

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

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

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

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

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

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

*Подписано в печать 29.03.2024  
Дата выхода номера 30.04.2024  
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 29.03.2024**  
**Release date 30.04.2024**  
**Format 60×90 8.1**

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

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

*Распространяется по свободной цене  
Тираж 1000 экз. Заказ НО 2024/1  
Подписной индекс в электронном каталоге  
«Почта России»: ПА494  
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

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

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



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено  
Академией Естествознания

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

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

---

**НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES**

***www.science-education.ru***

**2024 г.**

---



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

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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

## СОДЕРЖАНИЕ

**Биологические науки / Biological sciences**

### СТАТЬИ / ARTICLES

- АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ  
ГИПСИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ /  
AGROPHYSICAL PROPERTIES OF VARIABLE DEGREES  
OF GYPSUMIZED IRRIGATED MEADOW-SEROZEM SOILS  
*Абдурахмонов Н.Ю., Собитов У.Т., Курдашев К.Д. /*  
*Abdurakhmonov N.Yu., Sobitov U.T., Kurdashev K.D.* ..... 5
- НАСЛЕДОВАНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНДЕКСА ВОЛОКНА И МАССЫ  
1000 СЕМЯН У РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> С УЧАСТИЕМ ЛИНИИ  
ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА ВИДА *G.HIRSUTUM* L. /  
INHERITANCE AND VARIABILITY OF THE FIBER INDEX AND WEIGHT  
OF 1000 SEEDS IN RECIPROCAL HYBRIDS F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> WITH THE PARTICIPATION  
OF THE GENETIC COLLECTION LINE OF THE COTTON SPECIES *G.HIRSUTUM* L.  
*Бекмухамедов А.А., Нуриддинов А.Н., Хаитова Ш.Д.,*  
*Набиева Н.В., Назарбаев Х.К., Ибрагимова З.Ю. /*  
*Bekmuhamedov A.A., Nuriddinov A.N., Xaitova S.D.,*  
*Nabiyeva N.V., Nazarboev K.Q., Ibragimova Z.Y.* ..... 12
- ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОБСОХШЕГО ДНА  
АРАЛЬСКОГО МОРЯ / SOIL-ECOLOGICAL STATE OF THE DRY  
BOTTOM OF THE ARAL SEA  
*Идирисов К.А., Мирзамбетов А.Б., Турдалиев Ж.М. /*  
*Idirisov K.A., Mirzambetov A.B., Turdaliev Z.M.* ..... 20
- ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ  
ЗООБЕНТОСНЫХ ОРГАНИЗМОВ, РАСПРОСТРАНЕННЫХ  
В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ВОД ГОРОДА САМАРКАНДА /  
TAXONOMIC COMPOSITION AND ECONOMIC IMPORTANCE  
OF ZOOBENTHIC ORGANISMS COMMON IN DIFFERENT TYPES  
OF WATERS OF SAMARKAND CITY  
*Иззатуллаев З.И., Олимова Д.А. / Izzatullaev Z.I., Olimova D.A.* ..... 26
- ВЫДЕЛЕНИЕ КУЛЬТУРЫ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ВЕЩЕСТВАМ  
ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ / ISOLATION OF *E. COLI* CULTURE  
AND DETERMINATION OF SENSITIVITY TO ANTIBACTERIAL  
OF NATURAL SUBSTANCES  
*Исрапилова А.И., Адиева А.А., Искакова А.А. / srampilova A.I., Adieva A.A., Iskakova A.A.* ..... 31
- МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРОШАЕМЫХ БОЛОТНО-ЛУГОВЫХ  
И ЛУГОВЫХ ПОЧВ БУХАРСКОГО ОАЗИСА / MECHANICAL COMPOSITION  
OF IRRIGATED SWAMP-MEADOW AND MEADOW SOILS OF BUKHARA OASIS  
*Каршибоев Х.Ш., Бобомуродов Ш.М., Баходиров З.А. /*  
*Karshiboev Kh.Sh., Bobomurodov Sh.M., Bakhodirov Z.A.* ..... 36

---

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ  
РЕКИ ПСЁЛ / ASSESSMENT OF WATER QUALITY  
IN THE RECREATIONAL AREA OF THE PSEL RIVER

*Медведева И.Е., Алехина М.С., Иванникова М.В., Протасова М.В. /  
Medvedeva I.E., Alekhina M.S., Ivannikova M.V., Protasova M.V. .... 41*

УПРУГОСТЬ И ГИПЕРУПРУГОСТЬ АОРТЫ / AORTIC ELASTICITY  
AND HYPERELASTICITY

*Муслов С.А., Зайцева Н.В., Корнеев А.А., Чистяков М.В., Фищенко К.А. /  
Muslov S.A., Zaitseva N.V., Korneev A.A., Chistyakov A.A., Fishchenko K.A. .... 46*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУТИЗНЫ СКЛОНА И ИНТЕНСИВНОСТИ  
ОСАДКОВ НА РАЗВИТИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИ  
ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЕВАНИЯ / DETERMINING THE INFLUENCE  
OF SLOPE STEPLESS AND PRECIPITATION INTENSITY ON THE  
DEVELOPMENT OF SOIL EROSION UNDER THE CONDITIONS  
OF THE ARTIFICIAL IRRIGATION MODEL

*Нуруллаев А.К., Джалилова Г.Т. / Nurullaev A.K., Djalilova G.T. .... 51*

ЕМКОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПОГЛОЩЕННЫХ  
КАТИОНОВ В ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ / ABSORPTION  
CAPACITY OF MEADOW-SEROZEM SOILS AND AMOUNT  
OF ABSORPTED CATIONS

*Холматов Б.Т., Шадиева Н.И., Каландаров Н.Н. /  
Kholmatov B.T., Shadieva N.I., Kalandarov N.N. .... 57*

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТОЯНИЕ  
ВРОЖДЕННОГО ИММУНИТЕТА У ЖИТЕЛЕЙ САМАРКАНДСКОЙ  
ОБЛАСТИ / INFLUENCE OF OXIDATIVE PROCESSES ON THE STATE  
OF INNATE IMMUNITY IN RESIDENTS OF SAMARKAND REGION

*Юнусова Н.А., Душанова Г.А. / Yunusova N.A., Dushanova G.A. .... 62*

**НАУЧНЫЙ ОБЗОР / REVIEW**

ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ГЕНЕТИКА И ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ  
ГЕНОМА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУР / ORIGIN, GENETICS  
AND EVOLUTIONARY FEATURES OF THE GENOME OF FARM CHICKENS

*Мельников Н.П., Багыбаева А.М., Исагулов Т.Е., Мельникова Т.В.,  
Джарбанова А.Д., Булах А.В., Безрукова А.Н., Мусина Г.Ш., Джамалова Г.А. /  
Melnikov N.P., Bagybaeva A.M., Isagulov T.E., Melnikova T.V.,  
Dzharbanova A.D., Bulakh A.V., Bezrukova A.N., Musina G.S., Jamalova G.A. .... 71*

## СТАТЬИ

УДК 631.43

**АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
В РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ГИПСИРОВАННЫХ  
ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ****Абдурахмонов Н.Ю., Собитов У.Т., Курдашев К.Д.***Институт почвоведения и агрохимических исследований, Ташкент,  
e-mail: ulmasbek.sobitov@gmail.com*

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследований, проведенных на орошаемых землях Мирзаабадского района Сырдарьинской области, в том числе новые сведения о механическом составе и общезфизических свойствах различной степени гипсированных орошаемых лугово-сероземных почв. Полностью охарактеризованы механический состав и общезфизические свойства изученных лугово-сероземных почв. Описано изменение общезфизических свойств почв в зависимости от их механического состава, а именно отмечена относительно высокая объемная масса почв с тяжелым механическим составом при сравнении объемной массы, удельной массы и пористости почв тяжелого механического состава с почвами легкого механического состава. Приведены общие площади почв изученной территории, которые разделены на группы по степени гипсированности. Представлены исследования различных ученых и специалистов о формировании гипса на почвах Мирзаабадского района, физических свойствах почв и почвенно-мелиоративных условиях. В работах У. Умарова и Р. Курвантаева описана роль механического состава в гидроморфных почвах Мирзачульского оазиса с различной степенью засоления и гипсированности, указано их влияние на сельскохозяйственные культуры в орошаемом земледелии, а также определены пути повышения плодородия лугово-сероземных почв. Приведены рекомендации по улучшению агрофизического состояния, восстановлению и повышению плодородия почв исследованной территории.

**Ключевые слова:** механический состав, лугово-сероземная почва, гипс, классификация, частицы, объемная масса, удельная масса, общая пористость, горизонт, плодородие

**AGROPHYSICAL PROPERTIES OF VARIABLE DEGREES  
OF GYPSUMIZED IRRIGATED MEADOW-SEROZEM SOILS****Abdurakhmonov N.Yu., Sobitov U.T., Kurdashev K.D.***Institute of soil science and agrochemical research, Tashkent, e-mail: ulmasbek.sobitov@gmail.com*

**Annotation.** This article presents the results of research conducted on irrigated lands of the Mirzaabad district of the Syrdarya region, including new information about the mechanical composition and general physical properties of varying degrees of gypsum irrigated meadow-serozem soils. The mechanical composition and general physical properties of the studied meadow-serozem soils have been fully characterized. The change in the general physical properties of soils depending on their mechanical composition is presented, namely, the relatively high volumetric mass of soils with heavy mechanical composition is noted when comparing the volumetric mass, specific gravity and porosity of soils of heavy mechanical composition with soils of light mechanical composition. The total areas of soils in the studied area are given, which are divided into groups according to the degree of gypsum content. The research of various scientists and specialists on the formation of gypsum on the soils of the Mirzaabad region, the physical properties of soils and soil reclamation conditions is presented. The works of U. Umarov and R. Kurvantaev show the role of mechanical composition in hydromorphic soils of the Mirzachel oasis with varying degrees of salinity and gypsum content, their impact on crops in irrigated agriculture, as well as ways to increase the fertility of meadow-serozem soils. Recommendations are given for improving the agrophysical condition, restoring and increasing soil fertility in the studied area.

**Keywords:** mechanical composition, meadow-serozem soil, gypsum, classification, particles, bulk density, specific gravity, total porosity, horizon, fertility

В Узбекистане гипсовые почвы широко распространены в Ферганской долине, Джизакской, Мирзачульской, Маликчульской, Шерабадской пустынях и на плато Устюрт. Гипсовые почвы в основном распространены на предгорных равнинах пустынной зоны и в зоне светлых сероземов. Гипсированные почвы среди орошаемых сельскохозяйственных угодий Республики занимают площадь более 383,2 тыс. га, что составляет 10,3% всех орошаемых почв. В частности, в Сырдарьинской области этот показатель составляет 28,6% орошаемых сельхозугодий области.

Вопросы получения запланированного урожая и обеспечения продовольственной безопасности путем эффективного использования трудномелиорируемых земель, в частности гипсированных почв, в Республике остаются актуальными. Также сложность мелиорации гипсовых почв, недостаточность научных исследований и разработок в этом направлении становятся причиной вывода данных земель из сельскохозяйственного оборота, а также невозмещения понесенных расходов вместо получения прибыли. Остаются нерешенными вопросы по сохранению и восстановлению плодородия и улучшению ме-

лиоративного состояния трудномелиорируемых земель, особенно гипсированных почв.

Восстановление и повышение плодородия гипсированных почв является длительным процессом, требующим больших затрат, который в основном тесно связан с их физическими, химическими и биологическими свойствами. При этом на количество необходимых растениям питательных веществ большое влияние оказывают температурный режим, объемная масса, удельное сопротивление, общая пористость и другие характеристики почвы [1, 2].

В почвоведении ведущее положение занимает изучение общеземных, водных, технологических, тепловых свойств почвы; основные положения по изучению физических свойств почвы приведены в научных трудах таких ведущих ученых нашей Республики, как М.У. Умаров, Р. Курвантаев [3], С. Абдуллаев, Л. Турсунов, Р. Курвантаев [4].

В.Ю. Исаков в ходе своих научных исследований доказал закономерность увеличения плотности почв и уменьшения содержания карбонатов при увеличении количества гипса в почве. Он подчеркивает, что наибольшее количество карбонатов отмечено в нижних частях гипсового горизонта [5].

Д.Ю. Махкамова в своих исследованиях гипсовых почв тщательно изучила их механический состав и биологическое состояние, разработала их индикаторные критерии, разработала и внедрила в практику градацию по содержанию гипса [6].

Цель исследования: определить агрофизические свойства полугидроморфных почв, их общее физическое состояние, оценить уровень огипсованности почв и разработать научно обоснованные агротехнологические мероприятия, направленные на их эффективное улучшение.

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

Объектом исследований выбраны в различной степени гипсированные орошаемые лугово-сероземные почвы массива им. Ю. Охунбабаева Мирзаабдского района Сырдарьинской области.

Основу методики исследований составляют методы анализа данных почвенных карт объекта исследований, сравнительно-географический, почвенно-картографический методы, обобщение лабораторно-камерально-аналитических исследований, а также оценка качества орошаемых земель массива.

Подготовительные, полевые, камеральные и картографические работы исследований выполнены на основе инструкции [7], лабораторно-аналитические работы – на основе общепринятых методических указаний [8]. Классификация механических элементов

и определение механического состава почв проводились в лабораторных условиях – методом пипетки по методике Н.А. Качинского [9]. Использовались общеземные анализы почв на основе методик Е.В. Аринушкиной [10] и УзНИИХ [11].

Изучение механического состава почв и их агрофизических свойств нашло свое отражение в научных исследованиях многих ученых Республики. В частности, Р. Бобоноров [12] отмечал, что еще одним агрофизическим показателем, определяющим плодородие почвы, является агрегатное состояние почвы, в данном случае наличие воднораспределительных макро- и микроагрегатов.

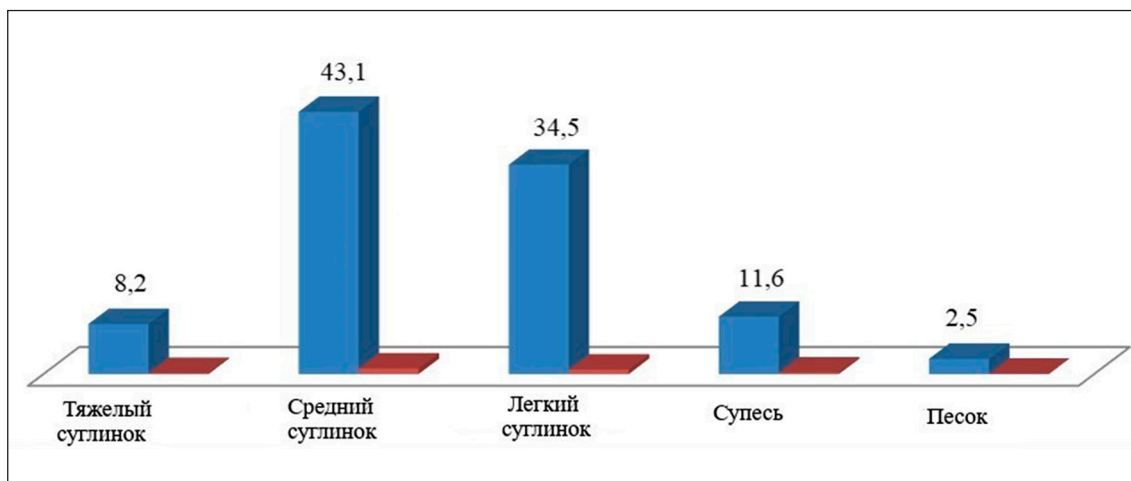
По мнению Р. Курвантаева и иных [13], механический состав участвует в управлении всеми почвенными процессами и, в свою очередь, служит основным показателем при разработке всех необходимых мероприятий по использованию почв.

Удельная масса почвы – наименее изменчивый показатель, он связан с химическим и минералогическим составом почвы и уровнем обеспеченности гумусом, а его изменение связано с процессом выветривания, происходящим в почве. Исследования, проведенные в последние годы, показали, что в результате разложения первичных минералов в постоянно орошаемых почвах образуются вторичные тяжелые (сазовые) минералы, при этом наблюдается частичное увеличение удельной массы почв. Эти данные являются результатом многолетних исследований. Наличие и выветривание магнетита, лимонита, гематита и других подобных тяжелых минералов привели к увеличению удельной массы староорошаемых лугово-аллювиальных почв [14].

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

В настоящее время проводятся многочисленные научные исследования по повышению плодородия почв в современном земледелии, среди которых особое значение имеет изучение агрофизических свойств почв. Установлено, что объемная масса почв исследуемой территории увеличивается в слабо- и среднегипсированных почвах относительно негипсированных лугово-сероземных почв.

Общая площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий массива им. Ю. Ахунбабаева, где проводились исследования, составляет 4692 га. По механическому составу среднесуглинистые почвы составляют 43,1% от общей площади орошаемых земель, легкосуглинистые – 34,5%, тяжелосуглинистые – 8,2%, супесчаные почвы – 11,6%, песчаные почвы составляют 2,5% (рисунок).



*Механический состав орошаемых лугово-сероземных почв массива им. Ю. Ахунбабаева, площадь в %*

По результатам лабораторного анализа проб почв, отобранных в ходе полевых исследований, определено, что почвы среднесуглинистого механического состава занимают значительные территории (табл. 1).

Количество частиц физической глины (<0,01 мм) в механическом составе пахотного горизонта негипсованных (разрезы 108, 166) среднесуглинистых почв объекта исследований составляет 30,2–36,8%, из них частицы крупной пыли (0,05–0,01 мм) составляют 47,8–53,2%, частицы средней пыли (0,01–0,005 мм) – 4,8–13,8%, частицы мелкой пыли (0,005–0,001 мм) – 14,9–15,1%; из частиц физического песка – частицы крупного песка (>0,25 мм) – 0,8–1,2%, частицы среднего песка (0,25–0,1 мм) – 0,3–1,1%, мелкого песка (0,1–0,05 мм) – 13,9–14,7%, количество частиц ила (0,001 мм) составляют 8,1–10,3% (табл. 1).

Количество частиц физической глины (<0,01 мм) в пахотном горизонте слабогипсованных почв (разрезы 4, 336) в супесчаных почвах составляет 15,9%, в тяжело-суглинистых почвах – 46,6%, из них содержание частиц крупной пыли (0,05–0,01 мм) в обоих видах почвы варьирует в пределах 31,0–54,1%, частиц средней пыли (0,01–0,005 мм) – 3,1–9,8%, частиц мелкой пыли (0,005–0,001 мм) – 8,0–19,7%, частиц крупного песка (>0,25 мм) – 1,8–6,0%, частиц среднего песка (0,25–0,05 мм) – 2,9–13,0%, частиц мелкого песка (0,1–0,05 мм) – 11,0–17,7%, а количество частиц ила (0,001 мм) колеблется в пределах 4,8–17,1% (табл. 1).

Количество частиц физической глины (<0,01 мм) в пахотном горизонте среднегипсованных почв (разрезы 16, 33) составляет 22,6–42,2%, из них количество частиц круп-

ной пыли (0,05–0,01 мм) варьирует в пределах 32,2–48,2%, частиц средней пыли (0,01–0,005 мм) – 6,8–19,1%, частиц мелкой пыли (0,005–0,001 мм) – 10,4–15,1%, частиц крупного песка (>0,25 мм) – 1,2–5,4%, частиц среднего песка (0,25–0,05 мм) – 0,3–11,4%, частиц мелкого песка (0,1–0,05 мм) – 12,4–24,1%, а количество частиц ила (0,001 мм) составляет 5,4–8,0% (табл. 1). Среди фракций механического состава изученных почв с различной степенью гипсованности преобладают частицы крупной пыли (0,05–0,001 мм).

Объемная масса почвы имеет важное значение в определении ее плодородия, особенно в определении нормального развития культурных растений и их урожайности. Плотность почвы (объемная масса) является ее основной и важной физической характеристикой, она оказывает влияние на водный, воздушный, тепловой режимы почв, а также влияет на биологическую активность растений и деятельность животных в почве.

Степень уплотненности почв территории определена на основе классификации, разработанной В.А. Рожковым, А.Г. Бондаревым и другими (2002 г.) (табл. 2). В соответствии с этой классификацией, пахотные горизонты орошаемых лугово-сероземных почв массива с разной степенью гипсованности в большинстве случаев слабо уплотнены, подпахотные горизонты средне уплотнены, а по высокому содержанию гипса в некоторых почвенных разрезах они относятся к сильно и очень сильно уплотненным группам почв.

Данные по объемной массе, удельной массе и общей пористости изученных почв приведены в таблице 3.

Таблица 1

## Механический состав орошаемых лугово-сероземных почв

№ разреза	Глубина горизонта, см	Количество почвенных частиц, в %, размер в мм							Физическая глина, мм <0,01	Наименование по механическому составу
		Песок			Пыль			Ил 0,001		
		>0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001			
Негипсованные почвы										
108	0–25	1,2	0,3	13,9	47,8	13,8	14,9	8,1	36,8	Средний суглинок
	25–49	1,6	0,4	7,4	55,0	16,0	12,8	6,8	35,6	Средний суглинок
	49–88	1,6	0,4	11,3	50,3	18,2	11,1	7,1	36,4	Средний суглинок
	88–117	0,8	0,2	10,0	58,2	11,7	13,7	5,4	30,8	Средний суглинок
	117–166	0,9	0,5	11,1	57,4	10,8	13,1	4,6	28,5	Легкий суглинок
166	0–26	0,8	1,1	14,7	53,2	4,8	15,1	10,3	30,2	Средний суглинок
	26–48	0,3	0,7	19,6	45,3	6,4	15,1	12,6	34,1	Средний суглинок
	48–85	4,8	6,5	46,6	21,4	3,2	10,3	7,2	20,7	Средний суглинок
	85–108	4,8	7,0	46,8	21,5	3,2	9,5	7,2	19,9	Легкий суглинок
	108–159	3,4	6,7	47,6	22,6	3,6	10,4	5,7	19,7	Легкий суглинок
Слабогипсованные почвы										
4	0–27	6,0	13,0	11,0	54,1	3,1	8,0	4,8	15,9	Супесь
	27–49	6,5	14,0	11,1	50,1	3,2	9,5	5,6	18,3	Супесь
	49–88	5,5	13,5	11,7	51,7	4,0	8,0	5,6	17,6	Супесь
	88–112	3,2	12,4	11,6	52,3	4,4	10,2	5,9	20,5	Легкий суглинок
	112–154	3,1	12,1	10,9	53,6	4,6	9,9	5,8	20,3	Легкий суглинок
336	0–27	1,8	2,9	17,7	31,0	9,8	19,7	17,1	46,6	Тяжелый суглинок
	27–49	1,2	2,3	16,2	35,2	8,1	19,4	17,6	45,1	Тяжелый суглинок
	49–87	2,2	3,4	18,4	35,1	7,9	18,7	14,3	40,9	Средний суглинок
	87–112	2,3	5,7	21,2	39,1	5,4	15,1	11,2	31,7	Средний суглинок
	112–167	1,9	5,2	27,0	37,4	4,4	13,7	10,4	28,5	Легкий суглинок
Среднегипсованные почвы										
16	0–29	1,2	0,3	24,1	32,2	19,1	15,1	8,0	42,2	Средний суглинок
	29–46	1,6	0,4	25,7	30,4	11,8	18,5	11,6	41,9	Средний суглинок
	49–86	1,6	0,4	22,1	38,7	9,8	17,2	10,2	37,2	Средний суглинок
	86–120	1,4	0,4	22,0	44,5	11,2	16,1	4,4	31,7	Средний суглинок
	120–160	1,2	0,3	22,1	45,7	10,3	15,4	3,8	29,5	Легкий суглинок
33	0–22	5,4	11,4	12,4	48,2	6,8	10,4	5,4	22,6	Легкий суглинок
	22–35	5,1	11,2	13,2	49,5	5,9	9,2	5,9	21,0	Легкий суглинок
	35–58	5,1	10,1	12,3	50,1	5,9	10,2	6,3	22,4	Легкий суглинок
	58–96	4,8	10,6	11,4	47,2	7,8	11,4	6,8	26,0	Легкий суглинок
	96–133	4,3	11,4	12,7	52,3	4,7	9,7	4,9	19,3	Супесь
133–170	5,2	11,3	12,9	51,7	4,9	9,2	4,8	18,9	Супесь	

Таблица 2

## Классификация почв по плотности

№	Степень уплотнения	Объемная масса почв, г/см <sup>3</sup>
1	Неуплотненные (свежевспаханные)	<1,2
2	Слабо уплотненные	1,2–1,3
3	Средне уплотненные	1,3–1,4
4	Сильно уплотненные	1,4–1,5
5	Очень сильно уплотненные	>1,5



Таблица 3

Общефизические свойства орошаемых гипсированных лугово-сероземных почв

№ разреза	Глубина, см	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Удельная масса, г/см <sup>3</sup>	Общая пористость, %
Негипсированные почвы				
108	0–25	1,33	2,66	50
	25–49	1,37	2,68	49
	49–88	1,38	2,66	48
	88–117	1,36	2,64	48
166	0–26	1,34	2,68	50
	26–48	1,36	2,69	49
	48–85	1,40	2,68	48
	85–108	1,34	2,64	49
Слабогипсированные почвы				
4	0–27	1,39	2,65	48
	27–49	1,40	2,66	47
	49–88	1,41	2,64	47
	88–112	1,36	2,57	47
336	0–27	1,40	2,57	46
	27–49	1,43	2,59	45
	49–87	1,38	2,60	47
	87–112	1,35	2,61	48
Среднегипсированные почвы				
16	0–29	1,41	2,68	47
	29–46	1,42	2,69	47
	49–86	1,68	2,63	36
	86–120	1,61	2,62	39
33	0–22	1,42	2,67	47
	22–35	1,46	2,69	46
	35–58	1,71	2,65	35
	58–96	1,59	2,62	39
	96–133	1,43	2,66	46

Объемная масса почв объекта исследований варьирует в зависимости от уровня гипсированности, и они отличаются по мощности гипсового горизонта и степени уплотнения. Отмечено, что объемная масса в пахотном и подпахотном горизонтах исследованных негипсированных среднесуглинистых почв составила 1,33–1,37 г/см<sup>3</sup>, в слабогипсированных тяжелосуглинистых почвах – 1,41–1,43 г/см<sup>3</sup>, в среднегипсированных легкосуглинистых почвах она варьировала в пределах 1,42–1,46 г/см<sup>3</sup>, увеличение до 1,71 г/см<sup>3</sup> отмечено в средней части сильногипсированного профиля (табл. 3).

Удельная масса почвы является одним из наименее изменчивых параметров. Исследования, проведенные в последние годы,

показывают, что вторичные тяжелые минералы находятся в процессе формирования в результате разложения первичных минералов в постоянно орошаемых почвах. Это приводит к частичному увеличению удельной массы почвы [15]. Удельная масса пахотных слоев почв территории колеблется в пределах 2,57–2,68 г/см<sup>3</sup>, что характерно для этих орошаемых почв (табл. 3).

Пористость почвы изменяется в зависимости от ее структурного состояния, механических элементов и расположения их в почвенных слоях (квадратное, ромбическое и т.д.). При кубическом расположении структурированные частицы являются пористыми, согласно теоретическим расчетам, пористость между частицами состав-

ляет 47,6% от всей системы. При гексагональном расположении поры, содержащие воздух, составляют около 26%. Следовательно, чем больше агрегатов в почве, тем она более пористая, и, напротив, в случае бесструктурных почв механические элементы независимо от расположения плотные, как следствие, общая пористость резко снижается. Как правило, наибольшая пористость присуща богатым гумусом структурированным почвам. Общая пористость верхнего слоя данных почв может составлять 60–70%. Большая пористость почвы, в первую очередь, зависит от пустот, оставленных различными насекомыми и животными, а также корнями, во вторую – от пористого расположения различных крупных и мелких частиц почвы [16].

Общая пористость (ОП) почвы зависит от ее механического состава и плотности. Если она составляет 44–46% в почвах плотностью 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup>, почва считается неудовлетворительной. Пористость почвы изменяется в зависимости от ее структурного состояния, механических элементов и порядка их расположения в почвенных слоях. Чем больше агрегатов в почве, тем она более пористая. И, напротив, бесструктурные почвы независимо от расположения механических элементов являются плотными, и в результате их общая пористость резко снижается. Установлено, что показатели общей пористости в пахотном горизонте негипсированных орошаемых лугово-сероземных почв (разрезы 108, 166) объекта исследований составляют 49–50%, в слабогипсированных почвах (разрезы 4, 336) – 46–48%, в среднегипсированных почвах (разрезы 16, 33) пористость составляет 46–47%. Отмечено уменьшение показателей общей пористости в среднегипсированных почвах до 35% от верхних горизонтов к нижним. Высокая общая пористость пахотного слоя почвы облегчает обработку почвы и способствует оптимальному росту растений.

### Выводы

1. По механическому составу почв исследуемой территории преобладают среднесуглинистые почвы, которые составляют 43,1% общей площади орошаемых земель. Установлено преобладание частиц крупной пыли (0,05–0,01 мм).

2. Установлено, что объемная масса этих почв изменяется в зависимости от степени гипсированности. Определено, что в пахотном слое негипсированных почв она составляет 1,33–1,34 г/см<sup>3</sup>, а в гипсовом слое среднегипсированных почв отмечены наи-

большие ее показатели, которые достигают 1,71 г/см<sup>3</sup>.

3. Наблюдаются изменения общей пористости и удельной массы в зависимости от объемной массы почв из-за их тесной взаимосвязи. В пахотном горизонте негипсированных почв исследуемой территории отмечены наибольшие показатели пористости почв, которая составляет 50%, и удельной массы – 2,68 г/см<sup>3</sup>, что свидетельствует о высоком показателе аэрации данных почв.

4. Своевременное и качественное проведение агротехнических и агромелиоративных мероприятий на почвах данной территории, обеспечение рабочего состояния открытых и закрытых дренажей, поддержание уровня грунтовых вод (на критической глубине) на оптимальном уровне, правильное внедрение научно обоснованной системы севооборота способствуют повышению плодородия почв территории и обеспечению высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

### Список литературы

1. Курвантаев Р., Мусурманов А., Машарипов Н., Худойназарова Н. Изменение общих физических свойств почв Мирзачульского оазиса под влиянием мульчирования и минимальной обработки // Инновационные технологии производства продукции в многоотраслевых фермерских хозяйствах: сборник материалов республиканской научно-практической конференции. Бухара, 2016. С. 31–36.
2. Уразбаев И., Курвантаев Р., Мусурманов А., Ботиров Ш. Агрофизическая характеристика орошаемых почв Мирзачульского оазиса // Почвоведение – продовольственная и экологическая безопасности страны: VII съезд общества почвоведов им. В.В. Докучаева: тезисы докладов. Часть 1. Белгород, 2016. С. 384–385.
3. Умаров М.У., Курвантаев Р. Повышение плодородия орошаемых почв путем регулирования их физических свойств. Ташкент: Фан, 1987. 106 с.
4. Курвантаев Р. Рекомендации по улучшению физического и структурного состояния орошаемых почв Узбекистана. Ташкент, 2014. 63 с.
5. Исаков В.Ю. Экомелиоративное состояние арзычных почв и пути их улучшения. Материалы республиканской научно-практической конференции. Фергана, 2007. С. 19–22.
6. Махкамова Д.Ю. Гипсированные почвы Джизакской пустыни и их биологическая активность: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент: НУУз, 2018. 182 с.
7. Инструкция проведения почвенных исследований и составления почвенных карт для ведения Государственного земельного кадастра: Нормативный акт по землепользованию, землеустройству и земельному кадастру. Ташкент, 2015. 52 с.
8. Методические указания по бонитировке орошаемых почв Республики Узбекистан (коллектив авторов): Нормативный акт по землепользованию, землеустройству и земельному кадастру. Ташкент, 2018. 24 с.
9. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1970. 359 с.
10. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
11. Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии. Ташкент: УзПИТИ, 1977. 214 с.

12. Бобонов Р. Механический и микроагрегатный состав такырных почв // Актуальные проблемы сохранения, повышения и защиты плодородия почв: сборник материалов республиканской научно-практической конференции. Карши, 2021. С. 30–34.
13. Курвантов Р., Мусурманов А. Влияние мульчирования и минимальной обработки на общеземные свойства орошаемых почв Мирзачульского оазиса // Вестник аграрной науки Узбекистана. 2018. №1 (71). С. 45–49.
14. Собитов У.Т., Абдурахмонов Н.Ю., Юлдашев И.К., Пулатов М.К., Юнусова Д.И. Механический и микроагрегатный состав орошаемых лугово-сазовых почв Центральной Ферганы // Применение инновационных ресурсосберегающих технологий в сельском и водном хозяйстве: сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции. 2022. С. 32–36.
15. Собитов У., Абдурахмонов Н., Юлдашев И.Г. Общие физические свойства орошаемых лугово-сазовых почв Центральной Ферганы // Почвоведение и агрохимия. 2022. №4. С. 53–57.
16. Курвантаев Р., Мусурманов А. Учебно-методический комплекс по физике почв. 2014. 121 с.

УДК 575.1:581.154:581.184.7

## НАСЛЕДОВАНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ИНДЕКСА ВОЛОКНА И МАССЫ 1000 СЕМЯН У РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ $F_1$ - $F_2$ С УЧАСТИЕМ ЛИНИИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ ХЛОПЧАТНИКА ВИДА *G.HIRSUTUM* L.

<sup>1</sup>Бекмухамедов А.А., <sup>1</sup>Нуриддинов А.Н., <sup>2</sup>Хайтова Ш.Д.,  
<sup>1</sup>Набиева Н.В., <sup>1</sup>Назарбаев Х.К., <sup>3</sup>Ибрагимова З.Ю.

<sup>1</sup>Национальный университет Узбекистана имени М. Улугбека, Ташкент,  
e-mail: navruzbekxusanov@mail.ru;

<sup>2</sup>Термезский государственный педагогический институт, Термез;

<sup>3</sup>Институт сельского хозяйства аграрных технологий, Ташкент

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты анализа наследования и изменчивости некоторых элементов урожайности и индекса волокна у реципрокной гибридной комбинации  $F_1$ - $F_2$ , полученных с участием интрогрессивных линий Л-620, Л-4112, Л-39, Л-608 (тип опушенности семян ОС) и изогиной линии Л-15 (тип опушенности семян н-МС), резко различающихся по генотипу признаков. Согласно полученным результатам, прямая гибридная комбинация  $F_1$ Л-620 x Л-15, полученная с участием линии Л-620 с низким показателем индекса волокна и линии Л-15, имела средний показатель индекса волокна  $7,93 \pm 0,07$  г, в наследовании признака установлен положительный гетерозис ( $hp=10,3$ ). Изученные растения линий по индексу волокна расположились в 3–4-х классах вариационного ряда, а амплитуда изменчивости гибридных комбинаций  $F_2$ , полученных с участием этих линий, была относительно высокой, растения гибридных комбинации находились в 7–11-х классах вариационного ряда. По массе 1000 штук семян линии Л-15, Л-620, Л-608, Л-39 и Л-4112 отличались низкой изменчивостью, и растения располагались преимущественно в 3–4-х классах вариационного ряда, тогда как у гибридов  $F_2$  установлена высокая изменчивость, растения расположились в 8–11-х классах в зависимости от комбинации.

**Ключевые слова:** хлопчатник, генетическая коллекция, линия, гибрид, реципрок, наследование, изменчивость, доминантность, качественные и количественные признаки, индекс волокна, масса 1000 штук семян

## INHERITANCE AND VARIABILITY OF THE FIBER INDEX AND WEIGHT OF 1000 SEEDS IN RECIPROCAL HYBRIDS $F_1$ - $F_2$ WITH THE PARTICIPATION OF THE GENETIC COLLECTION LINE OF THE COTTON SPECIES *G.HIRSUTUM* L.

<sup>1</sup>Bekmuhamedov A.A., <sup>1</sup>Nuriddinov A.N., <sup>2</sup>Xaitova S.D.,  
<sup>1</sup>Nabiyeva N.V., <sup>1</sup>Nazarboev K.Q., <sup>3</sup>Ibragimova Z.Y.

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after M. Ulugbek, Tashkent,  
e-mail: navruzbekxusanov@mail.ru;

<sup>2</sup>Termez State Pedagogical Institute, Termez;

<sup>3</sup>Institute of Agriculture and Agricultural Technologies, Tashkent

**Annotation.** In this research presented the results of an analysis of the inheritance and variability of some elements of yield and fiber index in reciprocal hybrid combinations  $F_1$ - $F_2$  obtained with the participation of introgressive lines L-620, L-4112, L-39, L-608 (OS type of seed pubescence) and isogenic line L-15 (type of seed pubescence n-MS), which differ sharply in genotype characteristics. According to the obtained results, the direct hybrid combination  $F_1$ Л-620 x Л-15 obtained with the participation of the L-620 line with a low fiber index and the L-15 line had an average fiber index of  $7.93 \pm 0.07$  g, the inheritance of the trait was established positive heterosis ( $hp=10.3$ ). The studied plants of the lines according to the fiber index were located in classes 3–4 of the variation series, and the amplitude of variability of the  $F_2$  hybrid combinations obtained with the participation of these lines was relatively high; the plants of the hybrid combinations were in classes 7–11 of the variation series. In terms of the weight of 1000 seeds, the lines L-15, L-620, L-608, L-39 and L-4112 were characterized by low variability and the plants were located mainly in classes 3–4 of the variation series, while  $F_2$  hybrids showed high variability, plants located in 8–11 classes depending on the combination.

**Keywords:** cotton, genetic collection, line, hybrid, reciprocal hybrids, inheritance, variability, dominant trait, qualitative and quantitative traits, fiber index, weight of 1000 seeds

Одним из основных факторов конкурентоспособности узбекского хлопка на мировом хлопковом рынке является создание новых сортов хлопка с высокими показателями ценных экономических характеристик, отвечающих требованиям настоящего

времени. Изучение генетического контроля хозяйственных признаков и их взаимосвязи в хлопчатнике с целью создания высокоурожайных, скороспелых, устойчивых к болезням и вредителям сортов с высоким качеством волокна и выходом является од-

ной из актуальных задач. Комбинационные способности некоторых линий генетической коллекции изучались по индексу волокна и признаку массы 1000 семян, однако исследований в этом направлении на большом количестве генотипически различных линий не проводилось.

У хлопчатника вида *G.hirsutum* L. выход волокна является сложным признаком и контролируется взаимодействием генов [1]. В простых гибридных комбинациях  $F_1$  признаки волокна в основном контролируются аддитивным эффектом, в то время как длина, однородность и прочность волокна были сильно доминантными, межвидовое скрещивание показало промежуточное наследование длины волокна в поколении  $F_1$  и дает расщепление 3:1 в поколении  $F_2$  [2, 3]. Для получения гибридов хлопчатника с высоким гетерозисом хорошие результаты дает использование сортов, которые генетически отдалены друг от друга, принадлежащих к разным эколого-географическим группам. Путем скрещивания диких диплоидных видов *G.thurberi*, *G.raimondii* с культурным диплоидным видом *G.arboreum* L. получены гибриды, сочетающие в себя ценные хозяйственные признаки, у которых выход волокна составил 42–43%, а также созданы скороспелые линии [4]. Достичь положительного результата в короткие сроки можно, применяя мутационные и современные молекулярно-генетические методы при улучшении хлопкового волокна, выявляя гены, контролируемые качественные характеристики волокна в различных образцах хлопчатника и гибридных комбинациях, а также изучая их на основе маркерных генов [5, 6]. У гибридов  $F_1$ , полученных с участием видов хлопчатника *G.hirsutum* L. и *G.barbadense* L., наблюдается доминирование тонковолокнистых сортов по длине волокна, в наследовании признака в основном отмечен гетерозис, т.е. наблюдались более высокие значения по сравнению с родительскими формами. У растений  $F_2$  были выделены формы с высокой длиной волокна (41,0–42,0 мм), что указывает на сохранение гетерозиса в этом поколении [7]. Использование разных видов генофонда хлопчатника и создание на их основе новых гибридов показывают широкую изменчивость по выходу и качеству волокна, а также выщепление положительных трансгрессивных форм среди гибридов [8, 9].

#### Материалы и методы исследования

В исследованиях были использованы интрогрессивные линии генетической коллекции хлопчатника Л-620, Л-4112, Л-39,

Л-608- (тип подпушка семян ОС), изогенная линия -Л-15 (тип подпушка семян н-МС) и их гибридные растения первого и второго поколений. Математический и статистический анализ проводили с использованием методов, изложенных в работах Доспехова [10].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Согласно полученным результатам, линии Л-608 и Л-39 статистически достоверно не отличались друг от друга по среднему показателю индекса волокна. В остальных случаях наблюдалась разница между всеми линиями генетической коллекции. Скрещивание линии Л-39, имеющей высокий показатель индекса волокна ( $7,31 \pm 0,07$  г), с линией Л-15 по сравнению со средним показателем индекса волокна ( $6,91 \pm 0,12$  г), в гибридной комбинации  $F_1$  Л-39 x Л-15 показало среднее значение индекса волокна  $7,70 \pm 0,07$  г, а в комбинации  $F_1$  Л-15 x Л-39 этот показатель равнялся  $7,78 \pm 0,06$  г соответственно. Причем у этих гибридов признак наследовался в неполном доминантном положении ( $h_p=0,3$ ).

В комбинации скрещивания линии Л-15 с линией Л-608, имеющей относительно высокий показатель индекса волокна ( $7,22 \pm 0,07$  г), средний показатель этого признака в комбинации  $F_1$  Л-608 x Л-15 равнялся  $7,62 \pm 0,08$  г, и наоборот, у гибрида  $F_1$  Л-15 x Л-608 он составлял  $7,84 \pm 0,05$  г. В гибридных комбинациях наследуемый признак находился в состоянии сверхдоминирования ( $h_p=3,4$ ;  $h_p=4,6$ ).

В комбинации скрещивания  $F_1$  Л-620 x Л-15 показатель был равен  $7,93 \pm 0,07$  г, что является признаком сверхдоминирования ( $h_p=10,3$ ) и положительного результата, в котором гетерозис составил 124,8%. В комбинации обратного скрещивания  $F_1$  Л-15 x Л-620 индекс волокна составил  $6,02 \pm 0,07$  г, признак наследовался в состоянии отрицательного сверхдоминирования ( $h_p=-7,1$ ) (табл. 1).

Прямой комбинации  $F_1$  Л-4112 x Л-15 среднее значение индекса волокна равнялось  $7,90 \pm 0,08$  г, признак находился в положении сверхдоминирования ( $h_p=6,2$ ), который передается по наследству. Положительный гетерозис составил 114,3%. В комбинации  $F_1$  Л-15 x Л-4112 индекс волокна составил  $8,20 \pm 0,07$  г, признак наследовался в состоянии положительного сверхдоминирования ( $h_p=7,9$ ), положительный гетерозис составил 118,7%. Установлено обратное различие средних показателей прямых и обратных гибридных комбинаций линии Л-15 с линиями Л-608, Л-620, Л-4112.

Таблица 1

Наследование характера индекса волокна у реципрочных  $F_1$ -гибридов с участием линий генетической коллекции хлопчатника

№	Линии и гибридные комбинации	Индекс волокна (г)	S	V, %	hp
1	Л-15	6,91±0,12	0,78	11,2	–
2	Л-4112	6,52±0,06	0,35	5,37	–
3	Л-608	7,22±0,07	0,41	5,62	–
4	Л-39	7,31±0,07	0,40	5,48	–
5	Л-620	6,68±0,05	0,33	4,9	–
6	$F_1$ Л-4112 x Л-15	7,90±0,08	0,51	6,42	6,2
7	$F_1$ Л-15 x Л-4112	8,20±0,07	0,49	6,03	7,9
8	$F_1$ Л-608x Л-15	7,62±0,08	0,53	7,01	3,4
9	$F_1$ Л-15x Л-608	7,84±0,05	0,43	5,46	4,6
10	$F_1$ Л-39 x Л-15	7,70±0,07	0,39	5,0	0,3
11	$F_1$ Л-15 x Л-39	7,78±0,06	0,39	4,74	0,3
12	$F_1$ Л-620 x Л-15	7,93±0,07	0,46	5,81	10,3
13	$F_1$ Л-15 x Л-620	6,02±0,07	0,59	9,78	-7,1

Это показывает, что ядерные гены, а также цитоплазматические гены участвуют в генетическом контроле индекса клетчатки. Только гибриды линии Л-15 с линией Л-39 не показали реципрочной дифференцировки.

Аналогичная ситуация наблюдалась и в отношении выхода волокна. Все изученные комбинации  $F_1$  имеют индекс волокна выше 6 г, за исключением комбинации  $F_1$  Л-15 x Л-620. Во всех гибридных комбинациях индекс волокна составил от 7,60 г до 8,20 г. Это свидетельствует о том, что эти гибриды являются ценным исходным материалом для селекции хлопка с высоким индексом волокна.

*Изменчивость индекса волокна у реципрочных гибридов  $F_2$  с участием линий генетической коллекции хлопчатника*

Показатели индекса волокна показывают 3 класса вариационных рядов в линиях Л-620, Л-4112 и Л-39, а в линиях Л-15 и Л-608 – 4 класса вариационных рядов. В  $F_2$  образовано 7–11 классов вариационных рядов. Индекс волокна в среднем составляет от 7,20 г до 7,75 г в прямых и обратных гибридных комбинациях второго поколения с участием линий Л-15. В комбинации  $F_2$  Л-608 x Л-15 индекс волокна размещен в 7-м классе вариационных рядов, который варьируется от 5,75 г до 9,24 г соответственно. Большинство растений (28) отнесено к модальному классу с индексом 7,25–8,74 г. В этой комбинации обнаружено, что два класса сме-

стились вправо, т.е. выделились растения с индексом волокна выше индекса волокна высокоиндексной линии Л-608, и они составили 13,5% от общего количества растений. В комбинации  $F_2$  Л-15 x Л-608 образовано 10 классов (от 5,25 г до 10,24 г). Больше всего (40) растений было отнесено к модальному классу с показателями 7,75–8,24 г. В этой комбинации было обнаружено, что четыре класса были сдвинуты вправо, т.е. это растения с индексом волокна выше индекса волокна высокоиндексной линии Л-608, и они составили 37,7% от общего числа растений. Можно отметить, что гистограмма диапазона изменения была однопиковой. Гибридная комбинация  $F_2$  Л-620 x Л-15 индекс волокна размещена в 10-м классе вариационных рядов (от 4,75 г до 9,74 г). При этом больше всего (37) растений было отнесено к модальному классу с показателями 6,75–7,74 г. В этом сочетании три класса смещаются влево, т.е. выделяются растения с индексом волокна ниже, чем показатель индекса волокна линии Л-620, что составляет 16,2% от общего количества растений. А также четыре класса растений смещаются вправо, т.е. было обнаружено, что растения с более высоким индексом волокна, чем индекс волокна линии Л-15, составляют 14,6% от общего количества растений. В комбинации  $F_2$  Л-15 x Л-620 индекс волокна размещен в 11-м классе вариационных рядов (от 5,25 г до 10,74 г). При этом больше всего (22) растений было отнесено к модальным классам с показателями 6,75–7,74 г.

Таблица 2

Изменчивость индекса волокна у реципрокных гибридов F<sub>2</sub> с участием линий генетической коллекции хлопчатника

№	Линии и гибридные комбинации	N	Вариационные ряды (0,5 г.)										$\bar{x} \pm S_x$	S	V, %	h <sup>2</sup>		
			4.75-5.24	5.25-5/74	5.75-6.24	6.25-6.74	6.75-7.74	7.25-7.74	7.75-8.24	8.25-8.74	8.75-9.24	9.25-9.74					9.75-10.24	10.25-10.74
1	Л-15	45	-	-	6	11	14	14	-	-	-	-	-	-	6,91±0,12	0,78	11,2	-
2	Л-608	37	-	-	-	3	22	9	3	-	-	-	-	-	7,22±0,07	0,41	5,62	-
3	Л-620	31	-	-	-	12	23	6	-	-	-	-	-	-	6,68±0,05	0,33	4,9	-
4	Л-4112	35	-	-	14	16	5	-	-	-	-	-	-	-	6,52±0,06	0,35	5,37	-
5	Л-39	32	-	-	-	-	2	28	2	-	-	-	-	-	7,31±0,07	0,40	5,48	-
6	F <sub>2</sub> Л-608 x Л-15	111	-	-	23	28	16	16	13	14	1	-	-	-	7,32±0,08	0,86	11,79	0,33
7	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-608	183	-	1	4	14	23	32	40	37	21	10	1	-	7,67±0,07	0,88	11,48	0,39
8	F <sub>2</sub> Л-620 x Л-15	130	2	6	13	21	37	32	10	5	3	1	-	-	7,29±0,07	0,82	11,26	0,36
9	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-620	118	-	3	2	16	22	22	21	16	9	4	3	1	7,46±0,09	1,00	13,41	0,43
10	F <sub>2</sub> Л-4112 x Л-15	181	-	4	8	24	40	36	40	19	6	2	2	-	7,2±0,06	0,85	11,83	0,35
11	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-4112	113	-	2	4	6	17	26	29	9	14	6	-	-	7,53±0,08	0,90	11,90	0,38
12	F <sub>2</sub> Л-39x Л-15	153	-	1	1	12	20	31	35	25	15	7	6	-	7,75±0,09	0,81	11,00	0,35
13	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-39	140	-	1	6	17	26	36	24	20	5	4	1	-	7,31±0,07	0,85	11,59	0,38

В этой комбинации было обнаружено, что два класса сместились влево, т.е. выделились растения с индексом волокна ниже, чем индекс волокна высокоиндексной линии Л-620, и они составили 4,2% от общего количества растений, а также шесть классов о установлено, что растения с индексом волокна выше, чем индекс волокнуалинии Л-15, которые размещены в 6 вариационных рядах, составляют 28,0% от общего числа растений.

В комбинации  $F_2$ Л-4112 х Л-15 растения по индексу волокна были размещены в 10 классах – от 5,25 г до 10,24 г. Наибольшее количество растений (40 и 40) располагались в модальных классах с показателями 6,75–7,74 г и 7,75–8,24 г.

В этой комбинации произошел сдвиг одного класса влево, т.е. были выделены растения с индексом волокна ниже индекса волокна низкоиндексной линии Л-4112, их количество составило 2,2% от общего числа растений, и было выделено пять классов со сдвигом вправо. Следовательно, было обнаружено, что растения с индексом волокна выше, чем показатель волокна линии Л-15 с высоким индексом, были изолированы и составили 38,1% от общего числа растений. В комбинации  $F_2$ Л-15 х Л-4112 растения по индексу волокна были размещены в 9 классах – от 5,25 г до 9,74 г. При этом наибольшее количество (29) растений располагались в модальных классах

с показателями 7,75–8,24 г. В этой комбинации был выделен сдвиг одного класса влево, т.е. имелись растения с индексом волокна ниже индекса волокна низкоиндексной линии Л-4112, их количество составило 2,2% от общего числа растений. Установлено, что четыре класса сместились вправо, т.е. были выделены растения с индексом волокна, превышающий индекс волокна линии Л-15, они составили 51,3% от общего числа растений (табл. 2). Комбинации  $F_2$ Л-39 х Л-15 и  $F_2$ Л-15 х Л-39 имеют индекс волокна 10 классов в диапазоне от 5,25 г до 10,24 г. Больше всего (35 и 36) растений располагались в модальных классах с показателями 7,75–8,24 г и 7,25–7,74 г. В этих комбинациях произошел сдвиг одного класса влево, т.е. были выделены растения с индексом волокна ниже, чем показатель волокна линии Л-15, их количество составило 2,2% от общего количества растений. А также были выделены четыре класса растений со сдвигом вправо, т.е. были выделены растения с более высоким индексом волокна, чем индекс волокна линии с высоким индексом Л-39, их количество составляет 38,1% и 21,4% соответственно.

Отмечено, что гистограмма диапазона изменения индекса волокна в этих сочетаниях однопиковая. Гистограмма диапазона изменения индекса волокна во всех изученных комбинациях  $F_2$  одно- и двухвершинная.

Таблица 3

Наследование массы 1000 семян у рецiproкных гибридов  $F_1$  с участием линий генетической коллекции хлопчатника

№	Линии и гибридные комбинации	Масса 1000 семян (г.)	S	V, %	Hр
1	Л-15	116,9±0,58	3,89	3,32	-
2	Л-4112	120,1±0,56	3,30	2,74	-
3	Л-608	110,1±0,72	4,12	3,71	-
4	Л-39	112,3±0,93	5,27	4,70	-
5	Л-620	110,7±0,53	3,39	3,06	-
6	$F_1$ Л-4112х Л-15	110,8±0,14	5,72	5,13	-4,81
7	$F_1$ Л-15 х Л-4112	107,6±0,71	4,84	4,52	-6,83
8	$F_1$ Л-608х Л-15	116,6±0,63	3,62	3,14	0,91
9	$F_1$ Л-15х Л-608	114,4±0,67	4,64	4,15	0,33
10	$F_1$ Л-39 х Л-15	107,8±0,71	3,82	3,54	-2,95
11	$F_1$ Л-15 х Л-39	113,6±0,76	4,67	4,18	-0,49
12	$F_1$ Л-620 х Л-15	116,1±0,81	5,22	4,53	0,74
13	$F_1$ Л-15 х Л-620	111,9±0,55	3,86	3,47	-0,68



*Наследование и изменчивость признака масса 1000 штук семян у реципрочных гибридов  $F_1$ - $F_2$  с участием линий генетической коллекции хлопчатника*

Средние значения линий Л-608 и Л-620 по массе 1000 семян статистически не отличались друг от друга ( $110,1 \pm 0,7$  г и  $110,7 \pm 0,5$  г соответственно). Во всех остальных случаях установлено, что разница по массе 1000 семян была достоверной у линий Л-608, Л-4112, Л-620, Л-39 и Л-15. Средняя продуктивность массы 1000 семян линии Л-4112 с относительно высокой массой семян в сочетаниях Л-15 со средней массой семян прямой гибридной комбинации  $F_1$  Л-4112 x Л-15 составила  $110,8 \pm 0,14$  г и в обратной комбинации  $F_1$  Л-15 x Л-4112  $107,6 \pm 0,71$  г соответственно. Признак наследовался при отрицательном сверхдоминировании ( $h_p = -4,81$  и  $h_p = -6,83$  соответственно) (табл. 3).

Среднее значение массы 1000 семян гибридной комбинации  $F_1$  Л-39 x Л-15 составляет  $107,8 \pm 0,71$  г, признак наследовался отрицательно по доминантному положению ( $h_p = -2,95$ ). Обратное скрещивание линии Л-15 со средней массой 1000 семян с линией Л-39 с низкой массой семян дало среднее значение  $113,6 \pm 0,76$  г у гибридной комбинации  $F_1$  Л-15 x Л-39, наблюдалось неполное отрицательное доминирование ( $h_p = -0,49$ ).

Установлено, что существует реципрочная разница у прямых и обратных гибридов линии Л-15 с линиями Л-4112, Л-608, Л-620 и Л-39. Это указывает на то, что ядерные гены, а также цитоплазматические гены участвуют в генетическом контроле признака массы 1000 семян.

*Изменчивость массы 1000 семян у реципрочных гибридов  $F_2$  с участием линий генетической коллекции хлопчатника*

Вариационные ряды массы 1000 семян имеют 3 класса у линий Л-15, Л-620 и Л-4112, 4 класса у линий Л-608 и Л-39, а диапазон изменения признаков по комбинациям у гибридов  $F_2$  составил от 8 до 11 классов вариационных рядов.

Гибридные комбинации  $F_2$  Л-608 x Л-15,  $F_2$  Л-15 x Л-608 и  $F_2$  Л-39 x Л-15 имели самые низкие средние значения – 99,2 г, 103,4 г и 103,1 г соответственно. Гибридные комбинации с участием линий Л-15,  $F_2$  Л-620 x Л-15,  $F_2$  Л-15 x Л-620,  $F_2$  Л-4112 x Л-15,  $F_2$  Л-15 x Л-4112 и  $F_2$  Л-15 x Л-39 имеют наивысшее среднее значение признака – соответственно 108,4 г, 108,9 г, 105,9 г, 108,0 г и 107,5 г.

$F_2$  Л-608 x Л-15 и  $F_2$  Л-15 x Л-608 имели значения массы 1000 семян от 82,0 г

до 121,0 г и от 82,0 г до 126,9 г, находящиеся в 8-м и 9-м классах вариационных рядов. Наибольшее количество растений (26 и 29) расположились в модальных классах с показателями 102,0–106,9 г и 112,0–116,9 г. Выявлен сдвиг влево в пять вариационных рядов в обеих комбинациях, т.е. выделились растения с массой 1000 семян с менее низким значением, на их долю пришлось 77,5% и 54,1% всех растений, и в этих комбинациях не произошло положительного сдвига вправо. Поэтому можно отметить, что в обеих комбинациях наблюдалась отрицательная трансгрессивная изменчивость, поскольку большая часть популяции растений смещалась влево.

$F_2$  Л-620 x Л-15 и  $F_2$  Л-15 x Л-620 имели значения массы 1000 семян от 87,0 г до 131,9 г и от 87,0 г до 136,9 г, они находятся в 9-м и 10-м классах вариационных рядов. Наибольшее количество растений (29 и 25) отнесено к модальным классам с показателями 112,0–116,9 г. В вышеуказанных комбинациях произошел сдвиг влево по трем классам, были выделены растения с массой 1000 семян ниже, чем масса 1000 семян линии Л-620, что составило 22,3% и 22,9% от общего количества растений. А также в комбинациях установлены сдвиги вправо на 2 и 3 класса, т.е. растения выше массой 1000 семян, чем линия Л-15, которые составляют 12,3% и 16,1% от общего количества растений (табл. 4).

Показатели массы 1000 штук семян в гибридных комбинациях  $F_2$  Л-4112 x Л-15 и  $F_2$  Л-15 x Л-4112 были размещены в 8 классах вариационных рядов – от 87,0 г до 126,9 г и от 87,0 г до 131,9 г. Наибольшее количество растений (41 и 16) располагались в модальных классах с показателями от 107,0 до 111,9 г и от 112,0 до 116,0 г. В комбинациях выявлен сдвиг влево на 3 вариационных ряда, т.е. были выделены растения с более низким показателем массы 1000 семян, чем у линии Л-15. На их долю пришлось 44,2% и 42,5% от общего количества растений, но в комбинации растений  $F_2$  Л-4112 x Л-15 показатель массы 1000 семян не отклонялся от показателя линии Л-4112, т.е. положительной трансгрессивной изменчивости не отмечалось. В  $F_2$  Л-15 x Л-4112 отмечен сдвиг на один класс вправо, т.е. были выделены растения с более высокой массой 1000 семян, чем у линии Л-4112, их было 2 от общего числа растений, что составило 5%. Растения гибридных комбинаций  $F_2$  Л-39 x Л-15 и  $F_2$  Л-15 x Л-39 по частоте встречаемости массы 1000 штук семян размещены в 9-м и 10-м классах вариационных рядов (от 82,0 г до 126,9 г и от 82,0 г до 131,9 г).

Таблица 4

Изменчивость массы 1000 семян у реципрочных гибридов F<sub>2</sub>

	Линии и гибридные комбинации	N	82,0-86,9	87,0-91,9	92,0-96,9	97,0-101,9	102,0-106,9	107,0-111,9	112,0-116,9	117,0-121,9	122,0-126,90	127,0-131,9	132,0-136,9	137,0-141,9	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	S	V, %	h <sup>2</sup>
1		-	-	-	-	-	-	16	20	9	-	-	-	-	116,9±0,6	3,9	3,3	-
2	Л-608	37	-	-	-	-	-	-	-	-	6	8	16	6	134,1±0,8	4,8	3,6	-
3	Л-620	31	-	-	-	-	7	22	12	-	-	-	-	-	110,7±0,5	3,4	3,1	-
4	Л-4112	35	-	-	-	-	-	-	6	20	9	-	-	-	120,1±0,6	3,3	2,7	-
5	Л-39	32	-	-	-	-	4	10	11	7	-	-	-	-	112,3±0,9	5,3	4,7	-
6	F <sub>2</sub> Л-608 x Л-15	111	6	6	23	25	26	18	4	3	-	-	-	-	99,2±0,9	7,9	9,0	0,5
7	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-608	183	7	26	16	26	24	20	29	20	15	-	-	-	103,4±0,9	11,6	11,3	0,6
8	F <sub>2</sub> Л-620 x Л-15	130	-	7	10	12	22	15	25	23	9	7	-	-	108,4±0,9	10,6	9,8	0,6
9	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-620	118	-	9	8	10	15	13	25	19	13	4	2	-	108,9±1,0	11,3	10,3	0,7
10	F <sub>2</sub> Л-4112 x Л-15	181	-	10	16	17	37	41	29	21	10	-	-	-	105,9±0,7	9,1	8,6	0,5
11	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-4112	113	-	2	13	22	11	12	16	15	20	2	-	-	108,0±1,0	10,9	10,1	0,7
12	F <sub>2</sub> Л-39x Л-15	153	6	15	24	14	16	32	24	18	4	-	-	-	103,1±0,9	10,7	10,4	0,6
13	F <sub>2</sub> Л-15 x Л-39	140	1	7	13	8	20	26	33	21	10	1	-	-	107,5±0,8	9,8	9,1	0,5

Наибольшее количество растений (32 и 26) отнесено к модальному классу с показателями 107,0–111,9 г. Установлено, что растения со сдвигом влево в 4 класса, т.е. растения с низким показателем массы 1000 семян, по сравнению с линией Л-39 составляют 38,6% и 20,7% от общего количества растений. У растений комбинации F<sub>2</sub>Л-39 x Л-15 показатель массы 1000 семян не отклонялся от показателя линии Л-4112, т.е. положительной трансгрессивной изменчивости не отмечалось. В комбинации F<sub>2</sub>Л-15 x Л-39 произошел сдвиг на один класс вправо, т.е. были выделены растения с массой 1000 семян более, чем у линии Л-15, они составили 2,5% от общего числа растений. На гистограмме диапазона изменения массы 1000 семян наблюдались одиночные и двойные пики в изученных комбинациях.

### Заключение

Среднее значение индекса волокна в гибридной комбинации F<sub>1</sub>Л-620 x равно 7,93±0,07 г, этот признак передался по наследству сверхдоминированием (h<sub>p</sub>=10,3), положительный гетерозис составил 124,8%. Наоборот, в комбинации F<sub>1</sub>Л-15 x Л-620 индекс волокна составил 6,0,2±0,07 г, признак наследовался в состоянии отрицательно-сверхдоминирования (h<sub>p</sub>=–7,1). Показатели индекса волокна в линиях Л-620, Л-4112 и Л-39 показывают 3 класса, а в линиях Л-15 и Л-608 – 4 класса. Гибридные комбинации F<sub>2</sub> образовали 7–11 классов вариационных рядов. По наследованию массы 1000 семян установлено, что существует реципрокная разница у прямых и обратных гибридов линии Л-15 с линиями Л-4112, Л-608, Л-620 и Л-39. Частота встречаемости растений по массе 1000 се-

мян характеризуется 3 классами у линий Л-15, Л-620 и Л-4112 и 4 классами у линий Л-608 и Л-39, а диапазон изменчивости признака по комбинациям у гибридов F<sub>2</sub> составляет 8–11 классов вариационных рядов.

### Список литературы

1. Абзалов М.Ф. *Gossypium hirsutum* L. Взаимодействие генов в хлопке: монография. Ташкент: Фан, 2010. 142 с.
2. Мусаев Д.А., Турабеков Ш., Мусаева С.Т., Фатхуллаева Г.Н. Полигенный и олигогенный анализ наследования количественного признака-урожайности волокна хлопчатника. Саратов: Научная книга, 2007.
3. Бекмухамедов А.А., Ибрагимов З.Ю., Давранов К.С., Амантурдиев И.Г. Изменчивость морфо-биологических признаков под влиянием низко частотных электромагнитных полей на вегетативные органы хлопчатника // Мичуринский агрономический вестник. 2021. № 3. С. 68-73.
4. Boboyev S.G., Toshpulatova G., Amanturdiyev I., Mirakhmedov M. Variability and inheritance of fiber length and wilt resistance in a complex 4-5 specific and backcross hybridization of cotton // Journal of Biological Research. 2021. Vol. 94. P. 46-47.
5. Du H., Zeng X., Zhao M., Cui X., Wang Q., Yang H., Cheng H., Yu D. Efficient targeted mutagenesis in soybean by TALENs and CRISPR/Cas9 // J. Biotechnol. 2016. Vol. 217. P. 90-97.
6. Yan Q., Wang Y., Li Q., Zhang Z., Ding H., Zhang Y., Liu H., Luo M., Liu D., Song W. et al. Upregulation of GhTT2-3A in cotton fibres during secondary wall thickening results in brown fibres with improved quality // Plant Biotechnology Journal. 2018. Vol. 16, No. 10. P. 1735–1747.
7. Аманов Б.Х. Получение генетически обогащенных линий на основе внутри- и межвидовой гибридизации перуанских видов хлопчатника: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2019. 20 с.
8. Сирожиддинов Б.А. Использование разногеномных видов для обогащения видов хлопчатника: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2020. 60 с.
9. Muminov K., Ernazarova Z., Amanov B. Cluster analysis of valuable economic traits in amphidiploid cotton hybrid plants // Eurasian Journal of Bio Sciences. 2020. Vol. 14, Is. 2. P. 4973-4981.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

УДК 631.4

## ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

<sup>1</sup>Идирисов К.А., <sup>2</sup>Мирзамбетов А.Б., <sup>1</sup>Турдалиев Ж.М.

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

<sup>2</sup>Каракалпакский институт сельского хозяйства и агротехнологии, Нукус,

e-mail: jamolbek1986@mail.ru

**Аннотация.** В данной статье приведены материалы исследований, проведенных в 2020 году на обсохшем дне Аральского моря. В ходе исследований были заложены почвенные разрезы по общепринятым в почвоведении методикам и отобраны образцы почвогрунтов по генетическим горизонтам. Для изучения почвенно-экологического состояния обсохшего дна были определены гранулометрический состав, агрохимические свойства, степень и химизм засоления, содержание анионов и катионов по результатам анализа водной вытяжки, а также электропроводимость и реакция почвенной среды (pH) отобранных образцов. В статье также вкратце проводится обзор литературы по объекту исследования, указаны материалы и методы исследования, цели и задачи исследования, даны результаты и их обсуждение, основные выводы. По результатам проведенных исследований можно увидеть, что почвогрунты обсохшего дна имеют очень разнообразный гранулометрический механический состав и разное содержание механических элементов в зависимости как от почвенного профиля, так и от географического положения. Результаты агрохимических анализов показывают, что почвогрунты объекта исследований имеют очень скудное содержание гумуса и питательных элементов, что обусловлено пустынным типом почвообразовательных процессов. Соли, приносимые в течение тысячелетий двумя крупными реками Средней Азии, накапливались в бассейне Аральского моря, который впоследствии в результате высыхания водоема стал угрозой для экологии всей зоны Приаралья и прилегающих к ней территорий. Результаты анализа водной вытяжки показывают, что по общепринятым в почвоведении классификациям почвогрунты обсохшего дна имеют очень сильную степень засоления и разнообразный химизм.

**Ключевые слова:** обсохшее дно, почвенный профиль, генетические горизонты, тип и степень засоления, сухой остаток, анионы, катионы, гранулометрический состав, физическая глина, песок, ил, гумус, подвижный фосфор, калий, реакция почвенной среды, гипотетический состав, электропроводимость, экологическое состояние

## SOIL-ECOLOGICAL STATE OF THE DRY BOTTOM OF THE ARAL SEA

<sup>1</sup>Idirisov K.A., <sup>2</sup>Mirzambetov A.B., <sup>1</sup>Turdaliev Z.M.

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

<sup>2</sup>Karakalpak Institute of Agriculture and Agrotechnology, Nukus,

e-mail: jamolbek1986@mail.ru

**Annotation.** This article presents research materials conducted in 2020 on the dried-up bottom of the Aral Sea. In the course of the study, soil sections were laid according to generally accepted methods in soil science and soil samples were selected according to genetic horizons. To study the soil-ecological state of the dried bottom, the granulometric composition, agrochemical properties, degree and chemistry of salinity, the content of anions and cations were determined based on the results of the analysis of the aqueous extract, as well as the electrical conductivity and reaction of the soil medium (pH) of the selected samples. The article also briefly provides an overview of the literature on the object of research, materials and methods of research, goals and objectives of the study, results and their discussion, and the main conclusions. According to the results of the conducted research, it can be seen that, according to the granulometric composition, the soils of the dried bottom have a very diverse mechanical composition and a different content of mechanical elements both in soil profile and geographical distribution. The results of agrochemical analyses show that the soils of the research object have very poor humus and nutrient content, which is characterized by a desert type of soil formation processes. Salts brought by two large rivers of Central Asia for thousands of years accumulated in the Aral Sea basin, which, as a result of the drying up of the reservoir, became a threat to the ecology of the entire Aral Sea region and adjacent territories. The results of the analysis of the water extract show that, according to the classifications generally accepted in soil science, the soils of the dried bottom have a very strong degree of salinity and their diverse chemistry.

**Keywords:** dried bottom, soil profile, genetic horizons, type and degree of salinity, dry residue, anions, cations, granulometric composition, physical clay, sand, silt, humus, mobile phosphorus, potassium, reaction of the soil environment, hypothetical composition, electrical conductivity, ecological condition

В истории почвоведения засоленные почвы были главными объектами многих научных исследований во многих странах мира. Засоление почв широко распространено во многих регионах мира и является причиной, лимитирующей или ограничивающей плодородие почвы и урожайность растений [1].

Самыми серьезными проблемами двух последних десятилетий являются аридизация, деградация, загрязнение почв и ландшафтов целых регионов. Возникновение экологического кризиса в регионе Приаралья обусловлено не только изменениями климата, но и другими факторами, определяющими сложившуюся экологическую об-

становку. Среди прочих факторов главными являются нерациональное использование, неумелая эксплуатация водных ресурсов, т.е. неправильное воздействие на природные ресурсы, что, в свою очередь, привело к усыханию когда-то четвертого по величине в мире Аральского моря [2].

По сведениям А.Ж. Исмонова, каждый год с обсохшего дна Аральского моря уносится 75 млн т соленого песка, 65 млн т мелкодисперсной пыли. В результате снизилось плодородие и производительная способность пастбищ и орошаемых земель в регионе Приаралья и близлежащих территорий [3].

По сведениям ученых, за последнюю четверть XX века из-за антропогенного действия образовались опустыненные земли площадью 9 млн кв. км, что составляет 43% суши земного шара [4].

По сведениям Н.Б. Реймова, в последние 35–40 лет 78% пастбищ, расположенных в Узбекистане, подвержены процессам деградации различной степени и типов. Из-за засоления, загрязнения, эрозии почв, нехватки водных ресурсов и перепаса скота резко сократились видовой запас и численность растительного покрова, а воздействие Аральского кризиса на экологическую ситуацию усугубляет негативные процессы, происходящие в почвенном и растительном покрове [5].

Вследствие усыхания Аральского моря в регионе усилился процесс опустынивания, и на сегодняшний день площадь озер, расположенных в дельте реки Амударьи, сократилась в 15 раз по сравнению с 1960-ми годами, а уровень грунтовых вод снизился до 8 раз. Было определено, что в границах до 500 км количество принесенных ветром с обсохшего дна Аральского моря соленых пылевато-песчаных отложений составляет до 2 т на 1 га земли [6].

На некоторых участках обсохшего дна Аральского моря появляются барханы из песков, перемещающиеся посредством ветра, которые можно остановить с помощью ксерофитных, галофитов, эфемерных и эфемероидных растений. А на некоторых участках донные отложения состоят из суглинистых и глинистых частиц, и растительный покров таких участков напрямую зависит от засоленности генетических горизонтов донных отложений [7].

Увеличилась и площадь засоленных почв на орошаемых землях Республики. По подсчетам специалистов, площадь засоленных в разной степени земель составляет 2093,8 тыс. га, то есть 48% орошаемых земель, из них 55,45% – средне- и сильно засоленные почвы. Усиление воздействия Аральского кризиса на сельскохозяйственную отрасль в регионе негативно повлияло

на урожайность сельскохозяйственных культур, площадь солончаков в пахотных землях увеличилась с 85 тыс. до 273 тыс. га [8].

Цель исследования – изучение основных свойств почвогрунтов обсохшего дна Аральского моря для применения результатов в последующей разработке рекомендаций по их улучшению.

Задачи исследования:

- определение мелиоративного состояния и динамики почвогрунтов обсохшего дна;
- анализ ландшафта, почв, гидрогеологических условий, состояния растений, особенно искусственных насаждений;
- изучение степени развития процессов засоления и рассоления, классов ландшафтов и состояния опасности зоны;
- составление карты засоления и механического состава изученных территорий;
- разработка рекомендаций по улучшению почвенно-экологического состояния и эффективному использованию обсохшего дна.

### Материалы и методы исследования

В исследованиях были применены методы закладки почвенных разрезов, размещенных в отобранных массивах обсохшего дна Аральского моря. Также использовались сравнительно-географические, сравнительно-геохимические, лабораторно-аналитические и камерально-аналитические методы. Полевые исследования включали описание земель, выбор основных участков, закладку почвенных участков, морфологическое описание почвенного участка по генетическим слоям, отбор образцов почвы. Описание почвы проводилось по стандартному образцу. Определение химического и физического состояния образцов донных отложений, содержания солей по полному составу водной вытяжки, содержания ее анионов и катионов, содержания органического вещества, гипса и карбонатов, механического (гранулометрического) состава почвогрунтов проводилось в лабораторных условиях.

### Результаты исследования и их обсуждение

Гранулометрический состав почв играет решающую роль в эволюции почв, так как почти все почвенные свойства в первую очередь связаны с их механическим составом. Содержание механических элементов в отобранных образцах донных отложений было определено методом пипетки Н.А. Качинского [9]. Генетические горизонты почвогрунтов обсохшего дна Аральского моря состоят из разнообразных механических горизонтов. Здесь можно увидеть почвы от песчаных до тяжелосуглинистых и с глинистым механическим составом (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав почвогрунтов обсохшего дна Аральского моря

Разрез №	Генетические горизонты, см	Количество частиц (мм), %							Физик лой, <0,01	Механический состав
		>0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001		
Солончак гидроморфный										
20	0-2	5,2	11,0	29,0	35,8	12,0	6,3	0,8	19,1	Супесь
	2-3	4,3	11,4	26,3	39,8	12,3	5,4	0,6	18,3	Супесь
	3-10	3,0	8,7	26,4	43,7	12,5	5,1	0,7	18,3	Супесь
	20-23	1,7	3,0	16,7	45,3	20,2	12,9	0,3	33,4	Средний суглинок
	23-41	1,4	8,1	27,8	43,7	12,4	6,6	0,1	19,1	Супесь
	41-61	2,6	11,4	21,7	38,2	14,6	10,8	0,8	26,2	Легкий суглинок
	61-87	2,1	5,8	11,8	30,2	32,6	16,7	0,8	50,1	Тяжелый суглинок
	87-105	2,7	4,1	7,4	19,9	35,7	29,3	1,0	66,0	Легкая глина
Солончак корково-пухлый, автоморфный на пути к пустынной почве										
21	0-2	16,6	19,2	25,3	22,3	9,8	5,7	1,2	16,7	Супесь
	2-6	9,0	20,8	35,2	18,3	9,8	5,7	1,2	16,7	Супесь
	6-13	8,4	21,2	38,6	18,3	9,7	3,7	0,1	13,5	Супесь
	13-47	0,5	1,9	42,0	43,7	5,4	6,4	0,1	11,9	Супесь
	47-59	2,1	5,0	30,9	38,2	22,7	0,2	1,0	23,9	Легкий суглинок
	64-87	4,1	3,3	7,6	43,7	40,3	0,0	1,0	41,3	Средний суглинок
	87-115	3,9	3,2	9,5	29,4	30,2	22,7	1,2	54,1	Тяжелый суглинок
	0-30	2,6	7,4	47,1	31,0	11,9	0,0	0,0	11,9	Супесь
Солончак непрочно-корковый, припесчаный автоморфный										
22	0-1.	4,3	11,1	51,3	21,5	8,2	3,5	0,2	11,9	Супесь
	1-10.	4,9	12,9	54,4	17,5	8,3	1,7	0,3	10,3	Супесь
	10-20	3,0	13,6	61,2	16,7	4,5	0,8	0,3	5,6	Песок связной
	20-31	10,9	36,7	36,6	12,7	2,7	0,4	0,1	3,2	Песок рассыпной
	33-64	1,2	15,7	60,9	12,7	7,2	2,3	0,0	9,5	Песок связной
	64-90	0,8	4,6	40,6	39,0	13,4	1,5	0,2	15,1	Супесь
	90-130	2,8	3,2	51,1	29,4	13,2	0,2	0,1	13,5	Супесь
	21А. Под деревом									

Содержание физической глины варьирует от 3,2–5,6 до 54,1–66,0%. Среди физических элементов в основном доминируют частицы среднего (0,25–0,10 мм), мелкого (0,10–0,05 мм) песка, крупной (0,05–0,01 мм) и средней (0,01–0,005) пыли. Физический песок в основном состоит из среднего, мелкого песка и крупной пыли. Содержание мелкого песка в горизонтах иногда может достигнуть 60,9–61,2%. Количество ила во многих горизонтах очень мало и редко превышает 1%, а в некоторых генетических горизонтах его не было обнаружено. Сравнительно большое количество ила присутствует только в поверхностных горизонтах. По мере углубления его количество уменьшается, но, чем тяжелее механический состав, тем сравнительно больше илстых частиц (табл. 1).

Содержание гумуса в образцах почвогрунтов было определено методом И.В. Тюрина [10], а содержание подвижных форм фосфора и калия – методами Б.П. Мачигина и П.В. Протасова [10]. Все отобранные почвенные образцы по содержанию гумуса входят в группу низко и очень низко обеспеченных, и количество гумуса не превышает 0,78%, его самое низкое количество (0,23–0,25%) было обнаружено в нижних горизонтах 22-го разреза (табл. 2).

Содержание подвижного фосфора варьирует в пределах от 0,13–0,15 до 19,0–23,0 мг/кг. И входят в группы низко и очень низко обеспеченных.

Его количество постепенно уменьшается от поверхностных к нижним слоям почвогрунтов.

Содержание обменного калия колеблется в очень больших пределах и может составлять от 397,3–452,7 до 597,2–1179,9 мг/кг. В плане обеспеченности почвогрунтов калием в объекте исследования можно встретить и низкообеспеченные горизонты, но они расположены в нижних слоях почвенного профиля, большинство генетических горизонтов обеспечены высоко и даже очень высоко, не считая некоторых горизонтов, которые обеспечены в средней степени. Высокое содержание подвижного калия можно объяснить тем, что принос аллювиальных отложений в течение длительного времени привел к накоплению растворимых солей, в том числе солей калия (табл. 2).

Анализ водной вытяжки образцов почвогрунтов обсохшего дна Аральского моря показывает, что почвенные генетические горизонты объекта исследования, за исключением верхнего горизонта разреза № 20, в основном засолены в очень сильной степени.

Таблица 2

Агрохимические свойства обсохшего дна Аральского моря

Разрез №	Генетические горизонты, см	Гумус, %	Степень обеспеченности	Углерод гумуса, % (Сг, %)	Подвижные	
					P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Солончак гидроморфный						
20	0-2	0,78	слабо	0,45	23,0	252,8
	2-3	0,78	слабо	0,45	19,0	438,2
	3-10	0,76	слабо	0,44	17,0	373,2
	10-23	0,63	слабо	0,37	15,0	216,7
	23-41	0,49	слабо	0,28	13,5	113,2
Солончак корково-пухлый, автоморфный на пути к пустынной почве						
21	0-2	0,63	слабо	0,37	10,0	1179,9
	2-6	0,61	слабо	0,35	9,0	597,2
	6-13	0,55	слабо	0,32	9,0	452,7
	15-47	0,51	слабо	0,29	8,0	397,3
21А. Под деревом	0-30	0,55	слабо	0,32		
Солончак непрочно-корковый, припесчаный автоморфный						
22	0-1	0,51	слабо	0,29	10,0	741,6
	1-10.	0,49	Очень слабо	0,28	9,0	423,8
	10-20.	0,25	Очень слабо	0,15	9,0	216,7
	33-64	0,23	Очень слабо	0,13	8,5	113,2

Таблица 3

Состав водной вытяжки почвогрунтов обсохшего дна Аральского моря

Разрез №	Генетический горизонт, см	Щелочность HCO <sub>3</sub> , %	Cl %	SO <sub>4</sub> %	Ca %	Mg %	Na	Плотный остаток, %	Содержание компонентов, %	pH	Засоление		ЕС 1:5, mS/cm	Cl SO <sub>4</sub>
											тип	степень		
Солончак гидроморфный														
19	0-1,5	0,022	3,50	2,10	0,33	0,24	2,458	9,798	8,636	8,79	с-х	солончак	15,90	2,26
	1,5-20	0,015	0,33	0,16	0,04	0,05	0,172	0,826	0,758	9,20	х	солончак	2,30	2,74
	20-47	0,017	0,39	0,13	0,02	0,03	0,231	0,906	0,812	9,02	х	солончак	2,70	3,95
	47-50	0,016	0,74	0,30	0,05	0,07	0,442	1,734	1,596	8,90	х	солончак	4,61	3,36
	50-80	0,017	0,39	0,22	0,06	0,05	0,191	1,058	0,913	8,85	с-х	солончак	2,80	2,41
Солончак корково-пухлый, автоморфный на пути к пустынной почве														
20	0-2	0,020	0,07	0,83	0,27	0,02	0,095	1,456	1,299	8,53	с	средне	2,80	0,11
	2-3	0,018	0,28	1,05	0,28	0,05	0,288	2,264	1,949	8,50	х-с	солончак	4,40	0,36
	3-10	0,024	0,14	2,10	0,23	0,01	0,822	3,652	3,315	8,40	с	солончак	6,80	0,09
	10-23	0,020	0,93	1,30	0,25	0,09	0,777	3,746	3,354	8,45	х-с	солончак	7,70	0,97
	23-41	0,017	0,63	0,54	0,12	0,06	0,415	1,914	1,784	8,53	с-х	солончак	4,60	1,57
	41-61	0,015	0,74	0,42	0,11	0,07	0,426	1,896	1,761	8,65	с-х	солончак	4,87	2,39
	61-87	0,015	0,963	1,200	0,228	0,104	0,745	3,540	3,248	8,60	с-х	солончак	7,37	1,09
	87-105	0,015	1,225	1,300	0,24	0,134	0,893	4,116	3,800	8,58	с-х	солончак	8,77	1,28
Солончак непрочно-корковый, припесчаный автоморфный														
21	0-2	0,022	2,555	1,780	0,374	0,235	1,644	7,724	6,599	8,49	с-х	солончак	14,96	1,94
	2-6	0,026	1,295	1,152	0,346	0,106	0,805	4,126	3,716	8,83	с-х	солончак	8,15	1,52
	6-13	0,023	1,120	0,960	0,32	0,094	0,651	3,442	3,156	8,90	с-х	солончак	7,05	1,58
	15-47	0,017	0,595	0,204	0,048	0,043	0,353	1,282	1,252	9,00	х	солончак	3,68	3,95
	47-59	0,032	1,120	0,416	0,078	0,096	0,666	2,572	2,392	8,68	х	солончак	6,40	3,64
	64-87	0,024	1,505	0,652	0,184	0,118	0,864	3,696	3,335	8,62	х	солончак	8,07	3,12
21А под деревом	87-115	0,023	0,840	0,544	0,148	0,068	0,515	2,412	2,127	8,63	с-х	солончак	5,76	2,09
	0-30	0,020	0,508	1,050	0,196	0,126	0,376	2,578	2,265	8,95	х-с	солончак	6,00	0,65



Содержание плотного остатка в образцах колеблется в пределах от 0,826–0,906% до 7,724–9,798%. По химизму засоления встречаются горизонты с сульфатным, хлоридным, сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным типами засоления. Среди анионов в некоторых случаях доминируют ионы хлора, содержание которых колеблется в пределах от 0,07–0,14 до 2,555–3,500%. А в остальных образцах присутствуют ионы сульфата, количество которых колеблется от 0,13–0,22 до 1,780–2,100%. Содержание иона бикарбоната колеблется в пределах 0,015–0,032% (табл. 3).

Среди катионов, как правило, доминируют ионы натрия, количество которых колеблется в больших пределах – от 0,095–0,172 до 1,644–2,458%. Далее следуют ионы кальция и магния. Содержание кальция колеблется в пределах от 0,02–0,04 до 0,346–0,374%, а количество магния – от 0,01–0,02 до 0,235–0,240% (табл. 3).

Кислотно-щелочной баланс почвенной среды всех отобранных образцов показывает щелочную реакцию, рН иногда составляет 9,02–9,20 (табл. 3).

#### Заключение

Генетические горизонты почвогрунтов обсохшего дна Аральского моря состоят из очень разнообразных горизонтов – от песчаных до тяжелосуглинистых и глинистых механическим составом. Содержание физической глины варьирует от 3,2–5,6 до 54,1–66,0%. Количество ила во многих горизонтах очень мало и редко превышает 1%, а в некоторых генетических горизонтах его не было обнаружено.

Все отобранные почвенные образцы по содержанию гумуса входят в группу низко и очень низко обеспеченных, количество гумуса не превышает 0,78%. Содержание подвижного фосфора варьирует в пределах от 0,13–0,15 до 19,0–23,0 мг/кг, почвы входят в группы низко и очень низко обеспеченных. Содержание обменного калия колеблется в очень больших пределах и составляет от 397,3–452,7 до 597,2–1179,9 мг/кг.

Содержание плотного остатка в образцах колеблется в пределах 0,826–0,906% до 7,724–9,798%. По химизму засоления встречаются горизонты с сульфатным, хлоридным, сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным типами засоления. Среди анионов содержание иона хлора колеблется в пределах от 0,07–0,14 до 2,555–3,500%,

а сульфат-иона – от 0,13–0,22 до 1,780–2,100%. Содержание иона бикарбоната колеблется в пределах 0,015–0,032%.

Среди катионов количество ионов натрия колеблется в пределах от 0,095–0,172 до 1,644–2,458%. Количество кальция колеблется в пределах от 0,02–0,04 до 0,346–0,374%, а количество магния – от 0,01–0,02 до 0,235–0,240%.

Кислотно-щелочной баланс почвенной среды всех отобранных образцов показывает щелочную реакцию, рН составляет от 9,02–9,20.

#### Список литературы

1. Ахмедов А.У., Турдалиев Ж.М., Бурханова Н.Х. Почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель нашей Республики, темпы засоления и некоторые критерии их определения // Актуальные проблемы производства, хранения и переработки экологически чистой сельскохозяйственной продукции в юге Узбекистана: сборник статей республиканской научно-технической конференции. Карши, 2022. С. 284-286.
2. Намозов Х., Хакимова М., Кушаев К., Жумаева С., Абдуллаев Ш., Махмудов У. Основные проблемы мелиорации засоленных земель аридной зоны Узбекистана // Актуальные проблемы производства, хранения и переработки экологически чистой сельскохозяйственной продукции в юге Узбекистана: сборник статей республиканской научно-технической конференции. Карши, 2022. С. 292-296.
3. Исмонов А.Ж., Каттаева Г.Н. Карбонаты в остаточном-луговых и остаточном-болотных почвах обсохшего дна Аральского моря // Актуальные проблемы производства, хранения и переработки экологически чистой сельскохозяйственной продукции в юге Узбекистана: сборник статей республиканской научно-технической конференции. Карши, 2022. С. 307-309.
4. Исомиддинова Х., Абдиев А.А. Причины опустынивания в экосистемах, возможности их устранения // Актуальные проблемы производства, хранения и переработки экологически чистой сельскохозяйственной продукции в юге Узбекистана: сборник статей республиканской научно-технической конференции. Карши, 2022. С. 418-421.
5. Реймов Н.Б., Утепбергенова В.М. Значение развития культурных пастбищ в Приаралье // Вестник Хорезмской Мамунской академии. 2022. № 6/1. С. 179-181.
6. Исмонов А.Ж., Каландаров Н., Мамжонов У. Региональные особенности почв Приаралья и процессы деградации // Научный вестник НамГУ. 2021. № 2. С. 88-94.
7. Каттаева Г., Исмонов А. Остаточные луговые солончаки сформированные в обсохшем дне Аральского моря // Вестник Национального университета Узбекистана. 2021. № 3/1/1. С. 62-66.
8. Султашева О.Г., Худайбергенов Я.Г., Далжанов К.О. Негативные процессы происходящие в орошаемых почвах низовьев Амударьи // Наука география и цифровая экономика: проблемы и перспективы: сборник материалов международной научно-практической конференции. Наманган, 2023. С. 147-149.
9. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Изд-во АН СССР, 1965. Ч. I. 318 с.
10. Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии // СоюзНИХИ. Ташкент, 1977. С. 187.

УДК 591.9:551.4 (545.141)

## ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЗООБЕНТОСНЫХ ОРГАНИЗМОВ, РАСПРОСТРАНЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ВОД ГОРОДА САМАРКАНДА

Иzzatullaev З.И., Олимова Д.А.

Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, Самарканд,  
e-mail: zizzat@yandex.com, d.olimova83@gmail.com

**Аннотация.** Впервые проведен общий анализ фауны зообентосных беспозвоночных организмов канала Сяб, ручья Оби-Рахмат и родника Хаджа Ахрори Вали г. Самарканда. Эти водоемы заселены 19 видами животных, относящихся к 18 родам, 16 семействам, 2 подклассам, 8 отрядам и 3 типам. Установлено, что эти водоемы различаются и по составу видов заселенных ими животных. Работа содержит данные о численности отдельных животных, их распространении, экологических комплексах, сведения об охране и хозяйственном значении. *Colleopterum c.sogdianum* как редкий и малочисленный моллюск включен в Красную книгу Республики Узбекистан. Из-за загрязненности воды городскими отходами этот моллюск исчез из вод средней и нижней части р. Сяб. В настоящее время он встречается только в ее верхней части и окрестных искусственных водоемах. Родник Хаджа Ахрори Вали находится на грани исчезновения. Этот единственный древний питьевой источник города, которым пользовались путешественники «Шелкового пути», и он должен быть сохранен со своими обитателями. Зообентосные организмы отличаются стабильной локализацией на местах обитания в течение длительного времени, поэтому они являются удобным объектом для наблюдений за антропогенными сукцессиями и процессами самоочищения водных экосистем.

**Ключевые слова:** Самарканд, канал Сяб, ручей Оби-Рахмат, родник Хаджа Ахрори Вали, беспозвоночный зообентос, видовой состав, таксономия, численность видов, распространение, охрана и хозяйственное значение

## TAXONOMIC COMPOSITION AND ECONOMIC IMPORTANCE OF ZOOBENTHIC ORGANISMS COMMON IN DIFFERENT TYPES OF WATERS OF SAMARKAND CITY

Izzatullaev Z.I., Olimova D.A.

Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand,  
e-mail: zizzat@yandex.com, d.olimova83@gmail.com

**Annotation.** For the first time, a general analysis of the fauna of zoobenthous invertebrates of the Siyab canal, the Obi – Rahmat stream and the Hajj Ahrori Vali spring in Samarkand was carried out. These reservoirs are inhabited by 19 species of animals and belong to 18 genera, 16 families, 2 subclasses, 8 orders and 3 types. It has been established that these reservoirs also differ in the composition of the species of animals inhabited by them. The work contains data on the number of individual animals, their distribution, ecological complexes, protection and economic importance. *Colleopterum c.sogdianum* is a rare and poorly acidified mollusk and is included in the Red Book of the Republic of Uzbekistan. Due to water pollution from urban waste, this mollusk disappeared from the waters of the middle and lower parts of the Siyab River. Currently, it is known only from its upper part and the surrounding artificial reservoirs. The Khoja Ahrori Vali spring is on the verge of extinction. This is the only ancient drinking source of the city, which was used by travelers of the «Silk Road» and it should be preserved with its inhabitants. Zoobenthos organisms are characterized by stable localization in their habitats for a long time, therefore they are a convenient object for observing anthropogenic successions and self-purification processes of aquatic ecosystems.

**Keywords:** Samarkand, Siyab channel, Obi-Rakhmat stream, Khoja Ahrori Vali spring, invertebrate zoobenthos, species composition, taxonomy, species number, distribution, protection and economic significance

Город Самарканд с незапамятных времен славился природными ресурсами, чистейшими родниковыми водами и благоприятным климатом. Во второй половине XIV в. и в 1450-х гг., а также в XVII–XVIII вв. Самарканд был одним из самых процветающих и богатых городов не только Средней Азии, но и всего Востока [1]. Рядом с новыми резиденциями, роскошными дворцами были построены новые оросительные каналы Аббас, Сяб, Оби-Рахмат. Восстановлены старые оросительные системы Даргомыжского,

Степного, Шавдорского районов: Кора сув, Оби Мешхед, Оби-Рахмат – это каналы, образованные родниками (рис. 1). В этих водах обитали десятки видов зообентосов – подводных организмов, некоторые из них по численности преобладали в биоценозах.

В настоящее время во всем мире особое внимание уделяется вопросам выявления группы видов гидробионтов, не устойчивых к абiotическим и антропогенным факторам, как объектов, имеющих экономическое значение, а также их воспроизводства.

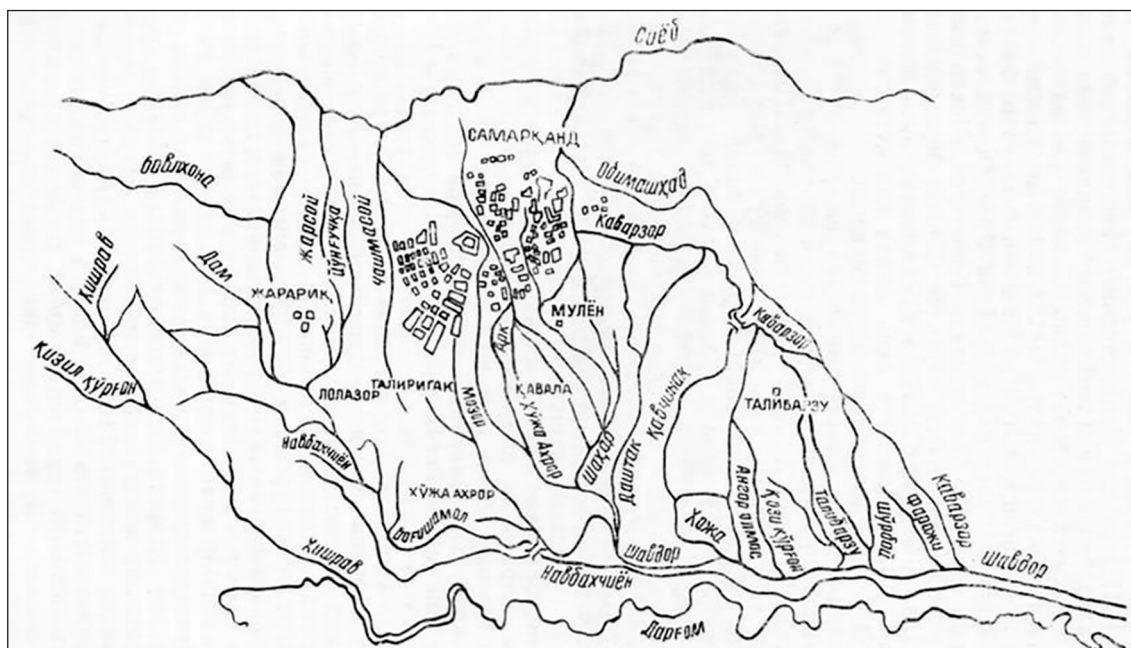


Рис. 1. Оросительная система города Самарканда и его окрестностей в средние века [1]

В этом плане, в частности, проводится инвентаризация бентосных организмов континентальных водоемов, в зависимости от особенностей водоемов определяются абиотические факторы, влияющие на территориальное распределение видов макрозообентосов, изучаются плодовые виды, имеющие практическое значения в рыбоводстве, продовольственной и санитарной практике.

В целом изученные авторами подводные организмы представляют собой совокупность различных животных, обитающих в водоемах. Личинки подводных насекомых, пиявки, моллюски, рыбы, водные грызуны и другие организмы служат источником питания для подводных и водоплавающих птиц, рептилий и других организмов, даже для человека. Некоторые их виды, такие как трубочники, хирономиды, моллюски, рыбы, участвуют в очистке (фильтрации) загрязненных вод и тем самым обуславливают хорошие биологические показатели водоемов [2].

С учетом этого комплексное изучение организмов зообентоса определенной территории, установление видового состава подводных организмов, распространенных в различных типах вод, составление их современной таксономии, характеристика эколого-биологических и экологических групп, изучение их вредных свойств и разработка мероприятий по охране редких видов приобретают научно-практическое значение и определяют актуальность данной работы.

Целями исследования были определение видового и таксономического состава

и оценка современного состояния подводных организмов, распространенных в разнотипных водоемах города Самарканда и его окрестностей, изучение влияния на них экологических факторов и проведение анализа хозяйственного значения.

### Материалы и методы исследования

Сбор зообентосных организмов в городе Самарканде осуществлялся в 2020–2022 годах из канала Сияб, ручья Оби-Рахмат, родника Ходжа Ахрора Вали. Материал собран как вручную с прибрежных растений и камней, так и сачком и закидной драгой, с последующей промывкой через сито с размером ячеек от 0,5 до 2 мм, фиксирован 50%-ным этанолом с последующим переносом в 70%-ный этанол. Всего собрано и обработано более 50 проб гидробионтов, насчитывающих 400 экземпляров животных.

При определении систематического положения зообентосных организмов пользовались определителями: моллюсков – [3], каталогами [4, 5], обобщающей статьи [6], рекомендацией пиявки [7].

### Результаты исследования и их обсуждение

На основе исследований авторов в канале Сияб установлено обитание 19 видов, в ручье Оби-Рахмат – 17 и в роднике Ходжа Ахрора Вали – 13 видов зообентосных беспозвоночных организмов, относящихся к 18 родам, 15 семействам, 4 классам, 2 подклассам, 8 отрядам и 3 типам животных (таблица).

Видовой состав и распространение зообентосных беспозвоночных организмов канала Сияб, ручья Оби-Рахмат, родника Ходжа Ахрори Вали города Самарканда

№	Видовой состав	Канал Сияб	Ручей Оби-Рахмат	Родник Ходжа Ахрори Вали
1	2	3	4	5
1	Беспозвоночные- <i>Invertebrata</i> Тип Кольчатых червей – <i>Annelida</i> Класс <i>Cliatellata</i> Подкласс Пиявок – <i>Hirudinea</i> Семейство <i>Haemoridae</i> <i>Haemoris sanguisuga L., 1758</i>	+	+	+
2	Семейство <i>Erpobdellidae</i> <i>Erpobdella octaculata (L., 1758)</i>	+	+	
3	Тип Моллюски – <i>Mollusca</i> Класс двустворчатых – <i>Bivalvia</i> Отряд <i>Unioniformes</i> Семейство <i>Unionidae</i> <i>Colleopterum cyreum sogdianum (Kobelt, 1896)</i>	+		
4	Отряд <i>Heterodonta</i> Надсемейство <i>Corbiculidea</i> Семейство <i>Corbiculidae</i>			
4	<i>Corbiculina tibetensis (Prashad, 1929)</i>	+		
5	<i>Corbiculina ferghanensis Kursalova et Starobogatov., 1971)</i>	+		
6	Отряд <i>Luciniformes</i> Семейство <i>Euglesidae</i>			
6	<i>Euglesa turkestanica Izzatullaev, 1974</i>		+	
7	<i>E.obliquata (Clessin in Martens, 1874)</i>	+	+	+
8	<i>Pseudopera turanica (Clessin in Martens 1874)</i>	+	+	+
9	Класс брюхоногих – <i>Gastropoda</i> Подкласс легочных – <i>Pulmonata</i> Неформальная группа – <i>Basommatophora</i> Семейство <i>Lymnaeidae</i> <i>Galba truncatula (Muller, 1774)</i>	+	+	+
10	Семейство <i>Physidae</i> <i>Physella (Costatella) acuta (Draparnaud, 1805)</i>	+	+	+
11	Семейство <i>Planorbidae</i> <i>Anisus ladacensis Nevill, 1878</i> <i>Planorbis tangitarensis Germain, 1918</i>	+	+	+
12	Водные насекомые Тип членистоногих – <i>Arthropoda</i> Класс насекомых – <i>Insecta</i> Отряд стрекозы – <i>Odonata</i> Семейство <i>Calopterygidae</i> <i>Calopteryx splendens Harris, 1780</i>	+	+	+
13	Семейство <i>Libellidae</i> <i>Sympetrum vulgatum (L. 1758)</i>	+	+	
14	Отряд Полужейкокрылых или клопов – <i>Hemiptera</i> Водные клопы Семейство <i>Notonectidae</i> <i>Notonecta viridis L., 1758</i>	+	+	+
15	Семейство <i>Corixidae</i> <i>Corixa dentipens (Thomson, 1869)</i>	+	+	+
16	Семейство <i>Nepidae</i> <i>Nero cinerea L., 1758</i>	+	+	+
17	Семейство <i>Gerridae</i> <i>Gerris lacustris (L., 1758)</i>	+	+	+
18	Семейство <i>Dytiscidae</i> <i>Dytiscus marginalis L., 1758</i>	+	+	+
19	Семейство <i>Gyrinidae</i> <i>Gyrinus marinus L., 1758</i>	+	+	
	Всего число видов:	19	17	13

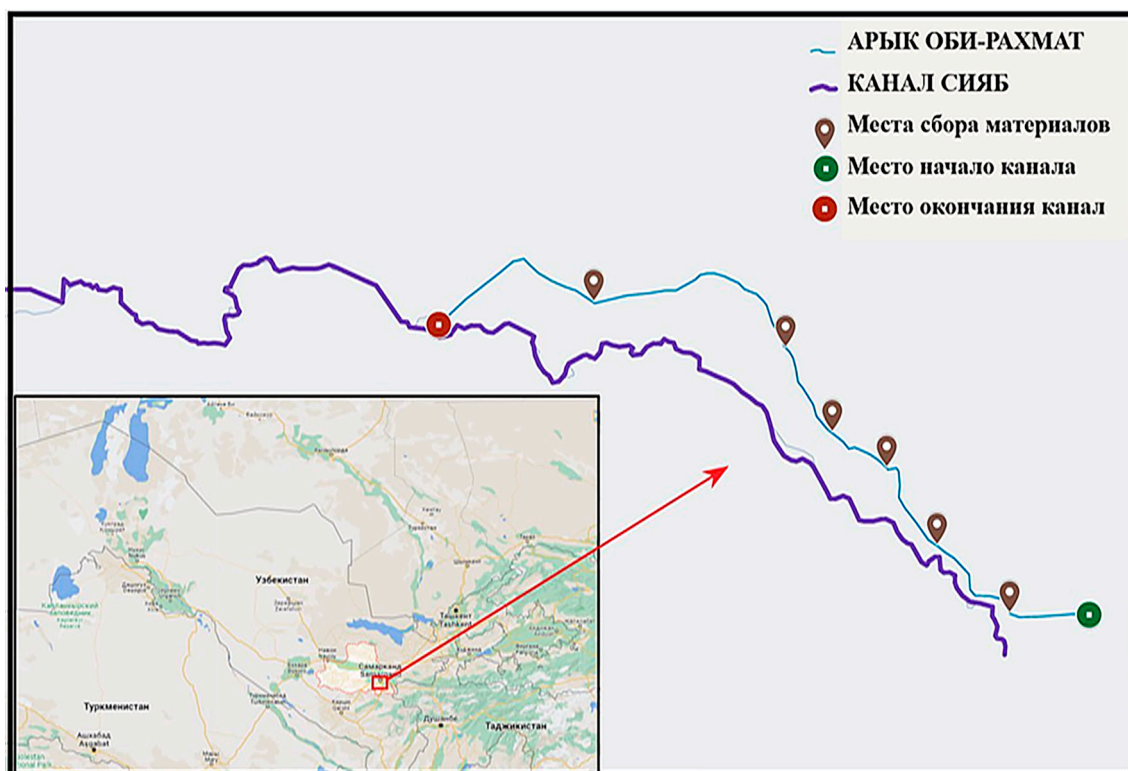


Рис. 2. Места сборов материала в канале Сияб и ручья Оби-Рахмат

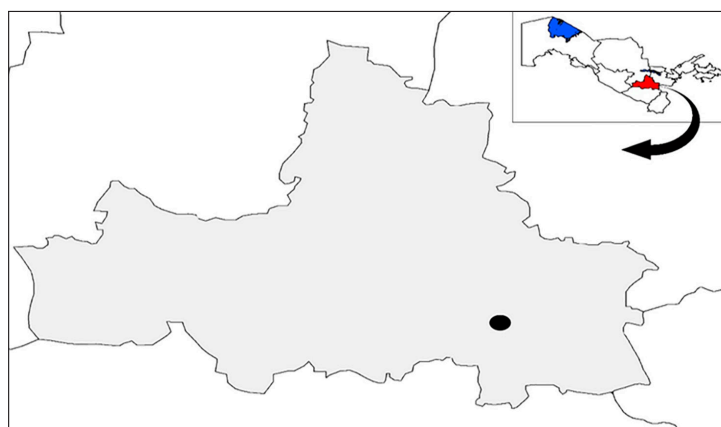


Рис. 3. Родник Ходжа Ахрори Вали, места сбора материала

Как видно из таблицы 1, видовой состав зообентосных организмов канала Сияб, ручья Оби-Рахмат и родника Ходжа Ахрори Вали различается как по составу, так и по числу их видов. В канале Сияб обитают 19 видов зообентосных организмов, только здесь встречаются *Collepteron c.sogdianum* и 2 вида корбикулид, из них *Corbiculina ferganensis* является самым массовым видом. Здесь же обитает *Euglesa obliquata*, остальные виды – общие с ручьем Оби-Рахмат.

В ручье Оби-Рахмат обитают 17 видов зообентосных моллюсков, из них 2 вида (*Colle-*

*topterum c.sogdianum* и *Corbiculina tibetensis*) крупных двустворчатых моллюсков отсутствуют в этих водах [8]. Здесь же обитает пелофил *Euglesa turkestanica*, все остальные виды общие с каналом Сияб (рис. 2).

Из общих 13 видов зообентосных организмов родника Хаджа Ахрори Вали, в отличие от канала Сияб и ручья Оби-Рахмат, здесь отсутствуют: малая конская пиявка – *Erpobdella octaculata* [9, 10, 11], мелкий двустворчатый моллюск – *Euglesa obliquata*, личинки стрекозы *Sympetrum vulgatum* (рис. 3).

Причина в разнице видовых отличий обусловлена степенью чистоты воды родника Ходжа Ахрори Вали.

Среди гидрофильных пиявок в ручье Оби-Рахмат и в его мягких водах обитают большая и мелкая конские пиявки. Питаются они различными беспозвоночными: моллюсками, личинками насекомых [12] – и размножаются откладыванием яиц во влажную почву. Яйца помещаются в кокон. Личинки после выхода из яиц вновь возвращаются в воду.

Из брюхоногих моллюсков *Galba truncatula*, относящиеся к экологической группе амфибионтов и мадиолов, многочисленны, обитают как по краям водоемов в иле, так и в водных брызгах в иле. После высыхания воды в арыке (оросителе) на поверхности ила насчитывалось до 50–70 экз./м<sup>2</sup>. *Physella acuta* из семейства *Physidae* также многочисленна и является фитофилом. *Planorbis tangitarenis* и *Anisus ladacensis*, относящиеся к семейству *Planorbidae*, также фитофилы и обитают на растениях. Оба этих вида яйцекладущие, т.е. размножаются путем откладки яиц. Иногда на нижней стороне раковины *Ptangitarenis* встречались яйца, отложенные самим моллюском. Это свидетельствует о том, что он заботится и о будущем своем потомстве.

Виды родов *Euglesa* и *Cyclocalix* семейства *Euglesidae* являются живородящими, зарывающимися в иле и относятся к пелофильной экологической группе. Среди эуглезид *E. turkestanica* отличается от других видов этого рода своей численностью. В отдельные годы ее численность достигает до 100 экз./м<sup>2</sup>. Все эти двустворчатые моллюски – хорошие фильтраторы воды, и по их наличию можно судить о чистоте воды [13, 14].

### Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы.

1. Видовые составы зообентосных организмов канала Сяб, ручья Оби-Рахмат и родника Ходжа Ахрори Вали города Самарканда сходны, и общих видов у них много. В канале Сяб по отношению к ручью Оби-Рахмат только в первом обитают 2 вида, в ручье Оби-Рахмат отсутствуют *Colletopterum c.sogdianum* и *Corbiculina tibetensis*. В настоящее время *Colletopterum c.sogdianum* как редкий и малочисленный моллюск включен в Красную книгу Республики Узбекистан. Из-за загрязненности воды городскими отходами этот моллюск исчез из вод средней и нижней части р. Сяб. В настоящее время он встречается только в ее верхней части и окрестных искусственных водоемах.

2. В роднике Ходжа Ахрори Вали обитают еще 6 видов, встречающихся и в вышестоящих водоемах. Фаунистическое сходство последнего с этими водоемами в том, что, кроме этих 6 видов, здесь еще обитают пиявка *Erpobdella octaculata*, моллюск *Euglesa turkestanica* и личинка стрекозы *Sympetrum vulgatum*.

3. Родник Ходжа Ахрори Вали находится на грани исчезновения (он сохранился только на территории домов населения). Этот единственный древний питьевой источник города, которым пользовались путешественники «Шелкового пути», и он должен быть сохранен со своими обитателями.

В целом, организмы зообентоса отличаются стабильной локализацией на местах обитания в течение длительного времени, поэтому они являются удобным объектом для наблюдений за антропогенными сукцессиями и процессами самоочищения водных экосистем.

### Список литературы

1. История Самарканда. От древнейших времен до Великой Октябрьской социалистической революции. Ташкент: ФАН, 1971. 128 с.
2. Иззатуллаев З.И. Фауна моллюсков водных экосистем Средней Азии. Ташкент: Lesson – Press, 2019. 328 с.
3. Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под общей редакцией С.А. Цалопихина. Т. 6. СПб.: Наука, 2004. 528 с.
4. Кантор Ю.И., Сисоев А.В. Каталог моллюсков России и сопредельных стран. М.: Товарищество научных изданий КМК Press, 2005. 627 с.
5. Kantor Y.I., Vinarski M.V., Schileyko A.A., Sysoev A.V. Catalogue of the continental Mollusks of Russia and Adjacent territories. Version 2.3.1. 2010.
6. Shirokaya A.A., Sitnikova T.Ya., Vinarski M.V., Palatov D., Kijashko P.V. et Izzatullayev Z.I. Fresh – and brackish – water gastropod taxa described by Zuvaidullo I.Izzatullayev // Archiv für Molluskenkunde. 2019. Vol. 148 (2). P. 197-261.
7. Иззатуллаев З., Солиджонов Х. Фаргона водийси зукларининг биохилма-хиллиги ва ноёб турларни муҳофаза қилишга оид тавсиянома. Андижон, 2022. 24 с.
8. Иззатуллаев З.И., Олимова Д. Фаунистический состав и экология беспозвоночных организмов зообентоса ручья Оби-Рахмат города Самарканда // Вестник Национального университета Узбекистана. 2023. С. 53-61.
9. Clemens G., Veniamin M. Klasse Hirudinae – Egel. Stresemann Exkursionsfauna von Deutschland. 2019. No. 1. P. 371-382.
10. Tessler M. et al. Worms that suck: phylogenetic analysis of Hirudinea solidifies the position of Acanthobdellida and necessitates the dissolution of Rhynchobdellida // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2018. No. 127. P. 129-134.
11. Циценкина И.Г. Тип Кольчатые черви – Annelida. Подкласс Пиявки – Hirudinea. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. М. – СПб., 2016. 210 с.
12. Solijonov Kh., Umarov F.U. Ekologiya of leeches and gastropoda of the lower Ak-Buura river, Fergana Valley, Uzbekistan // Bulletin of the Iraq Natural History Museum. 2022. Vol. 17. No. 2. P. 229-250.
13. Макаренко Т.В. Изучения накопления тяжелых металлов в тканях моллюсков в водоемах и водотоках Гомеля и прилегающих территорий // Экологический вестник. 2013. № 24. С. 117.
14. Красная книга Республики Узбекистан. Том II: Животные. Ташкент: Chinog ENK, 2019. 374 с.

УДК 619:579:636.5

## ВЫДЕЛЕНИЕ КУЛЬТУРЫ КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ВЕЩЕСТВАМ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

<sup>1</sup>Исрапилова А.И., <sup>1,2</sup>Адиева А.А., <sup>2</sup>Искакова А.А.

<sup>1</sup>ФГБУН Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Махачкала;

<sup>2</sup>ГАОУ ДО РД «Центр развития талантов «Альтаир», Махачкала, e-mail: adieva-m@mail.ru

**Аннотация.** В контексте взаимоотношений человека и животных кишечная палочка (*E. coli*) выступает как в качестве комменсала кишечника, так и в качестве одного из наиболее важных патогенов человека и животных, способного вызывать кишечные и внекишечные инфекции. Устойчивость *E. coli* к антибиотикам неуклонно растет с момента первых зарегистрированных случаев, и из-за ее воздействия на здоровье человека она теперь включена вместе с остальными представителями семейства *Enterobacteriaceae* в список Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) из 12 семейств бактерий, представляющих наибольшую угрозу для здоровья человека. В данной работе использованы вещества природного происхождения, обладающие противобактериальным действием. Показано наличие у соединений данного класса антибактериальных свойств в отношении изолятов, выделенных со смывов рук учащихся. Для сравнительного анализа были изучены коммерческие антибиотики, рекомендованные в лечении инфекций, вызванных данными бактериями. В результате микроскопического исследования на грязных руках учащихся было выявлено наличие кишечной палочки, стафилококка не обнаружено. Наиболее чувствительным в отношении кишечной палочки со средним значения ингибирования роста оказался цефтриаксон. Воздействие природных антибиотиков (лук, чеснок, лимон) на микрофлору грязных рук показало, что самым эффективным из них является чеснок.

**Ключевые слова:** антибактериальное действие, вещества, диско-диффузионный метод

## ISOLATION OF *E. COLI* CULTURE AND DETERMINATION OF SENSITIVITY TO ANTIBACTERIAL OF NATURAL SUBSTANCES

<sup>1</sup>Israpilova A.I., <sup>1,2</sup>Adieva A.A., <sup>2</sup>Iskakova A.A.

<sup>1</sup>Caspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala;

<sup>2</sup>Altair Talent Development Center, Makhachkala, e-mail: adieva-m@mail.ru

**Annotation.** In the context of human-animal relationships *E. coli* acts both as an intestinal commensal and as one of the most important human and animal pathogens capable of causing intestinal and extra-intestinal infections. *E. coli*'s antibiotic resistance has been steadily increasing since the first reported cases, and because of its impact on human health, it is now included, along with the rest of the *Enterobacteriaceae* family, in the World Health Organization (WHO) list of 12 bacterial families that pose the greatest threat to human health. The work uses natural compounds. It is shown that compounds of this class have antibacterial properties in relation to isolates isolated from students' hand washes. For comparative analysis, commercial antibiotics recommended in the treatment of infections caused by these bacteria, as well as substances of natural origin with antibacterial effects, were studied. As a result of microscopic examination, the presence of *E. coli* was revealed on the dirty hands of the students, staphylococcus was not detected. Ceftriaxone showed the greatest biological activity against *E. coli*. The effect of natural antibiotics (onion, garlic, lemon) on the microflora of dirty hands has shown that garlic is the most effective of them.

**Keywords:** antibacterial effect, substances, discodiffusion method

Широкое распространение кишечной палочки в человеческой популяции и рост штаммов с устойчивостью к антибиотикам обуславливает поиск новых веществ синтетического происхождения, обладающих антибактериальным действием. Но вместе с тем в природе существует большое количество разнообразных естественных антибиотиков. Их содержат многие лекарственные растения: чеснок, лук, имбирь и т.д. В отличие от синтетических антибиотиков, они не подавляют иммунитет. Поэтому поиск новых соединений, обладающих антибактериальным действием, и сравнение их

с природными аналогами остается актуальной проблемой в современном мире.

Исследование терапевтической активности соединений теллура довольно ограничено в литературе, несмотря на относительно обилие теллура в организме человека. Сходство селена и теллура охватывает не только их отношение к позиции в периодической таблице химических элементов, но, в значительной степени, их химию и биохимию. Ранее исследования теллуродержащих соединений рассматривались только с точки зрения их токсических свойств. Однако получены новые интригу-

ющие данные, свидетельствующие о том, что соединения теллура имеют очень богатый потенциал использования в медицине, как в свое время селен, рассматривающийся только как ядовитое вещество, оказался важнейшим компонентом антиоксидантной защиты [1]. Были изучены биологические эффекты теллура и некоторых его неорганических и органических производных, и данные исследования привели к интересным и многообещающим результатам. В качестве примера можно выделить использование теллуридов и теллуридов щелочных металлов в микробиологии, антиоксидантное действие органотеллуридов и диорганотеллуридов и иммуномодулирующее действие нетоксичного неорганического теллурана [2].

При поступлении соединений теллура в клетку нарушается трансмембранный протонный градиент у *E. coli* независимо от уровня резистентности. Этот эффект сопровождается ингибированием синтеза АТФ, что приводит к истощению внутриклеточных запасов АТФ во время аэробного роста [1]. Такое же повреждающее действие соединений теллура обнаружено при синтезе белков, содержащих аминокислоты с восстановленными тиоловыми группами [1, 2] как у низко-, так и у высокорезистентных микробов.

*E. coli* – одна из наиболее изученных бактерий в мире. У людей *E. coli* является наиболее частой причиной инфекций мочевыводящих путей, она была идентифицирована как возбудитель заболевания практически во всех анатомических участках человеческого тела [3]. Кишечная палочка (*E. coli*) является нормальным обитателем человеческого организма, находясь в кишечнике и выполняя важные функции. Однако некоторые штаммы кишечной палочки могут вызывать серьезные заболевания, особенно у подростков. Подростковый организм чувствителен и уязвим к воздействию вредных бактерий, таких как кишечная палочка. Это может быть связано с неправильным питанием, недостатком гигиены или сопряженными заболеваниями. Многие подростки предпочитают быструю и удобную пищу, содержащую высокий уровень жиров, соли и сахара. Это может нарушить нормальное функционирование кишечной флоры и способствовать росту патогенных бактерий, включая кишечную палочку. Симптомы инфекции кишечной палочкой у подростков разнообразны и могут включать боли в животе, понос, рвоту, лихорадку и общую слабость. Если не обратить внимание на эти симптомы и не начать лечение, инфекция может развиваться

в более серьезные и опасные заболевания, такие как гастрит, воспалительные процессы, а в некоторых случаях и сепсис. Однако важно отметить, что большинство случаев инфекции кишечной палочкой у подростков могут быть предотвращены с помощью соблюдения основных правил гигиены и здорового питания. Правильное мытье рук перед едой, употребление свежих и натуральных продуктов, надлежащая обработка и приготовление пищи – все это может существенно снизить риск заражения кишечной палочкой [4]. В связи с широким распространением бактерии в человеческой популяции используют тесты на определение чувствительности. Полученные данные антибиотикограммы анализируются с учетом известных стандартов и рекомендаций по лечению инфекций, вызванных кишечной палочкой. Учитывая, что некоторые штаммы этих бактерий могут развивать устойчивость к антибиотикам, постоянный мониторинг чувствительности является крайне важным для эффективного лечения. Благодаря проведению антибиотикограммы можно выбрать оптимальное лечение, учитывая индивидуальную чувствительность пациента и способность антибиотиков подавлять рост кишечной палочки. Это позволяет достичь максимальной эффективности терапии и предотвратить возникновение повторных инфекций [5].

Целью настоящей работы было культивирование образцов *E. coli*, выделенных от подростков, и определение чувствительности данного микроорганизма к синтетическим веществам, обладающим антибактериальным действием, а также веществам природного происхождения.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести биологический эксперимент по выращиванию колоний бактерий *E. coli* из определенных участков подросткового организма и выявлению воздействия природных антибиотиков на них.

2. Исследовать природные антибиотики (лук, лимон и чеснок) и определить их влияние на микроорганизмы.

3. Провести анализ чувствительности данной флоры к коммерческим антибиотикам, используя диско-диффузионный метод.

4. Исследовать действие производных теллура на рост бактериальной культуры.

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

##### *Посевы на флору*

Посев биоматериала проводили с целью выделения и идентификации экологически значимых микроорганизмов с определением чувствительности выделенных патоген-



нов к обычному спектру антимикробных препаратов. Основной целью микроскопического исследования мазка являлось обнаружение бактерий, а также оценка качества полученного материала. Микроскопическое исследование мазка проводили с помощью светового микроскопа после окрашивания по методу Грама.

*Подготовка дисков с синтезированными теллуторганическими соединениями для проведения диско-диффузионного метода*

Вначале было определено количество жидкости, которое впитывает диск. Для этого взвешивали сухие диски, затем выдерживали 5 мин в 1 мл воды и проводили повторное взвешивание. Сухой диск весил 0,0018 г, влажный диск – 0,0161 г. Разница составляла 0,0143 г, то есть диск впитывал 0,0143 мл воды за 5 мин. Далее рассчитали навеску на этот объем, чтобы на диске было, например, 135 мкг/мл для вещества 1. Для этого 0,0472 г вещества разводили в 5 мл фосфатного буфера и получали исходную концентрацию вещества 1. Вещества были разведены в пяти концентрациях с учетом их цитотоксичности. В качестве контроля использовали коммерческие диски и тради-

ционную постановку метода дисков и определения чувствительности флоры к ним [6].

**Результаты исследования и их обсуждение**

*Выявление микроорганизмов в подростковой среде и определение чувствительности их к антибиотикам*

Для обнаружения уникальных образцов собственных патогенных микроорганизмов со смывов грязных рук и определения чувствительности их к мылу, антисептику и антибиотикам были взяты смывы с грязных рук 34 детей возрастной категории от 14 до 16 лет, участников профильной смены «Альтаир». В течение учебного дня детей просили не мыть и не протирать руки влажными салфетками, смывы брали в конце учебного дня. Для обнаружения кишечной палочки (*E. coli*) и стафилококка (*Staphylococcus aureus*) использовали стандартные питательные среды. Результаты представлены в табл. 1.

В результате посевов, взятых с необработанных рук учащихся, была выявлена кишечная палочка, стафилококк не обнаружен. При исследовании смывов с рук после обработки рук патогенные микроорганизмы не обнаружены.

**Таблица 1**

Результаты лабораторного исследования на кишечную палочку (*E. coli*) и стафилококк (*Staphylococcus aureus*)

Исследуемый материал	Кишечная палочка	Стафилококк
Пробирка № 1, смыв с грязных рук	Огромное количество, более 50 колоний	Нет роста
Пробирка № 2, смыв с чистых рук после мытья с мылом	Небольшое количество, 5–7 колоний	Нет роста
Пробирка № 3, смыв с чистых рук после обработки антисептиком	Нет роста	Нет роста
Пробирка № 4, смыв с пищеблока (разделочная доска)	Небольшое количество, 13–15 колоний	Нет роста
Пробирка № 5, контроль	Нет роста	Нет роста

**Таблица 2**

Определение чувствительности бактерий к производным теллура с использованием метода дисковой диффузии

Теллуторганические соединения (ТОС)	<i>E. coli</i>
<b>Вещество 1</b> Диоксисироцикло-[4-метилфенил] теллурахлорид	14,27 (0,12)
<b>Вещество 2</b> 3-Хлорметилдиоксинироциклофенилтеллур хлорид	13,83 (0,15)
<b>Вещество 3</b> Этилтеллуробензаль-[2-метокси-3,5-дихлор] анилин	12,6 (0,41)

Примечание: приведены средние значения для трех повторов, в скобках указаны значения стандартного отклонения, показывающие, насколько разбросаны значения в выборке относительно среднего значения.

Диско-диффузный метод определения чувствительности к антибиотикам культуры *E. coli* показал, что в результате действия антибиотиков наибольшую биологическую активность проявил цефтриаксон, со средним значением 19,79 мм. На втором месте по эффективности оказался цефотаксим, со средним значением зоны ингибирования 18,74 мм. Менее эффективным из коммерческих препаратов оказался цефазолин. Зона ингибирования роста культуры кишечной палочки составила 12,73 мм.

Результаты по определению чувствительности бактерий к ТОС диско-диффузионным методом представлены в табл. 2.

В таблице приведены данные при бактериальной нагрузке  $1,5 \times 10^8$ . Зона подавления роста микроорганизмов варьирует от 12 до 14,5 мм. Сравнительный анализ показал, что эти значения находятся на уровне чувствительности к коммерческим дискам, содержащим различные антибиотики, но высокая токсичность производных теллура и растворимость только в ДМСО уменьшает их привлекательность в качестве потенциальных антибактериальных средств.

*Влияние фитонцидов лука репчатого (Allium cepa), чеснока (Allium sativum) и лимона (Citrus limon) на рост и развитие колоний микроорганизмов*

Для определения воздействия лука, лимона и чеснока на рост колоний бактерий были исследованы посеы смывов с грязных рук. Для этого смывы с рук наносили на питательную среду в чашки Петри. В центр чашек поместили мелко нарезанные лук, чеснок и лимон. Через 2–3 дня оценили результат опыта. Результаты опыта показали, что колонии микроорганизмов появились во всех пробах, кроме пробы с чесноком (рис. 1). В чашке с лимоном микробы появились только по краям, а в чашке с луком – по всей поверхности. По всей видимости, чеснок является самым мощным противомикробным средством.

Биологические свойства гетероциклических производных теллура и их зависимость от присоединенной группировки были описаны ранее [7], данные соединения отличаются тем, что введены новые группировки. Все теллуруорганические вещества прошли проверку биологических свойств на системе PASS (Prediction of Activity Spectra for Substances). В данной серии опытов также были изучены все три гетероциклических соединения:

1) диоксисироцикло-[4-метилфенил]теллурахлорид (вещество 1);

2) 3-хлорметилдиоксисироциклофенилтеллурахлорид (вещество 2);

3) этилтеллуробензаль-[2-метокси-3,5-дихлор]анилин (вещество 3).

Вещества были разведены в пяти концентрациях с учетом их цитотоксичности. Цитотоксичность для данных соединений была определена в предварительных опытах на перевиваемой линии клеток зеленой мартышки (Vero) на 1 (ОЦД<sub>50</sub>) и 3 (ЦД<sub>50</sub>) сутки после обработки монослоя клеток различными концентрациями исследуемых веществ. Исходя из проведенных расчетов, для эксперимента были подготовлены диски, на которые были нанесены следующие концентрации исследуемых веществ:

Вещество 1 – диоксисироцикло-[4-метилфенил]теллурахлорид (ОЦД<sub>50</sub> = 13,5 мкг; в 10 больше, 135 мкг; в 2 больше, 27 мкг; в 2 меньше, 6,75 мкг; в 10 меньше, 1,35 мкг).

Вещество 2 – 3-хлорметилдиоксисироциклофенилтеллурахлорид (ОЦД<sub>50</sub> = 1,2 мкг; в 10 больше, 12 мкг; в 2 больше, 2,4 мкг; в 2 меньше, 0,6 мкг; в 10 меньше, 0,12 мкг).

Вещество 3 – этилтеллуробензаль-[2-метокси-3,5-дихлор]анилин (ОЦД<sub>50</sub> = 2 мкг; в 10 больше, 20 мкг; в 2 больше, 4 мкг; в 2 меньше, 1 мкг; в 10 меньше, 0,2 мкг).



Рис. 1. Сравнительный анализ активности производных теллура на культуру кишечной палочки

Действие веществ изучалось при различной бактериальной нагрузке, но видимый эффект был выявлен только при бактериальной нагрузке  $1,5 \times 10^8$  КОЕ/мл, что приблизительно соответствует 0,5 по стандарту Макфарланда и меньше. На рис. 2 показана степень подавления образования колоний *E. coli* при концентрации  $1,5 \times 10^8$  КОЕ/мл в чашке Петри через 24 ч производными теллура, в присутствии коммерческих антибиотиков и при обработке ДМСО.

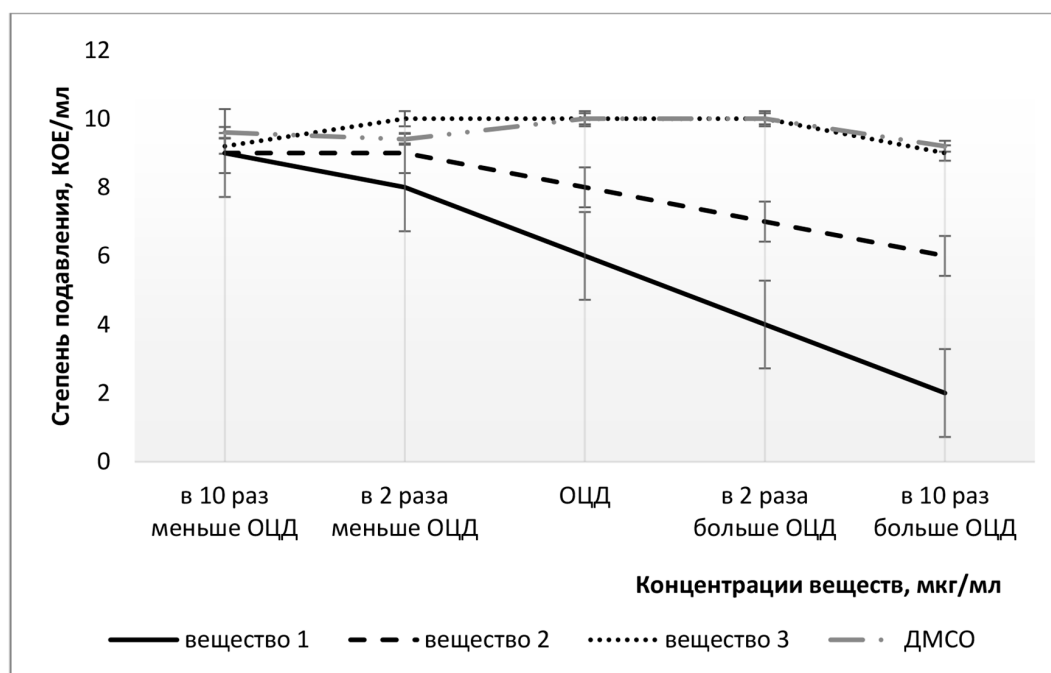


Рис. 2. Чувствительность *E. coli* к производным теллура при концентрации  $1,5 \times 10^8$  КОЕ/мл

Из изученных трех соединений первое вещество подавляло количество колоний на 80 %, а второе – на 40 %. При этом надо отметить, что размеры колоний также были относительно маленькими по сравнению с колониями в контрольной чашке. Вещество 3 – этилтеллуробензаль-[2-метокси-3,5-дихлор] анилин антибактериального эффекта в отношении данного микроба не имело.

### Заключение

В ходе исследования изолированная культура *E. coli* была изучена при воздействии веществ, обладающих потенциальным антибактериальным эффектом, и показана различная чувствительность культуры к данным веществам. Вероятно, это связано с различиями в строении присоединенных радикалов. Изучение антибактериального эффекта веществ 2 и 3 (3-хлорметилдиоксинироциклофенилтеллур хлорида и этилтеллуробензаль-[2-метокси-3,5-дихлор] анилина) не выявило эффективности этих соединений в отношении культур бактерий *E. coli*. Воздействие природных антибиотиков (лук, чеснок, лимон) на микрофлору грязных рук показало, что самым эффективным из них является чеснок.

### Список литературы

1. Vávrová S., Struhárnanská E., Turna J., Stuchlík S. Tellurium: A Rare Element with Influence on Prokaryotic and Eukaryotic Biological Systems // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22. № 5924. DOI: 10.3390/ijms22115924.
2. Abudawood M., Alnuaim L., Tabassum H., Ghneim H.K., Alfihli M.A., Alanazi S.T., Alenzi N.D., Alsobaie S. An Insight into the Impact of Serum Tellurium, Thallium, Osmium and Antimony on the Antioxidant/Redox Status of PCOS Patients: A Comprehensive Study // *Int J Mol Sci.* 2023. Vol. 24 (3). P. 2596. DOI: 10.3390/ijms24032596.
3. Bamunusinghage N.P.D., Neelawala R.G., Magedara H.P., Ekanayaka N.W., Kalupahana R.S., Silva-Fletcher A., Kottawatta S.A. Antimicrobial Resistance Patterns of Fecal *E.coli* in Wildlife, Urban Wildlife, and Livestock in the Eastern Region of Sri Lanka, and Differences between Carnivores, Omnivores, and Herbivores // *J Wildl Dis.* 2022. Vol. 58, Is. 2. P. 380–383.
4. Galindo-Méndez M. Antimicrobial Resistance in *E. coli* // *E. Coli Infections – Importance of Early Diagnosis and Efficient Treatment* // *IntechOpen*. Sep. 30. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.93115.
5. Jeje O., Ewunkem A.J., Jeffers-Francis L.K., Graves J.L. Jr. Serving Two Masters: Effect of *E.coli* Dual Resistance on Antibiotic Susceptibility // *Antibiotics (Basel)*. 2023. Vol. 13, Is. 3. P. 2–8.
6. Nuzhdina A.V., Morozov A.S., Kopitsyna M.N., Strukova E.N., Shlykova D.S., Bessonov I.V., Lobakova E.S. Simple and versatile method for creation of non-leaching antimicrobial surfaces based on cross-linked alkylated polyethyleneimine derivatives // *Materials Science and Engineering. C.* 2017. Vol. 70. P. 788–795. DOI: 10.1016/j.msec.2016.09.033.
7. Адиева А.А., Климова Р.Р., Абакаров Г.М., Меджидова М.Г., Джамалова С.А., Омарова Д.К., Меджидов М.А. Изучение биологических свойств теллуросодержащих гетероциклических соединений // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2021. № 10. С. 7–11.

УДК 631.431

## МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРОШАЕМЫХ БОЛОТНО-ЛУГОВЫХ И ЛУГОВЫХ ПОЧВ БУХАРСКОГО ОАЗИСА

Каршибоев Х.Ш., Бобомуродов Ш.М., Баходиров З.А.

*Институт почвоведения и агрохимических исследований, Ташкент,  
e-mail: zafarbahodirov@gmail.com*

**Аннотация.** В данной статье представлены данные о механическом составе орошаемых луговых и болотно-луговых почв Бухарского района Бухарской области. Бухарский район расположен в северо-западной и южной частях Бухарской области, граничит с Вобкентским районом на севере, Когонским районом на востоке и Жандарским районом на юге и западе. Земли района обеспечивают все возможности для выращивания различных видов сельскохозяйственной продукции и получения обильных урожаев как садовых культур, так и овощей, корнеплодов и плодоовощной продукции, а также хлопка и зерновых культур, которые считаются основными сельскохозяйственными культурами. В регионе широко распространены орошаемые лугово-аллювиальные почвы. В исследованиях использовался метод Н.А. Качинского для определения механического состава почвы. Согласно полученным результатам исследования механического состава почв изучаемой территории, среднесуглинистые почвы составляют 40,0–41,2%, легкосуглинистые почвы – 25,8–26,0%, количество мелкой фракции песка (0,1–0,05 мм) – 15,7–25,4%. В механическом составе этих почв преобладают мелкие песчаные (0,1–0,05 мм) и крупные пылевые (0,05–0,01 мм) частицы, их количество достигает 48,2–50,9%. На основании полученных результатов можно сделать вывод о необходимости учета механического состава почв при проведении агротехнических мероприятий, поливе, удобрении и посадке различных культур в почвах исследуемой территории.

**Ключевые слова:** механический состав почв, орошаемые луговые и орошаемые болотно-луговые почвы, суглинок, песок, иль, макро- и микроагрегаты, почвенная структура

## MECHANICAL COMPOSITION OF IRRIGATED SWAMP-MEADOW AND MEADOW SOILS OF BUKHARA OASIS

Karshiboev Kh.Sh., Bobomurodov Sh.M., Bakhodirov Z.A.

*Institute of Soil Science and Agrochemical Research, Tashkent,  
e-mail: zafarbahodirov@gmail.com*

**Annotation.** This article presents data on the mechanical composition of irrigated meadow and swamp-meadow soils in the Bukhara district of the Bukhara region. The Bukhara district is located in the northwestern and southern parts of the Bukhara region, bordering the Vobkent district in the north, the Kogon district in the east and the Zhandar district in the south and west. The lands of the district have every opportunity to grow various types of agricultural products and obtain abundant harvests, both horticulture and the cultivation of vegetables, roots and fruits and vegetables, as well as cotton and grain crops, which are considered the main agricultural crops. Irrigated meadow-alluvial soils are widespread in the region. The research used the method of N.A. Kajinski to determine the mechanical composition of the soil. According to the results obtained on the mechanical composition of soils in the study area, medium loamy soils account for 40.0–41.2%, light loamy soils – 25.8–26.0%, the amount of fine sand fraction (0.1–0.05mm) – 15.7–25.4%. The mechanical composition of these soils is dominated by small sand (0.1–0.05 mm) and large dust (0.05–0.01 mm) particles, their amount reaches 48.2–50.9%. Based on the results obtained, we can conclude that it is necessary to take into account their mechanical composition when carrying out agrotechnical measures, watering, fertilizing and planting various crops in the soils of the study area.

**Keywords:** mechanical composition of soils, irrigated meadow and irrigated swamp-meadow soils, loam, sand, silt, macro and microaggregates, soil structure

Постановление Президента Республики Узбекистан ПП-277 от 10 июня 2022 года «О мерах по созданию эффективной системы борьбы с деградацией земель» определяет важные задачи по предотвращению деградации земель в Узбекистане и ликвидации ее последствий. В связи с этим необходима реализация фундаментальных и инновационных исследований по углубленному изучению свойств орошаемых земель в различных почвенно-климатических условиях нашей Республики, выявлению эволюционных изменений, происходящих в почвах, восстановлению и повышению плодородия почвы, ее охране, а также эффективному использованию земель [1].

Данное постановление также включает прогнозные показатели, направленные на снижение процессов деградации земель и предотвращение этих процессов в 2022–2025 годах, когда планируются уменьшение площади существующих в настоящее время засоленных почв (с 1902,3 тыс. га в 2022 году до 1809,0 тыс. га к 2025 году) и сокращение площади земель с обеспеченностью гумусом менее 1% (с 2413,7 тыс. га до 1524,3 тыс. га) [2].

Гидроморфные, полугидроморфные и автоморфные почвы пустынного региона встречаются в границах Бухарской области, они сформировались на аллювиальных, пролювиальных, аллювиально-пролювиальных

отложения различного возраста и генезиса. Одним из наиболее распространенных типов почв в оазисе являются орошаемые луговые [3] (старые и новоорошаемые) почвы. Глубина грунтовых вод составляет 2–3 м, что означает, что почвенные слои территории представляют собой почвы, образовавшиеся в условиях быстрого интенсивного увлажнения. Луговые почвы, образовавшиеся в условиях преобладания восходящего капиллярного увлажнения над постоянным или периодическим нисходящим капиллярным увлажнением фильтрационными водами, склонны к засолению. В верхней части Бухарского оазиса мелиоративные условия хорошие по сравнению со средней и, особенно, нижней частью Зарафшана из-за хорошей обеспеченности фильтрационными водами [4].

Механический состав почвы считается важным водно-физическим и физико-механическим показателем, а песчаные, суглинистые и глинистые почвы не имеют одинаковых свойств и структуры. Почвы обладают определенными физико-механическими свойствами вследствие своих механических различий. Например, песчаные почвы характеризуются не очень высокой водоёмкостью, но хорошей водопроницаемостью и плохими капиллярными свойствами. Глинистые почвы, наоборот, обладают большой влагоёмкостью. Эти два разных по механическому составу вида почвы имеют свой воздушный, водный и тепловой режимы. В условиях повышенной влажности можно проводить обработку почв с легким механическим составом. Из-за высокой липучести и глыбности глинистых почв обработке они поддаются с большим трудом – хорошо обрабатываются только при физическом спелом состоянии [5].

Важным показателем рекультивации является механический состав почвы, поскольку от него зависят скорость выщелачивания и его качество. Поэтому без учета особенностей механического состава почвенных групп нельзя создать коллекторно-дренажную систему необходимого размера. Кроме того, необходимо промывать засоленные почвы с учетом механического состава почв. Исследования, проведенные в последние годы, показывают, что при осуществлении мероприятий, направленных на повышение производительности труда, при которых необходимо промывать соли, следует составлять карты засоления [6].

Механический состав является важным мелиоративным показателем, поскольку от него зависят нормы, продолжительность, качество и количество промывок, а также состояние мелиорации земель и их продуктивность. В условиях орошаемого земле-

делия в результате невыполнения агротехнических мероприятий и систематических работ в указанные сроки процессы в почве изменяются в короткие сроки и теряют устойчивость [7, 8].

#### Материалы и методы исследования

На исследуемых участках массива имени Ёдгорова и «Маданият» Бухарского района Бухарской области было заложено 10 основных разрезов почвы. С каждого 20-го гектара было взято по одному разрезу. На каждом разрезе были определены генетические слои и взяты пробы почв для лабораторного обследования. Глубина каждого разреза составила 2–2,5 м. В исследованиях для определения механического состава почвы использовался метод Н.А. Качинского [9].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Общая площадь земель Бухарского района, являющегося объектом исследования, составляет 84 962,0 га, общая площадь земель сельскохозяйственного назначения – 53 265,0 га, из них орошаемые пахотные земли составляют 22 612,0 га. Бухарский район расположен в северо-западной и южной частях Бухарской области, граничит с Вобкентским районом на севере, Каганским районом на востоке и Жандарским районом на юге-западе. Земли района пригодны для выращивания различных видов сельскохозяйственной культур и получения обильных урожаев корнеплодов и плодово-овощной продукции, а также хлопка и зерновых культур [10].

Климат Бухарской области суровый континентальный пустынный с субтропическими чертами. Средняя температура января 0–3°C, июля – 26–28°C. Самая низкая температура –25°C (1969, 1984), самая высокая – 45°C (60–70°C на открытых местах в барханах). Годовое количество осадков – 130–150 мм (в основном зимой и весной). Лето сухое и продолжительное. Вегетационный период 200–210 дней [10].

Рельеф Бухарского района представляет собой равнину. Большую часть севера занимает пустыня Кызылкум. На севере и северо-востоке расположены западные окраины горного хребта Каратог. Окрестности водохранилища Шор-коль представляют собой холмистые плато, холмы и невысокие горы на окраине города Зафарабад. Самые высокие горы – гора Кокча высотой 485–505 м, около города Бухары ее высота составляет 240–248 м [10].

В юго-западной и юго-восточной частях равнины района находятся пролювиальные отложения с примесью гравийно-песчаных

и почвенных отложений, иногда перекрытые аллювиальными отложениями. В регионе широко распространены орошаемые лугово-аллювиальные почвы.

На территории древних и современных притоков реки Зарафшан, а также в луговых почвах, разбросанных по ее прибрежным и первым прибрежным террасам, встречаются болотно-луговые почвы в виде небольших массивов, большая часть из которых орошаемые. Эти почвы формируются с глубиной грунтовых вод 0,5–1 м, склонны к переувлажнению в условиях сильного засоления.

Засоление – почвенный процесс, определяющий продуктивность орошаемых земель, эколого-мелиоративное состояние и урожайность сельскохозяйственных культур, он зависит от степени минерализации и механического состава почвы. Ущерб, наносимый засолением народному хозяйству, чрезвычайно велик: урожайность хлопчатника может снизиться на 20–30% на слабозасоленных почвах, на 40–60% на средnezасоленных, до 80% на сильнозасоленных, отмечается полная гибель ростков хлопка на сильнозасоленных и сильнозасоленных почвах при первом поливе. Изученные орошаемые почвы Бухарского района в основном слабо- и средnezасоленные, на отдельных участках встречаются и незасоленные разности [10, 4].

Орошаемые луговые почвы массива «Маданият» в основном средnezасоленные, общее количество солей в почвенном профиле составляет 0,305–0,570%, из них количество ионов хлора 0,010–0,084%, сульфатов 0,138–0,278%, тип минерализации хлоридно-сульфатный. Орошаемые болотно-луговые почвы массива им. Ёдгорова слабо- и средnezасоленные, а содержание солей в почвенном профиле до 125 см колеблется в сравнительно широком диапазоне – от 0,295 до 1,080% сухого вещества. По типу засоления почвы хлоридно-сульфатные. Поэтому для улучшения почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель необходимо проводить промывочные работы, определять уровень и виды засоления почвы, количество солей (%) и запасы (т/га). При этом особое внимание уделяется параметрам плодородия и продуктивности почвы в зависимости от механического состава.

Орошаемые луговые и лугово-болотные почвы распространены в Бухарском районе, количество частиц физической глины (<0,01 мм) в почвах, образовавшихся в результате эволюционных изменений орошаемых песчано-пустынных, буроватых почв с очень низким естественным плодородием луговых почв, в средних суглинках физической глины составляет 41,2–40,0%, в легких

суглинках физической глины составляет 25,8–26,0%. Количество мелкой песчаной фракции (0,1–0,05 мм) составляет 15,7–25,4%, наибольшее количество крупной пыли (0,05–0,01 мм) составляет 41,4–44,4%. Количество фракций мелкой пыли (0,005–0,001 мм) колеблется между 13,2–13,5% и 7,9–8,3%. По полученным данным можно наблюдать различия механического состава почв Бухарского района по их вертикальному профилю (таблица).

В нижних слоях орошаемых луговых почв среди механических элементов ведущее место занимают крупные пылеватые частицы (0,05–0,01 мм), их количество составляет 26,2–44,3%. Далее следуют частицы крупного песка (<0,25 мм) и мелкого песка (0,1–0,05 мм) количеством соответственно 21,4–23,0% и 22,9–25,4%.

Из полученных данных видно, что механический состав почв, распространенных в хозяйствах массива «Маданият» Бухарского района, в результате длительного орошения почвы становится тяжелее. Так, например, в верхнем пахотном (0–32 и 0–27 см) и подпахотном (32–56 и 27–52 см) слоях количество физической глины (<0,01 мм) составляет 38–40 и 22–42%, а в нижнем на глубине 56–124 и 52–121 см составляет 26 и 37% соответственно. Крупнопылеватые фракции (0,05–0,01) по профилю разреза распространены почти равномерно, составляя 29% с небольшим понижением содержания на глубине 56–87 и 52–84 см. Второе место в луговых почвах занимают мелкопесчаные фракции (0,1–0,05), их количество по профилю варьирует от 16 до 20%. Далее следуют мелко- и среднепылеватые частицы, их количество в пахотном и подпахотном горизонтах максимально (16 и 13% соответственно). Последнее место среди фракций занимают среднепесчаные, содержание которых по профилю разреза составляет от 0,4 до 6%.

Такое распределение обусловлено воздействием антропогенных факторов на поверхностные слои почвы. Большинство почв, расположенных в хозяйствах района, граничит с песчано-пустынной почвой, которая характеризуется песчаным и супесчаным механическим составом, низкой культурой. Механический состав орошаемых болотно-луговых почв массива им. Ёдгорова унаследован от материнской аллювиальной породы, это менее изменчивое свойство, тесно связанное с продуктивностью сельскохозяйственных культур, и эта характеристика во многом определяет плодородие почвы. Поэтому в первую очередь определялся механический состав почв территории, который обуславливает степень плодородия почвы.

Механический состав орошаемых почв Бухарского района

№ разреза	Глубина, см	Размер, мм, и количество частиц, %								Почвы
		>0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	Физическая глина (<0,01 мм)	
<b>Массив «Маданият» (орошаемые луговые почвы)</b>										
1	0–32	12,0	3,0	17,1	29,6	13,8	16,2	8,3	38,3	среднесуглинистые
	32–56	11,6	2,9	16,3	29,2	13,5	16,8	9,7	40,0	среднесуглинистые
	56–87	21,4	6,4	20,0	26,4	9,7	11,7	4,4	25,8	легкосуглинистые
	87–124	20,1	5,7	19,1	29,1	8,8	12,5	4,7	26,0	легкосуглинистые
4	0–27	13,2	0,8	22,9	41,4	3,8	10,0	7,9	21,7	легкосуглинистые
	27–52	3,2	0,8	20,5	34,3	13,2	20,8	7,2	41,2	среднесуглинистые
	52–84	1,6	0,4	25,4	35,2	11,3	19,1	7,0	37,4	среднесуглинистые
	84–121	2,0	0,5	15,8	44,3	12,8	19,3	5,3	37,2	среднесуглинистые
<b>Массив имени Ёдгорова (орошаемые болотно-луговые почвы)</b>										
2	0–30	0,6	1,9	18,5	47,6	4,8	3,2	23,4	31,4	среднесуглинистые
	30–50	1,3	12	22,4	42,3	4,9	0,9	16,1	21,9	легкосуглинистые
	50–70	2,1	18,4	35,4	39,8	1,8	1,7	0,8	4,3	песок
	70–110	2,4	8,7	30,6	50,9	4	2,5	0,9	7,4	песок
7	0–28	0,8	1,6	17,6	48,2	4,6	3,5	23,7	31,8	среднесуглинистые
	28–50	1,5	12	22,1	41,2	5,4	1,3	16,5	23,1	легкосуглинистые
	50–78	2,1	15,2	37,3	40,7	2,3	1,7	0,7	4,7	песок
	78–118	2,4	14,8	34,2	41,1	4	2,6	0,9	7,5	песок

По результатам установлено, что механический состав почв исследуемой территории – орошаемые болотно-луговые почвы, преимущественно среднесуглинистые, в пахотном слое физическая глина составляет 31–32%, соответственно составляет подпахотном в легкосуглинистой 21–23 и песчаной 4–7%.

Механические частицы разного размера рассеяны по профилю почв, количество крупнопылеватых частиц (0,05–0,01 мм) в среднесуглинистом механическом составе пахотном слое этих почв составляет 47,6–48,2% в легкосуглинистых подпахотном и 42,3–41,2% в песчаных слое (50–118 см) 39,8–50,9%. В механическом составе этих почв также преобладают мелкие песчаные (0,1–0,05 мм) фракции, в песчаном слое их количество составляет 30,6 и 37,3%, наи-

меньшее количество средних пылеватых фракций составляет легкосуглинистых разностях средней части профиля (0,9–1,3%) и в крупных песках (>0,25 мм) среднесуглинистых разностях их количество составляет 0,5–0,6%. Среднепесчаные и мелкопылеватые частицы занимают среднее положение. Таким образом, среднесуглинистые разности содержат больше пылеватых частиц, а легкосуглинистые разности – песчаных фракций.

Почвы, распространенные в хозяйствах Бухарского района, разнообразны, поэтому агротехнические мероприятия следует проводить дифференцированно (вспашка, орошение, обработка, внесение удобрений и др.), с учетом их механического состава.

При оценке с агрономической точки зрения нужно знать не только размеры ме-

ханических элементов почвы, но и наличие в почве макро- и микроагрегатов, образованных некоторыми механическими элементами. Описание суглинистых почв является одним из важных аспектов оценки структуры почвы. Механический состав почв Бухарского оазиса разнообразен, что связано с их генезисом, морфологией, почвообразующими материнскими породами и культурно-оросительной деятельностью человека. Кроме того, механический состав используется как основа для расчета количества оросительных и промывных поливов. При реализации мероприятий, направленных на повышение продуктивности почв, важно составлять картограммы механического состава почв, особенно для территорий, где необходимо осуществлять промывку солей.

### Выводы

Из полученных данных можно сделать следующие выводы. Орошаемые луговые почвы массива «Маданият» в основном среднесоленные, тип минерализации хлоридно-сульфатный, количество физической глины (<0,01 мм) составляет 25,8–26,0%. Орошаемые болотно-луговые почвы массива Ёдгорова – слабо- и среднесоленные, тип засоления почвы – хлоридно-сульфатный, количество физической глины составляет 40,0–41,2%. По количеству физической глины орошаемые луговые почвы относятся к среднесуглинистым, а болотно-луговые – к легкосуглинистым почвам. Количество фракций мелкого песка (0,1–0,05 мм) составляет 15,7–25,4%, количество крупной пыли (0,05–0,01 мм) – 41,4–44,3%, количество фракций мелкой пыли (0,005–0,001 мм) –

11,7–20,8%. Агротехнические мероприятия (промывка засоленных земель, орошение, внесение органических и минеральных удобрений, обработки почвы, размещение различных культур) нужно проводить с учетом механического состава почв.

### Список литературы

1. Постановление Президента Республики Узбекистан от 10 июня 2022 года № ПП-277 «О мерах по созданию эффективной системы борьбы с деградацией земель». [Электронный ресурс]. URL: <https://lex.uz/docs/6058692> (дата обращения: 14.02.2024).
2. Указ Президента Республики Узбекистан, от 30.10.2019 г. № УП-5863 “Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года”. [Электронный ресурс]. URL: <https://lex.uz/ru/docs/4574010>. (дата обращения: 14.02.2024).
3. Инструкция по проведению почвенных изысканий и составлению почвенных карт для ведения Государственного земельного кадастра. Нормативные документы по землепользованию, землеустройству и земельному кадастру. Ташкент, 2013. 56 с.
4. Артикова Х.Т. Эволюция, экологическое состояние и плодородие почв Бухары: автореф. дис. ... докт. сельхоз. наук. Ташкент, 2019. 30 с.
5. Бобомуродов Ш.М. Плодородие орошаемых почв нижнего течения р. Зарафшан и пути его повышения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 2001. 25 с.
6. Джаббаров О., Шарипов О., Махкамова Д. Генеральная классификация почв Бухарского района Бухарской области // Вопросы охраны земельных ресурсов и их рационального использования в условиях изменения окружающей среды: научно-практический семинар. Ташкент, 2016. С. 89-94.
7. Назарова С.М., Курвантаев Р. Механический состав орошаемых почв Бухарского оазиса // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 4. С. 187-191.
8. Kurvantaev R., Khakimova N., Vafoev B. Chemical properties of Zarafshon lower and middle flow soils // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 389. P. 04015. DOI: 10.1051/e3sconf/202338904015.
9. Качинский Н.А. Физика почв. М.: Высшая школа, 1970. 320 с.
10. Энциклопедия Узбекистана. Ташкент, 2014.



УДК 574.52

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЕ РЕКИ ПСЁЛ

Медведева И.Е., Алехина М.С., Иванникова М.В., Протасова М.В.

ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск,  
e-mail: [sirina.medvedeva8@gmail.com](mailto:sirina.medvedeva8@gmail.com), [mariaalekhina14@yandex.ru](mailto:mariaalekhina14@yandex.ru),  
[mashavladiivann@gmail.com](mailto:mashavladiivann@gmail.com), [mar.protasova2012@yandex.ru](mailto:mar.protasova2012@yandex.ru)

**Аннотация.** В статье приведены данные об исследовании качества вод в рекреационной зоне р. Псёл. Река выполняет рекреационную функцию – на ее берегах располагаются активно используемые в теплый период года пляжи. Мониторинг состояния вод р. Псёл позволяет оценить экологическую безопасность водного объекта для местного населения, а также оценить степень воздействия, вызванного деятельностью человека. В ходе работы использовались методы биоиндикации и гидрохимического анализа. Качество вод оценивали биоиндикационным методом с помощью растений подсемейства рясковые Lemnaceae согласно методике. При выполнении гидрохимического анализа определили показатели химических веществ и pH воды р. Псёл. При выполнении исследования проводилось витальное окрашивание, которое показало, что рекреационная деятельность негативно сказывается на состоянии биоиндикатора. По результатам витального окрашивания листочков ряски малой двух проб отметили, в какой цвет они окрасились. Благодаря окрашиванию удалось установить, что воды в изучаемых объектах не оказывают сильного токсического воздействия, однако загрязнение влияет на состояние растений ряски. Было установлено, что класс качества вод для фонового участка и участка реки, испытывающего рекреационную нагрузку, одинаковый – 3 (загрязненная).

**Ключевые слова:** ряска малая, биоиндикация, химический анализ, водные объекты, гидрохимические показатели, река Псёл

## ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE RECREATIONAL AREA OF THE PSEL RIVER

Medvedeva I.E., Alekhina M.S., Ivannikova M.V., Protasova M.V.

Kursk State University, Kursk, e-mail: [sirina.medvedeva8@gmail.com](mailto:sirina.medvedeva8@gmail.com),  
[mariaalekhina14@yandex.ru](mailto:mariaalekhina14@yandex.ru), [mashavladiivann@gmail.com](mailto:mashavladiivann@gmail.com), [mar.protasova2012@yandex.ru](mailto:mar.protasova2012@yandex.ru)

**Annotation.** The article presents data on the study of water quality in the recreational area of the river. Psel. The river performs a recreational function – beaches that are actively used in the warm season are located on its banks. Monitoring of the state of the waters of the river The Psel makes it possible to assess the environmental safety of a water body for the local population, as well as to assess the degree of impact caused by human activity. Methods of bioindication and hydrochemical analysis were used in the course of the work. The water quality was assessed by the bioindication method using plants of the duckweed Lemnaceae subfamily according to the method. During the hydrochemical analysis, the indicators of chemicals and the pH of the Psel River water were determined. During the study, vital staining was performed, which showed that recreational activities negatively affect the condition of the bioindicator. According to the results of vital staining of duckweed leaves from two samples, it was noted in what color they were stained. Due to staining, it was possible to establish that the waters in the studied objects do not have a strong toxic effect, but pollution affects the condition of duckweed plants. It was found that the water quality class for the background area and the section of the river experiencing recreational stress is the same – 3 (polluted).

**Keywords:** small duckweed, bioindication, chemical analysis, water bodies, hydrochemical indicators, Psel River

Актуальной задачей для современного водопользования регионов РФ является сохранение естественных водных объектов и качества их вод, ключевым моментом является гарантирование экологической безопасности для защиты населения. Как факторы природного происхождения (климат, особенности почвы, биоты), так и антропогенные факторы (активная хозяйственно-бытовая, промышленная или рекреационная деятельность в пределах водоохранной зоны) влияют на качество поверхностных вод [1].

Реки играют важную роль в окружающей среде, они оказывают влияние на ближайшие окрестности и считаются необхо-

димыми ресурсами, кроме того, река – это популярный участок для проведения досуга. Немаловажным является мониторинг и экологический контроль, которые означают анализ воды и водных ресурсов. Одним из ключевых моментов является комбинация различных методов, например химических и физико-химических, которые заключаются в оценке и определении качества воды и водных объектов.

Территория Курской области отличается довольно густой речной сетью, причем западная и центральная ее части относятся к бассейну Днепра, а восточная – к бассейну Дона. Общая численность рек составляет 902, суммарная протяженность которых

7600 км. Такие реки, как Тускарь, Псёл, Свапа и Сейм, составляют более 100 км. Они характеризуются небольшими речными уклонами и небольшими размерами.

Река Псёл считается одной из самых крупных рек, является второй по масштабам после Сейма, находящихся в Курской области. Река является единственной в области первого порядка, левым притоком Днепра и берет свое начало на юго-западном склоне Среднерусской возвышенности. Исток находится примерно на высоте 220 м над уровнем моря. Приблизительно в 10 км ниже устья р. Суджа и Псёл переходят на территорию Украины.

Река Псёл имеет многочисленное количество левых и правых притоков. К крупным правым притокам относятся следующие речки: Запселец, Суджа, Воробжа, к левым притокам можно отнести речки Солотина, Ивня, Пена, Бобравка, Илек. В местах близкого подхода р. Псёл к Обоянской водораздельной гряде (в Обоянском и Беловском районах) в реку впадает значительное количество небольших правобережных притоков, «разрезающих» водораздельную гряду – Трубеж, Усланку, Туровку, Каменку, Рыбинку, Долгий, Корочку, Беличку, Конопельку, Смердицу.

На безопасное рекреационное водопользование существенно влияет качество воды в поверхностных водоемах и техногенная нагрузка (рек, водохранилищ, озер, прудов), а также качество воды в них.

Обладая большим хозяйственным значением для местного населения, река испытывает интенсивное воздействие человеческой деятельности.

Стоит обратить внимание на функционирование урбанизированных территорий, а также принять все меры, которые будут способствовать контролю качества воды. Водные объекты могут реализовывать самые разнообразные функции, к которым относятся эстетические и рекреационные. Также они кондиционируют среду, являются резерватами биоразнообразия флоры и фауны экосистем городских ландшафтов. В последние десятилетия можно заметить существенный всплеск масштабов рекреационного спроса на акваториальные комплексы водохранилищ.

Они отвечают за повышение эстетики, предоставление рекреационных возможностей, просвещение общественности и охрану природных чудес городских условий, а также обеспечение ценной среды обитания для флоры и фауны. Рекреационные пользователи были живо заинтересованы в комплексах водохранилищ, которые видели значительный рост спроса в последние годы.

Река Псёл выполняет рекреационную функцию – на ее берегах располагаются активно используемые в теплый период года пляжи. Мониторинг состояния вод р. Псёл позволяет оценить экологическую безопасность водного объекта для местного населения, а также оценить степень воздействия, вызванного деятельностью человека.

Качество воды поверхностных водных ресурсов является результатом комплексного воздействия природных и антропогенных условий и последующего взаимодействия как во времени, так и в пространстве. Необходимость комплексного экологического мониторинга и геоэкологических оценок дает возможность проводить наблюдение не только изменений качества воды в малых реках, но и обнаруживать влияние в большей мере на более крупные водные объекты. Важным в конечном итоге является создание модели антропогенного воздействия в целом.

Цель – исследование качества воды р. Псёл в рекреационной зоне методами химического анализа и биоиндикации.

#### Материалы и методы исследования

Объектом для биотестирования и биоиндикации послужила ряска, ведь именно для нее характерна способность к быстрому размножению и простота строения. Данное растение не предъявляет серьезных требований к условиям произрастания. По следующим морфологическим признакам определяют чистоту исследуемого объекта: скорость роста, разветвленность корней, увеличение биомассы, изменение окраски листочков. У данных представителей можно определить концентрацию определенных загрязнителей, таких как тяжелые металлы или пестициды.

Качество вод оценивали биоиндикационным методом с помощью растений подсемейства рясковые Lemnaceae согласно методике [2].

При рассмотрении дикорастущих растений семейства рясковые, таких как ряска малая (*Lemna minor* L.), вольфия бескорневая (*Wolffia arrhiza* L.), ряска горбатая (*Lemna gibba* L.), пришли к выводу, что эти представители отличаются своими уникальными свойствами, именно при рассмотрении по вкусовым характеристикам. *Ряска малая* (*Lemna minor* L.) – растение, которое распространяется повсеместно, то есть является космополитом, в отличие от других видов ряски. Она в изобилии плавает на поверхности стоячих или медленно текущих вод. Часто встречается на илистых берегах усыхающих прудов и заводей.

Необходимо подчеркнуть способ размножения рясковых, оно вегетативное и заключается в отделении молодых листочков от старых. Листочек – это пластинка ряски, где лист и стебель сплетены воедино. В самом начале расположен карманный отсек, с одной стороны которого возникает новый стебель, соединяющийся со старым. В дальнейшем происходит образование еще одного стебля, который уже отделяется и начинает расти самостоятельно.

Для проведения исследования отбирали ряску в начале июля в двух точках: в качестве места, испытывающего рекреационную нагрузку, был выбран неорганизованный пляж, в качестве фонового участка была выбрана зона р. Псёл, находящаяся выше по течению, в отдалении от жилых домов и промышленных предприятий.

Для определения преобладающего в исследуемых зонах вида ряски, отобранные пробы разделили по видам, используя определитель. Далее сосчитали количество объектов преобладающего вида и продолжили анализ на основании общего количества поврежденных щитков к общему числу.

К специфическим чертам ряски относится простота строения. Можно отметить, что при изучении основных функций, которые характерны для практически всех видов ряски, одной из важнейших является транспорт питательных веществ, при помощи которого случается сплетение изучаемых объектов в общий зеленоватый ковер, который помогает им оставаться на поверхности.

Лист и стебель у рясок сплетены воедино, листочек в размерах колеблется от 0,3 до 0,5 см. Исключением является вольфия, которая в рассматриваемом семействе самый маленький представитель, ее длина составляет 0,1–0,2 см. Поверхность листочка, как и все растение, очень нежная, что позволяет его использовать как зеленой овощ в питании человека. Если рассматривать органы защиты от испарения, то у наземных растений – это кожица листьев, у водных, в том числе у рясок, – кожица, которая изменила свое строение, она крайне нежна и содержит даже хлорофилл.

Не рекомендуется употреблять в пищу ряску, собранную в водоемах, которые предназначены для отдыха, купания людей, поения скота. В рассматриваемом варианте высока вероятность инфицирования кишечными инфекциями. Одним из примеров может служить сальмонеллез, переносчиком которого являются утки.

Ряска очищает воду путем сорбции биогенных веществ. Благодаря высокой продуктивности ряска поглощает значительное содержание биогенных элементов, которое

колеблется до 98%, но именно это помогает с очищением H<sub>2</sub>O. Исследуемое растение устойчиво к высоким концентрациям нитратов, аммиака, фосфатов.

Химический анализ вод проводился в соответствии с ПНДФ-14.1:2:4.167-2000, ПНДФ-14.1:2:4.157-99, ГОСТ Р 31954-2012, ПНДФ 14.1:2:3.121-97, ПНДФ 14.1:2:4.139-98.

В качестве тест-организма часто используется ряска, потому что она отличается вариабельностью внешних характеристик, которые могут быть заметны по следующим отличительным реакциям: некрозы, хлорозы, увядание, степень пожелтения. По перечисленным морфологическим признакам можно судить о токсичности проб воды, и для того, чтобы определить их, вовсе не требуется дорогостоящее оборудование.

Также в изучаемых зонах был проведен токсикологический анализ. Для этого был использован метод витального окрашивания, основанный на реакции клеток на краситель сафранин [3]. Мертвые клетки легкопроницаемы, в отличие от живых клеток, так как не способны поддерживать осмотическое давление, в результате чего приобретают яркую легкоразличимую красную окраску. В зависимости от количества мертвых клеток в листочке окраска, наблюдаемая в бинокулярный микроскоп, может варьироваться от ярко-красной до светло-желтой или зеленой, полностью здоровые клетки не окрашиваются. Для анализа листочка ряски помещали в раствор сафранина (20 мг вещества к 100 мл спирта) в течение 2–3 мин на предметное стекло. Сафранин образует пикрат, нерастворимый в воде, но растворимый в хлороформе. Затем при помощи бинокулярного микроскопа оценивалась окраска листочков ряски.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Доминирующим видом в отобранных пробах являлась ряска малая (*Lemna minor* L.). Результаты исследования биоиндикации представлены в табл. 1. Наибольшее число растений наблюдалось в пробах, отобранных в р. Псёл на неорганизованном пляже – 106,8±4,49, что больше значения фонового участка в 2,67 раза. Это можно объяснить повышением содержания органического вещества в результате антропогенной деятельности. Высокое содержание органических и минеральных веществ в воде создает комфортные условия для активного размножения ряски [4]. При этом среднее число щитков на одном растении больше для проб, отобранных на фоновом участке р. Псёл 2,9±0,15.

Таблица 1

Количественные показатели оценки  
специфической индивидуальной реакции ряски малой

Участок исследования	Число растений	Число общих щитков	Среднее число щитков на особи	Число щитков с повреждением	Процент щитков с повреждением от пробы, %	Класс качества воды
Фоновый участок, не подвергающийся антропогенному воздействию	40,0±3,0	108,0±5,4	2,9±0,15	11,2±0,56	11,1±0,89	3
Участок, испытывающий рекреационную нагрузку, неорганизованный пляж	106,8±4,49	226,0±5,0	2,2±0,04	36,2±1,09	15,9±0,2	3

Таблица 2

Гидрохимические показатели вод р. Псёл

№	Наименование показателя, единицы измерения	НД на методы испытаний	Результаты испытаний	Погрешность результатов испытаний	ПДК для водных объектов ГН 2.2.5.1315-03
1.	Аммоний, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000	< 0,5*	–	1,5
2.	Калий, мг/дм <sup>3</sup>		5,55	±0,78	–
3.	Натрий, мг/дм <sup>3</sup>		26,31	±2,63	200
4.	Литий, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,015*	–	0,03
5.	Магний, мг/дм <sup>3</sup>		9,40	±1,32	50
6.	Стронций, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,5*	–	7
7.	Барий, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,1*	–	0,7
8.	Кальций, мг/дм <sup>3</sup>		89,33	±8,93	–
9.	Хлорид-ион, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.157-99	10,76	±1,08	350
10.	Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>		< 0,2*	–	3,3
11.	Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>		28,90	2,89	500
12.	Фторид-ион, мг/дм <sup>3</sup>		0,28	±0,05	–
13.	Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>		4,47	±0,45	–
14.	Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	0,94	±0,19	–	
15.	Жесткость общая, °Ж	ГОСТ Р 31954-2012	6,70	±1,01	7,0
16.	рН (водородный показатель), ед.рН	ПНД Ф 14.1:2:3.121-97	7,70	±0,2	6,5–8,5
17.	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98	0,083	±0,025	3

Оценка числа поврежденных щитков ряски показала, что больший процент повреждения характерен для растений, отобранных на участке, испытывающем антропогенную нагрузку, 36,2±1,09%, что выше фонового значения в 3,2 раза. Класс загрязнения поверхностных вод для обоих участков – 3 (загрязненная).

Одинаковый класс качества воды по результатам биоиндикации объясняется наличием антропогенной нагрузки на протяжении всего русла р. Псёл, так как вдоль него находится множество населенных пунктов выше и ниже по течению относительно точек отбора. Однако более высокий процент поврежденных щитков говорит об увеличе-

нии негативного воздействия на фитоценоз прибрежной зоны р. Псёл в результате рекреационной деятельности человека.

По результатам витального окрашивания листцов ряски малой двух проб отметили, что в обоих случаях полученные препараты окрасились оранжевым, гибель же листцов предполагает окрашивание в ярко-красный цвет. В этом случае можно установить, что воды в изучаемых объектах не оказывают сильного токсического воздействия, однако загрязнение влияет на состояние растений ряски.

Результаты гидрохимического исследования воды р. Псёл представлены в табл. 2. По результатам видно, что содержание основных химических веществ остается в пределах нормы или значительно ниже значений ПДК для вод культурно-бытового значения.

Также в результате исследования общей жесткости вод реки Псёл был получен показатель 6,7, что соотносится с более ранними исследованиями [5]. Значение водородного показателя составляет 7,7 для данного объекта, что соответствует нейтральной среде и остается в пределах нормы [6]. В целом гидрохимические показатели данного водного объекта соответствуют ранее полученным результатам для вод рек бассейна Днепра [7].

### Заключение

Таким образом, в результате исследования выявили, что класс качества воды фонового участка р. Псёл и участка, подвергающегося рекреационной нагрузке, одинаковый – 3 класс (загрязненная), что объясняется наличием населенных пунктов и антропогенной деятельности на протяжении всего русла реки вверх по течению. Гидрохимическое исследование показало, что содержание химических веществ и рН воды р. Псёл находятся в пределах допу-

стимых значений. В результате витального окрашивания установили, что на состояние растений ряски малой не оказывается высокое токсикологическое воздействие, однако рекреационная деятельность негативно сказывается на состоянии биоиндикатора, что подтверждается более высоким процентом поврежденных щитков ряски.

Управление сточными водами в результате строительства новейших и результативных очистных сооружений, экологического проектирования по берегам водотоков и водохранилищ является важнейшими этапами в целях защиты окружающей среды, а также сохранения хорошего качества воды.

### Список литературы

1. Красников Д.В., Кондрашова И.Н. Экологическая оценка качества природных вод национального парка «Орловское Полесье» с использованием растений подсемейства рясковые Lemnaceae // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2014. № 6. С. 68–70.
2. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. М.: Академический проект, 2008. 45 с.
3. Цаценко Л.В., Пасхалиди В.Г. Рясковые как модельный объект в биотестировании водной и почвенной среды // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 4 (176). С. 146–151.
4. Андреева А.С., Кузьмина Д.А., Леухин Д.Н. Биоиндикация загрязнения водоемов г. Волжска, оз. Малый Яльчик по состоянию популяций растений семейства рясковые // Редакционная коллегия. 2016. С. 142.
5. Назаренко С.Н. Гидрохимические исследования состояния рек как среды обитания рыб // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 49–51.
6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2018 году // Администрация Курской области [Электронный ресурс]. URL: <http://adm.rkursk.ru> (дата обращения: 11.03.2024).
7. Михеев Ю.Ю., Моисеева Е.В. Эколого-аналитический анализ качества воды рекреационных зон Воронежского водохранилища // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2019. Т. 7, № 3 (46). С. 187–193.

**УПРУГОСТЬ И ГИПЕРУПРУГОСТЬ АОРТЫ****Муслов С.А., Зайцева Н.В., Корнеев А.А., Чистяков М.В., Фищенко К.А.***Российский университет медицины, Москва, e-mail: muslov@mail.ru*

**Аннотация.** Деформационные свойства тканей аорты сравнивались с упругими (линейная, билинейная, экспоненциальная) и наиболее известными гиперупругими (неогуковская, Муни–Ривлина, Огдена, полиномиальная, Йео, Веронда–Вестман) моделями; оценивалось их соответствие экспериментальным данным. Применялись следующие статистические показатели: стандартное отклонение SD, наибольшее абсолютное отклонение  $\delta$ , максимальная приведенная погрешность  $\delta_{\max}$ , коэффициент корреляции. Определены материальные константы упругих и гиперупругих моделей аорты в продольном и кольцевом направлениях. Все изученные гиперупругие модели продемонстрировали высокую прогностическую способность механического поведения биоматериала аорты во всем диапазоне деформаций механических испытаний, однако «невязка» опытных и модельных данных для гиперупругих моделей была ниже. Все модели, кроме модели Муни–Ривлина при малых деформациях, проявили механическую устойчивость ( $\partial\sigma/\partial\varepsilon > 0$ ) согласно критерию Хилла–Друкера. В качестве экспериментальных данных использовали кривые  $\sigma$ - $\varepsilon$ , полученные при механических испытаниях образцов аорты 5-месячных свиней, внутренние органы которых анатомически близки к таковым у человека. Результаты расчетов могут быть полезны при расчете напряженно-деформированного состояния тканей аорты, биоинженерии сердца и кровеносных сосудов, а также при разработке эндопротезов для выполнения реконструктивных вмешательств.

**Ключевые слова:** упругие и гиперупругие механические свойства, биомеханика, аорта

**AORTIC ELASTICITY AND HYPERELASTICITY****Muslov S.A., Zaitseva N.V., Korneev A.A., Chistyakov A.A., Fishchenko K.A.***Russian University of Medicine, Moscow, e-mail: muslov@mail.ru*

**Annotation.** The deformation properties of aortic tissues were compared with elastic (linear, bilinear, exponential) and the most well-known hyperelastic (neo-Hookean, Mooney–Rivlin, Ogden, polynomial, Yeoh, Veronda–Westmann) models and their compliance with experimental data was evaluated. The following statistical indicators were used: standard deviation SD, the largest absolute deviation  $\delta$ , the maximum reduced error  $\delta_{\max}$ , the correlation coefficient. The material constants of elastic and hyperelastic models of the aorta in the longitudinal and annular directions are determined. All the studied hyperelastic models demonstrated a high predictive ability of the mechanical behavior of the aortic biomaterial over the entire range of deformations of mechanical tests, however, the «discrepancy» of experimental and model data for hyperelastic models was lower. All models, except the Mooney–Rivlin model with small deformations, showed mechanical stability ( $\partial\sigma/\partial\varepsilon > 0$ ) according to the Hill–Drucker criterion. The curves  $\sigma$ - $\varepsilon$  obtained during mechanical tests of aortic samples of 5-month-old pigs, whose internal organs are anatomically close to those of humans, were used as experimental data. The calculation results can be useful in calculating the stress-strain state of aortic tissues, bioengineering of the heart and blood vessels, as well as in the development of endoprostheses for performing reconstructive interventions.

**Keywords:** elastic and hyperelastic mechanical properties, biomechanics, aorta

Взаимодействие между материалом и биологической средой может происходить по двум направлениям. Одно из них – когда на биологические ткани воздействует материал, а второе – когда материал подвергается влиянию биологических тканей. Таким образом, при подборе биомедицинских материалов для инструментов и протезов с точки зрения их биологической совместимости важны как влияние материала на окружающие ткани, так и возможная нежелательная обратная реакция организма на материал и конструкцию из него, т.е. деградация материала. Биосовместимым называется материал, который не оказывает отрицательного действия на биологические ткани и не деградирует от их обратного действия. Биомеханическая совместимость предполагает отсутствие перегрузок, макродеформаций и «пространственной жесткости» на поверхности раздела «конструк-

ция – ткань организма». В этом плане приоритетными являются материалы, которые обладают пластичными свойствами и вызывают минимальную, «нежную» и щадящую реакцию окружающих и контактирующих с ними тканей. Такие материалы должны деформироваться в соответствии с закономерностями поведения тканей организма, реагировать на изменение формы тканей органов, обладать высокими, стабильными физико-механическими характеристиками и возможностью программируемого управления формоизменением, не разрушаться после многократного воздействия и обеспечивать гармоничный и комфортный характер взаимодействия системной пары «элементы конструкции – ткани организма» и ее «механическую однородность» [1, 2]. Важно, чтобы материал не вызывал воспалительной реакции ткани, так как это может вызвать ее раздражение, боль и некро-

ческие изменения. Исходя из этого подхода, высокий уровень биомеханической совместимости предполагает максимальную близость физико-механических свойств материала и конструкций к свойствам тканей организма, с которыми они функционально взаимодействуют. Таким образом, базовые критерии при выборе потенциальных биоматериалов для внутриорганных вмешательств должны содержать определенные требования, прежде всего к их механическому поведению.

Одной из важнейших биоинженерных задач для разработчиков эндопротезов аорты является подбор материала для конструкции протеза (сегодня стенты-графты – наиболее распространенная разновидность сосудистых стентов). Для того чтобы подобрать идеальный материал для эндопротеза, необходимо знать механические свойства биотканей самой аорты. При этом изучение механических свойств мягких биотканей сложнее, чем изучение неорганических материалов. Основная проблема, возникающая при исследовании мягких биологических структур, в том числе аорты человека и животных, – это выбор гиперупругой модели, которая бы наиболее точно описывала бы поведение биоматериала. Тем не менее, это важно в интересах поддержки клинических решений, а также в сферах тканевой инженерии и при разработке замещающих материалов для протезирования (ангиопластики).

Цель и задачи – сопоставить деформационные свойства тканей аорты с наиболее известными гиперупругими и упругими моделями и оценить их соответствие экспериментальным данным.

### Материалы и методы исследования

Как известно, почти все биологические ткани – гиперупругие (исключение составляют твердые ткани зуба и кости скелета). Они еще называются эластомерами и резино- или каучукоподобными. Гиперупругие материалы практически несжимаемы (коэффициент Пуассона приблизительно 0,5), способны испытывать очень большие деформации, а потом возвращаться к исходному состоянию или близкому к нему.

Материальные параметры упругих и гиперупругих моделей определяли с помощью известных программных комплексов Mathcad 15.0 и ANSYS 2022 R2. В качестве экспериментальных данных использовали кривые «напряжение – деформации», полученные при механических испытаниях образцов аорты 5-месячных свиней, внутренние органы которых анатомически близки к таковым у человека [3]. Образцы для испыта-

ний вырезались в продольном и кольцевом направлениях. Для этих же направлений рассчитывались упругие и гиперупругие модели. Оцифровку кривых производили с помощью свободно распространяемого приложения PlotDigitizer Online App.

### Результаты исследования и их обсуждение

Из обширного семейства гиперупругих моделей были отобраны 6, часто встречающихся в мировой литературе (неогуковская, Муни–Ривлина, Огдена, полиномиальная, Веронда–Вестманн и Йео) и зарекомендовавших себя как наиболее соответствующие экспериментальным данным [4]. Материальные константы этих моделей, полученные при расчетах, приведены ниже (единица измерения, кроме  $\alpha$ , – мегапаскаль, МПа).

*Продольное направление.*

Неогуковская модель:  $\mu = 0,265$ ;

2-параметрическая Муни–Ривлина:

$$C_{10} = 0,822, C_{01} = -0,881;$$

модель Огдена 1-го порядка:

$$\mu = 0,102, \alpha = 3,969$$

(безразмерная постоянная);

полиномиальная 2-го порядка:

$$C_{10} = -0,153, C_{01} = 0,221, C_{20} = -0,374, \\ C_{02} = -0,174, C_{11} = 0,933;$$

модель Веронда–Вестманн:

$$C_1 = 0,435, C_2 = -1,42, C_3 = 0,753;$$

модель Йео 3-го порядка:

$$C_1 = 0,063, C_2 = 0,177, C_3 = -0,039 \text{ МПа.}$$

*Кольцевое направление.*

Неогуковская модель:  $\mu = 0,297$ ;

2-параметрическая Муни–Ривлина:

$$C_{10} = 0,954, C_{01} = -1,107;$$

модель Огдена 1-го порядка:

$$\mu = 0,084, \alpha = 4,217$$

(безразмерная постоянная);

полиномиальная 2-го порядка:

$$C_{10} = 0,698, C_{01} = -0,665, C_{20} = -1,047, \\ C_{02} = -3,088, C_{11} = 3,593;$$

модель Веронда–Вестманн:

$$C_1 = 1,059, C_2 = -0,875, C_3 = 1,129;$$

модель Йео 3-го порядка:

$$C_1 = 0,051, C_2 = 0,144, C_3 = -0,018 \text{ МПа.}$$

Гиперупругие кривые моделей  $\sigma(\lambda)$ ,  $\lambda = \varepsilon + 1$  приведены на рисунках 1 и 2. Результаты расчетов, полученные в обоих приложениях (Mathcad и ANSYS), практически совпали. Все исследованные модели показали хорошую релевантность опытным данным (пожалуй, есть вопросы только к однопараметрической и самой простой неогуковской модели – это следует даже из рисунка 1).

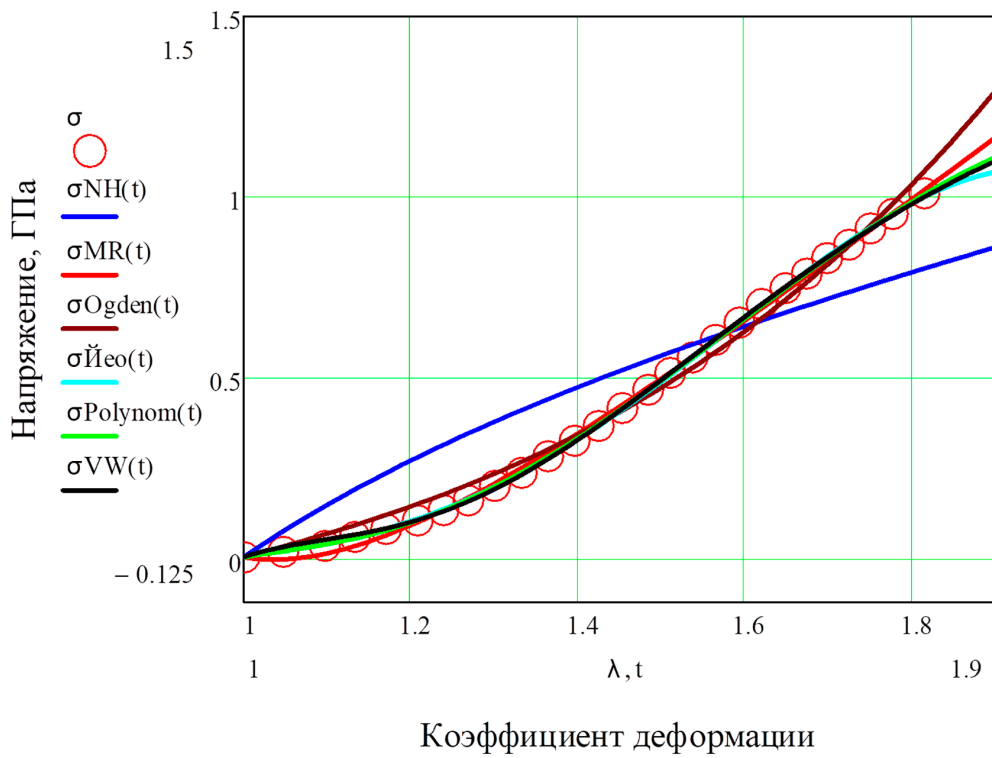


Рис. 1. Гиперупругие модели аорты и экспериментальные данные (обозначены точками). Аксиальное направление

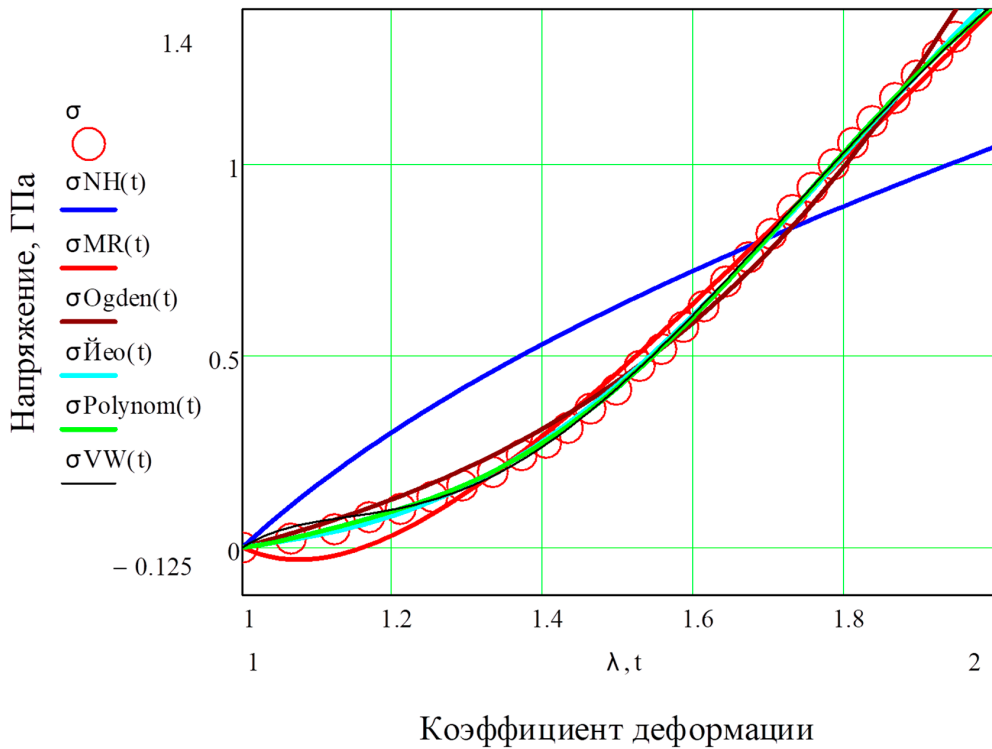


Рис. 2. Гиперупругие модели аорты и экспериментальные данные (обозначены точками). Окружное направление



Наиболее близки к исходным данным оказались полиномиальная модель и модель Йо. Статистические показатели в аксиальном направлении (рис. 1) составили для гиперупругой полиномиальной модели: стандартное отклонение  $SD=0,002$  МПа, наибольшее абсолютное отклонение  $\delta=0,005$  МПа, максимальная приведенная погрешность  $\delta_{max}=0,583\%$ , коэффициент корреляции  $R=1$ . В окружном направлении (рис. 2) показатели:  $0,002$  МПа,  $0,004$  МПа,  $0,349\%$ ,  $1$  соответственно.

Согласно критерию Хилла–Друкера [5, 6], все модели, кроме модели Муни–Ривлина при малых деформациях, проявили механическую устойчивость ( $\partial\sigma/\partial\varepsilon > 0$ ,  $\sigma$  – ме-

ханическое напряжение,  $\varepsilon$  – относительная деформация) во всем диапазоне деформаций, который они описывают. Неадекватность модели Муни–Ривлина при малых деформациях следовала из рисунка 1 (участок  $\varepsilon=0-20\%$ ), а также из алгебраических подсчетов, согласно которым  $C_{10} + C_{01} < 0$ . Как известно, для тел Муни–Ривлина  $C_{10} + C_{01} = \mu_0$ , где  $\mu_0 \approx E_0/3$  – начальный модуль сдвига,  $E_0$  – начальный модуль Юнга [7].

В дополнение к показателям гиперупругих моделей были рассчитаны параметры упругих: линейной, билинейной и экспоненциальной моделей аорты (таблица) и получены модельные кривые, которые представлены на рис. 3 и 4.

Параметры упругих моделей аорты

Модель	Линейная	Билинейная		Экспоненциальная	
Математическая формулировка	$\sigma=E \cdot \varepsilon$	$\sigma=E_1 \cdot \varepsilon + E_2 \cdot (\varepsilon - \varepsilon_{cr}) \cdot \theta(\varepsilon - \varepsilon_{cr})$		$\sigma=a \cdot (\exp(b \cdot \varepsilon) - 1)$	
Параметры	$E$ , МПа	$E_1$ , МПа	$E_2$ , МПа	$a$ , МПа	$b$
Продольное направление	1,084	0,587	1,421	0,334	1,758
Кольцевое направление	1,169	0,522	3,189	0,274	1,904

где  $\theta$  – функция Хэвисайда, равная нулю для отрицательных значений аргумента и единице –

для положительных:  $\theta(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$  [8].

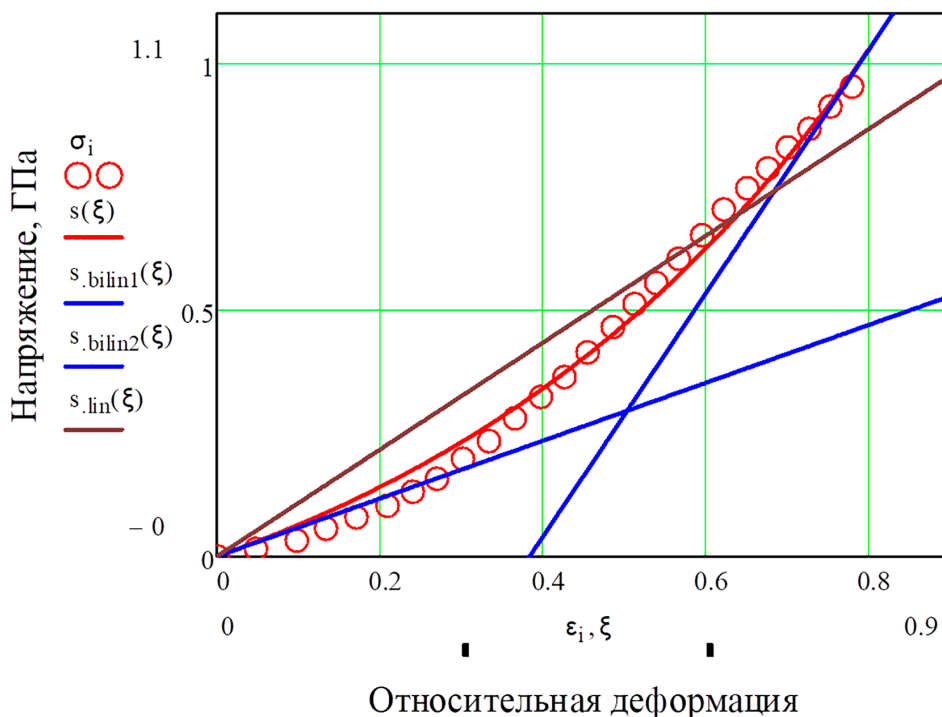


Рис. 3. Упругие модели аорты (линейная, билинейная и экспоненциальная) и экспериментальные данные (обозначены точками). Аксиальное направление

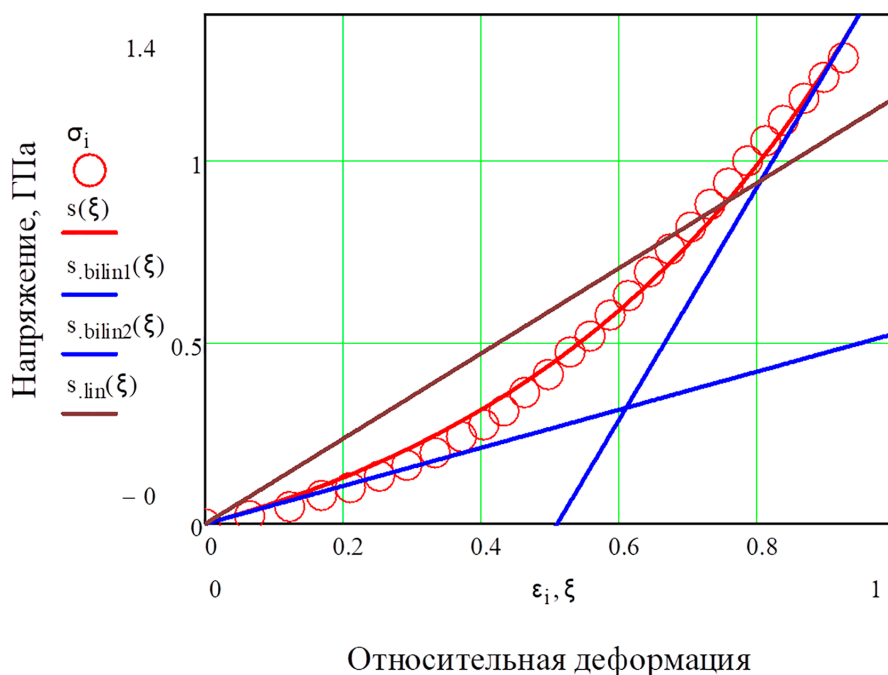


Рис. 4. Упругие модели аорты (линейная, билинейная и экспоненциальная) и экспериментальные данные (обозначены точками). Окружное направление

Статистические показатели в аксиальном направлении составили для упругой экспоненциальной модели: стандартное отклонение  $SD=0,029$  МПа, наибольшее абсолютное отклонение  $\delta=0,046$  МПа, максимальная приведенная погрешность  $\delta_{\max}=4,543\%$ , коэффициент корреляции  $R=0,9972$ , что лучше, чем у остальных упругих моделей, но несколько хуже, чем у гиперупругих. В окружном направлении показатели:  $0,033$  МПа,  $0,047$  МПа,  $3,551\%$ ,  $0,9976$  соответственно.

#### Выводы

1. Определены материальные константы гиперупругих и упругих моделей аорты в продольном и кольцевом направлениях.

2. Все исследованные модели продемонстрировали высокую предсказательную способность механического поведения биоматериала аорты во всем диапазоне деформаций.

3. Все модели (кроме модели Муни–Ривлина при малых деформациях) механически устойчивы:  $\partial\sigma/\partial\varepsilon > 0$  (согласно критерию Хилла–Друкера).

4. Результаты вычислений материальных констант моделей могут быть полезны при расчетах напряженно-деформированных состояний в тканях аорты, биоинженерии сердца и сосудов, при разработке замещающих материалов и конструкций из них для выполнения реконструктивных вмешательств, к примеру имплантации стентов-

графтов при значимых стенозах, аневризмах и расслоении аорты.

#### Список литературы

1. Поляков Д.И., Муслов С.А., Степанов А.Г., Арутюнов С.Д. Механические свойства тканей уха и биосовместимых силиконов для протезирования ушной раковины // Физико-химическая биология: Материалы VIII международной научной интернет-конференции. Ставрополь, 2020. С. 135-141.
2. Арутюнов С.Д., Поляков Д.И., Муслов С.А., Харязян А.Э., Степанов А.Г., Асташина Н.Б. Исследование качества жизни с помощью специфического опросника QL PAER пациентов после протетической реконструкции ушной раковины // Клиническая стоматология. 2021. № 1 (97). С. 160-164. DOI: 10.37988/1811-153X\_2021\_1\_160.
3. Ming Pei, Donghua Zou, Yong Gao, Jianhua Zhang, Ping Huang, Jiawen Wang, Jiang Huang, Zhengdong Li, Yijiu Chen. The influence of sample geometry and size on porcine aortic material properties from uniaxial tensile tests using custom-designed tissue cutters, clamps and molds // PLoS ONE. 2021. Vol. 16(2). P. e0244390. DOI: 10.1371/journal.pone.0244390.
4. Шмурак М.И., Кучумов А.Г., Воронова Н.О. Анализ гиперупругих моделей для описания поведения мягких тканей организма человека // Master's Journal. 2017. № 1. С. 230-243.
5. Hill R. General theory of uniqueness and stability in elastic-plastic solids // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 1958. Vol. 6, No. 3. P. 236-249. DOI: 10.1016/0022-5096(58)90029-2.
6. Drucker D.C. A definition of a stable inelastic material // Journal of Applied Mechanics. 1959. Vol. 26. No. 1. P. 101-195. DOI:10.1115/1.4011929.
7. Nomesh Kumar, V. Venkateswara Rao. Hyperelastic Mooney-Rivlin model: Determination and physical interpretation of material constants // MIT International Journal of Mechanical Engineering. 2016. Vol. 6(1). P. 43-46.
8. Виноградова И.А., Олехник С.Н., Садовничий В.А. Математический анализ в задачах и упражнениях. Том 1. Дифференциальное и интегральное исчисление. М.: Изд-во МЦНМО, 2017. 416 с.

УДК 631.4

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУТИЗНЫ СКЛОНА И ИНТЕНСИВНОСТИ ОСАДКОВ НА РАЗВИТИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЕВАНИЯ

Нуруллаев А.К., Джалилова Г.Т.

*Национальный Университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент,  
e-mail: nurullayevazamxon@gmail.com*

**Аннотация.** Инфильтрация осадков в почву и ее влияние на смыв почвы вызывают особый интерес в последние несколько лет. В результате водной эрозии происходит смыв плодородного слоя почвы. Причиной этого процесса являются неравномерность рельефа местности, т.е. крутизна склонов, одновременно с интенсивностью выпадающих осадков. В связи с этим в ходе исследований по выявлению и оценке смываемой почвы в результате эрозионных процессов необходимо считать основными причинами возникновения эрозии интенсивность, количество и характер осадков наравне с крутизной склона. В данной статье приведены материалы результатов исследований по смыву почв, проведенных в лабораторных условиях с использованием модели искусственного дождевания. Модель искусственного дождевания создана авторами статьи, устройство получило авторское свидетельство № 006707 Государственного учреждения «Центр интеллектуальной собственности» при Министерстве юстиции Республики Узбекистан. Модель искусственного дождевания дает возможность искусственно изменять крутизну склона, а также интенсивность осадков. Результаты экспериментов показали, что при одинаковых условиях выпадения осадков с увеличением крутизны склона образовывался большой сток, что приводило к более глубокой эрозии почвы и подъему фронта увлажнения. В ходе исследований также учитывались глубина просачивания в зоне насыщения влагой и крутизна склона. Эти результаты дадут представление о разрушении верхнего слоя почв, вызванном дождями.

**Ключевые слова:** климат, эрозия, рельеф, крутизна склона, смыв почвы, монолит почвы

## DETERMINING THE INFLUENCE OF SLOPE STEEPNESS AND PRECIPITATION INTENSITY ON THE DEVELOPMENT OF SOIL EROSION UNDER THE CONDITIONS OF THE ARTIFICIAL IRRIGATION MODEL

Nurullaev A.K., Djalilova G.T.

*National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent,  
e-mail: nurullayevazamxon@gmail.com*

**Annotation.** Sediment infiltration into soil and its effect on soil loss has been of particular interest in the last few years. As we know, as a result of water erosion, the fertile layer of soil is washed away. The reason for this process is the unevenness of the terrain, that is, the steepness of the slopes simultaneously with the intensity of precipitation. In this regard, in the course of research to identify and assess washed away soil as a result of erosion processes, it is necessary to determine the intensity, amount and nature of precipitation, along with the steepness of the slope, as one of the main causes of erosion. This article presents the results of studies on soil loss conducted in laboratory conditions using an artificial irrigation model. The artificial sprinkling model was created by the authors of the article and the device received copyright certificate No. 006707 from the State Institution "Center for Intellectual Property" under the Ministry of Justice of the Republic of Uzbekistan. The artificial irrigation model has the ability to artificially change the steepness of the slope, as well as the intensity of precipitation. The experimental results showed that under the same precipitation conditions, with increasing slope steepness, a large runoff was generated, which led to more serious soil erosion and a rise in the wetting front. During the research, the depth of seepage in the zone of moisture saturation and the steepness of the slope were also taken into account. These results will provide insight into the destruction of topsoil caused by rainfall.

**Keywords:** climate, erosion, relief, slope exposure, water flow, soil monolith

Эрозия почв, а точнее, водная эрозия, является частью процесса денудации и заключается в перемещении, смещении, выветривании и отложении почвы и горных пород под влиянием осадков и поверхностных течений [1]. В настоящее время процессы водной эрозии настолько распространены во многих странах мира, что ее негативные последствия, прежде всего, влияют на сельскохозяйственные угодья, становясь одной из экономических и экологических проблем, определяя продовольственную безопасность этих стран [2, 3].

На возникновение водной эрозии влияют многие факторы. Одним из основных считается крутизна склона, негативно воздействующая на смыв почвы. Результаты многих исследований показали, что наименьшая эрозия почвы наблюдается на склонах с уклоном до 2°. При крутизне склона более 5° смыв почвы со склона становится более значительным. Помимо крутизны склона, существуют еще пороговые характеристики интенсивности дождя, которые зависят от многих свойств почвы, например от механического состава. При пере-

ходе от почв с более легким механическим составом к почвам с тяжелым составом наблюдается увеличение скорости гравитационной фильтрации почвы [4, 5].

Скорость водной эрозии определяется также размером дождевых капель, которые разбивают почвенные частицы, повышая при этом плотность почвы и уменьшая водопроницаемость почв, что приводит к рассеянию почвенных частиц и вымыванию водных фракций из почвенных пор [6, с. 246]. На формирование эрозионных процессов влияет и вид дождя. Если дождевое ядро наблюдается в конце дождя, то эрозионные процессы будут сильнее, так как дождь увлажняет верхний слой почвы, и в это время на эту землю с силой попадает дождевое ядро, происходит моментальный смыв верхнего слоя почвы. Увеличение водной эрозии зависит также и от размера дождевых капель. Дождевые капли, попадая на землю, разрушают фрагменты почвы, также происходит сжатие и уменьшение водопроницаемости почв, в итоге наблюдается вымывание почвенных частиц и глинистых фракций в почвенные поры. Вид дождя также влияет на формирование эрозионных процессов. По наблюдениям ученых, если максимальная интенсивность осадков за 1–2 минуты составляет 5–6 мм/с, то происходит в десятки раз больше смыва, чем при дожде, выпавшем в течение дня с низкой интенсивностью [7, с. 240].

Использование моделей искусственного дождевания в прикладных эрозионно-почвенных исследованиях допустимо на всевозможных уровнях [8–10], ибо задачи на этих уровнях разнообразны; соответственно, неодинаковы и применяемые данные, и средства работы с ними [11, 12]. Искусственное дождевание почв основано на тех же механических законах, что и природные осадки, но процессы смыва, эрозии и отложения почвы существенно различаются [13, 14]. Отличия состоят в том, что, во-первых, в естественных условиях происхождение стока воды образуется за счет осадков (интенсивность и продолжительность выпадения осадков), во-вторых, по-разному формируется водный сток [15, 16].

Сильный дождь характеризуется значительным количеством осадков, которые выпадают за короткий промежуток времени и не успевают впитаться в почву. Увеличение интенсивности осадков может привести к увеличению размера капель, что способно вызвать различное механическое воздействие на почву при одном и том же количестве осадков. Большая часть энергии капель дождя расходуется на уплотнение почвы, а оставшая часть тратится на пере-

мещение и смыв почвы с верхнего слоя земли [17, с. 335].

Целью исследований является определение влияния крутизны склона и интенсивности осадков на развитие эрозии горных почв в условиях модели искусственного дождевания.

### Материалы и методы и исследования

Впервые в горных регионах Узбекистана при исследовании эрозионных процессов были использованы модели искусственного дождевания. Для лабораторного эксперимента были подготовлены почвенные монолиты. Устройство искусственного дождевания было создано авторами статьи. Данное устройство получило авторское свидетельство № 006707 Государственного учреждения «Центр интеллектуальной собственности» при Министерстве юстиции Республики Узбекистан. Устройство модели искусственного дождевания имеет пластиковый резервуар объемом 200 л, который заполняется водой с помощью простого полиэтиленового шланга. Вода в этом резервуаре поступает к разбрызгивателям по полиэтиленовым трубам, предназначенным для пропускания воды. Клапан контроля дождя (вентиль) используется для нормирования скорости потока воды, т.е. для установки количества осадков при заданной скорости. Излишки воды стекают из полиэтиленовых труб в резервуар для сточных вод. Вода из дренажных труб полностью покрывает орошаемую из разбрызгивателей площадь, т.е. монолит почвы. Интенсивность дождя контролируется клапаном контроля дождя, количество используемой воды определяется счетчиком потребления воды. Также необходимо отметить, что в устройстве предусмотрена возможность с помощью рычагов подъема создавать искусственный склон желаемой крутизны. Следовательно, моделируя интенсивность искусственных осадков и изменяя крутизну склона, на котором расположен почвенный монолит, можно имитировать водную эрозию. В процессе искусственного дождевания смываемая почва из верхнего слоя почвенного монолита попадает через лоток для сбрасывания промытой почвы на сито-уловитель промытой почвы, снабженное фильтровальной бумагой. Излишек воды в сите уходит в канализационную емкость, а промытая почва остается на фильтровальной бумаге.

В ходе исследований для определения смыва почвы в условиях искусственного дождевания были подготовлены почвенные монолиты. Отбор монолитов проводился в зависимости от типа почвы и степени эродированности почв (табл. 1).

Таблица 1

Индексы монолитов, подготовленных для эксперимента

№ монолита	Степень эродированности почвенного монолита	Установленная крутизна склона, °С
М-1	I – намытая, аккумулятивная зона	А-5
М-1	II – водораздел	В-10
М-1	III – эродированная транзитная зона, склон	С-15
		Д-20

Все эксперименты проводились в 3 повторностях, их результаты приводились к среднему значению. В каждой повторности эксперимента сита с фильтровальной бумагой для улавливания промытой почвы обновлялись. Грунт, оставшийся на фильтровальной бумаге, высушивался, его массу измеряли с помощью электронных весов.

В ходе экспериментов скорость дождя устанавливалась на уровне 2,4 мм/с, а эксперимент продолжался до 20 минут. Эксперименты проводились при крутизне склона 5, 10, 15, 20 градусов. Высота падения капли дождя составляла от 60 см до 1 м в зависимости от склона, а диаметр капли составлял 2,4 мм.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Эксперименты проведены на монолитах, подготовленных из темных сероземов, распространенных в горном массиве Байсун в Сурхандарьинской области. В таблице 2 приведены результаты эксперимента.

По результатам эксперимента можно увидеть, что масса смытой почвы увеличивается по мере возрастания крутизны склона. Например, в монолитах М-1.III, М-2.III при норме осадков 2 мм при крутизне склона до 5° смыто 0,5696 т/га, при крутизне склона 10° смыто 0,7250 т/га, а при крутизне склона 15° – 1,0634 т/га, при крутизне склона 20° количество смытой почвы составляло 1,5741 т/га. При интенсивности осад-

ков 4 мм эти значения составили 0,700 т/га при 5°, 1,0946 т/га при 10°, 1,4589 т/га при 15° и 1,7705 т/га при 20°.

Данная ситуация обусловлена расположением участка почвы, то есть увеличением мощности гуминового слоя в зависимости от того, какой элемент склона, уменьшением пылеватых фракций в механическом составе, уплотнением структуры, изменением структуры, увеличение водоупорной ореховидной структуры, более глубокое расположение карбонатного слоя, то есть с увеличением эрозионной устойчивости почв.

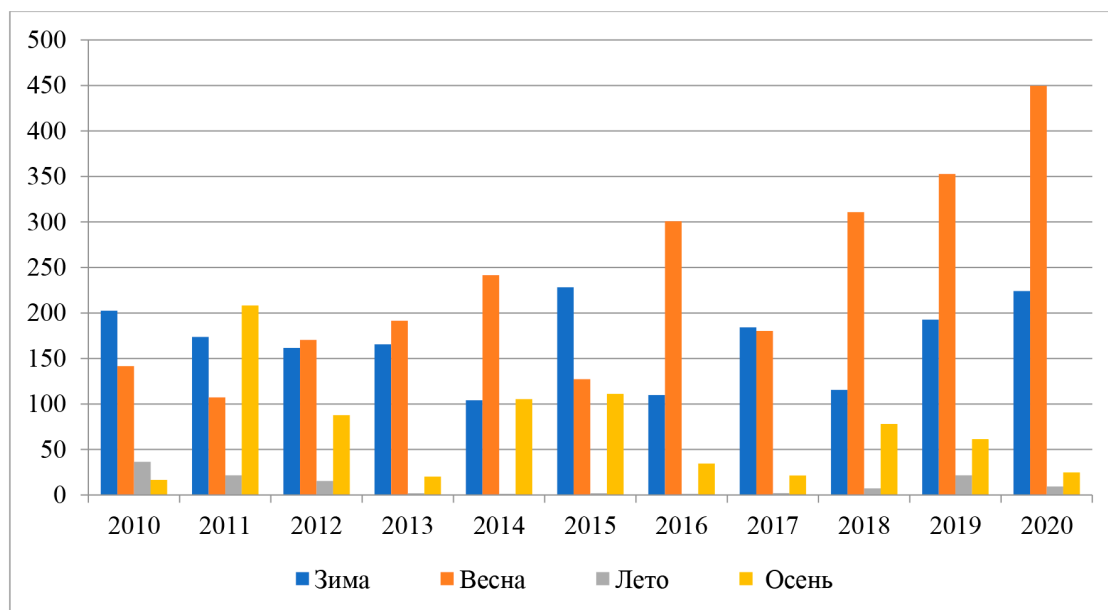
Одним из важных показателей дождя при возникновении эрозии является время его выпадения, поскольку последствия дождя одинаковой интенсивности в разные периоды различны, а течение этого процесса зависит от растительного покрова и состояния почвы. Известно, что растительность обладает способностью предохранять почву от эрозионных процессов, а когда эта способность снижается, то есть когда растительность слаба, почва становится менее устойчивой к эрозии.

По гидрометеорологическим данным объекта исследования отмечено, что среднее многолетнее (2010–2020 гг.) количество осадков выпало в весенние и зимние месяцы. А если это рассматривать по годам, то наибольшее количество осадков выпало весной 2020 года, величина составила 449,7 мм (рисунок).

Таблица 2

Влияние крутизны склона на развитие эрозии почв в условиях искусственного дождевания

№ монолита	Интенсивность дождя, мм/мин	Количество смытой почвы, т/га			
		Склон А-5°	Склон В-10°	Склон С-15°	Склон Д-20°
М-1.I	2/20	0,3982	0,6571	0,8241	1,4089
М-1.II		0,5241	0,6679	0,9268	1,4607
М-1.III		0,5696	0,7250	1,0634	1,5741
М-2.I	4/20	0,5188	0,8866	1,2830	1,5295
М-2.II		0,5464	0,9330	1,3313	1,5411
М-2.III		0,7000	1,0946	1,4589	1,7705



Среднее многолетнее (2010–2020 гг.) количество осадков в объекте исследований (мм)

Таблица 3

Классификационные показатели дождевых капель в возникновении эрозионных процессов

Диаметр дождевой капли, мм	Энергия одной дождевой капли, Дж	Характеристика эрозионных процессов
Ниже 0,2	Ниже $1,1 \cdot 10^{-9}$	Наблюдается умеренное и равномерное увлажнение почвы
0,2–0,8	$1,1 \cdot 10^{-9} - 1,4 \cdot 10^{-6}$	В верхнем слое почвы наблюдается небольшое взбалтывание небольшими струйками воды
0,8–1,5	$1,4 \cdot 10^{-6} - 2,6 \cdot 10^{-5}$	В верхнем слое почвы наблюдается небольшое нарушение, потоки воды слегка перемешивают верхний слой
1,5–3,0	$2,6 \cdot 10^{-5} - 4,7 \cdot 10^{-4}$	В верхнем слое почвы наблюдается сильное нарушение, он разбросан и уплотнен
Выше 3,0	Выше $4,7 \cdot 10^{-4}$	Наблюдаются очень сильное нарушение структуры почвы, насыщение мелкоземных стоков

Пороговое значение диаметра капель дождя при смывании почвы составляет 0,2–0,8 мм. Как правило, капли диаметром до 1,5 мм вызывают небольшое нарушение верхнего слоя почвы и небольшое взбалтывание верхнего слоя почвы стоками, вызванными дождями. Капли диаметром от 1,5 до 3,0 мм вызывают сильное нарушение и рассыпание структуры верхнего слоя почвы, уплотнение верхнего слоя почвы. При попадании капель такого диаметра в почву на верхнем слое почвы после высыхания почвы образуется плохо проницаемая корка. В то же время, даже если интенсивность осадков одинакова, но диаметр капли различен, наблюдается иная ситуация. Например, капли дождя диаметром 2,5 мм

вызывают смыв почвы в 5 раз больше, чем капли диаметром 1,4 мм [18].

Классификационные показатели дождевых капель в возникновении эрозионных процессов представлены в таблице 3.

Диаметр капель дождя зависит от интенсивности падающего дождя. Например, если скорость дождя 0,02 мм/с, то диаметр капель дождя составляет 0,6 мм, если скорость дождя 1–2 мм/с, то диаметр капель дождя варьирует в пределах 2–3 мм, а при дожде со скоростью выше 4 мм/с размер капель дождя превышает 4,5 мм. Обычно эрозионные процессы не наблюдаются во время дождя малой интенсивности и с малым диаметром дождевых капель [19, с. 58; 20, с. 255].

Таблица 4

Показатели влияния интенсивности осадков на развитие эрозии почв в условиях искусственного дождевания

№ монолита	Начало время смыва почвы, мин/сек	Глубина промачивания почвенного профиля, мм	Количество смытой почвы	
			г	т/га
Интенсивность дождя 2/20 мм/мин				
М-1.І-A	5,08	41	4,46	0,3982
М-1.ІІ-A	5,06	41	5,87	0,5241
М-1.ІІІ-A	5,0	41	6,38	0,5696
М-1.І-B	4,41	38	7,36	0,6571
М-1.ІІ-B	4,38	38	7,48	0,6679
М-1.ІІІ-B	4,35	37	8,12	0,7250
М-1.І-C	4,15	32	9,23	0,8241
М-1.ІІ-C	4,13	32	10,38	0,9268
М-1.ІІІ-C	4,09	30	11,91	1,0634
М-1.І-D	3,42	26	15,78	1,4089
М-1.ІІ-D	3,39	25	16,36	1,4607
М-1.ІІІ-D	3,37	24	17,63	1,5741
Интенсивность дождя 4/20 мм/мин				
М-2.І-A	4,48	38	5,81	0,5188
М-2.ІІ-A	4,42	38	6,12	0,5464
М-2.ІІІ-A	4,31	37	7,84	0,7000
М-2.І-B	4,28	39	7,42	0,6625
М-2.ІІ-B	4,13	38	7,61	0,6795
М-2.ІІІ-B	4,03	36	8,83	0,7884
М-2.І-C	3,54	34	9,86	0,8804
М-2.ІІ-C	3,48	32	10,52	0,9393
М-2.ІІІ-C	3,42	31	12,74	1,1375
М-2.І-D	3,34	29	14,56	1,3000
М-2.ІІ-D	3,27	27	15,13	1,3509
М-2.ІІІ-D	3,16	26	17,71	1,5813

Наблюдения в ходе экспериментов показали, что в темных сероземах при крутизне склона 5° и при продолжительности дождя 20 минут с интенсивностью 2 мм смыв почвы начинается с 5 минут 08 секунд, а глубина проникновения воды и смачивание монолитного профиля почвы составляют 41 мм, что составляет 0,3982 т. Также наблюдался и смыв почвы. При сохранении этого количества осадков, но при крутизне склона 10°, 15°, 20° время начала смыва почвы уменьшается, а масса смываемой почвы увеличивается (табл. 4).

**Заключение**

На основании вышеизложенного следует отметить, что основными природными факторами, определяющими скорость эро-

зионных процессов, являются климатические условия (количество, интенсивность осадков и т. д.) и крутизна, экспозиция склонов. При увеличении крутизны склона, увеличении скорости выпадения осадков происходит увеличение кинетической силы дождевых капель, в результате чего почва быстро вымывается, водопроницаемые поры закупориваются, снижаются водопроницаемые свойства почвы и увеличивается ее склонность к смыву.

**Список литературы**

1. Апажев А.К., Шекихачев Ю.А., Фиапшев А.Г. Анализ факторов, влияющих на возникновение и развитие эрозионных процессов на склоновых землях // Инновационная наука. 2016. № 3-3. С. 21-23.
2. Djalilova G., Mamatkulova F., Mamatkulova Z., Igamberdiyeva D., Eshqvatov Q. Long-term monitoring of the vegetation cover of mountain territories in the GIS for soil and land-

- scape study of territories // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 264. P. 01004. DOI: 10.1051/e3sconf/202126401004.
3. Gafurova L.A., Djalilova G.T., Ergasheva O.X., Abdulkarimova K.D. Measures on erosion-preventive forest melioration in mountain areas of Uzbekistan // Journal of Critical Reviews. 2020. Vol. 7 (2). P. 283-287. DOI: 10.31838/jcr.07.02.52.
  4. Уразбаев И.У., Хақбердиев О.Э., Ходжаев Н.Ж. Влияние эрозии на агрохимические и механические свойства богарных типичных и тёмных сероземов // Актуальные проблемы современной науки. 2020. № 6. С. 41-49.
  5. Defersha M.B., Quraishi S., Melesse A. Interrill erosion, runoff and sediment size distribution as affected by slope steepness and antecedent moisture content // Hydrology and Earth System Sciences Discussions. 2010. № 7. P. 6447-6489.
  6. Заславский М.Н. Эрозия почв. М., 1979. 246 с.
  7. Константинов И.С. Защита почв от эрозии при интенсивном земледелии. Кишинев: ШТИИИИЦА, 1987. 240 с.
  8. Прущик А.В., Сухановский Ю.П., Выговтов В.А., Титов А.Г. Дождевание как экспресс-метод изучения водной эрозии почв // Сборник научных трудов ГНБС. 2019. Т. 148. С. 163-169.
  9. Соболев Н.В., Ахметов А.М. Применение метода дождевания при изучении эрозионных процессов в лабораторных условиях // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований: XV Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: Центр развития науч. сотрудничества, 2015. С. 152-155.
  10. Соболев Н.В., Габбасова И.М., Комиссаров М.А. Влияние различной интенсивности дождей и крутизны склонов на развитие эрозии почв в южном предуралье (модельный опыт) // Почвоведения. 2017. № 9. С. 1134-1144.
  11. Демидов В.В., Шульга П.С., Есафова Е.Н., Абдулханова Д.Р., Полубнев А.А. Лабораторная дождевальная установка // Патент RU 171157 U1. Заявитель и патентообладатель ФГБНУ МГУ им. М.В. Ломоносова. Заявка № 2016110105, заявл. 21.03.2016, опубл. 23.05.2017, Бюл. № 15.
  12. Сироткин В.М., Максимов И.И. Устройство для исследования эрозионных процессов // Патент RU 2013941 С1. Заявитель и патентообладатель Чувашский сельскохозяйственный институт. Заявка № 4946063/15; заявл. 17.06.91; опубл. 15.06.94. Бюл. № 6.
  13. Егоров И.Е. Капельно-дождевая эрозия – рельефообразующее значение и методы изучения // Биология. науки о земле. 2015. Т. 25, Вып. 2. С. 159-166.
  14. Мищенко А.Е. Стабильность эрозионно-опасного склона // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (43). С. 17-20.
  15. Сухановский Ю.П. Модификация методики дождевания стоковых площадок для исследования эрозии почв // Почвоведение. 2017. № 2. С. 215-222.
  16. Фетюхин И.В., Черненко В.В. Факторы развития, моделирование и прогнозирование эрозии почв // Земельные отношения и землеустройство. 2018. № 1 (361). С. 11-13. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-11003.
  17. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1996. 335 с.
  18. Бредихин А.В. О роли капельно-дождевой эрозии в процессах денудации рельефа // Геоморфология. 1989. № 4. С. 51-58.
  19. Wischmeir W.H., Smith D.D., Predicting rainfall erosion losses – quite to conservation planning // Agriculture handbook. № 537. Washington. 1978. 58 p.
  20. Сухановский Ю.П. Методы моделирования эрозионных процессов и основы формирования противоэрозионных комплексов. дис. ... д-ра с/х наук. Курск, 2000. 255 с.



УДК 631.45

## ЕМКОСТЬ ПОГЛОЩЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ПОГЛОЩЕННЫХ КАТИОНОВ В ЛУГОВО-СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ

<sup>1</sup>Холматов Б.Т., <sup>2</sup>Шадиева Н.И., <sup>3</sup>Каландаров Н.Н.<sup>1</sup>Джизакский политехнический институт, Джизак;<sup>2</sup>Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент;<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, Ташкент,  
e-mail: xolmatov.b@inbox.ru

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты исследований, проведенных на слабозасоленных лугово-сероземных почвах, расположенных на орошаемых землях Пахтакорского района Джизакской области, и проанализировано влияние ресурсосберегающих агротехнологий на физико-химические свойства почв. Механический состав почвы светло-песчаный, степень засоления слабая, количество питательных веществ в слоях (0–30 см), то есть количество гумуса составляет 0,870–0,654%. В зависимости от количества гумуса меняется поглотительная способность почвы. Как отмечалось, отмывка почвы от солей увеличивает количество магния в поглощенных катионах. В ходе данного исследования было показано, что наибольшее количество кальция среди катионов, поглощенных в лугово-серых почвах, соответствовало непромытой площади сахарной свеклы, а этот показатель, в свою очередь, составлял 53,53–57,16%. В нижних слоях почвы содержание магния увеличилось на 35,25–32,60%. Количество калия составляло 5,40–6,06%, натрия – 4,85–5,16% и равномерно уменьшалось от верхних слоев к нижним. С целью восстановления плодородия и структуры почвы даются научные рекомендации по оптимизации ее физико-химических свойств, внедрению ресурсосберегающих агротехнологий, повышению ее поглотительной способности за счет размещения посевов в соответствии с почвенными условиями.

**Ключевые слова:** емкость поглощения, поглощенные катионы, почва, соя, сахарная свекла, фасоль, мульча, ресурсосберегающая технология, механический состав почвы, полив, удобрение

## ABSORPTION CAPACITY OF MEADOW-SEROZEM SOILS AND AMOUNT OF ABSORPTED CATIONS

<sup>1</sup>Kholmatov B.T., <sup>2</sup>Shadieva N.I., <sup>3</sup>Kalandarov N.N.<sup>1</sup>Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh;<sup>2</sup>Tashkent State Agrarian University, Tashkent;<sup>3</sup>Research institute of soil science and agrochemistry, Tashkent,  
e-mail: xolmatov.b@inbox.ru

**Annotation.** This article presents the results of studies conducted on slightly saline meadow-gray soils located on irrigated lands of the Pakhtakor district of the Jizzakh region, and analyzes the impact of resource-saving agricultural technologies on the physico-chemical properties of soils. The mechanical composition of the soil is light sandy, the degree of salinity is weak, the amount of nutrients in the layers (0–30 cm), that is, the amount of humus, is 0.870–0.654%. Depending on the amount of humus, the absorption capacity of the soil varies. As noted, it has been observed that washing the soil of salts increases the amount of magnesium in absorbed cations. In the course of this study, it was shown that the largest amount of calcium among the cations absorbed in meadow-gray soils corresponded to the unwashed area of sugar beet, and in turn this indicator was 53.53–57.16%. In the lower layers of the soil, the magnesium content increased by 35.25–32.60%. The amount of potassium was 5.40–6.06%, sodium – 4.85–5.16% and decreased evenly from the upper to the lower layers. In order to restore soil fertility and structure, scientific recommendations are given to optimize its physico-chemical properties, introduce resource-saving agricultural technologies, and increase its absorption capacity by placing crops in accordance with soil conditions.

**Keywords:** absorption capacity, amount of absorbed cations, soil, soybean, sugar beet, beans, mulch, resource-saving technology, soil mechanical composition, irrigation, fertilization

В современном сельском хозяйстве актуальность проблемы рационального использования природных ресурсов, повышения урожайности и устойчивости почв к экологическим воздействиям становится все более значимой. Одним из важных аспектов этой проблемы является внедрение ресурсосберегающих агротехнологий, которые могут оказывать существенное влияние на физико-химические свойства почвы.

В данной статье авторы сосредотачивают внимание на оценке влияния ресурсосберегающих агротехнологий на физико-химические характеристики орошаемых лугово-сероземных почв Джизакской области. Этот регион характеризуется разнообразием механического состава и степенью засоленности, что делает его важным объектом исследования в контексте оптимизации агротехнических практик.

В процессе анализа авторами рассмотрен механический состав лугово-сероземных почв, оценена степень засоленности, а также изучены изменения в содержании катионов, таких как кальций, магний, натрия и калий, под воздействием ресурсосберегающих технологий.

Результаты этого исследования не только расширяют наше понимание физико-химических свойств почв данного региона, но и предоставят ценную информацию для разработки эффективных методов мелиорации и улучшения продуктивности орошаемых почв. Это имеет важное значение для устойчивого развития сельского хозяйства и оптимизации землепользования в условиях современных вызовов изменяющейся климатической среды.

Цели и задачи исследования: исследование влияния ресурсосберегающих агротехнологий на физико-химические свойства орошаемых лугово-сероземных почв Джизакской области с целью оптимизации их плодородия, улучшения мелиоративных свойств, а также разработка эффективных мероприятий по повышению продуктивности орошаемых почв в условиях слабой засоленности.

#### Материалы и методы исследования

Объект исследования расположен в Пахтакорском районе Джизакской области и представляет собой слабозасоленные лугово-сероземные почвы, по механическому составу легко супесчаные, слабозасоленные; подземные воды располагаются на глубине 2,0–2,5 м. Пробы почвы (0–120 см) отбирали в изучаемых вариантах почвы, сахарную свеклу выращивали в вариантах 1, 2, 3, 10, 11 и 12, сою выращивали в вариантах 4, 5, 6, 13, 14 и 15, а в вариантах 7, 8 выращивали сою, в вариантах 9, 16, 17, 18 выращивали фасоль. Почвы вариантов 1–9 не были выщелочены от солей, а вариантов 10–16 – выщелочены от солей. Полевые исследовательские работы, методы полевых экспериментов проводятся на основе общепринятых методик НИИПА и Научно-исследовательского института селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка, в частности: «Методика полевого опыта с хлопчатником», «Методика агрохимических анализов почв и растений» [1, 2]; состав обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) определяли методом Гедройца [3].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Твердая фаза почвы состоит из гравия, крупного песка, мелкой глины и коллоид-

ных частиц различных размеров. Пористость, обусловленная наличием крупных и мелких частиц почвы, определяет способность удерживать вещества, вступающие в контакт с почвой. Почва удерживает преимущественно коллоидные взвеси веществ в молекулярном и ионном состояниях.

Поглотительная способность почв играет важную роль в росте и развитии растений.

Результаты проведенных исследований показывают, что емкость поглощения почв исследуемой территории не очень высока, она колеблется в пределах 7,61–10,28 мг/экв на 100 г почвы. Этот показатель различается в зависимости от профиля почвы, составляя от 8 до 10,28 мг/экв на 100 г почвы в верхних слоях и 7,61 мг/экв на 100 г почвы в нижних слоях. Погложительная способность почв оказывает большое влияние на развитие и условия произрастания растений (таблица).

Известно, что емкость поглощения и состав пропитанных катионов играют важную роль в определении свойств почвы. Свойство почвы удерживать в своей твердой части различные вещества характеризует ее погложительную способность. Обменные катионы считаются одними из важнейших показателей минерального питания растений, а их состав – важным показателем, используемым при диагностике и классификации почв.

Во многих исследованиях погложительная способность упоминалась в качестве важного показателя состояния почв. Погложительная способность различных почв может быть однородной, но она также изменяется в зависимости от генетических характеристик почвы. Чем больше погложительная способность, тем выше содержание в почве необходимых растениям химических элементов ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ). Это также обеспечивает поддержание нейтральной реакции почвенной среды и в целом сохранение плодородия почвы в хорошем состоянии [4, 5].

В нашей работе анализ данных по погложительной способности исследуемых лугово-сероземных почв показывает, что содержание  $\text{Ca}^{++}$  в пахотном слое почвы находится в пределах 5,99–4,99 мг/экв (8-й, 14-й, 17-й варианты), наблюдается его уменьшение с переходом к нижним слоям. Выявлено, что в пахотном слое количество катиона  $\text{Mg}^{++}$  колеблется в пределах 3,55 мг/экв (2-й вариант) и 2,76 мг/экв (5-й, 14-й варианты). Также в пахотных слоях количество катиона  $\text{K}^+$  колеблется в пределах от 0,61 до 0,36 (2-й, 5-й варианты) и катиона  $\text{Na}^+$  в пределах от –0,52 до 0,22 мг/экв (2-й, 17-й варианты).

Состав поглощенных оснований орошаемых лугово-сероземных почв

Вариант №	Глубина, см	мг/экв в 100 г почвы				Сумма	От суммы в %			
		Ca	Mg	K	Na		Ca	Mg	K	Na
2	0–30	5,39	3,55	0,61	0,52	10,07	53,53	35,25	6,06	5,16
	30–63	5,19	2,96	0,49	0,44	9,08	57,16	32,60	5,40	4,85
	63–90	5,01	3,19	0,36	0,43	8,99	55,73	35,48	4,00	4,78
	90–110	4,72	3,26	0,32	0,41	8,71	54,19	37,43	3,67	4,71
5	0–28	5,59	2,76	0,36	0,30	9,01	62,04	30,63	4,00	3,33
	28–60	6,19	2,96	0,20	0,30	9,65	64,15	30,67	2,07	3,11
	60–80	4,79	2,56	0,20	0,30	7,85	61,02	32,61	2,55	3,82
	80–100	4,59	2,56	0,20	0,26	7,61	60,32	33,64	2,63	3,42
8	0–30	4,99	2,96	0,49	0,26	8,70	57,36	34,02	5,63	2,99
	30–53	5,19	3,16	0,46	0,17	8,98	57,80	35,19	5,12	1,89
	53–78	4,96	3,18	0,47	0,19	8,80	56,36	36,14	5,34	2,16
	78–120	4,11	3,54	0,48	0,17	8,30	49,52	42,65	5,78	2,05
11	0–29	5,79	2,96	0,72	0,26	9,73	59,51	30,42	7,40	2,67
	29–66	5,39	2,76	0,51	0,09	8,75	61,60	31,54	5,83	1,03
	66–96	4,97	2,98	0,53	0,26	8,74	56,86	34,10	6,06	2,97
	96–120	4,52	3,15	0,56	0,16	8,39	53,87	37,54	6,67	1,91
14	0–30	5,99	2,76	0,42	0,26	9,43	63,52	29,27	4,45	2,76
	30–50	6,79	2,96	0,23	0,30	10,28	66,05	28,79	2,24	2,92
	50–80	5,59	3,35	0,51	0,52	9,97	56,07	33,60	5,12	5,22
	80–115	5,39	3,16	0,46	0,26	9,27	58,14	34,09	4,96	2,80
17	0–32	4,99	3,35	0,44	0,22	9,00	55,44	37,22	4,89	2,44
	32–64	4,79	3,16	0,42	0,13	8,50	56,35	37,18	4,94	1,53
	64–90	4,32	3,19	0,41	0,19	8,11	53,27	39,33	5,06	2,34
	90–120	4,06	3,28	0,43	0,23	8,00	50,75	41,00	5,38	2,88

Известно, что кальций является хорошим коагулянт, участвует в коагуляции почвенных коллоидов и образовании водостойких агрегатов. В высокогумусных почвах почвенный поглощающий комплекс почти на 98–99% составляет кальций. Значение кальция в поддержании структуры почвы велико. Образование агрономически ценных водостойких агрегатов происходит, прежде всего, за счет накопления коагулированного кальцием гумуса. Поэтому при уменьшении количества кальция в почве наблюдаются структурные повреждения. Из всех катионов, встречающихся в составе почвенного поглощающего комплекса (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, H<sup>+</sup>), по мнению К.К. Гедройца, только кальций может почти полностью насыщать почву без негативного влияния на рост растений. Таким образом, среди поглощенных катионов кальцию, который характеризуется высокой способностью к внедрению в ППК и трудностью

вытеснения из поглощенного состояния, принадлежит особая роль, заключающаяся в обеспечении стабильности состояния почвенного поглощающего комплекса. Магний является важным макроэлементом для растений и участвует в процессах ферментизации и фотосинтеза. Кроме того, он играет важную роль в процессах, связанных с усвоением бобовыми культурами свободного азота атмосферы [6].

В почве магний присутствует в составе различных минералов, встречается в виде ионов в почвенном растворе, а также в виде обменного магния в катионообменном комплексе. Небольшое количество магния в почвенном поглощающем комплексе – до 15% – не оказывает отрицательного влияния на его свойства, однако избыток его в почве может привести к магниевому засолению почвы и пептизации почвенных коллоидов. Оптимальное соотношение кальция и магния в почве 5:1 [7].

Основным источником калия для сельскохозяйственных растений является обменный калий. Эта форма в определенной степени характеризует плодородие почвы. Почвы с тяжелым гранулометрическим составом более насыщены калием, чем легкие почвы. Доступность калия зависит от насыщенности почв основаниями, в том числе калием. Гидроморфные почвы пустынь насыщены калием в пределах 1,1–8,33% от суммы поглощенных катионов. При этом пустынные почвы северных регионов, таких как Республика Каракалпакстан и Хорезмская область, менее насыщены калием, чем почвы Центральной Ферганы [8].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что поглотительная способность почв и содержание поглощенных катионов обуславливают многие их свойства и являются важными показателями, определяющими отдельные особенности и плодородие почв. Например, они влияют на химические, агрохимические и ряд физических свойств почв.

Содержание гумуса в пахотных слоях исследуемых лугово-сероземных почв составляет около 0,870–0,654%, по степени обеспеченности гумусом эти почвы относятся к группе низкообеспеченных почв. В соответствии с количеством гумуса также изменилась и поглощающая способность почв.

Характерной особенностью исследованных почв является то, что содержание кальция в поглощенных ими катионах в 1,0–1,5 раза превышает содержание магния. По нашему мнению, это связано с переходом автоморфной почвы к гидроморфному режиму увлажнения, а также с ежегодным вымыванием водорастворимых солей с вытеснением поглощенного кальция и формированием больших изменений в почвенном поглощающем комплексе.

Среди катионов, поглощенных в лугово-сероземных почвах, наибольшее количество кальция обнаружено в почвах разреза выкопанного из 2-го варианта, где сахарная свекла была посеяна на непромытой площади, оно составляло 53,53–57,16% и снижалось от верхних слоев к нижним слоям почвенного профиля. Содержание магния увеличивалось от верхних слоев почвы к нижним на 35,25–32,60%. Количество калия составляло 5,40–6,06%, натрия – 4,85–5,16% и равномерно уменьшалось от верхних слоев к нижним.

В разрезе почвы, выкопанном для образцов почвы из 5-го варианта, где высажена соя, содержание кальция составляет 62,04–64,15%, содержание магния – 30,63–30,67%, калия – 4,00–2,07%, натрия – 3,33–3,11%. Содержание кальция в почвах разреза, вы-

бранных из 8-го варианта, в которых была посажена фасоль, составляло 57,36–57,80%, меньшим было содержание магния – 34,02–35,19%, калия – 5,63–5,12%, содержание натрия колебалось в пределах 2,99–1,89%. Содержание кальция, калия и натрия равномерно снижалось от верхних слоев к нижним. Однако содержание магния увеличивалось по направлению к нижним слоям.

По результатам исследований А. Рамазона и М.Н. Файзуллаевой, регулярное орошение сельскохозяйственных культур, оперативная промывка речными и коллекторно-дренажными водами с различными водорастворимыми солями, влаговосполняющее орошение «в воде» влияют на протекающие химические процессы системы «почва – почвенный раствор». Реакции обмена между водорастворимыми солями почвы, поливной водой и основаниями в поглощательном комплексе почвы сопровождаются вытеснением катиона кальция и его обменом на катионы натрия или магния [9, 10].

Количество кальция в почвенном разрезе 11-го варианта, где выращивали сахарную свеклу на промытой площади в количестве 2500–3000 л/га, составляет 59,51–61,60%, количество магния – 30,42–31,54%, а количество калия и натрия – 7,40–5,83% и 267–1,03% соответственно. В почвенном разрезе 14-го варианта количество кальция колеблется в пределах 63,52–66,05%, магния – 29,27–28,79%, калия – 4,45–2,24%, натрия – 2,76–2,92%. В почвенном разрезе из 17-го варианта количество кальция колеблется в пределах 55,44–56,35%, магния – 37,22–37,18%, а калия и натрия – 4,89–4,94% и 2,44–1,53% соответственно и снижается к нижним слоям.

По результатам исследований М.М. Ташкузиева, в сероземах емкость поглощения колеблется в пределах 3–70 мг/экв в 100 г почвы. Это непосредственно зависит от содержания гумуса, механического состава, минералогического состава и количества коллоидов, качественных показателей фульвовых и гуминовых кислот, которые содержатся в составе гумуса. Это непосредственно зависит от нескольких факторов, включая количество гумуса в почве, механический состав почвы, минералогический состав коллоидов, а также наличие и качество фульвовых и гуминовых кислот в составе гумуса. Емкость поглощения почвы отличается друг от друга содержанием в почвах разного минералогического, механического состава, с разным запасом органического веществ. Катионы кальция и магния обладают высокой активностью. Они приводят к необратимой коагуляции органических и минеральных частиц в по-

чве, в результате чего коллоидные вещества накапливаются в почве, а не вымываются. Благодаря коагуляции механические частицы соединяются, образуя различные агрегаты, а затем создают прочную с агрономической точки зрения структуру. Реакция почвенного раствора бывает нейтральной или близкой к ней. В некоторых случаях, когда соотношение кальция и магния изменяется и содержание  $Mg^{++}$  увеличивается, это негативно сказывается на свойствах почвы. Повышение обменного магния ускоряет растворимость гумусовых веществ в почве и приводит к образованию гумата магния. Гумат магния оказывает токсическое воздействие на корневую систему растений. Иногда вместе с натрием магний вызывает и засоление почв. Обменные катионы солонцов и солонцеватых почв отличаются низким содержанием кальция и высоким содержанием натрия (иногда магний также играет определенную роль). Натрий повышает гидрофильные свойства коллоидов, что приводит к сильной пептизации коллоидов с водой. В этом случае почвенный раствор будет иметь щелочную реакцию. Такие почвы бесструктурны, из-за гидрофильности коллоидов почва сильно набухает, в результате пептизации происходит распад агрегатов и снижается водопроницаемость. Из-за гидрофильности в почве уменьшается содержание полезной для растений влаги. При изменении реакции среды почвы поглощение катионов также будет отличаться [11]. В щелочных условиях активность гидроксильной группы гумуса увеличивается, а также возрастает емкость поглощения за счет увеличения отрицательных зарядов [12, 13].

### Заключение

Авторы пришли к выводу, что в слабозасоленных лугово-сероземных почвах наблюдается увеличение содержания магния в поглощенных катионах по сравнению с почвами, не подвергшимися промывке от солей. Количество катионов натрия и кальция в исследуемых почвах составляет 3–5%, причем доля натрия выше, чем калия. Содержание натрия в катионах, которые абсорбируются исследуемыми сероземно-луговыми почвами, не превышает 5%, и почвы не являются осолонцованными.

Согласно приведенным выше данным, емкость поглощения слабозасоленных лугово-сероземных почв возрастает в зависимости от количества гумуса. Рост поглощательной способности почвы способствует улучшению ее структуры и возникновению ряда положительных свойств. Предлагается

оптимизировать физические и химические свойства этих почв, восстановить плодородие, поддерживать и увеличивать севооборот, внедрять ресурсосберегающие агротехнологии и правильно размещать посевы в соответствии с почвенными условиями.

### Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.
3. Гедройц К.К. Почвенный поглощающий комплекс. Растение и удобрение. М.: Сельхозгиз, 1935. С. 347-382.
4. Исагалиев М.Т., Юлдашев Г.Ю., Солиев А., Солиева С. Влияние поливов минерализованными водами на свойства гидроморфных легких почв пустынной зоны // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. Краснодар, 2017. С. 800-803.
5. Карабеков О.Г., Ташкузиев М.М. Площадь орошаемых светлых сероземов Сорбционная способность гидроморфных почв, количество поглощенных катионов // Международная научно-практическая конференция. Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века. (Нур-Султан, 10-12 декабря 2019 г.). 2019. С. 65-69.
6. Макарычев С.В., Лебедева Л.В. Физические и физико-химические свойства почв разного генезиса (на примере Дендрария НИИС им. М.А. Лисавенко) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8 (154). С. 58-62.
7. Рустамов Н., Кораханов А., Тошпулатов С., Намозов Х., Караханова Ю. Изменение почвенно-мелиоративного состояния Узбекистана под влиянием орошения // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы I Международной научно-практической Интернет-конференции, посвященной 25-летию Прикаспийского НИИ аридного земледелия. Махачкала, 2016. С. 408-416.
8. Юлдашев Г., Исагалиев М.Т., Безуглова О.С., Изменение состава поглощенных оснований почв пустынь как индикатор их эволюции // Живые и биокосные системы. 2018. № 26. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue226/article23> (дата обращения: 14.03.2024).
9. Рамазанов А., Файзуллаева М. Агроэкологические аспекты использования минерализованных вод в орошаемой зоне Узбекистана // Ирригация и мелиорация. 2016. № 3. С. 17-21.
10. Рамазанов А., Файзуллаева М.Н. Процессы осолонцевания орошаемых почв пустынной зоны Узбекистана // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4 (64). С. 78-81.
11. Ташкузиев М.М., Карабеков О.Г., Дусалиев А. Содержание гумуса, сорбционная способность, содержание поглощенных катионов гидроморфных почв типичного сероземного региона и их изменение под влиянием орошения // Известия Национального университета Узбекистан. 2020. № 3/2. С. 51-54.
12. Ташкузиев М.М., Шадиева Н.И. Некоторые химические, физические и физико-химические свойства высокогорных почв Туркестанского хребта // Вестник КАРГУ. Нукус. 2018. № 2. С. 28-33.
13. Парпиев Г.Т., Умаров М.И., Мирсадыков М.М., Баходиров З.М. Изменение емкости поглощения и состава поглощенных оснований под воздействием орошения, степень и направления интенсивности // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 3. С. 47-51.

## ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОСТОЯНИЕ ВРОЖДЕННОГО ИММУНИТЕТА У ЖИТЕЛЕЙ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Юнусова Н.А., <sup>2</sup>Душанова Г.А.

<sup>1</sup>Национальный центр обучения педагогов новым методикам Самаркандской области,  
Самарканд, e-mail:yunusovanavbahor73@gmail.com;

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

**Аннотация.** В работе представлены данные по изучению показателей врожденного иммунитета у 287 здоровых лиц проживающих в Самаркандской области. Результаты исследований по показателям в группе здоровых лиц, проживающих в окрестностях города, показывают отклонения некоторых факторов врожденного иммунитета, таких как процентное содержание фагоцитарной активности нейтрофилов, фагоцитирующих клеток, фагоцитарный индекс и фагоцитарное число. Корреляционный анализ показателей иммунного статуса в связи с параметрами перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы у практически здоровых лиц показывает обратную корреляционную зависимость между показателями малонового диальдегида и спонтанной миграции лейкоцитов. Также исследования взаимосвязей супероксиддисмутазы с параметрами врожденного иммунитета имели корреляцию взаимосвязи с показателями спонтанной миграции лейкоцитов. Исследования взаимосвязей каталазы с параметрами врожденного иммунитета показали обратную корреляционную связь с сывороточными цитокинами и фактором, стимулирующим миграцию лейкоцитов. Полученные данные свидетельствуют о влиянии окислительных и антиоксидантных факторов на функциональную активность клеток врожденного иммунитета через окислительные реакции активных форм кислорода. Также особенности взаимосвязи показателей врожденного иммунитета и антиоксидантной систем организма в условиях резкоконтинентальной аридной зоны могут служить показателями адаптационных возможностей организма.

**Ключевые слова:** врожденный иммунитет, перекисное окисление липидов, антиоксидантная система, малоновый диальдегид, супероксиддисмутаз, каталаза

## INFLUENCE OF OXIDATIVE PROCESSES ON THE STATE OF INNATE IMMUNITY IN RESIDENTS OF SAMARKAND REGION

<sup>1</sup>Yunusova N.A., <sup>2</sup>Dushanova G.A.

<sup>1</sup>National Center for Teacher Training in New Methodologies of Samarkand Region,  
Samarkand, e-mail:yunusovanavbahor73@gmail.com;

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

**Annotation.** The paper presents data on the study of innate immunity indicators in 287 healthy individuals living in the Samarkand region. The results of studies on indicators in a group of healthy individuals living in the vicinity of the city show deviations of some factors of innate immunity, such as the percentage of phagocytic activity of neutrophils, phagocytic cells, phagocytic index and phagocytic number. Correlation analysis of indicators of immune status in connection with the parameters of lipid peroxidation and the antioxidant system in practically healthy individuals shows an inverse correlation between indicators of malondialdehyde and spontaneous migration of leukocytes. Also, studies of the relationship between superoxide dismutase and parameters of innate immunity had a correlation with indicators of spontaneous migration of leukocytes. Studies of the relationship between catalase and innate immune parameters have shown an inverse correlation with serum cytokines and a factor that stimulates leukocyte migration. The data obtained indicate the role of oxidative and antioxidant factors on the functional activity of innate immune cells through the oxidative reactions of reactive oxygen species. Also, the features of the relationship between innate immunity indicators and the body's antioxidant systems in conditions of a sharply continental arid zone can serve as indicators of the body's adaptive capabilities.

**Keywords:** innate immunity, lipid peroxidation, antioxidant system, malondialdehyde, superoxide dismutase, catalase.

Врожденный иммунитет играет ключевую роль в первичной защите организма от различных агентов окружающей среды. Основу показателей врожденного иммунитета составляют лейкоциты и их популяция, система комплемента, фагоцитоз и провоспалительные цитокины, продуцируемые клетками врожденного иммунитета: нейтрофилами, моноцитами, макрофагами и частично дендритными клетками [1, 2].

Одной из регуляторных систем функциональности клеток врожденного иммунитета является система свободнорадикального окисления различных полимеров, таких как липиды, белки и нуклеиновые кислоты, в результате окисления которых образуются различные токсичные вещества, которые обладают цитотоксичным действием, развивая процессы дисбаланса в системе функциональности антиоксидан-

тов, могут быть причиной окислительного стресса [3-5].

Актуальной является разработка для регионов нормоиммуограмм, основанных на показателях врожденного иммунитета, в целях улучшения прогноза различных патологических процессов, в особенности после пандемии SARS-COVID-19 и развития различных в популяции аутоиммунных состояний, и для выявления нарушений патологических состояний, связанных с системой иммунитета [6, 7].

Дисбаланс уровня свободных радикалов и активности антиоксидантной системы является причиной развития многих хронических патологических процессов, связанных с обменом веществ и дисфункцией различных систем, основу которых составляют иммунодефицитные состояния. Эти процессы значительно усиливаются на фоне снижения активности антиоксидантных систем организма. Реактивные формы кислорода вовлечены в процессы старения и развития заболеваний, связанных со старением.

В последние годы широко изучаются роль перекисного окисления липидов (ПОЛ) и активность антиоксидантной системы (АОС) в функционировании различных патологических процессов, связанных с инфекционными, онкологическими, нейродегенеративными заболеваниями, в основе которых лежат дисфункции клеток местного и приобретенного иммунитета [8]. Как известно, исследования ПОЛ и активности АОС в регуляции клеток и функциональной активности врожденного иммунитета, связанной с климатическими условиями, являются актуальными. В связи с этим исследование взаимосвязи ПОЛ и активности ферментов АОС с показателями врожденного иммунитета у жителей резкоконтинентального климата аридной зоны Самаркандской области считается необходимой задачей, полученные данные могут быть рекомендованы в качестве нормативных показателей исследованных регионов.

Целью настоящего исследования является исследовать роль ПОЛ и активность ферментов АОС во взаимосвязи с показателями врожденного иммунитета у жителей Самаркандской области.

#### **Материал и методы исследования**

Для выполнения поставленной цели обследованы 287 практически здоровых, не состоящих в родстве жителей Самаркандской области, города Самарканда и Тайлякского района в возрасте от 17 до 60 лет. Иммунологические и биохимические методы исследований проводились у 287 лиц в лаборато-

рии при кафедре клинической и лабораторной диагностики СамГМУ.

Обследованы всего 161 женщин и 126 мужчин, из них 181 проживали в сельской местности и 106 – в городе Самарканде.

В обследовании пациентов важное место принадлежало изучению анамнеза заболеваний, семейного анамнеза с составлением родословной семьи. В обследовании включались лица без клинических признаков следующих заболеваний: хронический тонзиллит, гепатит, сахарный диабет, гипертоническая болезнь, атеросклероз и т.д.

Подсчет количества лейкоцитов, моноцитов, нейтрофилов, базофилов и эозинофилов проводился на гематологическом анализаторе.

При изучении функциональной активности клеток врожденной иммунной системы лейкоцитов применялось определение фагоцитарной активности нейтрофилов (ФАН). ФАН периферической крови определяли по их способности поглощать частицы меламинового латекса размером 1,2–1,5 микрон (производства ВНИИ биологической приборостроения, г. Москва), высчитывали фагоцитарный индекс (ФИ%) фагоцитирующих клеток и фагоцитарное число (ФЧ) – среднее количество фагоцитирующих клеток [9].

Оценку функционального состояния лейкоцитов проводили в реакции торможения миграции лейкоцитов (РТМЛ) микрометодом в замкнутом капилляре, спонтанная миграция лейкоцитов периферической крови (СМЛ ПК), активность спонтанных цитокинов в сыворотке крови (сФУМ и СФСМ).

Интенсивность ПОЛ определяли по методу Л.И. Андреевой и соавт. В основе метода лежит реакция между малоновым диальдегидом- МДА и 2-тиобарбитуровой кислотой, которая при 95°C кислотом значении рН протекает с образованием окрашенного триметилового комплекса, активность каталазы (КТ) определяли по методу М.А. Королук и соавт. [10]. Определение активности супероксиддисмутазы (СОД) в сыворотке крови проводили по методу В.Т. Мхитарян, Г.Е. Бадалян [10].

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

Показатели врожденного иммунитета характеризуются основными факторами клеточного и гуморального звена, к которым относятся: лейкоциты и сывороточные цитокины, функциональная активность клеток врожденного иммунитета, фагоцитарная активность общих лейкоцитов, миграционная активность лейкоцитов в первые моменты активации клеток врожденного иммунитета.

Оценку показателей врожденного иммунитета общей группы Самаркандской области и для группы города Самарканда и Тайлякского района проводили в сравнении с уровнем показателей, характерных для населения города Самарканда и Самаркандской области (норма по данным Института иммунологии АН РУЗ, 2003–2006 гг., и разработанные нормативные показатели для региона лаборатории при кафедре клинической и лабораторной диагностики СамГМУ) (табл. 1).

Проведенные исследования по изучению показателей врожденного иммунитета у здоровых лиц, проживающих в Тайлякском районе и г. Самарканде, показали некоторые отклонения в показателях врожденного иммунитета. Результаты исследований по показателям клеточного состава врожденного иммунитета показали, что процентное содержание лимфоцитов, лейкоцитов не имело различий в обследованных группах жителей Самаркандской области, города Самарканда, Тайлякского

района по сравнению с нормативными показателями. Процентное содержание палочкоядерных нейтрофилов было достоверно снижено в группе жителей г. Самарканда по сравнению с жителями Самаркандской области и Тайлякского района ( $5,0 \pm 0,12$ ,  $4,8 \pm 0,19$ ,  $5,8 \pm 0,15$ ,  $p \leq 0,05$ ). Содержание сегментоядерных нейтрофилов, эозинофилов, базофилов, моноцитов не имело различий в обследованных группах. Особое значение имеет вариабельность показателей С-реактивного белка, ФАН, ФИ% и ФЧ в обследованных группах Тайлякского района по сравнению с жителями Самаркандской области и г. Самарканда. Количество С-реактивного белка было незначительно снижено у групп жителей Тайлякского района по сравнению с жителями г. Самарканда ( $0,31 \pm 0,3$ ,  $0,54 \pm 0,5$ ,  $0,2 \pm 0,01$ ,  $p \leq 0,01$ ). Исследование функциональной активности нейтрофилов показывает, значительное их увеличение у жителей Тайлякского района ( $51,6 \pm 0,70$ ,  $52,5 \pm 0,81$ ,  $61,6 \pm 0,60$ ,  $p \leq 0,01$ ).

Таблица 1

Сравнительная характеристика врожденного иммунитета обследованной населения Самаркандской области ( $M \pm m$ )

Параметры врожденного иммунитета	Самаркандская область (n=287)	Город Самарканд (n=106)	Тайлякский район (n=181)	Нормативы по Самаркандской области
Лимфоциты, (%)	25,2±2,4	26,8±2,9	24,64±3,3	19–37
Лейкоциты, $n \cdot 10^9/l$	6,9±0,02	6,34±0,01	6,14±0,06	4,8–10,8
Нейтрофилы, палочкоядерные, (%)	5,0±0,12	4,8±0,19*	5,8±0,15	1–6
Нейтрофилы сегментоядерные, (%)	53±1,7	55,4±1,5	51,4±1,4	47–74
Эозинофилы, (%)	0,8±0,02	0,8±0,01	1±0,6	0,5–5
Базофилы, (%)	0,7±0,01	0,8±0,02	0,6±0,01	0,5–1
Моноциты, (%)	5,4±0,02	5,08±0,02	5,2±0,03	3–11
С-реактивный белок, мг/л	0,31±0,3	0,54±0,5**	0,2±0,01	0–1
CD16, %	9,5±0,30	9,9±0,30	9,1±0,20	9,6±0,30
ФАН, %	51,6±0,70	52,5±0,81	61,6±0,60**	53,6±0,70
ФИ%	58,62±1,1	57,42±0,5	63,8±1,6*	58,±1,2
ФЧ	6,2±0,4	5,8±0,2	7,1±0,5**	6,2±0,2
Спонтанная миграция лейкоцитов, ед	53,6±1,12	52,6±1,30	54,3±0,07	52,6±1,14
Сывороточные цитокины, ИМ ИУМ, %	1,01±0,02 +3%	0,94±0,01 +1%	1,04±0,02 -6%	1,03±0,02
ФУМ-Л, ИМ УМ%	0,71±0,01 +24%	0,75±0,01 +27%	0,73±0,01 +26%	0,74±0,01 26%
ФСМ-Л, ИМ ИУМ, %	1,16±0,04 -15%	-1,17±0,01 -19%	1,14±-,001 -15%	1,17±0,03 -17%
ФУМ/ФСМ	1,48	1,41	1,62	1,53

Примечание: \* достоверно по сравнению с нормативными данными г. Самарканда ( $p < 0,05$ )



Естественные факторы защиты имеют важное значение в показателях врожденного иммунитета и представляется относительным содержанием натуральных (естественных) киллеров  $CD16^+$  клетками, функциональная активность которой определяется ФАН и спонтанной миграционной активностью нейтрофильных лейкоцитов. Исследование относительного содержания  $CD16^+$  показало незначительное его снижение у жителей Тайлякского района ( $9,1 \pm 0,20$ ,  $9,6 \pm 0,30$ ) и, напротив, незначительное увеличение у жителей города Самарканда ( $9,9 \pm 0,30$ ,  $9,1 \pm 0,20$ ,  $9,6 \pm 0,30$ ) по сравнению с нормативными показателями для жителей Самаркандской области, но исследование ФАН%, ФИ%, ФЧ показало (табл. 1) значительное увеличение данных показателей у жителей Тайлякского района ФАН% ( $51,6 \pm 0,70$ ,  $52,5 \pm 0,81$ ,  $61,6 \pm 0,60$ ,  $53,6 \pm 0,70$ ,  $p \leq 0,01$ ), ФИ% ( $58,62 \pm 1,1$ ,  $57,42 \pm 0,5$ ,  $63,8 \pm 1,6$ ,  $58, \pm 1,2$ ,  $p \leq 0,05$ ) и ФЧ ( $6,2 \pm 0,4$ ,  $5,8 \pm 0,2$ ,  $7,1 \pm 0,5$ ,  $6,2 \pm 0,2$ ,  $p \leq 0,01$ ) по сравнению с показателями для жителей Самаркандской области и г. Самарканда, а также с нормативными показателями. Полученные результаты свидетельствуют о колебаниях показателей относительного содержания  $CD16$  клеток с различными показателями функциональной активности. У жителей города Самарканда при более высоком содержании процентного содержания  $CD16$  функциональная активность нейтрофилов находится в пределах нормы, но у жителей Тайлякского района при сниженном содержании  $CD16^+$  имеют высокие показатели активности ФАН%, о чем свидетельствует число фагоцитируемых клеток. Снижение С-реактивного белка при активности ФАН% у жителей Тайлякского района может быть связано об активности функционального звена врожденного иммунитета связанные с климатическими условиями. Анализ показателей спонтанной миграции лейкоцитов в исследованных группах не имели достоверной разницы по сравнению с нормативными показателями и между исследованными группами.

Для изучения функциональной активности лейкоцитов был применен метод реакции торможения миграции лейкоцитов-РТМЛ, с помощью которой было определено спонтанные в сыворотке и индуцированные митогеном Конконовалин А-Кона оптимальные и субоптимальные дозы цитокинов, влияющие на миграцию лейкоцитов – факторы угнетающие миграцию- ФУМ-Л, и стимулирующие миграцию- ФСМ- лейкоцитов. По результатам проведенного исследования было установлено, что активность сывороточных цитокинов в популяции

г.Самарканде имели сниженные показатели ( $1,01 \pm 0,02$ ,  $0,94 \pm 0,01$ ,  $1,04 \pm 0,02$ ,  $1,03 \pm 0,02$ ,  $p \leq 0,05$ ) по сравнению с группами лиц проживающих в Самаркандской области, Тайлякского района и по отношению с нормативными показателями для жителей Самаркандской области (таблица 1).

Исследование показателей ФУМ-Л и ФСМ-Л, на действие оптимальной и субоптимальной дозы митогена Кона-индуцированной продукции не имели статистической достоверной разницы ( $p < 0,05$ ). ФУМ-Л составила 24% при индексе миграции ИМ =  $0,71 \pm 0,01$  против 26% при индексе миграции ИМ =  $0,74 \pm 0,01$  и ФСМ – 15% при индексе миграции ИМ =  $1,16 \pm 0,04$  против – 17% при индексе миграции ИМ =  $1,17 \pm 0,03$ . На основании полученных данных можно предположить, что функциональная активность лейкоцитов не имели достоверной разницы по отношению к нормативным показателям и оставались в пределах диапазона нормы. На основании этих данных становится очевидным, что функциональная активность лейкоцитов в обследованной группе данного региона оставались в пределах нормы.

Таким образом, полученные показатели врожденного иммунитета у населения Самаркандской области, г. Самарканда и Тайлякского региона показали, о некоторых отклонениях в показателях врожденного иммунитета, связанные со сниженными показателями процентного содержания палочкоядерных нейтрофилов и сывороточных цитокинов периферической крови у лиц г.Самарканда и снижением функциональной активности нейтрофилов жителей Тайлякского района.

На основе проведенных исследований было разработано нормативные показатели для Самаркандской области. В таблице 2 приведены нормативы показателей врожденного иммунитета здорового населения Самаркандского региона, которые включают средние параметры показателей врожденного иммунитета и диапазон их колебания в пределах  $M \pm 1,5$ . Диапазон отклонения частоты от нормативных показателей имеет характеристики индивидуальных показателей связанные с местом проживания или характеристики особенности организма для обследованной популяции Самаркандской области.

В региональных исследованиях имеет актуальность изучение гендерных особенностей, связанные с возрастными показателями врожденного иммунитета обследуемого региона, которые могут быть использованы для характеристики особенностей изучаемого региона.

Таблица 2

Средние показатели врожденного иммунитета у населения Самаркандской области

Показатели врожденного иммунитета	M±m (n=287)	1,5σ	M±1,5σ
CD16,%	9,5±0,30	4,16	5,2 – 13,6
ФАН,%	51,6±0,70	9,64	42,8 – 61,4
ФИ%	58,62±0,70	9,12	41,6-66,8
ФЧ	6,2±0,4	3,8	5,8-8,5
Спонтанная миграция лейкоцитов,ед	53,6±1,14	15,89	36,4 – 69,0
Сывороточные цитокины	1,01±0,02	0,168	0,89 – 1,24
ФУМ-Л, ИМ	0,71±0,01	0,125	0,59 – 0,78
ФСМ-Л, ИМ	1,16±0,04	0,121	1,01 – 1,45

Таблица 3

Показатели врожденного иммунитета женщин и мужчин населения Самаркандской области

Параметры врожденного иммунитета	Общая популяция (n=287)	Женщины (n=161)	Мужчины (n=126)	Нормативы по Самаркандской области
Лимфоциты, (%)	25,2±2,4	28,8±2,9*	25,64±3,3	19-37
Лейкоциты, п*10 <sup>9</sup> /л	6,9±0,02	6,34±0,01	6,14±0,06	4,8-10,8
Нейтрофилы, палочкоядерные, (%)	5,0±0,12	3,8±0,18*	4,8±0,15	1-6
Нейтрофилы сегментоядерные, (%)	53±1,7	55,4±1,5	51,4±1,4	47-74
Эозинофилы, (%)	0,8±0,02	0,4±0,01*	1±0,6	0,5-5
Базофилы (%)	0,9±0,01	0,8±0,02	0,9±0,02	0,5-1
Моноциты, (%)	5,4±0,02	5,08±0,02	5,2±0,03	3-11
С-реактивный белок, мг/л	0,31±0,3	0,54±0,5*	0,2±0,01	0-1
CD16,%	9,5±0,30	9,4±0,30	9,8±0,60	9,6±0,30
ФАН,%	51,6±0,70	53,3±0,80	54,3±1,80	53,6±0,70
ФИ%	58,62±1,1	56,2±1,3	57,3±1,7	58,±1,2
ФЧ	6,2±0,4	5,9±0,5	6,0±0,9	6,2±0,2
Спонтанная миграция лейкоцито,ед	53,6±1,12	51,5±1,30	53,6±1,80	52,6±1,14
Сывороточные цитокины, ИМ ИУМ,%	1,01±0,02 +3%	1,10±0,02 -10%	0,90±0,03 +10%	1,03±0,02
ФУМ-Л, ИМ ИУМ,%	0,71±0,01 +24%	0,80±0,01* +20%	0,60±0,02* +40%	0,74±0,01 26%
ФСМ-Л, ИМ ИУМ,%	1,16±0,04 -15%	1,20±0,02 -20%	1,20±0,02 -20%	1,17±0,03 -17%
ФУМ/ФСМ	1,48	1,00	2,00	1,53

Примечание: \* достоверно по сравнению с данными общей популяции (P&lt;0,05)

Результаты исследования показателей врожденного иммунитета, у женщин и мужчин обследованной общей группы Самаркандской области представлены в таблице 3. По показателям представленным в таблице 3 видно, незначительное повышение процентного количества лимфоцитов (25,2±2,4, 28,8 ±2,9, 25,64±3,3, P≤), в группе женщин,

по отношению к общей группе Самаркандской области и по отношению к группе мужчин. Но по представленным в таблице 3 нормативным показателям по Самаркандской области, данные находятся в пределах (19-37) диапазона нормы. Также отмечается относительное снижение процентного содержания палочкоядерных нейтрофилов

( $5,0 \pm 0,12$ ,  $3,8 \pm 0,19$ ,  $4,8 \pm 0,15$ ,  $p \leq 0,05$ ) (рис.2), процентное содержание сегментоядерных нейтрофилов было достоверно выше в группе женщин по отношению к общей популяции, и по отношению к группе мужчин ( $53 \pm 1,7$ ,  $55,4 \pm 1,5$ ,  $51,4 \pm 1,4$ ,  $p \leq 0,05$ ). Полученные результаты оставались в диапазоне нормы.

Изучение количества эозинофилов показало значительное увеличение процентного содержания показателей в группе мужчин по отношению к общей группе Самаркандской области и по отношению к группе женщин ( $0,8 \pm 0,02$ ,  $0,4 \pm 0,01$ ,  $1 \pm 0,6$ ,  $P \leq 0,05$ ). Как видно, из показателей в группе мужчин не имели достоверной разницы, данные показателей также находились в пределах границы нормы представленных в таблице 3. Процентное содержание моноцитов и базофилов не имели разницы в исследуемых группах. Показатель С-реактивный белок имел значительное увеличение в группе женщин по отношению к исследованной общей популяции и по отношению к группе мужчин. Данный показатель имел более низкие значения в группе мужчин по отношению к общей группе и к группе женщин ( $0,31 \pm 0,31$ ,  $0,54 \pm 0,5$ ,  $0,2 \pm 0,01$ ,  $p \leq 0,05$ ). Изучение процентного содержания естественных киллеров (табл.3) показало, в исследованных группах содержание CD16% не имели различия. Функциональная активность лейкоцитов ФАН%, ФИ и ФЧ (рис.1, 2) не имели различия в исследованных

группах женщин и мужчин. Исследование ФУМ-Л ( $20\%$  при  $ИМ=0,80 \pm 0,01$  против  $40\%$  при  $ИМ=0,60 \pm 0,02$  у мужчин) в группе мужчин показывает значительное повышение функциональной активности лейкоцитов при нормальной продукции фактора стимулирующего миграцию лейкоцитов ФСМ-Л, по сравнению с группой женщин. Таким образом, проведенный анализ в группах практически здоровых мужчин и женщин показал, что половые различия касались только функциональной активности лейкоцитов, определенной по КонА-индуцированной продукции ФУМ-Л ( $P < 0,05$ ) (рис. 3). Остальные параметры врожденного иммунитета находились также в диапазоне нормы и отличия их оказались не достоверными.

Учитывая значимость роли свободно радикально окисления и активных форм кислорода в функционировании иммунных клеток, и клеток первичного звена иммунитета актуальным является исследования наличия параллелей между параметрами свободно радикального окисления и параметрами врожденного иммунитета.

Результаты исследований количества малонового диальдегида -МДА в общей группе Самаркандской области показали, что содержание МДА составляло  $2,4 \pm 0,01$  нмоль/мл, и параллельно активности ферментов АОС имели значения  $16,5 \pm 0,3$  мкат/л и  $1,4 \pm 0,04$  усл.Ед/мл соответственно.

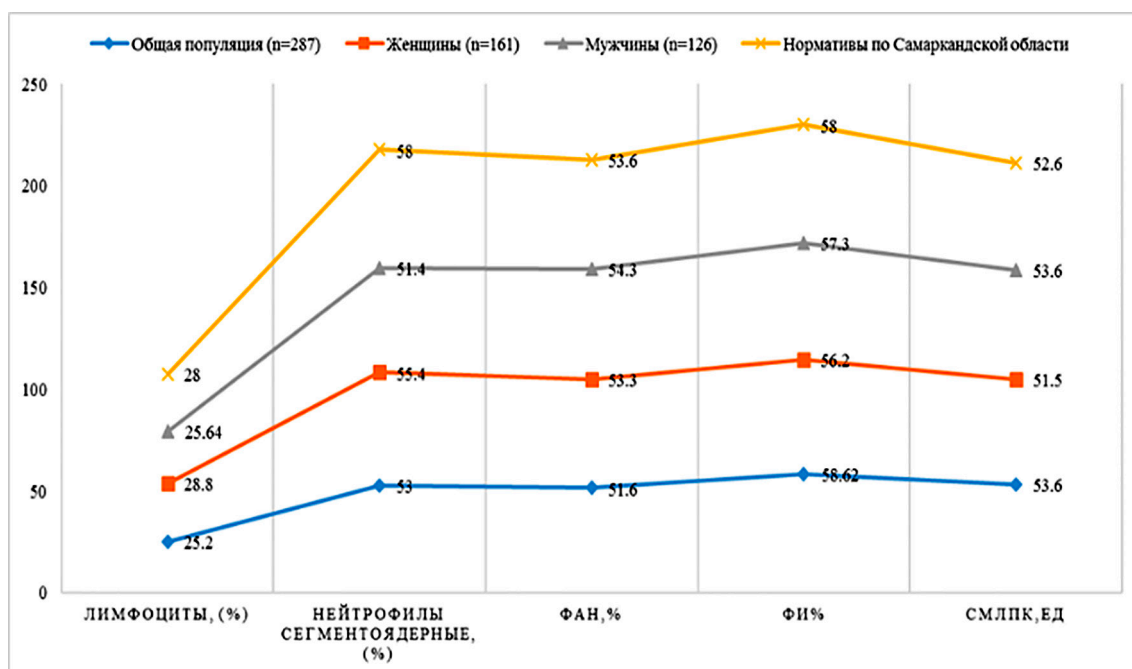


Рис. 1. Показатели лимфоцитов, сегментоядерных нейтрофилов%, ФАН%, ФИ%, СМЛ в ед., у женщин и мужчин населения Самаркандской области

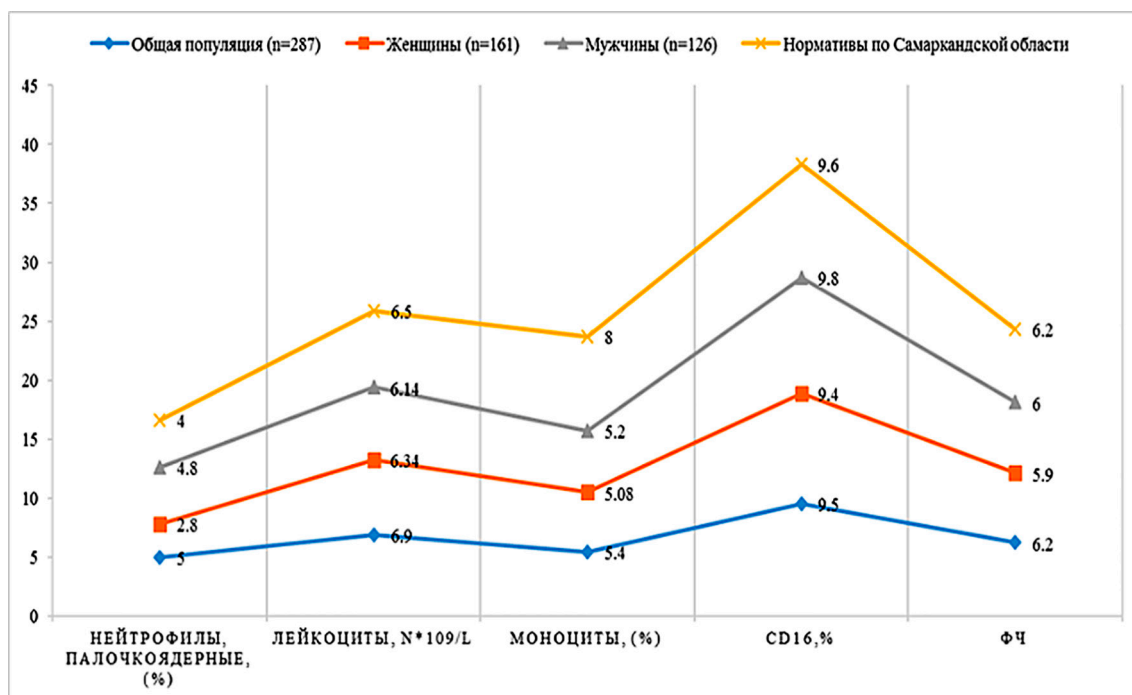


Рис. 2. Показатели палочкоядерных нейтрофилов%, лейкоцитов, моноцитов%, CD16%, ФЧ у женщин и мужчин населения Самаркандской области

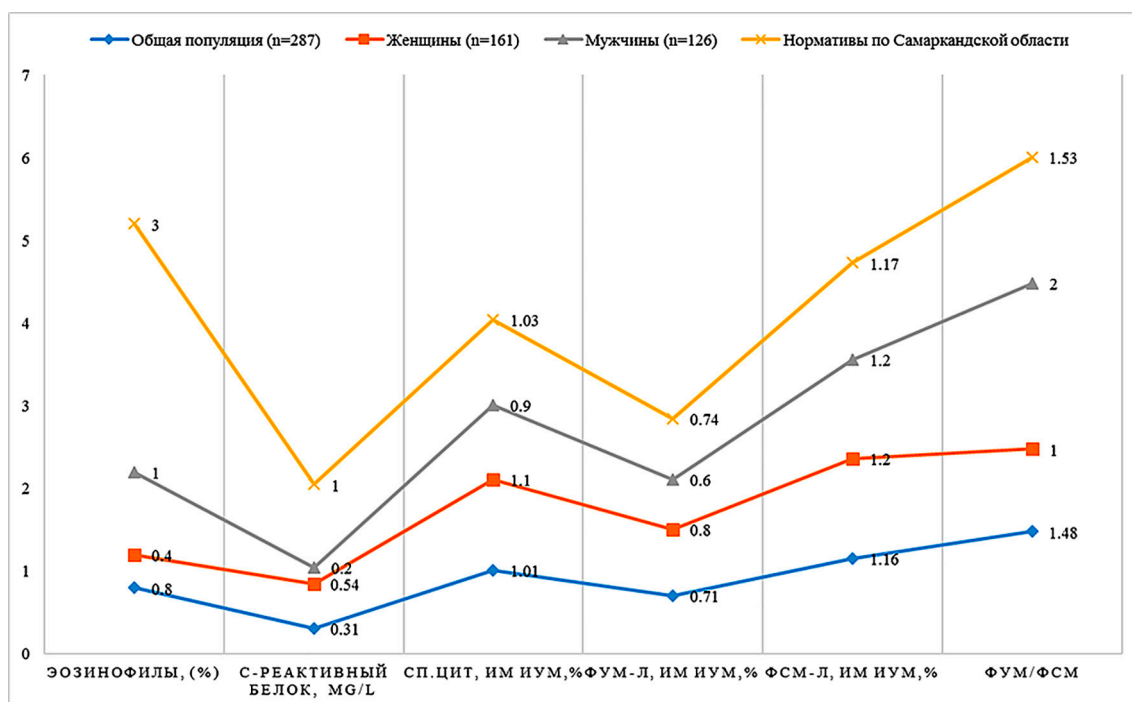


Рис. 3. Показатели эозинофилов%, С-реактивного белка mg/l, сп.цит., ФУМ-Л, ФСМ-Л, ФУМ/ФСМ, у женщин и мужчин населения Самаркандской области

Анализ показателей ПОЛ-АОС в группе жителей города Самарканда и Тайлякского района показали об отсутствии значимых различий в исследованных группах. Результаты

приведены в рис.4а и4б. Исследование показателей ПОЛ-АОС в группе жителей города Самарканда и Самаркандской области не выявило значимых различий в группе.

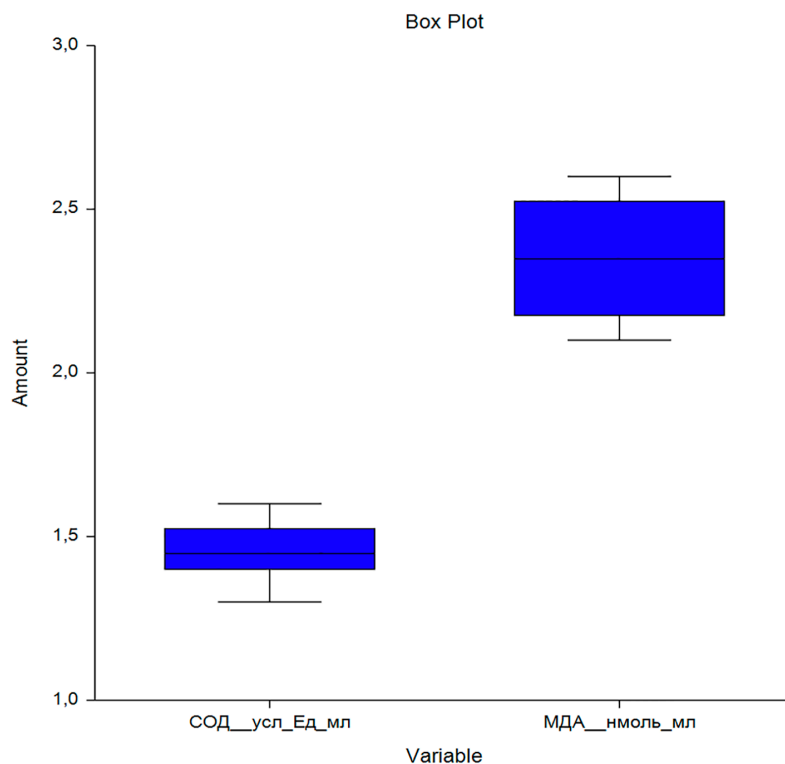


Рис. 4а. Показатели МДА и СОД в исследованной популяции Самаркандской области

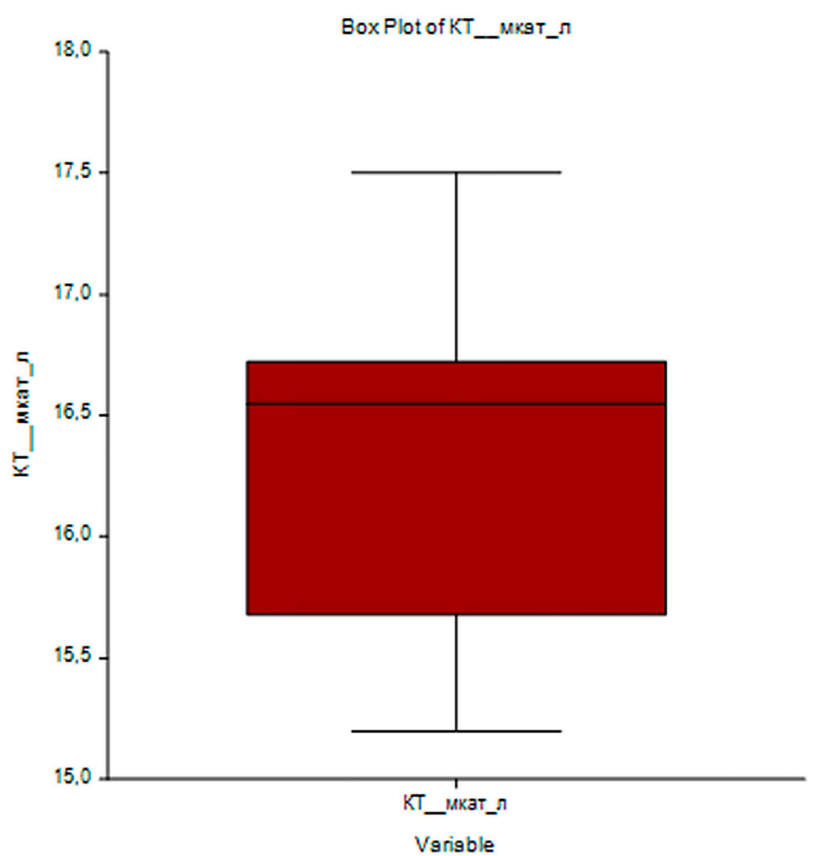


Рис. 4б. Показатели фермента каталазы в исследованной популяции Самаркандской области

Таблица 5

Корреляционные взаимосвязи ПОЛ-АОС с параметрами врожденного иммунитета у лиц проживающих в Самаркандской области

Параметры ПОЛ-АОС	M±m	Показатели врожденного иммунитета	Коэффициент корреляции
МДА нмоль/л	2,4±0,01	СМЛ в ед. 53,6±1,12	-0,40 (**)
СОД усл.ед/мл	1,4±0,04	СМЛ, в ед 53,6±1,12	0,34 (*)
КТ мкат/л	16,8±0,3	Сывороточные цитокины 1,01±0,02	-0,45 (**)
		ФСМ-Л 1,16±0,04	-0,41 (*)

Роль окислительных процессов в гомеостазе различных систем организма, а также в функционировании показателей врожденного иммунитета имеет огромное значение. Было исследовано корреляционные взаимосвязи показателей окислительных процессов ПОЛ и активность ферментов АОС со всеми клеточными и функциональными параметрами врожденного иммунитета. Статистический анализ корреляционных взаимосвязей врожденного иммунитета и между показателями МДА и КТ и СОД в исследованной общей группе Самаркандской области показали, показатели МДА и спонтанная миграция лейкоцитов имели обратную корреляционную связь, (2,4±0,01, 53,6±1,12, -0,40 (\*\*)) (таблица 5). Активность фермента АОС- СОД также имели корреляционную связь с показателями спонтанной миграции лейкоцитов (1,4±0,04, 53,6±1,12, 0,34 (\*) в общей группе. Взаимосвязь активности фермента КТ с параметрами показателей врожденного иммунитета показывает, обратную корреляционную связь с уровнем сывороточных цитокинов и фактором стимулирующего миграцию лейкоцитов (16,8±0,3, 1,01±0,02, -0,45 (\*\*), 1,16±0,04, -0,41 (\*).

Полученные данные свидетельствуют, о роли окислительных и антиоксидантных факторов на функциональную активность клеток врожденного иммунитета через окислительные реакции активных форм кислорода.

Следует отметить, анализ взаимосвязей в группе женщин и мужчин не выявило значимых корреляционных взаимосвязей между показателями ПОЛ- и активностью ферментов СОД и КТ, АОС и между параметрами врожденного иммунитета.

### Заключение

Таким образом полученные данные практически здорового населения могут служить для разработки нормативных показателей врожденного иммунитета изученных регионов Самаркандской области.

Также особенности взаимосвязи показателей врожденного иммунитета и антиоксидантной систем организма в условиях резкоконтинентальной аридной зоны могут служить показателями адаптационных возможностей организма.

### Список литературы

1. Faenza I., Blalock W.L. Innate Immunity: A Balance between Disease and Adaption to Stress // *Biomolecules*. 2022. V. 12 (5). P. 737. DOI: 10.3390/biom12050737.
2. Bani Preet Kaur, Elizabeth Secord. Innate Immunity // *Immunol Allergy Clin North Am*. 2021. V. 41 (4). P. 535-541. DOI: 10.1016/j.iaac.2021.07.003.
3. Смирнова О.В., Цуканов В.В., Сияяков А.А., Москаленко О.Л., Елманова Н.Г., Овчаренко Е.С. Особенности характера корреляционных взаимосвязей показателей перекисного окисления липидов антиоксидантной защиты и иммунной регуляции у больных хроническим атрофическим гастритом и раком желудка // *Медицинская иммунология*. 2020. Т. 22, № 5. С. 897-906.
4. Yunusova N.A. Samarqand voliyati aholisida tabiiy immunitet ko'rsatkichlarining LPO-AOT tizimi bilan solishtirma tahlili // *Xorazm Ma'mun Akademiyasi axborotnomasi*. 2023. V. 9-1. P. 155-159.
5. De-Li Xu, Meng-Meng Xu, De-Hua Wang. Effect of temperature on antioxidant defense and innate immunity in Brandt's voles // *Zool Res*. 2019. V. 40 (4). P. 305-316. DOI: 10.24272/j.issn.2095-8137.2019.045.
6. Lucia Piacenza, Madia Trujillo, Rafael Radi. Reactive species and pathogen antioxidant networks during phagocytosis // *Exp Med*. 2019. V. 216 (3). P. 501-516. DOI: 10.1084/jem.20181886.
7. Taylor J.P., Tse H.M. The role of NADPH oxidases in infectious and inflammatory diseases // *Redox Biol*. 2021. V. 48. P.102159. DOI: 10.1016/j.redox.2021.102159.
8. Zhang W., Hu Y., Zhao J., Zhang Y., Guo D., Gao C., Duan J., Li P. Immunoregulation and antioxidant activities of a novel acidic polysaccharide from Radix Paeoniae Alba // *Glycoconj J*. 2020. V. 37 (3). P. 361-371. DOI: 10.1007/s10719-020-09916-0.
9. Романовская Т.Р., Зафранская М.М., Нижегородова Д.Б., Савицкая Т.В., Мельникова Я.И. Методы иммунологических исследований. Лабораторный практикум. Минск: ИВЦ Минфина, 2017. 101 с.
10. Арутюнян А.В., Дубинина Е.Е., Зыбина Н.Н. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма. Методические рекомендации / под ред. В.Х. Хавинсона. СПб., 2000. 103 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 575.852

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ГЕНЕТИКА И ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ  
ГЕНОМА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУР**

<sup>1</sup>Мельников Н.П., <sup>1</sup>Багыбаева А.М., <sup>1</sup>Исагулов Т.Е., <sup>1</sup>Мельникова Т.В.,  
<sup>1</sup>Джарбанова А.Д., <sup>2</sup>Булах А.В., <sup>1</sup>Безрукова А.Н., <sup>3</sup>Мусина Г.Ш., <sup>1</sup>Джамалова Г.А.

<sup>1</sup>ТОО «Научно-диагностический центр «Animal Expert Group», Алматы;

<sup>2</sup>ТОО «UniVet Distribution», Астана;

<sup>3</sup>ТОО «Научно-производственный центр «UniVet», Алматы, e-mail: a.bagybaeva@aeg-lab.kz

**Аннотация.** Увеличение производства продукции куроводства обеспечивается путем совершенствования генетических качеств кур, улучшения условий их кормления и содержания. Поэтому изучение генетики сельскохозяйственных кур актуально и имеет большое значение. Научное теоретическое исследование направлено на изучение молекулярно-генетического потенциала генома кур. Результаты работы показали, что вопрос о происхождении кур на данном этапе все еще остается предметом споров, так как каждая из двух теорий (моно- и полифилетическая) актуальна в научных работах. В статье раскрыты ключевые особенности, характерные для кариотипа и генома кур; проанализированы особенности эволюции генома кур. Кариотип кур существенно отличается от кариотипов млекопитающих и содержит хромосомы, называемые макро- и микрохромосомами, которые заметно различаются по размерам. Гаплоидное содержание генетического аппарата в геноме кур равно  $1,2 \times 10^9$  пар оснований ДНК. Средний размер макрохромосом составляет примерно 130 Мб, микрохромосом, на который приходится 30% генома кур, – 12,5 Мб. Таким образом, геном кур в 3 раза меньше генома млекопитающих за счет существенного уменьшения содержания повторов, псевдогенов и сегментарных дупликаций, а расширение и сокращение мультигенных семейств являются основным фактором независимой эволюции млекопитающих и птиц. Итоги работы могут быть использованы в селекции для повышения общей изменчивости, продуктивности, плодовитости, приспособляемости кур к условиям промышленного содержания, а также для улучшения резистентности.

**Ключевые слова:** *Gallus gallus domesticus*, сельскохозяйственные куры, генетика кур, кариотип кур, происхождение кур, молекулярная генетика кур, молекулярная эволюция кур

Работа финансировалась ТОО «Научно-производственный центр UniVet» (договор № 01 от 06.03.2023 г.) по программе исследований на базе ТОО «Научно-диагностический центр Animal Expert Group» (номер гос. регистрации 0123РКД0014 от 27.03.2023 г. НЦГНТЭ РК).

**ORIGIN, GENETICS AND EVOLUTIONARY FEATURES  
OF THE GENOME OF FARM CHICKENS**

<sup>1</sup>Melnikov N.P., <sup>1</sup>Bagybaeva A.M., <sup>1</sup>Isagulov T.E., <sup>1</sup>Melnikova T.V.,  
<sup>1</sup>Dzharbanova A.D., <sup>2</sup>Bulakh A.V., <sup>1</sup>Bezrukova A.N., <sup>3</sup>Musina G.S., <sup>1</sup>Jamalova G.A.

<sup>1</sup>LLP «Scientific and Diagnostic Center “Animal Expert Group”, Алматы;

<sup>2</sup>LLP «UniVet Distribution», Алматы;

<sup>3</sup>LLP «Scientific and Production Center UniVet», Алматы, e-mail: a.bagybaeva@aeg-lab.kz

**Annotation.** Increase in hen breeding production is provided by improving the genetic qualities of chickens, improving their feeding and housing conditions. Therefore, the study of genetics of agricultural chickens is relevant and of great importance. The essence of scientific theoretical research is aimed at studying the molecular genetic potential of the chicken genome. The results of the work showed that the question of the origin of chickens at this stage is still a matter of debate, since each of the two theories (mono- and polyphyletic) is relevant in scientific papers. The article reveals the key features characteristic of the karyotype and genome of chickens; the peculiarities of chicken genome evolution are analyzed. The karyotype of chickens differs significantly from mammalian karyotypes and contains chromosomes that differ markedly in size and are called macro- and microchromosomes. The haploid content of the genetic apparatus in the chicken genome is  $1.2 \times 10^9$  DNA base pairs. The average size of macrochromosomes is approximately 130 Mb, while microchromosomes, which account for 30% of the chicken genome, are 12.5 Mb. Thus, the chicken genome is three times smaller than the mammalian genome due to a significant reduction in the content of repeats, pseudogenes and segmental duplications, and the expansion and reduction of multigene families is the main factor in the independent evolution of mammals and birds. Practical significance of the results of the work can be used in breeding to increase their general variability, productivity, fertility, adaptability of chickens to the conditions of industrial housing, as well as to improve resistance.

**Keywords:** *Gallus gallus domesticus*, agricultural chickens, chicken genetics, chicken karyotype, origin of chickens, molecular genetics of chickens, molecular evolution of chickens

The work was financed by the LLP «Scientific and Production Center UniVet» (agreement No. 01 dated 03/06/2023) under the research program based on the LLP «Scientific and Diagnostic Center “Animal Expert Group”» (state registration number 0123RKD0014 dated 03/27/2023 NCSTE RK).

Теоретические исследования в поиске прогрессивных знаний в области изучения генома сельскохозяйственных кур позволяют разрабатывать и усовершенствовать программы по селекции и разведению кур, нацеленные на повышение продуктивных качеств с одновременным улучшением устойчивости к стрессам и болезням.

Цель исследования – изучение эволюционного развития и молекулярно-генетического потенциала генома сельскохозяйственных кур.

Задачи исследования: изучение гипотез о происхождении сельскохозяйственных кур; раскрытие ключевых особенностей, характерных для кариотипа и генома сельскохозяйственных кур; анализ особенностей эволюции генома сельскохозяйственных кур.

#### Материалы и методы исследования

Работа выполнена на основе теоретических исследований. С марта по ноябрь 2023 года проводились поиск и анализ научной литературы по исследуемой теме. Всего для работы над статьей на цифровых отечественных и международных платформах (Web of Science, Scopus, Научная электронная библиотека и др.) изучено и проанализировано за период с 1868 по 2023 год более 580 научных трудов, из которых 48 были использованы в нашей работе.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Класс птиц расположен на филогенетическом древе в эволюционном промежутке между пресмыкающимися и млекопитающими [1] и насчитывает более 10 тыс. видов, но к сельскохозяйственным относят только 8 [2]. Среди сельскохозяйственных птиц особое место занимают куры, которые принадлежат к отряду *Galliformes* (Курообразные), семейству *Phasianidae* (Фазановые), роду *Gallus* (Джунглевые куры; отличаются наличием гребня и сережек), виду *Gallus gallus* (Банкивская джунглевая курица) [2].

Сельскохозяйственное куроводство обеспечивает рынок диетическими продуктами питания – мясом и яйцами [3]. Ежегодно в аграрном секторе экономики для производства мяса выращивается более 71 млрд птиц [4]. В мире производится мяса бройлеров более 103,4 млн т [5], яиц – более 80 млн т [6].

Согласно данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (FAO), мировая популяция кур составляет более 34,4 млрд голов, из которых больше половины (около 56%) приходится на Азию. В мире насчитывается более 1 600 пород кур. Куры составляют около 92% мирового

поголовья домашней птицы, за ними следуют утки (5%) и индейки (2%). Куроводство, таким образом, обеспечивает мировое производство мяса птицы на 89% и яиц на 92% [4].

В Казахстане численность поголовья сельскохозяйственных птиц на 01.01.2023 г. составила 49,9 млн голов [7], из которых на конец 2021 г. почти 72,2% сосредоточено в пяти областях Казахстана – Алматинской 25,7%, Акмолинской – 19,7%, Костанайской – 10,1%, Северо-Казахстанской – 8,4%, Восточной-Казахстанской – 8,3% [8]. Производство же яиц в Казахстане на 01.01.2023 г. составило 5052,2 млн шт., при этом на долю куриных приходится 99,5% [7].

Следует отметить, что потребление мяса на душу населения из года в год, согласно данным ФАО, увеличивается, на первом месте стоит потребление мяса кур [4]. По оценкам, мясо кур удовлетворяет более 30% всех потребностей в животном белке [9].

Устойчивое развитие промышленного птицеводства (бройлерного, яичного) основано на интенсивном производстве [10], где поголовье варьирует от нескольких тысяч до нескольких миллионов голов, содержится в закрытых помещениях (напольное, клеточное содержание) с автоматическими системами кормления и поения [11], с очень высокой плотностью (33 кг м<sup>2</sup> или выше) [12]. Наличие кормов (зерно, соя и семена масличных культур) часто зависит от внешних производителей [11]. Использование воды (как в производстве кормов, так и в птицеводстве) является значительным [13] и составляет при производстве куриного мяса и яиц 4325 и 3265 м<sup>3</sup> т<sup>-1</sup> соответственно [14].

Увеличение производства продукции куроводства как одной из скороспелой отрасли животноводства обеспечивается путем усовершенствования генетических хозяйственно полезных качеств кур, улучшения условий их кормления и содержания [15]. Поэтому изучение генетики сельскохозяйственных кур (лат. *Gallus domesticus*) актуально и имеет большое значение для устойчивого улучшения программ селекции и разведения кур [16].

Контролируемая человеком искусственная эволюция сельскохозяйственных кур в условиях промышленного куроводства направлена [2] на улучшение резистентности и на повышение общей изменчивости кур (особенно массы и формы тела), повышение продуктивности и плодовитости кур при одновременном снижении затрат кормов на производимую куроводческую продукцию, приспособляемость кур к условиям промышленного содержания за счет изменений в физиологии и в поведении кур,



в последнем случае – за счет снижения их пугливости при контакте с человеком.

*Происхождение и одомашнивание сельскохозяйственных кур*

Вид сельскохозяйственных кур (*Gallus gallus domesticus*) является современным потомком динозавров и первым амниотом, не относящимся к млекопитающим [17]. Современные птицы (*Ornithurae*) произошли от динозавров-терапод [18] в середине мезозойской эры [19].

Как видно из рисунка 1, Археоптерикс (обозначен звездочкой) считается первой известной птицей, жившей примерно 150 млн лет назад [19]. Эволюционное развитие генома курицы протекает отдельно от геномов млекопитающих и длится приблизительно в течение 310 млн лет [19].

Происхождение домашней курицы, в том числе и с точки зрения географического обитания, было предметом споров с тех пор, как Дарвин впервые предположил теорию монофилетического происхождения кур. Согласно теории Дарвина, индийская красная джунглиевая курица (*Gallus gallus*) является единственным предком всех домашних кур [20].

В основе теории Дарвина лежали следующие ключевые положения [20]: наличие заметного морфологического сходства между домашней курицей и красной джунглевой птицей; скрещивание этих двух видов дало плодородное потомство, тогда как скрещивание домашних кур с тремя другими видами джунглевых птиц приводило к низкой выживаемости цыплят.

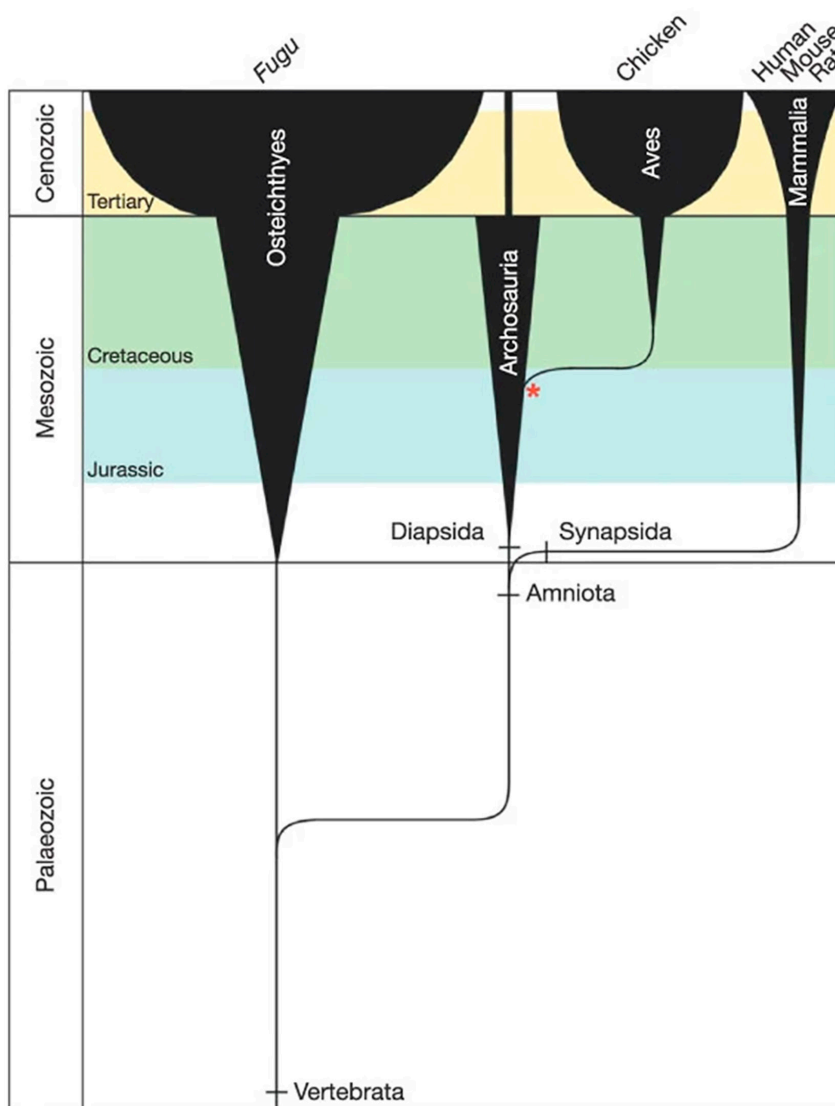


Рис. 1. Эволюция позвоночных с указанием существующих видов, чьи геномы были секвенированы [19]

Альтернативную гипотезу происхождения домашних кур – многовидовое, или полифилетическое, происхождение – впервые предложил Ф. Хатт в своей книге «Генетика домашней птицы» (1949). Он утверждал, что потенциально все четыре диких вида джунглевых птиц могли внести определенный вклад в генетический состав домашней курицы. Свою гипотезу он основывал на том факте, что ряд фенотипов, наблюдаемых у домашних кур, не обнаруживается в популяции красных джунглевых птиц, но присутствует у других видов джунглевых птиц [21].

Одомашнивание кур произошло в Азии примерно к 5400 г. до н.э. или уже к 8000 г. до н.э. [22]. Предположение Дарвина о том, что красная джунглевая курица была ближайшим предком домашней курицы, подтвердилось позже при анализе митохондриальной ДНК. Следовательно, красная джунглевая курица является признанным предком домашней курицы по материнской линии [23].

С момента одомашнивания красной джунглевой птицы (*Gallus gallus*) (примерно с 8000 по 5400 год до н.э.) в Азии [24] домашние куры (*Gallus Gallus domesticus*) подвергались комбинированному воздействию естественного и искусственного отбора. Это привело к заметному генетическому разнообразию по ряду признаков [25]. На современном этапе предполагается, что современная курица (*Gallus gallus domesticus*) была одомашнена от красной джунглевой курицы (RJF) [20], но с некоторым участием еще одного близкородственного вида – серой джунглевой курицы [24]. Также предполагается, что азиатская красная джунглевая курица (*Gallus gallus*) (RJF), обитающая на юго-востоке Азии, является родоначальником всех домашних кур, которая была одомашнена в долине Инда еще в 3200 г. до н.э. [26]. Более поздние археологические раскопки в Китае указывают на наличие более ранних центров приручения [24].

*G. gallus*, дикий RJF, обитающий в лесах Юго-Восточной Азии и Индии, распространился после одомашнивания в процессе переселения людей в другие части мира, что привело к появлению многих пород кур [27].

Домашние куры принадлежат к роду *Gallus*, который таксономически включает четыре диких вида джунглевых птиц: красную джунглевую (*Gallus gallus*; RJF), серую джунглирующую (*G. sonneratii*), цейлонскую джунглевую (*G. lafayetii*) и зеленую джунглевую (*G. varius*). Все четыре вида джунглевых птиц обитают в разных географических регионах Южной Азии и имеют

довольно большие различия в морфологии. В настоящее время существует 5 подвидов RJF: *G. g. gallus* (Юго-Восточная Азия RJF) и *G. g. spadiceus*, *G. g. bankiva*, *G. g. murghi* (индийский RJF) и *G. g. Jabouillei*. Эти классификации, в основном, базируются на фенотипических признаках и географическом распределении популяций [28]. В настоящее время на существование красной джунглевой птицы (RJF) все большее влияние оказывают разрушение среды обитания, незаконная охота и потребление хищниками, что может в конечном итоге привести к ее исчезновению [29].

Таким образом, долгая история селекции и исследований сельскохозяйственных кур создала богатую коллекцию генотипического и фенотипического разнообразия в виде пород, линий и семейств со специфическими, продуктивными характеристиками.

В течение прошлого века домашняя курица превратилась в основной источник пищи за счет адаптации генома к специализированным яйцекладкам (несушкам) и быстрорастущим мясным птицам (бройлерам), продуктивность которых намного превосходит продуктивность их диких предков. Большинство современных сельскохозяйственных несушек производят примерно 300 яиц в год, в то время как красная джунглевая курица (RJF) обычно откладывает одну кладку из 5–9 яиц в год. Современные бройлеры быстро достигают массы тела 4–5 кг, а вес взрослого самца красной джунглевой птицы (RJF) – около 1 кг [27]. Коммерческие поставщики бройлеров и несушек производят более 71 млрд голов птицы в год, чтобы удовлетворить текущие мировые потребности потребителей в более 104 млн т мяса и более 1,3 трлн шт. яиц [5]. Как видим, искусственный отбор в процессе одомашнивания кур и последующая специализация на курах мясного (бройлера) и яичного (несушки) типа внесли в молекулярную организацию генома современных сельскохозяйственных кур существенные эволюционные коррективы [30].

#### Кариотип сельскохозяйственных кур

Кариотип как физическая и генетическая карта генома с низким разрешением строится с учетом системного распределения хромосом (идеограмма). «Хромосомология» вида – это первый шаг в картировании генома. Хромосомы кур изучаются с применением двух методов – окрашивания и картирования известных клонов и использования их в качестве ориентиров для хромосом. Кариотипы птиц существенно отличаются от кариотипов млекопитающих.

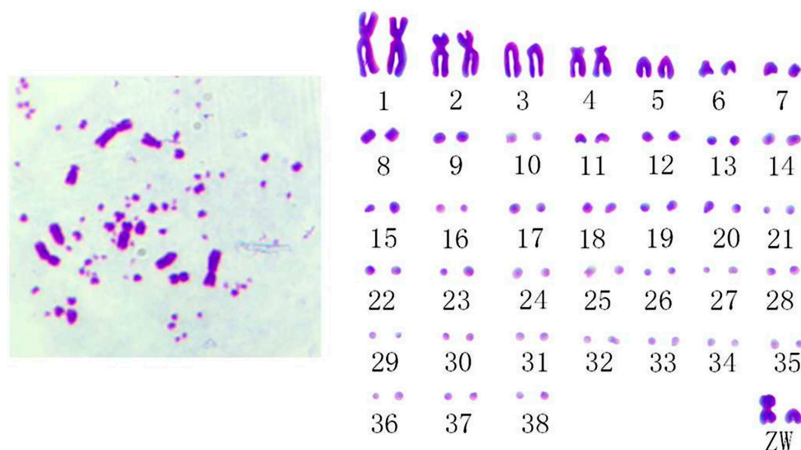


Рис. 2. Кариотип сельскохозяйственных кур (*Gallus gallus domesticus*) [19]

Большинство кариотипов птиц, в том числе и кур, содержат хромосомы, которые заметно различаются по размерам, поэтому их называют макро- и микрохромосомами [31].

Ключевые особенности, характерные для кариотипа сельскохозяйственных кур, следующие.

1. Количество хромосом у кур в составе кариотипа велико:

– диплоидный набор хромосом равен 78 ( $2n = 78$ ), гаплоидный – 39 ( $n = 39$ ) [30, 31].

2. Кариотип домашних кур устроен сложно [32–34], о чем свидетельствует рисунок 2.

3. Диплоидный набор сельскохозяйственных кур, состоящий из 39 пар хромосом ( $2n = 78$ ), включает 38 пар аутосом и 1 пару половых хромосом. Половые хромосомы обозначены буквами Z и W (рис. 2), причем гетерогаметным полом является курица ( $\text{♀ ZW}$ ), гомогаметным – петух ( $\text{♂ ZZ}$ ) [19].

4. Разброс в размерах хромосом – это цитогенетическая особенность кариотипа домашних кур [30].

5. Из 38 пар аутосом к крупным относят 5 хромосом (макрохромосомы), к промежуточным – 5 и к малым по размеру – 28 хромосом (микрохромосомы) [30].

В работе J. Masabanda и M. Schmid отмечено, что из 39 пар хромосом к крупным аутосомам – макрохромосомам – отнесены 10 пар (хромосомы 1–10), к микрохромосомам – 28 пар (хромосомы 11–38), а пара половых хромосом – W и Z – представлены как макрохромосома (хромосома Z) и микрохромосома (хромосома W), последняя из которых имеется у гетерогаметного пола ( $\text{♀ ZW}$ ) [30, 35]. Согласно K. Ladjali и D.W. Burt, 39 пар хромосом включают девять пар (вместе с половыми хромосомами Z и W), цитологически различные макрохромосомы и 30 микрохромосом [10].

Из вышеизложенного можно заключить, что способность различать хромосомы кур является одним из приоритетов в селекционно-генетической работе.

#### *Геном сельскохозяйственных кур и особенности его организации*

Гаплоидное содержание генетического аппарата в геноме кур равно  $1,2 \times 10^9$  пар оснований ДНК [36] и разделено, как это было отмечено выше, между 39 хромосомами.

На сегодня геном кур изучен на 96% (1,03 Гб) от его прогнозируемого размера, поскольку раскрыты последовательности для всех 10 крупных аутосом, 19 из 28 микрохромосом и обеих половых хромосом [35].

Генетическая карта генома сельскохозяйственных кур включает около 650 молекулярных маркеров [37]. Генетический размер равен 2500–3400 сМ [38].

Средний размер макрохромосом составляет примерно 130 Мб. К микрохромосомам относят хромосомы, размеры которых варьируют в пределах от 0,5 до 1,5 мкм. Средний размер микрохромосом составляет 12,5 Мб, причем самый маленький из них равен 7 Мб. На микрохромосомы приходится 30% генома сельскохозяйственных кур [33].

Тридцать микрохромосом кур содержат около одной трети геномной ДНК, т.е. в них содержится примерно в два раза больше генов, чем в макрохромосомах. Микрохромосомы представляют собой богатую генами ДНК, и в них сосредоточено, по крайней мере, 50% генов. Микрохромосомы демонстрируют высокую скорость рекомбинации, они реплицируются в течение первой фазы S-фазы [39].

По сравнению с макрохромосомами большинство микрохромосом имеют более низкое содержание АТ-пар (A + T) и более высокое – GC-пар (G + C) [40].

Особенности генома сельскохозяйственных кур:

1. Общий размер генома кур по сравнению с геномом млекопитающих небольшой и составляет 1,1 Гб [40], тогда как, например, у мыши он равен 2,5 Гб [41], у человека – 2,9 Гб [42].

2. Хромосомы кур значительно различаются по размеру, поэтому их классифицируют на микро- и макрохромосомы. Согласно соглашению Международного консорциума по секвенированию генома курицы (ICGSC 2004 [19, 43]), хромосомы кур классифицируют на три класса:

– пять макрохромосом (GGA 1-5), в среднем длиной от ~ 50 до 200 Мб;

– пять промежуточных хромосом (GGA 6-10), в среднем длиной от 20 до 40 Мб;

– 28 микрохромосом (GGA 11-38), в среднем длиной примерно 12 Мб.

3. Микрохромосомы кур от общего генома занимают только 18%, но содержат примерно 31% всех генов (ICGSC 2004 [19]), что указывает на плотную генную структуру с короткими межгенными последовательностями, которые в 3–4 раза короче по сравнению с генами макрохромосом [43].

4. Содержание GC выше на микрохромосомах, как и уровень метилирования, за счет увеличения количества сайтов CpG [40].

5. Микрохромосомы реплицируются раньше, чем макрохромосомы [19]. Скорость рекомбинации выше на микрохромосомах (средняя скорость 6,4 сМ/Мб), чем на промежуточных хромосомах (3,9 сМ/Мб) и на макрохромосомах (2,8 сМ/Мб) [19, 43].

6. Микрохромосомы богаты генами, поскольку содержат в два раза больше генов, чем макрохромосомы [19].

7. Карта генетического сцепления кур, созданная для исследования еще в начале прошлого века, в настоящее время включает 2172 генетических локусов с общей длиной около 4000 сМ [44].

7.1. Геном кур с 2400 генами расшифрован в 2004 г. На сегодня исследовано примерно 1000 генов [19, 45].

7.2. Геном кур состоит примерно из одного миллиарда пар ДНК-последовательностей и включает примерно 20 000–23 000 генов [19].

8. Большинство микрохромосом являются акроцентрическими [40].

#### *Особенности эволюции генома сельскохозяйственных кур*

Курица имеет общего предка с млекопитающими около 300–350 миллионов лет назад и считается в исследованиях эволюционного процесса ключевым видом. Изучение генома животных в сравнении с гено-

мом кур используется для изучения эволюции конкретных генов или семейств генов либо самой организации генома [23].

Производственно-ориентированный отбор в куроводстве способствовал порождению основных генетических изменений, произошедших у современных сельскохозяйственных кур в процессе эволюции [30].

Эволюционный процесс генома сельскохозяйственных кур описывают следующими ключевыми особенностями [19]:

– геном курицы в 3 раза меньше генома млекопитающих за счет существенного уменьшения содержания повторов, псевдогенов и сегментарных дупликаций;

– низкая скорость транслокаций хромосом в обеих линиях (курица, человек) от последнего общего предка, тогда как внутривидовые перестройки (например, инверсии) встречаются чаще;

– расширение и сокращение мультигенных семейств является, по предположению, основным фактором независимой эволюции млекопитающих и птиц;

– скорость синонимичных замен в геноме кур повышена для генов как в микрохромосомах, так и в субтеломерных областях макрохромосом;

– геном курицы обладает высокой специфичностью обратной транскриптазы от LINE-последовательности;

– в отличие от геномов всех других позвоночных, изученных до сих пор, в геноме курицы не было активных SINEs элементов в течение последних приблизительно 50 млн лет;

– в геноме кур идентифицировано примерно 70 Мб последовательности, которая, с большой вероятностью, функционирует и в геноме человека;

– в геноме птиц примерно 274 генов, которые содержатся в геноме человека, отсутствуют [46].

В мире существует множество фенотипически различимых пород и линий домашних кур, что предоставляет уникальную научно-практическую возможность для изучения истории формирования современных сельскохозяйственных кур и определения признаков отбора, являющегося результатом как процесса одомашнивания, так и воздействия окружающей среды и технологии ведения куроводства на промышленном уровне [47, 48].

Тенденция утраты генетического разнообразия кур отражена в глобальных планах действий ФАО [47].

Куры яичных и мясных пород и линий в промышленном куроводстве становятся все менее разнообразными. Ключевым фактором, влияющим на снижение гене-

тической изменчивости в промышленном куроводстве, является резкое снижение числа пород кур, используемых в селекционных программах. Так, в состав современных промышленных кроссов входят примерно 4–7 (до 10) пород из более чем 1600 известных во всем мире пород, притом что из 1600 известных во всем мире пород 2% уже исчезли, 30% грозит исчезновение, 63% подлежат сохранению, 26% находятся вне зоны риска, а для 41% с тепень риска неизвестна [2].

### Заключение

Изучение вопроса происхождения и одомашнивания сельскохозяйственных кур показало, что данный вопрос все еще остается предметом споров, так как до настоящего времени каждая из двух теорий актуальна в научных работах: согласно монофилиетической теории (Ч. Дарвин, 1868 г.), индийская красная джунглевая курица является единственным предком для всех домашних кур, а по альтернативной полифилиетической гипотезе (Ф. Хатт, 1949 г.) все четыре диких вида джунглевых птиц могли внести определенный вклад в генетический состав домашней курицы. Функциональная аннотация геномов сельскохозяйственных птиц имеет решающее значение для понимания молекулярных механизмов экономически важных и биологически и селекционно сложных признаков, таких как рост, размножение, продуктивность и устойчивость к инфекционным болезням.

При изучении вопросов о происхождении и одомашнивании сельскохозяйственных кур определено, что:

– вид сельскохозяйственных кур (*Gallus gallus domesticus*) является современным потомком динозавров и первым амниотом, не относящимся к млекопитающим;

– одомашнивание кур произошло в Азии примерно к 5400 г. до н.э. или уже к 8000 г. до н.э.;

– современная курица была одомашнена от красной джунглевой курицы, но с некоторым участием еще одного близкородственного вида – серой джунглевой курицы.

Изучение особенностей кариотипа, а также организации и эволюции генома сельскохозяйственных кур показало, что:

– разброс в размерах хромосом – это цитогенетическая особенность кариотипа домашних кур;

– гаплоидное содержание генетического аппарата в геноме кур равно  $1,2 \times 10^9$  пар оснований ДНК и разделено между 39 хромосомами;

– хромосомы кур классифицируют на три класса: пять макрохромосом, в сред-

нем длиной от ~ 50 до 200 Мб; пять промежуточных хромосом, в среднем длиной от 20 до 40 Мб, и 28 микрохромосом, в среднем длиной примерно 12 Мб;

– микрохромосомы богаты генами (содержат в два раза больше генов, чем макрохромосомы);

– в результате обширных программ разведения было выведено около 60 пород кур, представляющих четыре различные линии: яичный тип, дичь, мясной тип и бантам (декоративная карликовая порода);

– курица имеет общего предка с млекопитающими около 300–350 млн лет назад;

– ключевым фактором, влияющим на снижение генетической изменчивости в промышленном куроводстве, является резкое снижение числа пород кур, используемых в селекционных программах.

### Список литературы

1. The International Ornithologists' Union. [Электронный ресурс]. URL: <https://internationalornithology.org/> (дата обращения: 04.12.2023).
2. Сидоренко Л.И., Щербатов В.И. Биология кур: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2016. 244 с.
3. John Dunham & Associates, Inc. 2022a Poultry and Egg Economic Impact Study. US Poultry and Egg Association. Longboat Key, FL. 2022.
4. Food and Agriculture Organization. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/> (дата обращения: 05.12.2023).
5. Chicken meat production worldwide from 2012 to 2023 (in 1,000 metric tons). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/237637/production-of-poultry-meat-worldwide-since-1990/> (дата обращения: 04.12.2023).
6. Lawal R.A. Martin S.H., Vanmechelen K. The wild species genome ancestry of domestic chickens. BMC Biol. 2020. No. 13. DOI: 10.1186/s12915-020-0738-1.
7. Основные показатели развития животноводства в Республике Казахстан. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forest-village-hunt-fish/publications/5100/> (дата обращения: 04.12.2023).
8. Шаймарданов Ж.Н. Сельское, лесное и рыбное хозяйство в Республике Казахстан. Статистический сборник на 2017-2021 годы на казахском и русском языках, 2022. 134 с.
9. Kebede A., Abebe B., Zewdie T. Study on prevalence of ectoparasites of poultry in and around Jimma town // European Journal of Biological Sciences. 2017. No. 9. P. 18-26. DOI: 10.5829/idosi.ejbs.2017.18.26.
10. Goran Gržinić, Agnieszka Piotrowicz-Cieślak, Agnieszka Klimkowicz-Pawlas, Rafał L. Górny, Anna Ławniczek-Wałczyk, Lidia Piechowicz, Ewa Olkowska, Marta Potrykus, Maciej Tankiewicz, Magdalena Krupka, Grzegorz Siebielec, Lidia Wolska. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 858. No. 3. P. 160014. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160014.
11. Mottet A., Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges World's Poul // Sci. J. 2017. Vol. 73. P. 245-256. DOI: 10.1017/S0043933917000071.
12. The EU Poultry Meat And Egg Sector: Main Features, Challenges And Prospects: In-depth Analysis European Parliamentary Research Service. 2019.
13. Kirsi Usva, Sanna Hietala, Jouni Nousiainen, Virpi Vorne, Marja-Liisa Vieraankivi, Marja Jallinoja, Ilkka Leinonen.

- Environmental life cycle assessment of Finnish broiler chicken production. Focus on climate change and water scarcity impacts // *Journal of Cleaner Production*. 2023. Vol. 410. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.137097.
14. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. The Green, Blue and Grey Water Footprint of Farm Animals and Animal Products // *American Journal of Hematology*. 2010.
15. Chaiban C., Robinson T.P., Fèvre E.M., Ogola J., Akoko J., Gilbert M., Vanwambeke S.O. Early intensification of backyard poultry systems in the tropics: a case study // *Animal*. 2020. Vol. 14. P. 2387-2396. DOI: 10.1017/S175173112000110X.
16. Tavárez Marcos, Solis Fausto. Impact of genetics and breeding on broiler production performance: A look into the past, present, and future of the industry // *Animal Frontiers*. 2016. Vol. 6. DOI: 10.2527/af.2016-0042.
17. Philip J. Currie. Celebrating dinosaurs: their behaviour, evolution, growth, and physiology // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2023. Vol. 60. No. 3. P. 263-293. DOI: 10.1139/cjes-2022-0131.
18. Schweitzer M.H., Schroeter E.R., Cleland T.P., Zheng W. Paleoproteomics of Mesozoic dinosaurs and other Mesozoic fossils // *Proteomics*. 2019. Vol. 19. P. 1800251.
19. Sequence and comparative analysis of the chicken genome provide unique perspectives on vertebrate evolution // *International Chicken Genome Sequencing Consortium*. *Nature*. 2004. Vol. 432. P. 695-716. DOI: 10.1038/nature03154.
20. Darwin C. The variation of animals and plants under domestication. O. Judd & company, New York: ed. Authorized, 1868.
21. Hutt F.B. Genetics of the fowl. McGraw-Hill book co. 1949. Vol. 1. P. 590.
22. Fitzpatrick D.M., Ahmed K. Red roving fowl. *Down Earth*. 2000. Vol. 9. P. 28.
23. Hata A., Nunome M., Suwanasopee T. Origin and evolutionary history of domestic chickens inferred from a large population study of Thai red junglefowl and indigenous chickens // *Sci Rep*. 2021. Vol. 11. P. 2035. DOI: 10.1038/s41598-021-81589-7.
24. Xiang H., Gao J., Yu B., Zhou H., Cai D., Zhang Y., Chen X., Wang X., Hofreiter M., Zhao X. Early Holocene chicken domestication in northern China // *Proc Natl Acad Sci USA*. 2014. Vol. 111. P. 17564-17569. DOI: 10.1073/pnas.1411882111.
25. Li D., Li Y., Li M. Population genomics identifies patterns of genetic diversity and selection in chicken // *BMC Genomics*. 2019. Vol. 20. P. 263. DOI: 10.1186/s12864-019-5622-4.
26. Zeuner Frederick E.A. *History of Domesticated Animals*. Harper and Row. 1963.
27. Wu M.Y., Forcina G., Low G.W., Sadanandan K.R., Gwee C.Y., van Grouw H. Historic samples reveal loss of wild genotype through domestic chicken introgression during the Anthropocene // *PLoS Genet*. 2023. Vol. 19. No. 1. P. e1010551. DOI: 10.1371/journal.pgen.1010551.
28. Wang M.S., Thakur M., Peng M.S. 863 genomes reveal the origin and domestication of chicken // *Cell Res*. 2020. Vol. 30. P. 693-701. DOI: 10.1038/s41422-020-0349-y.
29. Setianto Johan, Zain B., Sutriyono, Prakoso H. Domestication of red jungle fowl: A case study of the red jungle fowl chick's procurement by the communities in Central Bengkulu, Indonesia // *Biodiversitas*. 2017. Vol. 18. P. 183-189. DOI: 10.13057/biodiv/d180125.
30. Qanbari S., Rubin C.J., Maqbool K. Genetics of adaptation in modern chicken // *PLoS Genet*. 2019. Vol. 15. P. e1007989. DOI: 10.1371/journal.pgen.1007989.
31. Zhen Huang, Zaoyu Xu, Hao Bai, Yongji Huang, Na Kang, Xiaoting Ding, Jing Liu, Haoran Luo, Chentao Yang, Wanjun Chen, Qixin Guo, Lingzhan Xue, Xueping Zhang, Li Xu, Meiling Chen, Honggao Fu, Youling Chen, Zhicao Yue, Tatsuo Fukagawa, Shanlin Liu, Guobin Chang, Luohao Xu. Evolutionary analysis of a complete chicken genome // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2023. Vol. 8. P. e2216641120. DOI: 10.1073/pnas.2216641120.
32. Paul D. Waters, Hardip R. Patel, Aurora Ruiz-Herrera, Lucía Álvarez-González, Nicholas C. Lister, Oleg Simakov, Tariq Ezaz, Parwinder Kaur, Celine Frere, Frank Grützner, Arthur Georges, Jennifer A. Marshall Graves. Microchromosomes are building blocks of bird, reptile, and mammal chromosomes // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2021. Vol. 45. DOI: 10.1073/pnas.2112494118.
33. Kiazim L.G., O'Connor R.E., Larkin D.M., Romanov M.N., Narushin V.G., Brazhnik E.A., Griffin D.K. Comparative Mapping of the Macrochromosomes of Eight Avian Species Provides Further Insight into Their Phylogenetic Relationships and Avian Karyotype Evolution // *Cells*. 2021. Vol. 10. P. 362. DOI: 10.3390/cells10020362.
34. Ji Meng, Guan Weijun, Gao Yu-hua, Li Lu, Bai Chun-yu, Ma Yue-hui, Li Xiang-chen. Cultivation and Biological Characterization of Chicken Primordial Germ Cells // *Brazilian Archives of Biology and Biotechnology*. 2016. Vol. 59. DOI: 10.1590/1678-4324-2016150374.
35. Schmid M., Smith J., Burt D. W., Crooijmans R. P. M. A., de Koning D. J., Groenen M. A. M. Third Report on Chicken Genes and Chromosomes // *Cytogenetic and Genome Research*. 2015. Vol. 2. P. 78-179. DOI: 10.1159/000430927.
36. Burt D.W. Origin and evolution of avian microchromosomes *Cytogenet // Genome Res*. 2002. Vol. 96. P. 97-112. DOI: 10.1159/000063018.
37. Cheng H.H. Mapping the chicken genome // *Poult. Sci*. 1997. Vol. 76. P. 1101-1107. DOI: 10.1093/ps/76.8.1101.
38. Zoorob R., Billault A., Severac V., Fillon V., Vignal A., Auffray C. Two chicken genomic libraries in the PAC and BAC cloning systems: organization and characterization // *Anim. Genet*. 1996. Vol. 27.
39. Liu Z., Sun C., Yan Y., Li G., Li X. C., Wu G., Yang N. Design and evaluation of a custom 50K Infinium SNP array for egg-type chickens // *Poultry science*. 2021. Vol. 5. P. 101044. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101044.
40. Auer H., Mayr B., Lambrou M., Schlegler W. An extended chicken karyotype, including the NOR chromosome // *Cytogenet Cell Genet*. 1987. Vol. 45. P. 218-221. DOI: 10.1159/000132457.
41. Waterston R.H., Lindblad-Toh K., Birney E. et al. Initial sequencing and comparative analysis of the mouse genome // *Nature*. 2002. Vol. 6915. P. 520-62. DOI: 10.1038/nature01262.
42. Lander E.S., Linton L.M., Birren B., et al. Initial sequencing and analysis of the human genome // *Nature*. 2001. Vol. 6822. P. 860-921.
43. Axelsson E., Webster M.T., Smith N.G., Burt D.W., Ellegren H. Comparison of the chicken and turkey genomes reveals a higher rate of nucleotide divergence on microchromosomes than macrochromosomes // *Genome Res*. 2005. Vol. 1. P. 120-125. DOI: 10.1101/gr.3021305.
44. Groenen M.A. A consensus linkage map of the chicken genome. *Genome Res*. 2000. Vol. 10. P. 137. DOI: 10.1101/gr.10.1.137.
45. Епимахова Е.Э., Закотин В.Е., Скрипкин В.С. Селекция и разведение сельскохозяйственной птицы: учебно-методическое пособие. СПб.: Лань, 2015. № 3. 56 с.
46. Lovell P.V., Wirthlin M., Wilhelm L., Minx P., Lazar N.H. Conserved syntenic clusters of protein coding genes are missing in birds // *Genome Biol*. 2014. Vol. 15. P. 565-592. DOI: 10.1186/s13059-014-0565-1.
47. Глобальный план действий в области генетических ресурсов животных и интерлакенская декларация о генетических ресурсах животных. 2008. 46 с.
48. Pan Z., Wang Y., Wang M., Wang Y., Zhu X., Gu S., Zhong C., An L., Shan M., Damas J., Halstead M.M., Guan D., Trakooljul N., Wimmers K., Bi Y., Wu S., Delany M.E., Bai X., Cheng H.H., Sun C., Yang N., Hu X., Lewin H.A., Fang L., Zhou H. An atlas of regulatory elements in chicken: A resource for chicken genetics and genomics // *Sci Adv*. 2023. Vol. 18. DOI: 10.1126/sciadv.ade1204.