очень мало корней, плотный, переход в следующий горизонт постепенный по плотности.

C<sub>1</sub> 63–92 см. Светло-желтоватый, сухой, среднесуглинистый, корни растений не видны, каменно-гравийный горизонт разной крупности, переход в следующий горизонт медленный по плотности.

C<sub>2</sub> 92–130 см. Светло-желтоватый, сухой, уплотненный сверху, без корней растений и движений, следов животных, горизонт мелкой каменно-гравийной смеси.

Эти исследованные почвы представляют собой орошаемые светлые сероземы; установлено, что пахотные горизонты имеют разную мощность, а их генетические горизонты содержат много камней и гравий разных размеров. В то же время в наблюдениях, проведенных в полевых исследованиях, определили изменение морфологических особенностей изучаемых почв при разном уровне окультуренности в результате антропогенного воздействия.

Известно, что изменения химического, агрохимического состава, физико-химических, водно-физических и других свойств почв зависят от их гранулометрического состава. Гранулометрический состав почв определяется количеством в них фракций физической глины и физического песка (табл. 1).

Количество частиц разных размеров в почве вместе с количеством других частиц влияет на свойства почвы. В почвах с легкосуглинистым гранулометрическим составом способность удерживать воду и питательные вещества очень низка, а количество органического вещества в большинстве случаев очень мало. В почвах с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом количество элементов питания больше, чем в песке. Изученные светлые сероземы в основном имеют тяжело- и среднесуглинистый гранулометрический состав. Сумма физических глин находится в пределах 35,8–54,9%.

На орошаемых площадях часто применяют минеральные и органоминеральные удобрения для обеспечения растений необходимыми питательными элементами и сохранения плодородия почв.

Органическое вещество в почве является источником углекислого газа, питательных веществ и энергии для растений. Гумус служит одним из основных показателей, определяющих продуктивность сельскохозяйственных угодий, повышает устойчивость земледелия и выполняет специфические функции в почвообразовании. Также количество гумуса в почве регулирует температурный режим, создает структуру почвы и играет роль запаса энергии.



Таблица 1

Гранулометрический состав, %

Разрезы	Горизонты, см	Фракции, %							Сумма частиц <0,01, %	Гранулометрический состав	Камень и гравий, %
		>0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001			
Новорошаемые светлые сероземы											
2 I	0–19	7,3	7,1	14,9	24,6	15,3	11,9	18,9	46,1	тяжелосуглинистый	38,3
	19–25	10,1	6,4	13,6	23,9	15,2	12,0	18,9	46,1	тяжелосуглинистый	44,4
	25–55	16,1	6,7	8,8	13,5	18,4	15,3	21,2	54,9	тяжелосуглинистый	53,6
Старорошаемые светлые сероземы											
5 I	0–22	12,4	8,1	12,7	27,0	12,8	11,5	15,5	39,8	среднесуглинистый	39,4
	22–31	17,5	11,9	11,9	23,1	11,3	10,8	13,7	35,8	среднесуглинистый	40,0
	31–55	19,1	8,8	13,3	19,9	12,7	11,8	14,5	39,0	среднесуглинистый	62,9
Новоосвоенные светлые сероземы											
6 I	0–17	7,1	9,5	17,5	25,4	13,1	11,3	16,1	40,5	среднесуглинистый	31,5
	17–26	8,1	7,9	21,2	21,5	12,8	11,5	17,0	41,3	среднесуглинистый	51,2
	26–70	13,1	7,2	18,5	17,5	15,1	11,4	17,2	43,7	среднесуглинистый	52,0
Старорошаемые светлые сероземы											
9 I	0–25	14,9	9,9	9,2	29,4	11,9	9,9	14,8	36,8	среднесуглинистый	44,6
	25–41	14,9	11,2	8,0	30,2	16,6	9,4	14,8	35,8	среднесуглинистый	47,5

По имеющимся данным, количество гумуса на пашне уменьшается в первые годы культивирования. В то же время есть и другие данные, что количество гумуса в орошаемых почвах увеличивается с повышением их окультуренности, но это увеличение не бесконечно, оно происходит лишь в определенных пределах.

Соотношение C:N в почвах считается относительной величиной, свидетельствующей об обогащении гумуса азотом; для сероземных почв это отношение равно 8 и свидетельствует о высоком содержании азота в гумусе.

В Южной Фергане, особенно в Ферганской области, на полях, принадлежащих ООО «FERGANA FRANCE», корневая система природных и культурных растений часто располагается в верхних горизонтах почвы, поэтому гумусовый горизонт в этих почвах невелик, а его резерв немного мень-

ше по сравнению с другими такими почвами (табл. 2).

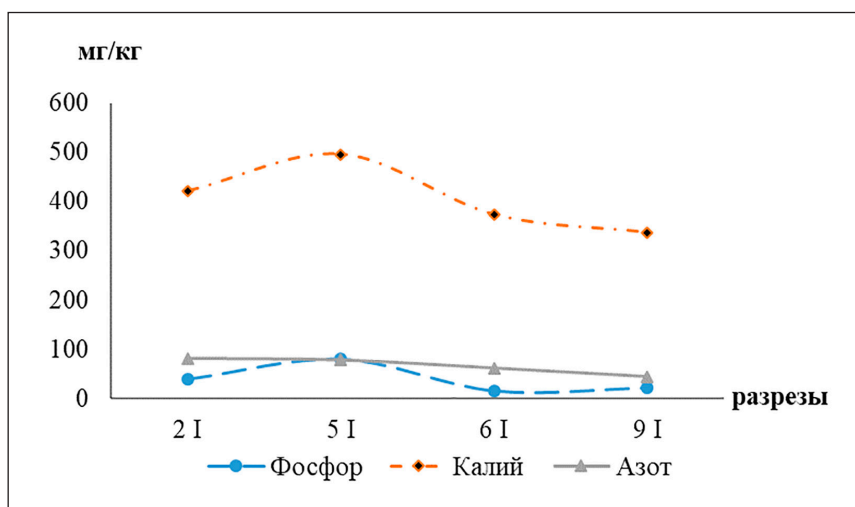
По результатам анализа количество гумуса в пахотных горизонтах старорошаемых почвах составляет около 1,414–1,625%, а в новоорошаемых почвах колеблется в пределах 0,992–1,372%. В новоосвоенных орошаемых светлых сероземах количество гумуса составляет 0,633–0,907%. Из результатов анализа видно, что содержание гумуса в старорошаемых почвах выше, чем в горизонтах новоосвоенных и новоорошаемых почв.

Как видно из приведенных данных, изученные почвы относятся к группе малообеспеченных подвижным фосфором, высокообеспеченных подвижным азотом и калием. Это свидетельствует о том, что эти почвы различного гранулометрического состава нуждаются в минеральных и органических удобрениях для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

Таблица 2

Агрохимические показатели орошаемых светлых сероземов

Разрезы	Горизонты, см	Гумус, %	Подвижный, мг/кг		
			N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Новоорошаемые светлые сероземы					
2-I	0–19	1,372	81,9	40,0	421,4
	19–25	1,224	70,1	21,0	361,2
	25–55	0,992	55,1	10,5	337,1
Старорошаемые светлые сероземы					
5-I	0–22	1,625	78,5	80,0	496,0
	22–31	0,802	52,7	24,0	301,0
	31–55	0,549	49,2	10,0	216,7
Новоосвоенные светлые сероземы					
6-I	0–17	0,907	61,9	16,0	373,2
	17–26	0,591	87,0	13,5	373,2
	26–70	0,633	70,1	8,5	337,1
Старорошаемые светлые сероземы					
9-I	0–25	1,414	44,3	22,0	337,1
	25–41	1,161	55,1	264,9	55,1



Динамика изменения количества подвижного азота, фосфора и калия в пахотных горизонтах

Количество гумуса и фосфора в исследованных почвах недостаточно для развития сельскохозяйственных культур, и в то же время они различаются в зависимости от окультуренности почвы. Эти показатели также можно увидеть из данных, приведенных на рисунке.

#### Заключение

Следует провести ряд агротехнических мероприятий для сохранения и повышения

плодородия почв и повышения урожайности на орошаемых светлых сероземах. В связи с этим определение изменений морфологического строения и гранулометрического состава этих почв, применение на этой основе агротехнических мероприятий и использование наряду с минеральными удобрениями органических удобрений имеют важное значение для повышения агрофизических, физических свойств и продуктивности земель.

**Список литературы**

1. Розанов Б.Г. Морфология почв. М., 2004. 431 с.
2. Эгамбердиев Ж.А., Абдурахмонов Н.Ю. Гранулометрический состав почвогрунтов обсохшей части аральского моря // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 1. С. 91-97.
3. Горбунов Б.В., Кимберг Н.В. Почвы Узбекистана: сб. науч. тр. Ташкент, 1975. 161 с.
4. Турдалиев Ж.М., Мансуров Ш.С., Ахмедов А.У., Абдурахмонов Н.Ю. Засоленность почвогрунтов и грунтовых вод Ферганской Долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 2. С. 10-15.
5. Абдурахмонов Н.Ю., Собитов У.Т., Юлдашев И.К. Свойства орошаемых лугово-сазовых почв Центральной Ферганы // Научное обозрение. Биологические науки. 2023. № 2. С. 51-56.
6. Хайдаров М.М., Турдалиев А.Т., Саминов А.А.У. Энергетические особенности аминокислот в светлых сероземах // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 80-3. С. 45-47.
7. Abakumov E., Yuldashev G., Darmonov D., Turdaliev A., Askarov K., Khaydarov M., Mirzayev U., Nizamutdinov T., Davronov K. Influence of Mineralized Water Sources on the Properties of Calcisol and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plants*. 2022. № 11. P. 3291.
8. Aysen A. *Problem Solving in Soil Mexanics*. Netherlands, 2009. 189 p.
9. Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б., Юсупова М.А. Особенности характеристики почв песчаных массивов Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. №1. С. 15-19.
10. Турдалиев А.Т., Абакумов Е.В., Мусаев И.И., Ахмаджонов А.А. Суғориладиган оч тусли бўз тупроқларнинг морфологик белгиларидаги ўзгаришлар // Science and innovation. 2023. № 2-6. С. 867-872.