

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

Импакт-фактор РИНЦ = 0,303

ISSN 2500-3399

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

*Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 410056, Саратовская область,
г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56*

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

**Post address: 105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial address: 410056, Saratov region,
Saratov, Chapaev V.I. street, 56**

*Подписано в печать 27.02.2020
Дата выхода номера 27.03.2020
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 27.02.2020
Release date 27.03.2020
Format 60×90 8.1**

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

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2020/1*

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: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov**

Редакционная коллегия (Editorial Board)

А.Н. Курзанов (A.N. Kurzanov)

Н.Ю. Стукова (N.Yu. Stukova)

М.Н. Бизенкова (M.N. Bizenkova)

Н.Е. Старчикова (N.E. Starchikova)

Т.В. Шнуровозова (T.V. Shnurovozova)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2020 г.



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

The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

СТАТЬИ

- ПОДАВЛЕНИЕ РОСТА ВИБРИОНОВ СИМБИОНТНЫМИ БАКТЕРИЯМИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS*
Богатыренко Е.А., Дункай Т.И., Ким А.В., Юнусова И.О., Еськова А.И. 5

СТАТЬЯ

- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯИЦ *FICEDULA HYPOLEUCA*
НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ
Замятин В.И., Куляшов М.А., Маслов А.А. 10

СТАТЬЯ

- ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ
ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ
Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б., Юсупова М.А. 15

СТАТЬЯ

- ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОДЕРЖАНИЯ И ПИТАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА
И СИМБИОЦЕНОЗЫ *BOS TAURUS TAURUS*
Хацаева Р.М. 20

СТАТЬЯ

- ВЛИЯНИЕ ПОЛИВОВ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ НА СОЛЕВОЙ БАЛАНС
ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ ПОЧВ
Юлдашев Г.Ю., Дармонов Д.Ё. 26

ОБЗОР

- ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ОВЦЕБЫКА
С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ
Соколова М.И., Кузьмина С.С. 31

СТАТЬЯ

- ВЛИЯНИЕ СРОКА СБОРА ПРИРОСТА БИОМАССЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ
ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ
Раимбеков К.Т. 40

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCES (03.01.00, 03.02.00, 03.03.00)

ARTICLE

INHIBITION OF VIBRIOS GROWTH BY SYMBIOTIC BACTERIA
FROM THE JAPANESE SEA CUCUMBER *APOSTICHOPUS JAPONICUS*

Bogatyrenko E.A., Dunkay T.I., Kim A.V., Yunusova I.O., Eskova A.I. 5

ARTICLE

DETERMINATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF FICEDULA HYPOLEUCA EGGS
BASED ON COMPUTER IMAGE ANALYSIS

Zamyatin V.I., Kulyashov M.A., Maslov A.A. 10

ARTICLE

FEATURES OF CHARACTERISTICS OF SANDS SOIL MASSIVES OF FERGANA VALLEY

Isakov V.Yu., Mirzayev U.B., Yusupova M.A. 15

ARTICLE

INFLUENCE SPECIAL AND POWER ON MORPHOLOGY FUNCTIONAL STRUCTURES
MULYSE SMYSIT AND SYMBIOCENOSSES *BOS TAURUS TAURUS*

Khatsaeva R.M. 20

ARTICLE

INFLUENCE OF IRRIGATION BY MINERALIZED WATERS ON THE SALT
BALANCE OF IRRIGATED MEADOWS SASA SOIL

Yuldashev G.Yu., Darmonov D.E. 26

REVIEW

PROSPECTS FOR STUDYING THE SYSTEMATIC MEMBERSHIP OF MUSK
OX WITH THE HELP OF GENETIC EXAMINATION

Sokolova M.I., Kuzmina S.S. 31

ARTICLE

INFLUENCE OF THE HARVEST PERIOD OF BIOMASS GROWTH ON THE YIELD
OF HIGHER AQUATIC PLANTS

Raimbekov K.T. 40

СТАТЬЯ

УДК 579.26:579.222:593.96

**ПОДАВЛЕНИЕ РОСТА ВИБРИОНОВ СИМБИОНТНЫМИ БАКТЕРИЯМИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS*****¹Богатыренко Е.А., ^{1,2}Дункай Т.И., ¹Ким А.В., ¹Юнусова И.О., ^{1,3,4}Еськова А.И.**¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток;²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток;³НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г.П. Сомова, Владивосток;⁴Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
Владивосток, e-mail: bogatyrenko.ea@dvfu.ru

Поиск эффективных технологий искусственного выращивания гидробионтов, предполагающих минимальное использование антибиотиков, является актуальной задачей современной аквакультуры. Одним из наиболее перспективных способов решения этой проблемы является применение пищевых добавок на основе микроорганизмов-пробиотиков, которые способны избирательно ингибировать рост патогенных микроорганизмов, не нанося при этом вред организму хозяина. В ходе проведенных нами исследований изучена способность 134 штаммов бактерий, выделенных из пищеварительной системы дикого дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*, ингибировать рост таких микроорганизмов, как *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. splendidus*. Штаммы указанных вибрионов ранее выделены из аквакультурных хозяйств, где были зарегистрированы вспышки смертности дальневосточного трепанга. Показано, что изучаемые штаммы вибрионов обладают мультирезистентностью и устойчивы к 7 и более антимикробным препаратам. По результатам проведенных работ установлено, что различную степень антимикробной активности в отношении исследуемых тест-культур проявляют 11 штаммов симбионтных бактерий трепанга (8%), из них 6 (55%) – это бактерии рода *Bacillus*. Наибольшую антимикробную активность продемонстрировали штаммы *Bacillus* sp. K32 и *Arthrobacter* sp. A16. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале симбионтной микрофлоры *Apostichopus japonicus* противостоять действию инфекционных агентов.

Ключевые слова: *Apostichopus japonicus*, симбионтная микрофлора, антимикробная активность, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio splendidus*

**INHIBITION OF VIBRIOS GROWTH BY SYMBIOTIC BACTERIA
FROM THE JAPANESE SEA CUCUMBER *APOSTICHOPUS JAPONICUS*****¹Bogatyrenko E.A., ^{1,2}Dunkay T.I., ¹Kim A.V., ¹Yunusova I.O., ^{1,3,4}Eskova A.I.**¹Far Eastern Federal University, Vladivostok;²A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Vladivostok;³G.P. Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Vladivostok;⁴V.I. Ilichev Pacific Oceanological Institute, Vladivostok, e-mail: bogatyrenko.ea@dvfu.ru

The search for effective technologies on the artificial cultivation of aquatic organisms, involving minimal use of antibiotics, is an urgent task of modern aquaculture. One of the most promising ways to solve this problem is the use of food additives based on probiotic microorganisms, which are able to selectively inhibit the growth of pathogenic microorganisms without harming the host organism. In the course of our investigation, we studied the ability of 134 bacterial strains isolated from the digestive system of wild Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* to inhibit the growth of microorganisms such as *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. splendidus*. The strains of these vibrios were previously isolated from aquaculture farms, where outbreaks of mortality of Japanese sea cucumber were recorded. It was shown that the studied vibrio strains are multi-drug resistant to 7 or more antimicrobial agents. According to the results of the work, it was found that 11 strains of symbiotic sea cucumber's bacteria (8%) exhibit a different degree of antimicrobial activity regarding to studied the test cultures and 6 (55%) of them are bacteria of the genus *Bacillus*. The highest antimicrobial activity was demonstrated by strains of *Bacillus* sp. K32 and *Arthrobacter* sp. A16. The obtained results indicate the high potential of the symbiotic microflora of *Apostichopus japonicus* to withstand the action of infectious agents.

Keywords: *Apostichopus japonicus*, symbiotic microflora, antimicrobial activity, *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio splendidus*

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) – морское донное беспозвоночное животное типа иглокожих, обладающее высокой пищевой и лекарственной ценностью. Дальневосточный трепанг содержит богатый набор биологически активных химических соединений, которые действуют раздельно или в комплексе, обуславливая высокую фармакологическую

ценность получаемых из него продуктов. Известно, что различные препараты, полученные из трепанга, применяются для лечения грибковых заболеваний, воспалений скелетной мускулатуры и опорно-двигательного аппарата, а также обладают противоопухолевым и антисклеротическим действием.

В настоящее время добыча гидробионта составляет 20–25% общего мирового про-

мысла иглокожих, достигая в отдельные годы 13 тысяч тонн. Несмотря на высокую плодовитость животного, запасы дальневосточного трепанга повсеместно сокращаются, и для их восстановления необходимо осуществление комплекса специальных мероприятий. К ним относятся соблюдение режима промысла (квоты вылова, установленных сроков промысла, минимального промыслового размера животных), улучшение естественного воспроизводства трепанга, организация искусственного культивирования.

Искусственное разведение является одним из наиболее действенных методов для пополнения запасов промысловых организмов, хотя и сопряжено с серьезными техническими трудностями и требует значительных капитальных затрат. По данным литературы известно, что основной проблемой культивирования дальневосточного трепанга в условиях его искусственного воспроизводства является снижение иммунитета гидробионта и его подверженность различным инфекционным заболеваниям. Особенно наблюдается высокая смертность трепанга на ранних стадиях его развития. Наиболее частыми причинами массовой гибели являются заболевания, вызванные такими микроорганизмами, как *Vibrio splendidus* [1; 2] и *Vibrio alginolyticus* [3]. Есть упоминания об инфекциях дальневосточного трепанга, возбудителями которых являются *Vibrio parahaemolyticus* [4], *Pseudoalteromonas sp.* и *Pseudoalteromonas tetraodonis* [5].

Для ликвидации вспышек инфекционных заболеваний нередко используют различные антибиотики, что имеет ряд серьезных негативных последствий. Во-первых, морепродукты, содержащие в себе химические препараты, представляют собой угрозу для здоровья человека. Во-вторых, систематическое применение в аквакультуре антибиотиков в дальнейшем приводит к появлению возбудителей инфекционных заболеваний, устойчивых к их действию.

В связи с этим поиск альтернативных технологий выращивания гидробионтов, предполагающих минимальное использование антибиотиков, является актуальной задачей современной аквакультуры. В настоящее время наиболее перспективным способом решения этих проблем является применение пищевых добавок на основе микроорганизмов – представителей нормальной микрофлоры хозяина, так называемых пробиотиков. Пробиотики способны активно действовать на бактериальные патогены, корректировать механизмы иммунной защиты макроорганизма и смягчить влияние неблагоприятных факторов

среды, не нанося при этом вред организму хозяина [6].

На сегодняшний день в литературе имеется немало информации о положительном влиянии отдельных видов бактерий [1], дрожжей [2] и бактериофагов [3; 4], полученных из различных источников, на воспроизводство *Apostichopus japonicus*. В то же время в литературе представлены ограниченные сведения о составе, биохимических свойствах [7; 8] и роли симбионтной микрофлоры дальневосточного трепанга в защите от болезнетворных микроорганизмов [5]. Хотя известно, что для любых животных характерна своя нормальная микрофлора, выполняющая множество функций, в том числе защиту от патогенных микроорганизмов.

В связи с этим цель данной работы – изучить способность бактерий, выделенных из пищеварительного тракта диких особей *Apostichopus japonicus*, ингибировать рост патогенных вибрионов.

Материалы и методы исследования

Для работы была использована ранее полученная нами коллекция 134 штаммов культивируемых гетеротрофных бактерий, выделенных из пищеварительной системы дальневосточного трепанга из естественной среды обитания [7]. Изучение антагонистических свойств симбионтной микрофлоры трепанга проводили на штаммах *Vibrio alginolyticus* H1822, *Vibrio parahaemolyticus* H1845 и *Vibrio splendidus* H1802, выделенных из аквакультурных хозяйств.

Определение антибиотикочувствительности. Перед началом работ по изучению антимикробной активности бактерий из пищеварительного тракта дальневосточного трепанга была проведена оценка антибиотикочувствительности патогенных тест-культур. Чувствительность к антибиотикам определяли диско-диффузионным методом на агаре Мюллера-Хинтона (Difco) согласно методическим указаниям Федерального центра госсанэпиднадзора Минздрава России [9] и рекомендациям Института клинических и лабораторных стандартов [10]. Подбор антимикробных соединений вели с учетом современной медицинской и ветеринарной практики. В работе были использованы диски (НИЦФ, Россия): с пенициллинами (ампициллин, амоксациллин + клавулановая кислота), цефалоспорины (цефазолин, цефотаксим, цефепим), аминогликозидами (гентамицин, канамицин, стрептомицин), хинолонами (ципрофлоксацин, налидиксовая кислота), нитрофуранами (нитрофурантоин), левомицетином и тетрациклином.

Выявление антимикробной активности коллекции симбионтных бактерий из дальневосточного трепанга. Межмикробные взаимодействия изучали методом перпендикулярных штрихов на универсальной агаризованной среде для морских микроорганизмов СММ [11], подходящей для инкубации всех исследуемых микроорганизмов. Вначале по диаметру чашки Петри со средой штрихом высевали штамм бактерий – потенциального продуцента антимикробных веществ. Инкубацию проводили при температуре 22 °С в течение 5 суток. После этого к посеву перпендикулярным штрихом подсеивали тест-культуру патогенной бактерии и инкубировали еще в течение 2 суток. О наличии антимикробной активности судили по величине зоны подавления роста тест-культур вблизи посева бактерий-симбионтов, которую выражали в мм. Все опыты повторяли трижды.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение антибиотикочувствительности тест-культур. Вибрионы – обычные обитатели морских и пресноводных экосистем. Некоторые из них могут быть патогенными как для людей, так и для водных животных за счет широкого спектра продуцируемых ими факторов патогенности. В последнее время растет число сообщений о случаях заражения объектов аквакультуры представителями рода *Vibrio*, что, несомненно, наносит огромный урон товарному выращиванию гидробионтов.

Вид *V. splendidus* широко распространен в морских экосистемах и долгое время считался не патогенным. Однако в последние годы в аквакультуре зарегистрировано немало случаев вспышек заболеваний, вызванных этим видом, у таких моллюсков, как *Pecten maximus*, *Crassostrea gigas*, *Octopus vulgaris*, и у рыбы тюрбо *Scophthalmus maximus* [12]. В Китае инфекции, вызванные *V. splendidus*, являются основной причиной смертности *Apostichopus japonicus* [1; 2]. К сожалению, пока не существуют достоверных диагностических инструментов для выявления и оценки потенциальной патогенной способности *V. splendidus*. Исследования рибосом и полиморфизмы гена *gusB* или RAPD не привели к выявлению маркеров, связанных с патогенностью. Таким образом, до сих пор нет фенотипических или генотипических особенностей, позволяющих отличать патогенные штаммы от непатогенных. И единственным способом определить вирулентность каждого конкретного штамма остается экспериментальное заражение.

Бактерии *V. alginolyticus* могут вызывать заболевания человека, но в основном они патогенны для объектов аквакультуры, вызывая массовую гибель как *Apostichopus japonicus* [3], так и многих видов рыб, моллюсков и ракообразных [13]. Среди их факторов вирулентности можно найти липазы, протеазы, сидерофоры и даже термостабильный прямой гемолизин (ТПГ).

Бактерии вида *V. parahaemolyticus* в основном считаются патогенными для человека и способны вызывать гастроэнтерит, раневые инфекции и сепсис. Однако есть данные о том, что эти микроорганизмы являются возбудителями острого гепатопанкреатического заболевания (AHPND) у таких видов креветок, как *Penaeus vannamei* и *Penaeus monodon* [13]. Также в литературе стали появляться сведения о гибели молоди дальневосточного трепанга, вызванной *V. parahaemolyticus* [4].

В ходе проведенных нами исследований была изучена антибиотикочувствительность трех штаммов: *V. alginolyticus* H1822, *V. parahaemolyticus* H1845 и *V. splendidus* H1802, выделенных из аквакультурных хозяйств, где была зарегистрирована высокая смертность дальневосточного трепанга (табл. 1). Установлено, что *V. alginolyticus* H1822 и *V. splendidus* H1802 проявили одинаковую чувствительность к выбранному антимикробным веществам. Так, у этих штаммов отмечалась резистентность к 7 антибиотикам разных классов: ампициллину, цефазолину, цефотаксиму, канамицину, стрептомицину, налидиксовой кислоте, тетрациклину. При этом указанные микроорганизмы были чувствительны к другим бета-лактамам (амоксиклав с клавулановой кислотой, цефепим), аминогликозидам (гентамицин), фторированным хинолонам (ципрофлоксацин), левомицетину и нитрофурантоину. Спектр антибиотикочувствительности *V. parahaemolyticus* H1845 был немного шире, чем у двух других штаммов вибрионов, что проявлялось в чувствительности также к цефотаксиму и канамицину (табл. 1).

Изучение антимикробной активности коллекции симбионтных бактерий из дальневосточного трепанга. Из 134 штаммов бактерий, выделенных из пищеварительного тракта дикого дальневосточного трепанга, различную степень антимикробной активности в отношении изучаемых тест-культур проявили 11 штаммов (8%), из них 6 (55%) – это бактерии рода *Bacillus* (табл. 2). Необходимо отметить, что представители рода *Bacillus* составляли 27% нашей коллекции [7].

Таблица 1

Антибиотикочувствительность патогенных тест-культур

Антибиотик	<i>V. alginolyticus</i> H1822	<i>V. parahaemolyticus</i> H1845	<i>V. splendidus</i> H1802
Ампициллин	Р	Р	Р
Амоксициллин + клавуланат	Ч	Ч	Ч
Цефазолин	Р	Р	Р
Цефотаксим	Р	Ч	Р
Цефепим	Ч	Ч	Ч
Гентамицин	Ч	Ч	Ч
Канамицин	Р	Ч	Р
Стрептомицин	Р	Р	Р
Ципрофлоксацин	Ч	Ч	Ч
Налидиксовая кислота	Р	Р	Р
Левомецетин	Ч	Ч	Ч
Тетрациклин	Р	Р	Р
Нитрофурантоин	Ч	Ч	Ч

Примечание: Ч – чувствительный к антибиотику микроорганизм, Р – резистентный к антибиотикам микроорганизм.

Таблица 2

Антимикробная активность симбионтной микрофлоры дальневосточного трепанга

Штаммы-продуценты антимикробных соединений	Зона подавления роста тест-культур, мм		
	<i>V. alginolyticus</i> H1822	<i>V. parahaemolyticus</i> H1845	<i>V. splendidus</i> H1802
<i>Bacillus pumilus</i> A27	6	–	–
<i>Micrococcus</i> sp. K54	–	6	–
<i>Bacillus</i> sp. K33	8	–	–
<i>Micrococcus</i> sp. A34	–	–	5
<i>Bacillus</i> sp. K29	7	–	–
<i>Arthrobacter</i> sp. A16	14	–	–
<i>Kocuria</i> sp. A34	11	–	–
<i>Pseudoalteromonas</i> sp. K59	10	–	–
<i>Bacillus megaterium</i> K13	11	–	–
<i>Bacillus</i> sp. K32	15	5	4
<i>Bacillus pumilus</i> K6	7	–	–

Способность угнетать рост штамма *V. alginolyticus* H1822 показали 9 штаммов симбионтных бактерий (7%). При этом наибольшие размеры зон подавления роста *V. alginolyticus* H1822 отмечались на чашках с *Bacillus* sp. K32 (15 мм) и *Arthrobacter* sp. A16 (14 мм). Что касается двух других патогенных вибрионов, то незначительное подавление их роста наблюдалось на чашках с *Bacillus* sp. K32, *Micrococcus* sp. K54, *Micrococcus* sp. A34 (табл. 2). Исходя из полученных данных, только штамм *Bacillus* sp. K32 был активен в отношении всех трех патогенных вибрионов.

Из полученных данных видно, что наибольшую антимикробную активность в отношении исследуемых тест-культур показа-

ли штаммы *Bacillus* sp. K32 и *Arthrobacter* sp. A16. Согласно литературным данным, представители указанных групп микроорганизмов нередко являются продуцентами антимикробных соединений.

Так, среди антибиотиков, образуемых бациллами, в настоящее время в медицинской практике используются грамицидин С, образуемый *B. brevis*, и полимиксины М и В, образуемые *B. polymyxa*. Бактерии рода *Bacillus* признаны мощным инструментом биоконтроля численности фитопатогенов благодаря способности продуцировать множество вторичных метаболитов различной химической природы: циклических липопептидов, полипептидов, белков и непептидных соединений. Кроме того, предста-

вители рода *Bacillus* нередко применяются в качестве пробиотиков при товарном выращивании *Apostichopus japonicus* в целях профилактики инфекционных заболеваний гидробионтов, а также для увеличения скорости роста животных [1].

Бактерии рода *Arthrobacter* также обладают высокой биологической активностью. Так, на основе бактерий *Arthrobacter davidanieli* создана и запатентована вакцина, снижающая риск возникновения заболеваний атлантического лосося *Salmo salar* и кижуча *Oncorhynchus kisutch* от таких инфекционных агентов, как *Renibacterium salmoninarum* и *Piscirickettsia salmonis* [14]. Согласно другим данным, бактерии рода *Arthrobacter* синтезируют антимикробные вещества, подавляющие рост *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio vulnificus*, *V. parahaemolyticus*, *V. harveyi*, *V. anguillarum*, *Yersinia enterocolitica* и *Y. ruckeri* [15].

Заключение

Таким образом, полученные в ходе работы результаты свидетельствуют о высоком потенциале симбиотной микрофлоры дальневосточного трепанга противостоять действию патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Несомненно, большой интерес представляет изучить химическую природу синтезируемых антимикробных веществ для понимания механизмов положительного действия. Полученные данные могут быть полезны как для изучения конкурентных отношений в морских микробных сообществах, так и для решения прикладных задач, таких как создание пробиотических препаратов с антимикробным действием.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-34-00693.

Список литературы

1. Zhang Q., Ma H., Mai K., Zhang W., Liufu Z., Xu W. Interaction of dietary *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on the growth performance, non-specific immunity of sea

- cucumber *Apostichopus japonicus*. Fish & Shellfish Immunol. 2010. vol. 29. no. 2. P. 204–211.

2. Ma Y., Liu Z., Yang Z., Li M., Liu J., Song J. Effects of dietary live yeast *Hanseniaspora opuntiae* C21 on the immune and disease resistance against *Vibrio splendidus* infection in juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Fish & Shellfish Immunol. 2013. vol. 34. no. 1. P. 66–73.

3. Zhang J., Cao Z., Li Z., Wang L., Li H., Wu F., Jin L., Li X., Li S., Xu Y. Effect of bacteriophages on *Vibrio alginolyticus* infection in the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka). J. World Aquac. Soc. 2015. vol. 46. P. 149–158.

4. Ren H., Li Z., Xu Y., Wang L., Li X. Protective effectiveness of feeding phage cocktails in controlling *Vibrio parahaemolyticus* infection of sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Aquaculture. 2019. vol. 503. P. 322–329.

5. Zheng F., Liu H., Sun X., Qu L., Dong S., Liu J. Selection, identification and application of antagonistic bacteria associated with skin ulceration and peristome tumescence of cultured sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka). Aquaculture. 2012. vol. 334–337. P. 24–29.

6. Verschuere L., Rombaut G., Sorgeloos P., Verstraete W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 2000. vol. 64. no. 4. P. 655–671.

7. Bogatyrenko E.A., Buzoleva L.S. Characterization of the gut bacterial community of the Japanese Sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Microbiology. 2016. vol. 85. no. 1. P. 116–123.

8. Sha Y., Liu M., Wang B., Jiang K., Sun G., Wang L. Gut bacterial diversity of farmed sea cucumbers *Apostichopus japonicus* with different growth rates. Microbiology. 2016. vol. 85. no. 1. P. 109–115.

9. МУК 4.2.1890–04 Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора МЗ России, 2004. 91 с.

10. Methods for Antimicrobial Dilution and Disk Susceptibility Testing of Infrequently Isolated or Fastidious Bacteria, Approved Guideline, CLSI Document M45-A2 3rd Edn. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015. 120 p.

11. Yochimizu M., Kimura T. Study of intestinal microflora of Salmonids. Fish Pathol. 1976. vol. 10. no. 2. P. 243–259.

12. Gay M., Renault T., Pons A.-M., Le Roux F. Two *Vibrio splendidus* related strains collaborate to kill *Crassostrea gigas*: taxonomy and host alterations. Diseases of Aquatic Organisms. 2004. vol. 62. P. 65–74.

13. Plaza N., Castillo D., Pérez-Reytor D., Higuera G., García K., Bastías R. Bacteriophages in the control of pathogenic vibrios. Electron. J. Biotechnol. 2018. vol. 31. P. 24–33.

14. Saloni K., Siderakis C., MacKinnon A.M., Griffiths S.G. Use of *Arthrobacter davidanieli* as a live vaccine against *Renibacterium salmoninarum* and *Piscirickettsia salmonis* in salmonids. Developments in biologicals. 2004. vol. 121. P. 189–197.

15. Wietz M., Mansson M., Bowman J.S., Blom N., Ng Y., Gram L. Wide distribution of closely related, antibiotic-producing *Arthrobacter* strains throughout the Arctic Ocean. Applied and environmental microbiology. 2012. vol. 78. no. 6. P. 2039–2042.

СТАТЬЯ

УДК 57.087.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯИЦ *FICEDULA HYPOLEUCA* НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ^{1,2}Замятин В.И., ^{2,3}Куляшов М.А., ⁴Маслов А.А.¹Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, e-mail: zamyatin@bionet.nsc.ru;²Новосибирский государственный университет, Новосибирск;³БИОСОФТ.РУ, Новосибирск, e-mail: m.kulyashov@developmentontheedge.com;⁴Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск,
e-mail: a.maslov.nsc@gmail.com

В статье представлен новый метод определения линейных размеров и объема яйца на основе компьютерного анализа фотоизображений. Новый метод апробирован на примере модельного для многих зоологических исследований вида – мухоловки-пеструшки *Ficedula hypoleuca*. На 67 фотографиях кладок яиц мухоловки-пеструшки было определено 216 объектов (изображений яиц), 135 из которых соответствовали критериям достоверности и были подвергнуты дальнейшему анализу. Выявлены и описаны основные проблемы метода, перспективы дальнейшего развития и применения. Разработан свод правил, которым должен следовать фотограф при фотографировании кладок яиц, так как важной частью анализа фотоизображения является наличие качественных фотографий, полученных в максимально схожих условиях. Измеренные с помощью нового метода размеры и объем яиц можно применять для оценки приспособленности и популяционных исследований. При этом минимизируются риски беспокойства птиц и повреждения яйца при измерении веса и тем более линейных размеров. Кроме описанных преимуществ, это минимизирует время нахождения около гнезда и (в случае открыто гнездящихся видов или работы с дуплянками) необходимость доставать яйца из гнезда.

Ключевые слова: анализ фотоизображений, *Ficedula hypoleuca*, определение объема яиц**DETERMINATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF *FICEDULA HYPOLEUCA* EGGS BASED ON COMPUTER IMAGE ANALYSIS**^{1,2}Zamyatin V.I., ^{2,3}Kulyashov M.A., ⁴Maslov A.A.¹Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, e-mail: zamyatin@bionet.nsc.ru;²Novosibirsk State University, Novosibirsk;³BIOSOFT.RU, Novosibirsk, e-mail: m.kulyashov@developmentontheedge.com;⁴Institute of Animal Systematics and Ecology SB RAS, Novosibirsk, e-mail: a.maslov.nsc@gmail.com

The article presents a new method for determining the linear dimensions and volume of an egg-based on computer analysis of photo images. The new method has been tested on the example of a species model for many zoological studies – the pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. Sixty-seven photographs of egg-laying flycatcher egg clutches identified two hundred and sixteen objects (images of eggs), one hundred thirty-five of which passed the thresholds of confidence and were subjected to further analysis. The main problems of the method are identified and described; prospects for further development and application. A set of rules has been developed that a photographer should follow when photographing egg clutches since an important part of the analysis of a photo image is the availability of high-quality photographs obtained in the most similar conditions. The size and volume of eggs measured using the new method can be used to assess fitness in population studies. At the same time, the risks of bird anxiety and egg damage are minimized when measuring weight and, especially, linear dimensions. In addition to the described advantages, this minimizes the time spent near the nest and (in the case of openly nesting species or working with hollows) the need to get eggs from the nest.

Keywords: image analysis, *Ficedula hypoleuca*, egg volume determination

Приспособленность – одно из ключевых понятий теории естественного отбора и эволюции. В полевых биологических исследованиях часто возникает необходимость оценить приспособленность или сравнить ее у нескольких групп животных. Нередко при определении приспособленности используют репродуктивный успех – количество жизнеспособных потомков и способных к размножению потомков. Однако в ряде случаев такого измерения недостаточно. Например, если объект исследования –

перелетные мелкие воробьиные птицы, то высокая смертность слетков в первый год жизни сильно влияет на оценку гнездового успеха пары.

За хорошую оценку репродуктивного успеха и приспособленности можно принять количество потомков, успешно завершивших два миграционных перелета – с места рождения на место зимовки и обратно, с места зимовки на место летнего размножения. Однако сделать такую оценку сложно – это потребует значительного рас-

ширения района работ, а также увеличит длительность исследования.

При работе с мелкими воробьеобразными птицами можно использовать вес птенца перед вылетом, однако и этот показатель имеет ряд ограничений. Вес птенца перед вылетом может стабилизироваться, если выводок долго не вылетает, например из-за плохой погоды или наличия в выводке позднего птенца. Также вес птенца перед вылетом можно измерить только в день вылета, что усложняет сбор материала. Возникает закономерная идея – использовать характеристики яйца (объем, вес) для оценки приспособленности пары. Этот подход имеет свои ограничения – многие виды проявляют беспокойство, если яйца достают из гнезда. Яйцо всегда можно повредить при измерении веса и тем более линейных размеров. Снять эти ограничения может разработка программного обеспечения для оценки объема яйца по фотографии. В таком случае в качестве первичных данных нужно будет собирать только фотографию гнезда вместе с объектом для масштаба. Кроме описанных преимуществ, это минимизирует время нахождения около гнезда и (в случае открыто гнездящихся видов или работы с дуплянками) необходимость доставать яйца из гнезда.

В нашей статье алгоритм распознавания и вычисления объема яиц разработан для *Ficedula hypoleuca* (мухоловки-пеструшки). Это популярный объект орнитологических исследований, удобный для работы и предпочитающий искусственные гнездовья естественным дуплам. Известны несколько работ, посвященных измерению объема яиц мухоловки-пеструшки [1, 2]. В дальнейшем алгоритм может быть адаптирован и для других видов птиц, в частности для изучения экологии дуплогнездников в естественных дуплах.

Цель исследования: разработка метода бесконтактного определения линейных размеров и объема яиц мелких воробьеобразных птиц на примере мухоловки-пеструшки.

Материалы и методы исследования

Работа проводилась в 2019 г. на территории Приобской лесостепной провинции в 30 км от г. Новосибирска в березовом лесу с березово-осиновыми, осиново-березовыми участками, посадками ели, сосны и лиственницы, с обильным подлеском черемухи. Ближайшие населенные пункты – пос. Железнодорожный, с. Гусиный брод.

Весь компьютерный анализ фотоизображений производился с использованием языка программирования Python 3 и таких пакетов, как: SciPy [3], Numpy [4], OpenCV [5s]. Для оценки реальных размеров использо-

вался контрастный объект (зажигалка) известных размеров (22*47 мм).

Для анализа фотоизображений важным этапом является наличие фотографий, полученных в максимально схожих условиях. Чтобы минимизировать влияние посторонних факторов, был разработан свод правил, которым должен был следовать фотограф:

1) фотография должна делаться с одинакового расстояния, к примеру с высоты дуплянки;

2) фотография должна иметь достаточно высокое качество: разрешение не менее 12 мегапикселей, при этом гнездо с яйцами находится в центре и занимает не менее 30% кадра. Изображения яиц и объекта, используемого для масштаба, должны быть резкими;

3) для измерения реального объема яиц необходимо наличие заранее измеренного объекта, который сильно отличался бы по цветовой гамме от остального изображения;

4) фотография не должна быть затемнена или, наоборот, засвечена.

Полученные фотографии сортировались по географическим точкам, на которых они были сделаны.

Кроме учета параметров при создании фотографии, важным этапом является предобработка изображения. Для предобработки фотографий использовалась библиотека из OpenCV `perMeanShift`, которая усредняет все оттенки для каждого цвета, что увеличивает точность распознавания, а затем библиотека `GaussianBlur` которая сглаживает объекты на фотографиях, устраняя шум. Также фотографии были преобразованы из RGB (аддитивной цветовой модели, описывающей способ кодирования цвета) в HSV (цветовую модель, описывающую альтернативный способ кодирования цвета, основанный на передаче тона, насыщенности и яркости) для более точного определения необходимых цветовых гамм.

Получив предобработанные изображения, мы разработали поэтапный план работ. Мы произвели изменение размера изображения для ускорения работы алгоритма. Следующим этапом было выделение по цвету: от светло-синего до темно-синего (от (175, 0, 80) до (210, 40, 100) в RGB), наложение маски определенных по цвету объектов. Это позволило получить только участки изображения, на которых находятся яйца. Затем, уже на только выделенных изображениях яиц, нами был использован перевод в серый, применена бинаризация. Отсу для перевода изображения в монохромный спектр в целях упрощения работы с изображениями. Следующим этапом следовало разделить границы у близко лежащих объектов. Для этого использовался

алгоритм из OpenCV – Watershed. После разделения границ производилось заполнение регионов с объектами – яйцами – разными маркерами (цветами), для того чтобы была возможность работать с каждым объектом по отдельности. Для определения объема объектов (яиц) необходимо было выбрать способ его расчета. Наиболее подходящей формулой исходя из анализа литературы стало вычисление объема эллипсоида $V = (4\pi abc)/3$, где a , b , c – длина полуосей эллипсоида [6].

Для определения полуосей эллипсоида был использован алгоритм fitEllipse из OpenCV, который описывает эллипс вокруг центра объекта с минимальными потерями площади.

После получения данных полуосей эллипса по формуле расчета объема были получены данные для каждого объекта. Так как для расчета объема необходимы 3 полуоси, то было сделано допущение, что обе малые полуоси объекта (яйца) равны.

Схожий анализ был повторен для объекта, используемого для определения реальных масштабов, за исключением цветовой гаммы объекта, которая лежала в спектре RGB от (330, 30, 60) до (360, 100, 100), а также производилось определение размеров объекта. Так как объект имел вытянутую форму, для его расчета использовалась функция minAreaRect, которая рисует прямоугольник вокруг центра объекта с минимальной потерей площади.

Полученные данные о размерах яиц в кубических пикселях необходимо было преобразовать в кубические миллиметры. Расчет производился путем вычисления длины известного объекта в пикселях, соотношения

пикселя к миллиметру для каждой фотографии и перевода в фактические размеры.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе работы было получено 79 фотографий (по одной из каждой исследованной дуплянки), 67 из которых соответствовали необходимым условиям для анализа (рис. 1).

В совокупности на всех фотографиях было определено 216 объектов, 135 из которых соответствовали критериям достоверности и были подвергнуты дальнейшему анализу (рис. 2).

Выборка была проверена на нормальность с помощью критерия согласия Колмогорова–Смирнова (0,97, $pval = 10^{-263}$). Минимальный и максимальный размер яйца был установлен в 700 и 2400 мм³ соответственно исходя из литературных данных и поправки на возможные погрешности алгоритма. Гистограмма распределения установленных размеров яиц приведена на рис. 3.

Выявленные проблемы

В ходе исследования был определен ряд проблем, связанных с процессом получения фотоизображений и их последующей обработкой.

1. Процесс фотографирования происходил без жесткой фиксации оборудования в определенном положении над гнездом, что привело к уменьшению единообразия выборки изображений.

2. Различные характеристики цвето- и светочувствительности у камер используемых телефонов также могли быть причиной уменьшения схожести, что привело к ухудшению эффективности алгоритма распознавания.



Рис. 1. Пример исходного изображения

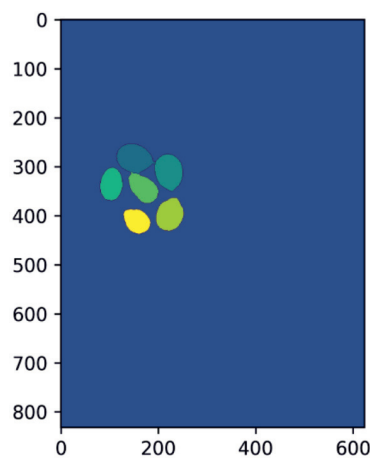


Рис. 2. Пример объектов, полученных в результате анализа

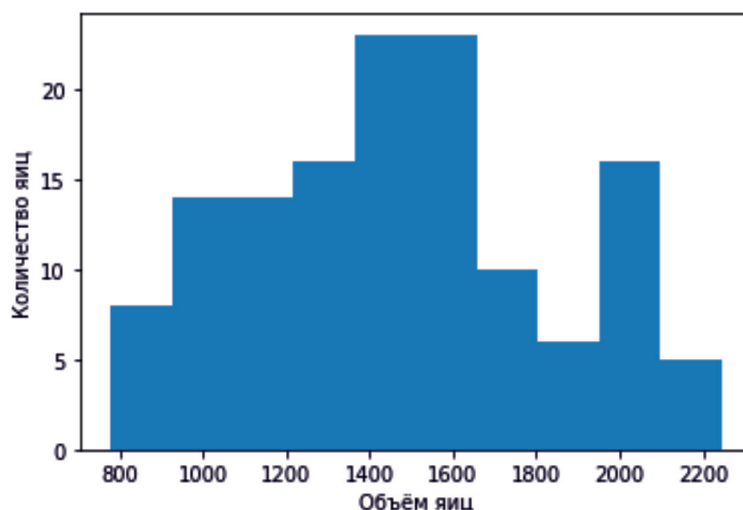


Рис. 3. Распределение количества яиц в зависимости от объема

3. Необходимость наличия объекта с известным размером для вычисления фактического размера яиц привела к добавлению посторонних предметов в гнездо (в кладку был помещен объект для определения масштаба) и к увеличению ресурсоемкости алгоритма.

4. Разработанный нами алгоритм ограничен определенным спектром цвета (или подходит только для мухоловки-пеструшки).

Решения

Аппаратное – создание полноценной автономной платформы на базе микропроцессорных систем с возможностью фотосъемки, геотаргетирования, определения размеров яиц и использования тепловой карты.

Программное – учет разнообразия характеристик модулей камер современных телефонов, выведение дополнительных коэффициентов, позволяющих создавать единые снимки для последующей их обработки одним алгоритмом.

Возможные улучшения

В случае аппаратного решения возникает ряд дополнительных возможностей и вместе с тем задач. Так, ультразвуковые датчики расстояния позволят избавиться от необходимости использовать объект с известным размером для масштаба путем применения несложных расчетов для вычисления фактического размера фотографий; тепловизионные сенсоры предоставят возможность бесконтактного отслеживания температуры яиц и кладки, а также дополнительные изображения

для алгоритма распознавания яиц, улучшая эффективность его работы. Идентичная модель камеры упростит работу математической части алгоритма, поскольку отпадает вариативность параметров цвето- и светочувствительности.

Для программного варианта разрешения возникших в ходе исследования проблем представляется в корне новое относительно использованных нами ранее методов решение – разработка и обучение нейросетевых алгоритмов – нейросети. Данная работа позволит не только глобально расширить спектр возможных вариантов использования программы (определение характеристик различных типов яиц), но и может привнести качественно новую информацию: при достаточно большой и богатой видами выборке фотографий, алгоритм позволит определять не только непосредственные характеристики размеров и принадлежности к виду, но и косвенно рассчитывать массу яиц, что существенно облегчит и упростит работу исследователя.

Заключение

Данный алгоритм позволяет бесконтактно определять размеры и объем яйца. Большую перспективу имеет его адаптация под яйца других видов птиц, в том числе имеющих покровительственную окраску. Использование мобильного приложения на основе данного алгоритма даст возможность расширить спектр данных, получаемых исследователями при проверке гнезд, в том числе гнезд крупных хищников.

Часто при массовой проверке искусственных гнездовий (например, сов) исследователи ограничиваются изучением лотка гнезда с помощью видеокамеры. Повысив качество изображения и выполнив ряд требований, они смогут измерять не только размер кладки и сроки гнездования, но и объем яиц.

Работа поддержана грантом РФФИ, проект 18-34-00444 мол_а.

Список литературы

1. Куранов Б.Д. Гнездовая биология мухоловки-пеструшки (*ficedula hypoleuca*, *passeriformes*, *muscipidae*) в юго-восточной части ареала // Зоологический журнал. 2018. № 3. С. 321–336.
2. Skwarska J., Kaliński A., Wawrzyniak J., Bańbura M., Gładalski M., Markowski M., Zieliński P., Bańbura A., Bańbura J. Variation in Egg Sizes of Pied Flycatchers *Ficedula hypoleuca* in Central Poland: A Long-Term Decreasing Trend. *Acta Ornithologica*. 2015. Vol 50 (1). P. 85–94. DOI: 10.3161/00016454AO2015.50.1.009.
3. Millman K.J., Aivazis M. Python for scientists and engineers. *Computing in Science & Engineering*. 2011. V. 13. № 2. P. 9–12. DOI: 10.1109/MCSE.2011.36.
4. Van der Walt S.S. Chris Colbert and Gaël Varoquaux. The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation, *Computing in Science & Engineering*. 2011. V. 13. P. 22–30. DOI:10.1109/MCSE.2011.37.
5. Joshi P. OpenCV with Python by example. Packt Publishing Ltd, 2015. P. 271.
6. Hoyt, Donald. Practical Methods of Estimating Volume and Fresh Weight of Bird Eggs. *Auk*. 1979. V. 96. P. 73–77.

СТАТЬЯ

УДК 504.53:631.47:631.445

ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

¹Исаков В.Ю., ²Мирзаев У.Б., ²Юсупова М.А.

¹Кокандский государственный педагогический институт, Коканд;

²Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: mirzayev.ulugbek1512@mail.ru,
mohidil_yusupova@mail.ru

В мире проводятся научно-исследовательские работы по таким приоритетным направлениям, как определение генезиса, текущего состояния песчаных почв, их изменения под воздействием антропогенного фактора, улучшение эколого-мелиоративного состояния, повышение продуктивности, сохранение и эффективное использование. В этой области особое внимание уделяется научно-исследовательской работе, направленной на выявление морфогенетических признаков, химизма, эрозии, засоленности песчаных почв, их специфических особенностей в формировании плодородия, позитивных и негативных изменений, возникающих под влиянием антропогенных и природных факторов, стабильного повышения продуктивности. В работе освещены некоторые вопросы географии и изменения гранулометрического состава и химических свойств песчаных почв Ферганской долины под влиянием ирригационного освоения. Дана характеристика элементного состава почв. Большую роль в формировании песчаных почв играют различные факторы, особенно активность ветра, специфические водные свойства, в частности высокая проницаемость и капиллярность, также были обнаружены значительные изменения в гранулометрическом составе песчаных почв, освоенных для земледелия. Естественное плодородие песков и почв песчаных массивов Ферганы очень низкое. Они по химическим и агрохимическим показателям не в состоянии обеспечить питательными элементами сельскохозяйственные растения.

Ключевые слова: песок, песчаная почва, орошение, засоление, гранулометрический состав, элементный состав

FEATURES OF CHARACTERISTICS OF SANDS SOIL MASSIVES OF FERGANA VALLEY

¹Isakov V.Yu., ²Mirzayev U.B., ²Yusupova M.A.

¹Kokand State Pedagogical Institute, Kokand;

²Ferghana State University, Uzbekistan, Ferghana, e-mail: mirzayev.ulugbek1512@mail.ru,
mohidil_yusupova@mail.ru

Is being carried out in such priority areas as determining the genesis, current state of sandy soils, their changes under the influence of the anthropogenic factor, improving the ecological and ameliorative state, increasing productivity, preserving and efficient use. In this area, special attention is paid to research work aimed at identifying morphogenetic characters, chemist, erosion, salinity of sandy soils, their specific features in the formation of fertility, positive and negative changes arising under the influence of anthropogenic and natural factors, and a steady increase in productivity. Some questions of geography and changes in the particle size distribution and chemical properties of sandy soils of the Fergana Valley under the influence of irrigation development are highlighted. The characteristic of the elemental composition of soils is given. A large role in the formation of sandy soils is played by various factors, especially wind activity, specific water properties, in particular, high capillary permeability, significant changes were also found in the granulometric composition of sandy soils developed for agriculture. The natural fertility of the sands and soils of the sandy massifs of Fergana is very low. According to chemical and agrochemical indicators, they are not able to provide nutrients to agricultural plants.

Keywords: sand, sandy soil, irrigation, salinization, granulometrical composition, elemental composition

В абиотической и биотической жизни Центральной и Западной Ферганы большую роль играет ветровая активность атмосферы на западе, юго-западе Долины ветров, начиная от ворот Фархад до меридиана Балыкчи в восточном, северо-восточном направлении. Именно здесь расположены основные песчаные массивы Ферганской долины.

Согласно генезису песков современные и древние песчано-глинистые залежи Сырдарьи, песчано-гравийные пролювиальные залежи горных рек, песчано-глинистые залежи, собранные из приводов оросительных пунктов, формируются при разрушении

песчано-гравийных отложений третичного периода, образующих холмы Гумхана.

Начало исследований по эрозии почв (дефляции) в Узбекистане связано с именами М.А. Панкова [1], К.К. Мирзажанова [2]. Геохимические, агрохимические и агро-мелиоративные свойства почв пустынной зоны изучали В.Ю. Исаков, У.Б. Мирзаев, М.А. Юсупова [3], А.Т. Турдалиев, К.А. Аскарлов [4], Ш.Я. Эшпулатов [5], С. Закирова, М. Тешабоева, Н. Кадилова [6] С.Х. Закирова [7] и другие авторы. Однако основные характеристики почв песчаных массивов этой зоны изучены недостаточно.

Цель исследования: определение изменения гранулометрического состава и химических свойств песчаных почв Ферганской долины под влиянием ирригационного освоения.

Материалы и методы исследования

Основные массивы песков Ферганской долины расположены в ее центральной и западной частях. Песчаные массивы начинаются на западе долины у города Худжанда и пролегают в северном, северо-восточном направлении непрерывной полосой, то расширяясь, то сужаясь до меридиана Балыкчи. Эта полоса песков соответствует направлению господствующих в долине юго-западных сильных ветров. В исследовании применялся морфогенетический, сравнительно-географический метод В.В. Докучаева.

Результаты исследования и их обсуждение

Особое значение имеют источники орошения и мутность оросительных вод. В результате освоения рельеф песчаных массивов стал ровным, при этом на поверхности комплексирующих солончаков, лугово-солончаковых и такыровидных почв образовался песчаный покров толщиной от нескольких десятков до 150 см и более. По гранулометрическому составу пески Ферганской долины по большей части являются мелкозернистыми песчано-пылевыми. Барханно-грядовые пески на 98–99% состоят из песчаных фракций, при этом большая доля приходится на фракцию частиц размером 0,25–0,1 мм – до 78%, на втором месте – фракция крупного песка и на третьем – мелкий песок. Содержание фракции пылеватых частиц не превышает 1–1,5%. Сумма физической глины не более 2,5–3%. Закрепленные мелкобугристые пески в верхних горизонтах обогащены пылевыми частицами и илом.

Скорость разрушения почвы под воздействием воды и ветра зависит от ее свойств. С целью борьбы с эрозией изучено состояние эрозионных процессов и дефляции земельных участков.

Процесс образования песчаных почв специфичен. Субстрат постоянно обновляется в результате пористого смешивания песков и их выветривания. Поэтому сечение почвы не очень хорошо развито. Большое влияние на образование песчаных почв оказывает их водонепроницаемость, поскольку песок полностью поглощает дождевую воду, влага проникает в гораздо большую яму и даже после высыхания верхних горизонтов в почве долго удерживается и в основном расходуется на транспирацию. Из-за

большой суточной амплитуды температур и хорошей циркуляции воздуха влага в песке конденсируется термическим путем, этот слой с влажностью в почве находится на глубине от 30–40 см до 100 см от поверхности почвы.

В условиях сухого климата процесс образования почвы на песчаных участках более специфичен, чем на землях с мягкими породами. Пористое покрытие обеспечивает легкую дефляцию. В результате поверхность песка постоянно обновляется. Песчаные массивы образуются на относительно молодых геоморфологических поверхностях. От этого зависят возраст и неразвитость разреза почв по сравнению с другими местами. В субстратах, богатых пылевыми частицами и хорошо покрытых растениями, встречаются полностью развитые почвы.

Большую роль в формировании песчаных почв играют их специфические водные процедуры, в частности хорошая водонепроницаемость и капиллярность, потому что песок полностью поглощает дождевую воду и влага проникает гораздо глубже. Например, зимой и ранней весной на Кызылкуме выпадает 80–120 мм осадков, это количество смачивает песчаную почву на глубину до 1–1,5 м. Однако в почвах с бархатистыми породами эта влага не может проникать на глубину более 40–50 см (Розанов, 1951). Так как в песках много воды скапливается в виде штор, на поверхности мениска и в капиллярах, то и воды испаряется меньше. Даже после высыхания влажных верхних слоев, более глубокие слои долго удерживают влагу в почве, которая расходуется в основном на транспирацию.

Тепловой режим песков также специфичен. Климат в пустынях теплый, растения не дают хорошо затеняться поверхности песка. Соответственно поверхность земли в дневное время нагревается до 80–90 °С. Так как песок хорошо переносит высокую температуру, он прогревается в течение дня гораздо глубже и быстро остывает ночью. Из-за большой суточной амплитуды температур и хорошей циркуляции воздуха влага, поступающая из атмосферы в виде пара в песок, конденсируется термическим путем, восполняя запас влаги в почве. Из-за недостатка капилляров образуются влажные, постоянно меняющиеся висячие слои в результате скапливания дождевой воды и конденсации. Эти слои находятся на глубине от 30–40 см до 100 см от поверхности почвы, а в сухие годы еще глубже. Поэтому, несмотря на засушливые климатические условия, растения лучше развиваются в песчаных пустынях, чем в сазах и каменистых пустынях, и их виды тоже разнообразны.

Весной эфемеры образуют густое покрытие на поверхности песка. В мае, с наступлением жарких дней, растения высохнут. В песках произрастают еще многолетние растения – песчаная акация, коллегиумы, лебеда и саксаул, хорошо развитые корни которых получают влагу из грунтовых вод с помощью вышеупомянутых влажных висячих слоев и частично невероятно длинных корней на протяжении всего лета. Из-за того что растения хорошо развиты, каждый год в почве остается большое количество органических остатков. Почвенные микроорганизмы полностью разлагают эти остатки.

На плоских песках находится слой посолонного пористого песка толщиной 3–5 см, на котором корни растения не будут распадаться. Ниже него расположен слой серого цвета, который явно не выражен, со складчатой структурой, он имеет много общего с корнями растений. Корни растения покрыты мелкими, водостойкими, как бусины (кораллы), крошками. Еще глубже расположен густой слой темного цвета, в котором можно встретить корни и насекомых. Ниже него лежит пористый песок.

Почвенные сепараторы в основном песчаные, легкие и среднеспесчаные, в меньшей степени имеют тяжелый механический состав. Поверхность почвы почти везде дефляционная, солоноватая. В механическом составе таких почв выделяют большое количество мелкозернистых фракций (размер 0,10–0,05 мм). Их количество достигает 44%. Объем крупной фракции пыли (0,05–0,01 мм) равен 0,1–47%.

Среднесуглинистые почвы характеризуются большим количеством крупных пылевых фракций (24–55%). В тяжелых песчаных слоях почв всегда преобладают фракции пыли, особенно средней и крупной пыли. А в глине (порошке) содержится большое количество фракций средней и мелкой пыли (25%).

Состав фракций песка зависит от длительности (дальности) выветривания, времени усвоения и интенсивности использования продуктов рассеивания, происходящего под воздействием ветра. Чем дольше длится рассеивание, тем сильнее будет просеивание частиц песка. Количество частиц пыли меньше, концентрация крупных частиц увеличивается, а содержание песка меняется.

Более 97–99% механических частиц бархатных песков составляют фракции песка, они характеризуются большим количеством частиц размером 0,25–0,1 мм (78–80%). Крупная фракция песка (0,1–0,25 мм) занимает второе место, а мелкая фракция песка (0,1–0,05 мм) – третье место. Количество частиц пыли колеблется в пределах 0,2–2,3%,

а суммарное количество частиц физической формы (частиц размером меньше 0,01 мм) находится в пределах 0,4–3,2% (таблица).

Закон пропорциональности количества фракций механического состава бархатных песков также сохраняется на песчаных почвах, осваиваемых для орошаемого земледелия. Но количество доли среднего песка в них уменьшилось относительно, а содержание частиц мелкого песка, наоборот, увеличилось. Также немного повысилось количество пыли и мутных частиц. Эти изменения более выражены в связи с увеличением срока использования песка в условиях орошаемого земледелия.

Песок, много лет находящийся под культурами риса и клевера, богаче, чем грязевые и пыльные фракции.

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

Количество гумуса в слое 0–30 см составляет 0,22–0,5%, ниже – 0,08–0,37%. В соответствии с количеством гумуса общее количество азота также меньше. В верхнем слое почвы валовой азот равен 0,1–0,05%, его запас составляет 0,4–2,1 тонны на гектар. В нижнем слое содержание азота составляет всего 0,005–0,02%.

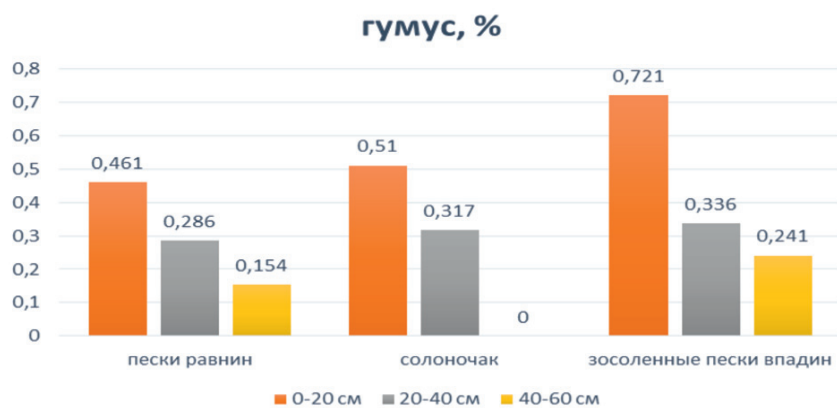
Содержание подвижного фосфора составляет 3–17 кг на кг почвы в верхнем слое, что соответствует группе обедненных почв (10–20 мг/кг). По количеству обменного калия почвы относятся к категории средней обеспеченности (200–300 мг/кг).

Количество гумуса колеблется в пределах от 0,461% до 0,154% в песках равнин, от 0,721% до 0,241% в засоленных песках впадин и с 0,510–0,317% в солончаках (рисунки).

Количество гипса не так велико в песках, но его содержание в разрезе засоленных песков, особенно в слоях с тяжелым механическим составом, увеличивается. Амплитуда его изменения составляет от 0,1% до 14,5%. Возникновение и накопление гипса и карбонатов в разрезе почв связаны с испарением и расходом на транспирацию вод, расположенных вблизи поверхности земли. Гипс – это среднерастворимая соль (растворимая до 2 г в 1 л воды), которая накапливается в наибольшем количестве в верхней части зоны подъема капилляров. Гипс достигает своего максимального количества в более тяжелых механических слоях. Накопление карбонатов увеличивается с повышением температуры растворов.

Механический состав почв

Разрез	Глубина, см	Содержание (%) фракций размером (мм)							0,01 >
		1,0–0,25	0,25–0,10	0,10–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	0,001>	
Барханные пески									
51	0–20	17,7	77,2	4,6	0,1	0,05	0,05	0,3	0,4
	20–40	16,5	78,0	4,8	0,3	0,01	0	0,4	0,41
Равнинные пески									
53	0–20	13,8	74,9	8,3	0,9	0,3	0,5	1,3	2,1
	20–40	18,4	74,1	4,5	0,8	0,3	0,7	1,2	2,2
	40–60	15,8	71,1	10,4	0,6	0,5	0,6	1,0	2,1
	60–80	15,1	72,1	9,5	0,8	0,5	0,5	1,5	2,5
	80–100	12,2	72,5	11,5	0,6	1,0	0,6	1,6	3,2
Солончак									
3	0–3	20,0	34,3	36,5	2,9	2,9	1,8	1,6	6,3
	10–30	8,6	13,0	19,0	46,2	7,5	9,4	2,3	19,2
	30–45	4,3	10,1	32,3	30,2	11,1	10,7	1,3	23,1
	45–70	3,8	5,8	48,2	28,5	6,9	6,8	0,1	13,8
	70–100	0,8	13,5	57,3	20,3	4,6	2,0	1,5	8,1
	100–180	1,8	4,8	20,1	30,4	14,4	20,0	8,8	43,2
	180–220	4,4	3,6	5,2	12,9	23,4	33,5	16,5	73,4
Новоосвоенные песчаные почвы									
5	0–40	19,6	57,0	116,8	0,6	1,1	0,9	4,0	6,0
	40–73	17,2	73,7	2,2	1,6	0,0	1,8	2,8	5,3
	73–86	32,9	43,0	19,7	0,3	0,4	1,9	1,8	4,1
	86–115	10,0	12,8	7,4	20,1	20,4	21,6	7,7	49,7
	115–170	9,9	13,9	8,4	21,1	19,4	20,6	6,7	46,7



Изменение химических свойств почв по слоям, гумус %

В заключение отметим, что под влиянием орошения и применяемых агротехнических и агромелиоративных мероприятий на песчаных почвах произошли положительные изменения. В механической структуре увеличивается количество пыли и размытых фракций.

Геолитологическое и геоморфологическое строение Ферганской долины способ-

ствовало созданию специфических климатических условий и рельефных форм. Наличие коридора Худжанд на западе долины активизировало воздушные массы на этой территории, окруженной горными хребтами со всех сторон. Воздушный поток, выходящий из коридора, расширяется в форме конуса и направляется внутрь долины. Ветер, начинающийся на западе, юго-

западе долины, продолжает свое движение на восток, северо-восток в направлении Баликчинского, Шахриханского районов.

Основное количество долинных песчаных месторождений расширяется в соответствии с направлением ветра, сужается в сторону запада, юго-запада, востока, северо-востока. Песчаные дюны в других частях долины также расположены в соответствии с направлением ветра.

Список литературы

1. Панков М.А. Мелиоративное почвоведение. Ташкент: «Ўқитувчи», 1974. С. 208–209.
2. Мирзажанов К.М. Научные основы борьбы с ветровой эрозией на орошаемых землях Узбекистана. Ташкент: «Фан» УзССР, 1981. С. 5–45.
3. Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б., Юсупова М.А. К характеристике почв песчаных массивов Центральной Ферганы // Современное состояние и перспективы развития мелиоративного почвоведения. Матер. межд. конф. посвященной 100-летию В.М. Боровского. Алматы, 2009. С. 35–38.
4. Турдалиев А.Т., Аскарлов К.А. Энергетические особенности микроэлементов в засоленных почвах Центральной Ферганы // Актуальные проблемы современной науки. 2019. № 6. С. 83–87.
5. Эшпулатов Ш.Я. Влияние оросительных вод на плодородие светлых сероземов // Актуальные вопросы современной науки. 2014. № 2. С. 25–28.
6. Закирова С., Тешабоева М., Кадилова Н. Влажность и полевая влагоемкость почв и песков // Узбекистон қишлоқ ва сув хўжалиги. 2019. № 11. С. 43–44.
7. Закирова С.Х. Научные основы генезиса, агрофизических и агрохимических свойств, повышения производительной способности песков Центральной Ферганы: автореф. дис. ... докт. сел.-хоз. наук. Ташкент, 2017. 120 с.

СТАТЬЯ

УДК 57.02:636.084.2

**ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОДЕРЖАНИЯ И ПИТАНИЯ НА
МОРФОЛОГИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУР СЛИЗИСТОЙ
ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА И СИМБИОЦЕНОЗЫ *BOS TAURUS TAURUS*****Хацаева Р.М.***ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова» РАН,
Москва, e-mail: admin@sevin.ru*

Впервые с помощью методов сканирующей электронной микроскопии были выявлены морфологические особенности эпителиальной поверхности слизистой оболочки уголков рта и симбиоценозов слизистой оболочки полости рта взрослых особей бычков *Bos taurus taurus*, связанные со спецификой их содержания и питания. Исследовались морфофункциональные структуры и симбиоценозы слизистых оболочек уголков рта двух групп взрослых особей бычков *Bos taurus taurus* с разными условиями содержания и питания – пастбищным при естественной пастбе и домашним с кормлением горячей бардой. Выявлены значительные деструктивные изменения морфологии функциональных структур слизистой оболочки ротовой полости и ультраструктуры поверхности слизистой оболочки, а также угнетенное состояние симбиоценозов в слизистой оболочке уголков рта у группы бычков при кормлении горячей бардой, позволяющие утверждать, что такой способ кормления нерационален и может привести к серьезным последствиям для здоровья животных. Обнаруженные ультраструктурные особенности слизистой оболочки уголков рта и их симбионтов в связи со спецификой содержания и питания сравниваемых животных показывают ограниченность адаптивных возможностей органов пищеварительной системы к экстремальным изменениям рациона. Полученные данные могут быть использованы в практике разведения и кормления домашних видов жвачных животных при стойловом содержании и особенно при кормлении диких видов при содержании в зоопарках, питомниках и охраняемых территориях с целью сохранения биоразнообразия.

Ключевые слова: жвачные, слизистая оболочка полости рта, сосочки слизистой оболочки ротовой полости жвачных, микрофлора, симбионты

**INFLUENCE SPECIAL AND POWER ON MORPHOLOGY FUNCTIONAL
STRUCTURES MULYSE SMYSIT AND SYMBIOCENOSSES *BOS TAURUS TAURUS*****Khatsaeva R.M.***A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences,
Moscow, e-mail: admin@sevin.ru*

For the first time, using scanning electron microscopy techniques, morphological features of the epithelial surface of the mucous membrane of the corners of the mouth were revealed, and symbiocenoses of the oral mucosa of adult bull slugs *Bos taurus taurus* related to the specifics of content and nutrition. The morphofunctional structures and symbiocenoses of the mucous membranes of the corners of the mouth of two groups of adult *Bos taurus taurus* bulls with different conditions of maintenance and nutrition were studied – grazing with natural mouth and home-feeding hot bard. Significant destructive changes in the morphology of the functional structures of the oral mucosa and ultrastructure of the surface of the mucous membrane, as well as the depressed state of symbiocenoses in the mucous membrane of the corners of the mouth in the group hot-gloved feeding, allowing us to argue that this method of feeding is irrational and can lead to serious consequences for animal health. Discovered ultrastructural features of the mucous membrane of the corners of the mouth and their symbionts in connection with the specifics of the content and nutrition of the compared animals show the limited adaptive capabilities of the digestive system to extreme changes in the diet. The findings can be used in the practice of breeding and feeding domestic ruminants at stable maintenance and especially in feeding wild species in zoos, nurseries and protected areas for conservation purposes Biodiversity.

Keywords: ruminants, oral mucosa, lumps of the mouth mucosa rum, microflora, symbionts

Одомашненные виды жвачных копытных давно приобрели широкое распространение, большое разнообразие и имеют для человека огромное экономическое значение. Сведения о морфологии системы органов пищеварения жвачных копытных и их адаптивных возможностях имеют большое теоретическое значение, а также могут и должны быть учтены на практике при кормлении одомашненных видов жвачных животных при стойловом содержании и диких видов при искусственном разведении

и содержании в неволе при охранных мероприятиях. Органы пищеварительной системы осуществляют тесный контакт внешней и внутренней сред организма и благодаря мультифункциональности и компенсаторным функциям регулируют гомеостаз и адаптационные механизмы, обеспечивая приспособление животных к смене условий существования и питания.

При изучении органов пищеварения млекопитающих необходимо знать и учитывать все разнообразие их морфологии

и функционирования. Исходя из целей и задач исследований органов пищеварения может применяться широкий спектр методов. Этими задачами могут быть экологические, возрастные, половые, видовые, породные аспекты, а также необходимость выявления механизмов приспособления к определенным условиям существования и питания и их изменениям.

Научные исследования в области пищевых адаптаций и сравнительной морфологии органов пищеварительного тракта жвачных животных позволяют судить об их связи с характером питания, экологией и жизнедеятельностью симбионтов. Имеющиеся в мировой литературе данные по этому направлению касаются в основном качественной [1, 2] и количественной характеристик питания [3, 4]. В последнее время много исследований посвящено рекомендациям по питанию [5–7], в том числе *in situ* [8, 9], а также общему метаболизму в желудочно-кишечном тракте [10–12] и белковому обмену [13].

В отечественной и иностранной литературе в настоящее время есть лишь единичные исследования, изучающие морфофункциональные механизмы адаптации органов пищеварения жвачных копытных к специфике корма, определяющие роль пищевой специализации жвачных в эволюции пищеварительной системы [14].

Неизученными среди органов пищеварительной системы оказались морфофункциональные структуры слизистой оболочки ротовой полости, в частности щечные сосочки, которые выполняют важную роль в процессе удерживания, пережевывания и транспортировки пищи. Нет исследований по симбиозам ротовой полости и их роли в пищеварении.

Состояние морфофункциональных структур слизистой оболочки полости рта, а также ее симбиозов, их качественная и количественная характеристика напрямую зависят от качества корма. Учитывая, что полость рта является первым звеном в пищеварительной системе, непосредственно контактирующим с кормом, а также участвующим в процессе жвачки у жвачных животных (эту особенность они приобрели в процессе эволюции как важнейшую функцию для переваривания растительной пищи), становится очевидной необходимость исследования ее органов.

Кроме того, требуются комплексные исследования всех органов пищеварительной системы жвачных копытных на всех уровнях структурной организации для выявления их взаимосвязи, компенсаторных отношений как внутри системы в целом, так и органов, определения механизмов и пределов адаптаций на разных структурных уровнях при

изменении условий содержания и кормления. Не проводятся исследования системы органов пищеварения у жвачных как самой сложной системы среди всех животных в сравнительном плане у *Bovinae*, *Caprinae*, которые бы позволили определить общие закономерности и особенности их морфологии, функционирования и механизмов адаптации к меняющимся условиям среды и питания, что для многих диких видов копытных жвачных представляется особенно актуальным ввиду катастрофического сокращения их численности.

Цель исследования: исследовать особенности морфологии функционирующих структур внутренней выстилки полости рта и выявить симбиозы взрослых особей *Bos taurus taurus* при разных условиях содержания и питания.

Материалы и методы исследования

В качестве материала для исследований использовали уголки рта (морфофункциональные структуры их слизистых оболочек) двух групп (по пять животных в каждой) взрослых особей бычков *Bos taurus taurus* с разными условиями содержания и питания: первая группа с пастбищным содержанием при естественной пастбе на травянистой растительности и вторая – с домашним содержанием с питанием горячей бардой (отходом производства этилового спирта – густой жидкостью светло-коричневого цвета с кисловатым запахом с содержанием сухих веществ около 6%), часто используемой в качестве корма для скота в местах производства спирта. Материал был получен в Кабардино-Балкарской Республике на протяжении 2015–2018 гг.

В исследованиях были применены методы сканирующей электронной микроскопии. Для проведения электронно-микроскопических исследований объекты фиксировались в 10%-ном формалине. После фиксации образцы промывались в воде, затем проводились через серии этилового спирта (от 30% до 100%) и ацетон. После этого этапа образцы высушивались в критической точке на установке Hitachi Critical Point Dryer HCP-1. Для обеспечения проводимости исследуемых образцов проводилось их напыление золотом на оборудовании S150A Sputter Coater. Изучение и фотографирование исследуемых образцов осуществлялись на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega [15].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные нами исследования достоверно выявили, что у обеих групп жи-

вотных имелась характерная для жвачных копытных морфология слизистой оболочки (и ее функциональных структур – сосочков) полости рта. Слизистая оболочка имела общий план строения. Щечные сосочки были выстланы многослойным плоским ороговевающим эпителием и направлены назад в сторону глотки. Наиболее высокие и густо расположенные сосочки размещались на участке от угла рта до начала коренных зубов. Строение сосочков неодинаково – встречались короткие, длинные, с широким или узким основанием, с гладкой поверхностью или с продольными бороздами, с острым кончиком или с тупым, с расщеплениями на верхушке или сбоку.

Вместе с тем были выявлены значительные особенности ультратонкого строения морфофункциональных структур, архитектоники поверхности эпителия сосочков и микрофлоры, а также ее локализации. Обнаружилась значительная разница в строении поверхности сосочков, особенно их кончиков (рис. 1, А, Б).

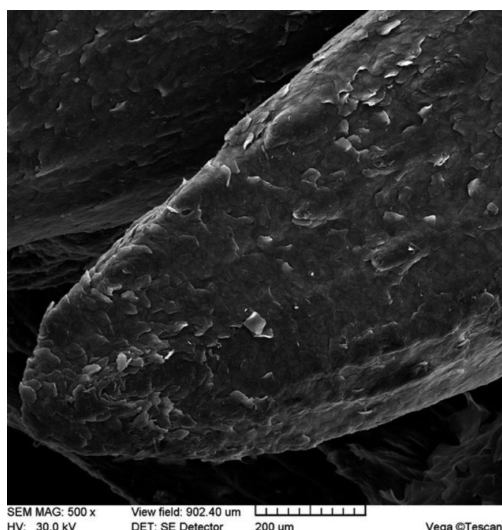
У бычков первой группы, питавшихся пастбищной растительностью, сосочки были целые, имели относительно ровную поверхность с равномерно отшелушивающимися клетками, что является нормой (рис. 1, А). Поверхность эпителия слизистой оболочки уголков рта у бычков первой группы имела четко выраженное сетчатое строение с одинаковыми ячейками (рис. 2, А). На наш взгляд, сетчатое строение способствует увеличению площади

функциональной поверхности и создает соответствующие ниши для симбиозов. Клетки в основном были одинакового размера и многогранной формы. На поверхности эпителия расположено много разных симбионтов (рис. 2, А).

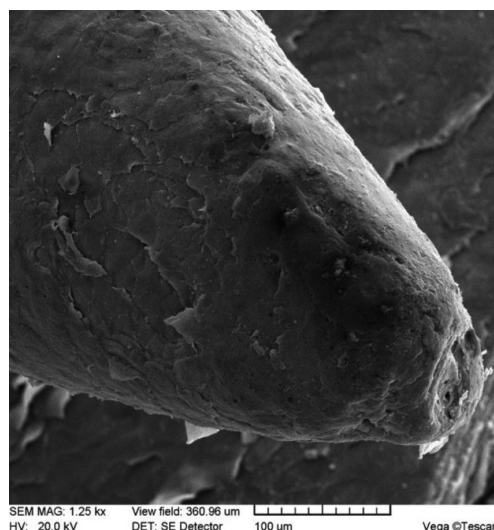
У бычков второй группы, питавшихся бардой, сосочки были деформированы, с поврежденными кончиками, поверхность сосочков стерта, с большими и неравномерными площадями отшелушивания с изъязвлениями и дырочками (рис. 1, Б).

Поверхность эпителия слизистой оболочки уголков рта у бычков второй группы имела нечеткую структуру с резко очерченными неровными границами клеток (рис. 2, Б). Структура поверхности сетчатая, с неодинаковыми ячейками со слипшимися, как будто сожженными, краями. На поверхности клеток много слизи (по-видимому, выполняющей защитную функцию), встречались единичные микробы (рис. 2, Б).

Морфологические особенности тонкого строения поверхности сосочков, представляющих собой экологическую нишу для симбиозов, детерминируют особенности их локализации, величины, количества, способов прикрепления (рис. 3, А, В). Соответственно рельефу поверхности на ней располагались разрозненно лежащие одиночные бактерии кокковидной формы на более гладкой поверхности или длинные цепочечные кокковидные бактерии в углублениях с расположенными вокруг мелкими кокками и палочковидными формами (рис. 2, А).

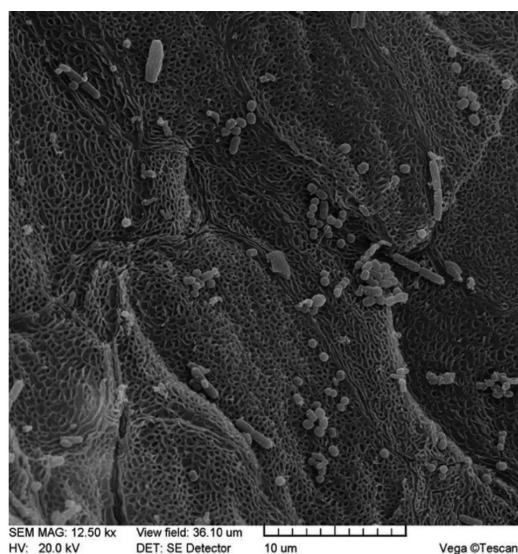


А

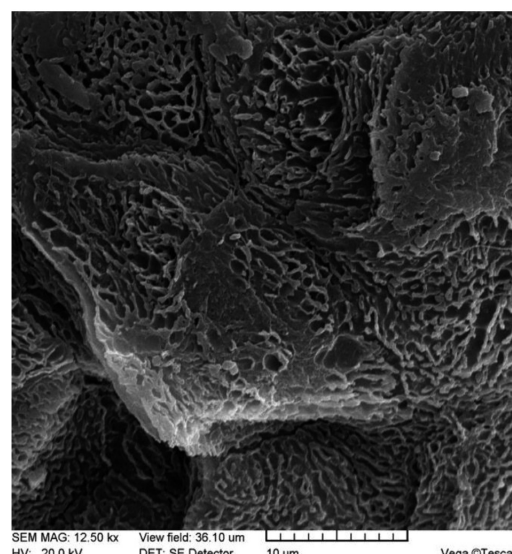


Б

Рис. 1. Морфология сосочков и поверхности ротовой полости *Bos taurus taurus*:
А – питавшихся пастбищной растительностью; Б – питавшихся горячей бардой



А



Б

Рис. 2. Тонкое строение эпителиальной поверхности сосочков ротовой полости *Bos taurus taurus*:
А – питавшихся пастбищной растительностью; Б – питавшихся горячей бардой

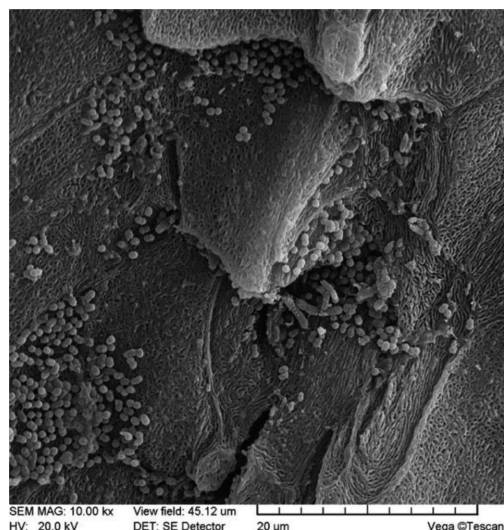
У первой группы животных на сосочках с более рельефной эпителиальной поверхностью встречались места, полностью покрытые большими скоплениями бактерий, преимущественно одного вида – или кокковидные, или палочковидные (рис. 3, А). При этом некоторые бактерии лежали свободно, не имея связей друг с другом и без слизи вокруг (рис. 3, А, В), а другие были связаны друг с другом с помощью тонких нитей и имели небольшое количество слизи. У некоторых животных одновременно встречались скопления бактерий разных видов: кокковидных – одиночных, двояных или цепочечных, палочковидных – одиночных и двояных, коротких и длинных (рис. 3, А, В).

В некоторых случаях наблюдалась очень рельефная архитектура поверхности эпителия слизистой оболочки сосочков с большими щелевидными углублениями, которые были заполнены значительными скоплениями симбионтов разных популяций (рис. 3, А, В). Встречались совместные популяции кокковидных и палочковидных бактерий. В одних случаях кокки были представлены одиночными и двояными формами с шероховатой поверхностью совместно с палочковидными формами, в других – отмечались одиночные и двояные кокки с гладкой поверхностью и соединительными нитями в соседстве

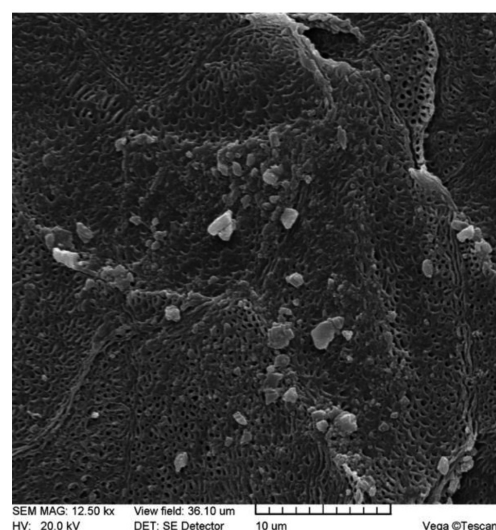
с палочковидными бактериями (рис. 2, А, рис. 3, А, В).

Все это разнообразие симбионтов, а также их локализация соответствуют норме для жвачных растительноядных животных.

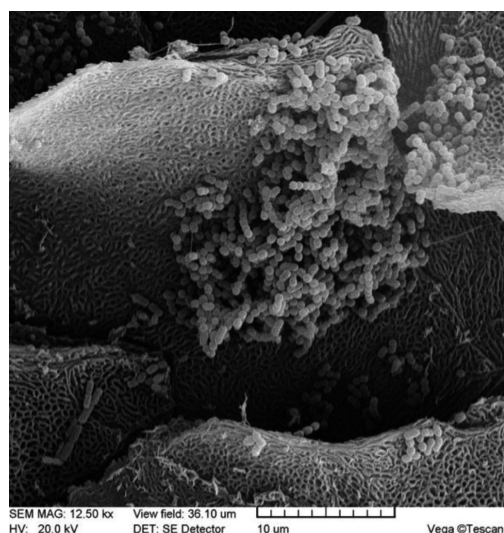
У второй группы животных на поверхности эпителия сосочков практически не наблюдалось симбионтов, за исключением единичных мелких форм (рис. 2, Б). На участках с более гладким рельефом поверхности отмечались очень мелкие, заключенные в ячейках поверхностной сетчатой структуры, а также многочисленные, разной формы и величины кристаллы (рис. 3, Б, Г). В некоторых случаях у второй исследуемой группы животных на сосочках были видны сколовшиеся неповрежденные участки поверхностного эпителия, на котором также имелись кристаллы и единичные мелкие симбионты (рис. 3, Г). Возможно, отсутствие симбиocenозов также связано с употреблением горячей барды, в которой они погибли, остались только самые мелкие формы – внутри ячеек сетчатой структуры поверхности слизистой оболочки. Можно предположить, что большое количество различных кристаллов на поверхности слизистой оболочки связано с какой-то защитной реакцией на горячий корм, что требует дополнительных исследований.



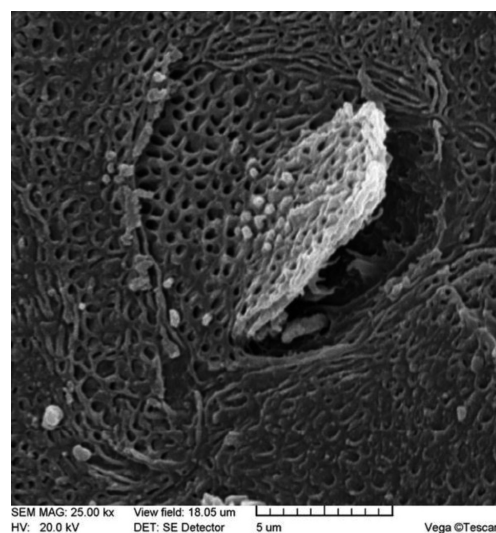
А



Б



В



Г

Рис. 3. Разнообразие и локализация симбионтов и кристаллы на поверхности эпителия слизистой оболочки сосочков уголков рта у *Bos taurus taurus*;
А, В – питавшихся пастбищной растительностью; Б, Г – питавшихся горячей бардой

Заключение

Таким образом, результаты проведенных нами сравнительных исследований морфологии сосочков слизистой оболочки полости рта у бычков (*Bos taurus taurus*) при разных условиях содержания и питания на электронно-микроскопическом уровне выявили общий план их строения, а также особенности, свойственные каждой группе.

У первой группы животных, питавшихся пастбищной растительностью, морфоло-

гия слизистой оболочки уголков рта была без нарушений, сосочки были целые с относительно ровной поверхностью с равномерно отшелушивающимися клетками, что является нормой. Поверхность эпителия слизистой оболочки уголков рта у бычков первой группы имела четко выраженное сетчатое строение с одинаковыми ячейками. Клетки в основном одинакового размера и многогранной формы. На поверхности слизистой оболочки имелось большое количество разнообразной микрофлоры, лока-

лизированной соответственно архитектонике поверхности эпителия.

Очевидно, что в первой группе исследованных животных с пастбищным содержанием и питанием морфология функциональных структур и состояние симбиоценозов соответствуют норме, что отражает у них экологическую приспособленность к усвоению грубого травянистого корма, свойственного жвачным животным.

Особенностями, выявленными у второй группы животных, содержащихся в домашних условиях и питавшихся горячей бардой, можно считать нарушения ультраструктуры слизистой оболочки полости рта и почти полное отсутствие симбиоценозов, за исключением очень мелких форм, оказавшихся внутри ячеек сеточной структуры. В этой группе наблюдались негативные явления в виде деформации формы сосочков слизистой оболочки уголков рта, искривления, глубокие наплывы на основаниях и сколы, дырки на их кончиках. Поверхность эпителия – с потертостями, большими и неравномерными площадями отшелушивания с изъязвлениями и дырочками, с большим количеством слизи в наиболее поврежденных местах. Сетчатая архитектоника поверхности эпителия сосочков невыраженная, границы клеток утолщены и имеют сколы. Симбионтов на поверхности эпителия крайне мало, они очень мелкие, зато часто встречались многочисленные кристаллы разной формы и размеров.

Все выявленные особенности морфологии и симбиоценозов ротовой полости у двух сравниваемых групп животных наглядно показывают негативные последствия кормления животных горячей бардой, приводящей к деформации морфофункциональных структур слизистой оболочки ротовой полости и полному угнетению ее симбиоценозов. Это является демонстрацией ограниченности адаптивных возможностей морфологических структур полости рта при экстремальных изменениях рациона.

Результаты исследований наглядно показали корреляцию особенностей морфологии функциональных структур ротовой полости и их симбиоценозов у жвачных копытных и их обусловленность спецификой содержания и питания животных. Полученные данные можно использовать как критерии для прогнозирования благополучия популяций на основании характеристики их питания и при научной разработке нормативов правильного кормления домашних и диких видов жвачных копытных в различных условиях их содержания.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам ИПЭЭ им. А.Н. Север-

цова РАН: Некрасову Алексею Николаевичу и Неретиной Анне Николаевне – за содействие в проведении исследований.

Работа выполнена с помощью оборудования Центра коллективного пользования «Инструментальные методы в экологии» при ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН.

Список литературы

1. Абатуров Б.Д., Казьмин В.Д., Колесников М.П. Питание бизонов (*Bison bison*), верблюдов (*Camelus bactrianus*) и лошадей (*Equus caballus*) при совместной пастбе на изолированном степном пастбище // Зоологический журнал. 2015. № 12 С. 1470–1478.
2. Магомедов М.-Р.Д., Яровенко Ю. А., Насрулаев Н.И. Качественная и количественная характеристика питания безоарового козла (*Capra aegagrus*) на восточном Кавказе // Зоологический журнал. 2015. № 3. С. 345–351.
3. Позднякова М.К., Жарких Т.Л., Ясинецкая Н.И., Колесников М.П. Количественная оценка питания полувольной группировки лошади Пржевальского (*Equus przewalskii*) в степном местообитании (заповедник «Аскания Нова») // Зоологический журнал. 2011. № 3. С. 368–376.
4. Clauss M. Digestive physiology and feeding behaviour of equids – a comparative approach. Horse Health Nutrition – European Equine Health & Nutrition Congress. Gent, Belgium, 2013. P. 25–33.
5. Odadi W.O., Jain M., Van Wieren S.E., Prins H.T., Rubenstein D.I. Facilitation between bovids and equids on an African savanna. *Evolutionary Ecology Research*. 2011. V. 13. P. 237–252.
6. Silva L.F., Paulino M.F., Marcondes M.I., Lobo A.A., Villadiego F.A. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugarcane. *J. Anim. Sci.* 2014. V. 92. P. 2996–3006.
7. Huhtanen P., Ahvenjärvi S., Broderick G.A., Reynal S.M., Shingfield K.J. Quantifying ruminal digestion of organic matter and neutral detergent fiber using the omasal sampling technique in cattle – A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 2010. V. 93. P. 3203–3215.
8. Krizsan S.J., Rinne M., Nyholm L., Huhtanen P. New recommendations for the ruminal in situ determination of indigestible neutral detergent fibre. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2015. V. 205. P. 31–41.
9. Chiavegato M.B., Powers W., Palumbo N. Ammonia and greenhouse gas emissions from housed Holstein steers fed different levels of diet crude protein. *J. Anim. Sci.* 2015. V. 93 P. 395–404.
10. Nichols K., Dijkstra J., Laar H., Pacheco S., Valenberg H.J., Bannink A. Energy and nitrogen partitioning in dairy cows at low or high metabolizable protein levels is affected differently by post-rumen glucogenic and lipogenic substrates. *J. Dairy Sci.* 2019. V. 102. P. 395–412.
11. Denton B.L., Diese L.E., Firkins J.L., Hackmann T.J. Accumulation of reserve carbohydrate by rumen protozoa and bacteria in competition for glucose. *Appl. Environ. Microbiol.* 2015. V. 81. P. 1832–1838.
12. Ahvenjärvi S., Vaga M., Vanhatalo A., Huhtanen P. Ruminal metabolism of grass silage soluble N fractions. *J. Dairy Sci.* 2018. V. 101. P. 279–294.
13. Brown A.N., Weiss W.P. Effects of oscillating the crude protein content in dairy cow rations. *J. Dairy Sci.* 2014. V. 97. P. 169.
14. Хацаева Р.М. Морфофункциональные адаптации органов пищеварения полорогих (Bovidae). М.: ТНИ КМК, 2018. 334 с.
15. Хацаева Р.М. Морфофункциональное изучение органов пищеварения полорогих (Bovidae). Методические рекомендации. М.: ТНИ КМК, 2017. 96 с.

СТАТЬЯ

УДК 631.421.1

**ВЛИЯНИЕ ПОЛИВОВ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ВОДАМИ
НА СОЛЕВОЙ БАЛАНС ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВЫХ САЗОВЫХ ПОЧВ****Юлдашев Г.Ю., Дармонов Д.Ё.***Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: gylam48@mail.ru*

В работе приведены результаты трехлетнего воздействия коллекторно-дренажными водами на солевой баланс орошаемых луговых сазовых почв Центральной Ферганы. Показано, что в течение трех лет почвы были засолены в пределах средnezасоленных почв. Кроме того, в профиле обнаруживаются арзык-шоховые горизонты и мелкие кристаллы гипса и карбонатов в средней части. Также отмечается средняя степень засоления этих почв. Характер засоления – хлоридно-сульфатного и сульфатного типа. В агрофизических свойствах почв произошли несущественные изменения в объемном весе почв, где небольшое снижение показателя наблюдается в пахотных горизонтах вариантов при поливах минерализованными водами. Результаты анализа водной вытяжки позволили установить изменения степени засоления и качественного состава водорастворимых солей по профилю изученных почв в пользу вариантов с применением для поливов минерализованных вод. Орошаемые луговые сазовые почвы после трехлетнего полива арычными и минерализованными водами остались в группе средnezасоленных почв начиная с подпахотных горизонтов, а пахотные горизонты остались слабозасоленными. При этом наблюдается резкий рост плотного остатка в варианте с применением дренажных вод, где весной «ПО» составил 0,554 %, а осенью 2018 стало 1,004 % в пахотном слое. Далее отмечается резкий рост этого показателя до 1,6 %, в вариантах 3, 4 аккумуляция солей наблюдается, но менее напряженно по сравнению с 2-м вариантом.

Ключевые слова: коллекторно-дренажные, минерализованные воды, орошение, средnezасоленные, сухой остаток, сернокислые, аккумуляция, баланс

**INFLUENCE OF IRRIGATION BY MINERALIZED WATERS ON THE SALT
BALANCE OF IRRIGATED MEADOWS SASA SOIL****Yuldashev G.Yu., Darmonov D.E.***Fergana State University, Fergana, e-mail: gylam48@mail.ru*

The paper presents the results of a three-year impact of collector-drainage waters on the salt balance of irrigated meadow sasa soils of Central Fergana, which indicates that for three years the soils are saline within the middle saline soils. In addition, arzyk-shokh horizons and small crystals of gypsum and carbonates in the middle part are found in the profile. Also the average degree of salinization of these soils. The character of salinity of the chloride-sulfate and sulfate types. In the agro physical properties of soils, insignificant changes in the bulk density of soils occurred, where a slight decrease in the indicator is observed in the arable horizons of options with irrigation with mineralized waters. The results of the analysis of water extract allowed us to establish changes in the degree of salinization and the qualitative composition of water-soluble salts according to the profile of the studied soils in favor of options using mineralized water for irrigation. After a three-year influence of irrigation with irrigation and saline waters, the irrigated meadow soils remained in the group of medium-saline soils starting from the arable horizons, while the arable horizons remained slightly saline. At the same time, there is a sharp increase in the dense residue in the variant with the use of drainage water, where in the spring «PO» amounted to 0.554%, and in autumn 2018, it became 1.004% in the arable layer, then there is a sharp increase in this indicator to 1.6%, in options 3, 4 salt accumulation is observed, but less intense compared with option 2.

Keywords: collector-drainage, mineralized water, irrigation, medium saline, dry residue, sulfate, accumulation, balance

Ежегодно в мире образуется порядка 300 км³ коллекторно-дренажных вод, в том числе в СНГ – 90 км³, в США – 30 км³, они наносят большой ущерб природе и экономике стран мира [1].

По мере развития орошаемого земледелия в Узбекистане растет сток коллекторно-дренажных вод, объем которых достигает 36–38 км³ в год, из них около 13,5–15,5 км³ ежегодно образуется в бассейне Сырдарьи. Удельный объем дренажного стока, формирующийся на территории Ферганской области, составляет 8,3 тыс. м³/га, а по бассейну Амударьи – от 3,4 тыс. м³/га до 12,7 тыс. м³/га. Поэтому очень важны и актуальны исследование химических и геохимических характеристик коллекторно-дре-

нажных вод и их использование для поливов сельскохозяйственных культур на месте их образования. На сегодняшний день в мировом масштабе приоритетное внимание уделяется исследованиям данного направления, в том числе изучению закономерностей формирования и химического состава, оценке эколого-мелиоративного состояния коллекторно-дренажных вод. Также особое значение придается влиянию минерализованных вод, изучению влияния динамики, аккумуляции и миграции водорастворимых солей.

Целями исследования являются определение направленности процессов почвообразования под влиянием поливов пшеницы минерализованными дренажными водами на орошаемых луговых сазовых

среднесуглинистых почвах, а также и коллекторно-дренажными, смешанными водами различной минерализации; определение урожайности пшеницы; вопросы охраны и экономии речных водных ресурсов и других компонентов экосистемы от антропогенного загрязнения.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования в 2012 г. выбраны орошаемые луговые сазовые среднесуглинистые почвы, распространенные на территории Кувинского района на границе пустынь и сероземного пояса Ферганской области.

Для посева выбраны сорта пшеницы «Половчанка» и «Андижан-1». Поливные воды – речные, коллекторные из коллектора Агроном, дренажные, которые образуются на месте, и смешанные. Объект с 3 сторон ограничен дренами открытого типа, с севера – коллектором Агроном. Общая площадь составляет 11,5 гектара.

В целях исследований влияния поливов минерализованными водами на свойства среднесуглинистых луговых почв нами в 2015 и в 2018 гг. проведены полевые опыты с 3 повторами и 4 вариантами в одном ярусе. Площадь каждого варианта составляет 114 м², учетная площадь 112 м². Опыты проведены согласно «Методике полевых опытов». Агрохимические и агрофизические исследования проведены на основе методических указаний, «Методов агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований почв в поливных хлопковых районах» [2].

Статистическая обработка проведена на ЭВМ согласно методике Юлдашева и др. [3], рисунки, и некоторые математические разработки по программам Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами весной и осенью 2015 и 2018 гг. были взяты образцы почв следующего объекта и вариантов полевых опытов.

Вариант 1. Поливы арычной водой нормой 800 м³/га.

Вариант 2. Поливы дренажной водой нормой 800 м³/га.

Вариант 3. Поливы из коллектора Агроном нормой 800 м³/га.

Вариант 4. Поливы смешанной водой нормой 800 м³/га.

Во всех вариантах опыта посеяна пшеница сорта «Половчанка» 3 года подряд. Фенологические наблюдения проведены согласно методике [2]. Во всех вариантах в соответствии с программой брались об-

разцы пахотного и подпахотного горизонтов далее по генетическим горизонтам до уровня грунтовых вод. Кроме того, были взяты пробы арычной и грунтовой, дренажной, коллекторно-дренажной воды во время поливов. В мелиоративной практике минерализованные воды оцениваются в г/л как: пресные < 1; солоноватые 1–5; слабосоленые 5–10; соленые 10–30; сильносоленые 30–80; рассол > 80. Минерализация как дренажных, так и коллекторно-дренажных, смешанных вод, использованных для поливов, колеблется в интервале 2,85–4,80 г/л. (табл. 1.) Они являются опасными с точки зрения засоления почв и относятся к группе «солоноватые», минерализация которых оценивается как ниже 5 г/л.

В процессе испарения грунтовых вод в аридных областях происходит испарительная концентрация солей на поверхности почв. В зависимости от качества и количества солей в грунтовых водах аккумулируются соли, в основном хлориды, сульфаты.

В результате испарительной концентрации в почвах формируются геохимические профильно-зональные провинции, другими словами – галогеохимическая зональность, где выделяются зоны: обызвесткования, огипсования, хлоридно-натриевая, магниевая, соленакопления, в которых на последнем этапе могут аккумулироваться нитраты и нитриты.

С ростом концентрации солей и выпадения слаборастворимых солей изменяется состав почвенных растворов, возникает возможность выпадения сульфатов, к которым можно отнести засоленные почв Центральной Ферганы. В пустынных территориях галогенез проявляется совместно, ему сопутствуют малые осадки. Галогенез усиливается в бессточных котловинах типа Центральной Ферганы. В результате этого все почвы гипсоносны, засолены до нижних горизонтов.

Основным фоном пустынных почв являются сильнозасоленные почвы, породы, грунтовые и поверхностные воды, растения и др. Орошение наряду с положительными воздействиями на продуктивность растений вызывает и отрицательные явления, основывающиеся на возникновении засоления. Основная причина вторичного засоления – это нарушение равновесия в водно-солевом балансе территории за счет дополнительного поступления солей с поливными водами различной минерализации, активации солей, находящихся в почвенно-грунтовых толщах, а самое главное – подъема уровня грунтовых вод. Отсутствие дренажа, ненормированный полив усиливают засоление почв. Также на засоление почв влияет концентрация поливных оросительных вод.

Таблица 1

Средний химический состав поливных вод, г/л

Воды	ПО*	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ "	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺
2016 г.								
Арычные	0,925	0,066	0,09	0,555	0,115	0,058	0,031	0,041
Дренажные	4,210	0,252	0,220	1,550	0,275	0,240	0,090	0,141
Коллекторные	2,850	0,220	0,120	1,305	0,258	0,165	0,071	0,131
Смешанные	3,501	0,230	0,150	1,438	0,265	0,201	0,080	0,135
2017 г.								
Арычные	1,105	0,072	0,08	0,630	0,120	0,068	0,035	0,051
Дренажные	4,800	0,261	0,230	1,624	0,285	0,250	0,085	0,162
Коллекторные	3,420	0,240	0,180	1,458	0,310	0,170	0,070	0,184
Смешанные	2,810	0,220	0,140	1,544	0,265	0,211	0,072	0,152
2018 г.								
Арычные	0,845	0,055	0,09	0,648	0,120	0,071	0,024	0,050
Дренажные	4,02	0,240	0,235	1,718	0,280	0,245	0,084	0,172
Коллекторные	2,90	0,230	0,200	1,444	0,320	0,180	0,061	0,155
Смешанные	3,25	0,220	0,168	1,614	0,290	0,220	0,072	0,161

Примечание. *плотный остаток.

Для создания оптимального поливного режима сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы сортов «Половчанка» и «Андижан-1», необходимо прежде всего определить степень и тип засоления почв-грунтов. Во все годы исследования нами проведены по 3 вегетационных полива и количество, и качество их было близким с учетом этого положения, нами эти данные усреднены для каждого вегетационного периода по годам. Из которых видно, что в этих водах отсутствует нормальная сода. В арычных водах показатели как анионов, так и катионов низкие по сравнению с минерализованными водами (табл. 1).

Содержание гидрокарбонатов в арычных водах колеблется в интервале 0,0055–0,072 г/л, тогда как в минерализованных водах оно составляет 0,220–0,261 г/л. Аналогичная ситуация наблюдается по хлору, сульфатам, а также катионам. Ожидались высокие показатели, характерные для сульфатов, которые в минерализованных водах содержатся в пределах 1,30–1,72 г/л.

Таблица 2

Изменения общей массы солей в 0–100 см слое почвы, т/га

Период наблюдения	Варианты опыта			
	1	2	3	4
Весна 2016 г.	131,52	133,72	130,96	129,84
Осень 2018 г.	149,29	187,88	182,83	171,11
разница +	17,77	54,16	51,87	41,27
разница в кратности	–	3,04	2,92	2,32

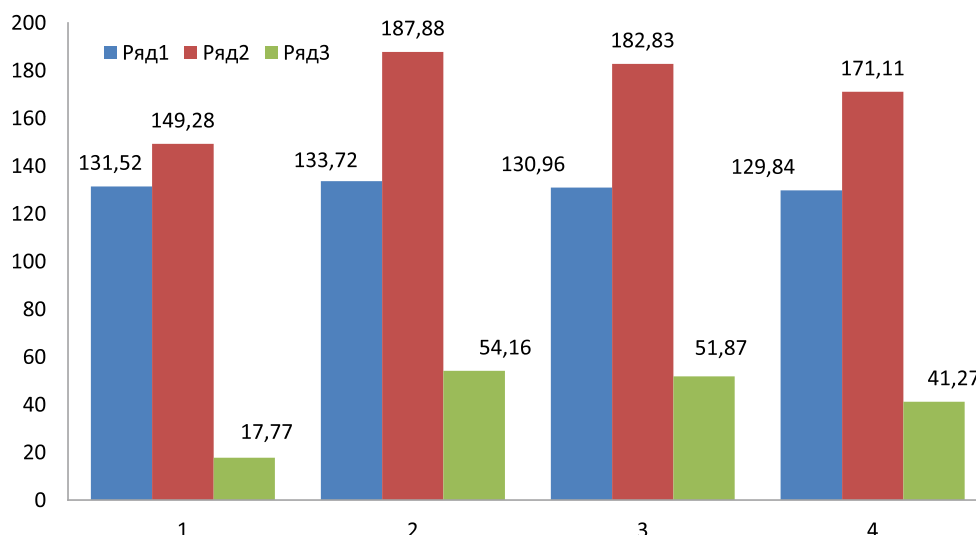
За период наблюдения с весны 2016 г., т.е. до проведения поливов водой различной минерализации, и до осени 2018 г., после проведения серии поливов речными минерализованными водами, в 0–100 см горизонте почв произошли следующие изменения в количестве общей массы солей (табл. 2).

Приведенные материалы показывают, что наибольшее накопление солей, как и ожидалось, происходит во 2-м варианте, где поливы проведены минерализованной водой с концентрацией 4,2–4,8 г/л, а затем идет вариант со смешанной водой, где концентрация солей порядка 3,8 г/л, а далее – 4-й и 3-й варианты.

Следует особо отметить, что в варианте с речными водами тоже произошло накопление солей порядка 17,8 т/га. Эти изменения можно более четко увидеть на рисунке, где изображены изменения этих солей за период с весны 2016 г. по осень 2018 г.

Приведенные на рисунке данные показывают, что плотный остаток в варианте с поливами речной водой с весны 2018 г. по осень 2018 г. изменился в интервале 129,8–133,7 т/га.

В варианте с поливами минерализованной, дренажной водой этот показатель очень существенно изменился за три года полива и колеблется в интервале 149,3–187,9 т/га. Если за три года в 1-м варианте накопилось солей в количестве 17,7 т/га, то во 2-м варианте этот показатель составляет 54,16 т/га, т.е. аккумуляция солей увеличилась почти в 3 раза (3,05 т/га).



*Изменение общей массы солей, т/га в 0–100 см слое почвы:
 ряд. 1. Сумма солей весной 2016 г; ряд. 2. Сумма солей осенью 2018 г;
 ряд. 3. разница между указанными периодами; 1-й, 2-й, 3-й, 4-й варианты опыта*

В 3-м варианте количество аккумулярованных солей за три года полива минерализованной водой составляет 51,9 т/га: по сравнению со 2-м вариантом на 2,3 т/га меньше, по сравнению с 1-м вариантом (полива арычной водой) в три раза больше (3,02 т/га). В варианте со смешанной водой аккумуляция солей увеличилась в 2,4 раза по сравнению с 1-м вариантом. Приведенные данные показывают, что применение минерализованных вод с минерализацией 3,8–4,2 г/л даже на среднесуглинистых почвах приводит к росту засоленности почв.

О засолении черноземов при поливах речными и минерализованными водами в разное время писали многие авторы [4–6]. Орошение сельскохозяйственных культур даже речными и минерализованными водами в условиях черноземов приводит к засолению. Поливы черноземов также приводят к росту объемной массы и обменного натрия солей в почвах, к снижению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, получаемой с этих почв.

Применение минерализованных вод при орошении оказывает еще более существенное негативное воздействие не только на почвы, но и на экологию [7–9] и геохимию ландшафтно-геохимического профиля. При этом, чем больше минерализация оросительной поливной воды, тем больше потребуются воды для поддержания промывного водного режима. Растворение и передвижение солей происходят с неодинаковой ско-

ростью, которая зависит от ряда факторов, таких как количество растворителя, плотность сложения, толщина почвы, дисперсность, диффузионная способность, обменные и окислительно-восстановительные реакции, биогеохимическое поглощение и миграция солей [10, 11]. Растворимость почвенных солей величина постоянная в чистом виде и зависит от ряда почвенных и водных факторов; температуры среды, концентрации солей в растворе и растворимых газах, от парциального давления CO_2 в воздухе, реакции среды, реакции между почвенными солями и почвенным поглощающим комплексом, содержания и качества гумуса, состояния и уровня плодородия и др.

Легкорастворимые соли почти всегда находятся в почвенном растворе. Для качественной и количественной характеристики засоления орошаемых луговых сазовых почв среднесуглинистого механического состава, которые подверглись поливом речной и минерализованной воды, где была посеяна пшеница.

В целом из приведенных данных можно увидеть, что количество солей при поливах увеличивается из года в год, особенно в верхнем 0–100 см слое почв. Наиболее интенсивное накопление происходит во 2-м и 3-м варианте.

Таким образом, несмотря, а такое значительное введение воднорастворимых солей, почвы остаются средnezасоленными, а пахотные слои – слабозасоленными.

Математическая обработка полученных данных по плотному остатку, в которой для 0–100 см слоя почв приведено содержание плотного остатка в тоннах на 1 гектар, характеризуется следующими показателями:

- среднее содержание 114,4 т/га;
- среднее квадратичное отклонение $\pm 56,1$;
- коэффициент вариации 49,0.

Полученные данные хорошо коррелируют со средними урожаями пшеницы (41,65 ц/га), коэффициент корреляции положительный и составляет 0,51.

В заключение можно сказать, что, несмотря на достаточно высокие показатели сернокислых солей в изученных вариантах почв, содообразование не произошло из-за недостаточности углерода органических веществ.

Из токсичных солей самое высокое содержание $MgSO_4$ отмечается во 2-м и 3-м, 4-м вариантах, далее следуют Na_2SO_4 , $NaCl$.

Во втором варианте содержание токсичных солей колеблется в интервале 0,292–0,803 % и находится на границе очень сильно засоленных.

Содержание общей массы солей в 0–100 см слое почвы коррелируется с урожайностью пшеницы сортов «Половчанка» и «Андижан-1». Коэффициент корреляции составляет $\pm 0,5$ при урожайности пшеницы порядка 41,65 ц/га, общем содержании солей 114,5 т/га.

Список литературы

1. Мгеладзе В.С. Повторное использование коллекторно-дренажных вод в мелиоративных системах: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Москва, 1992. 21 с.
2. Мачигин Б.П., Протасов П.В., Тюрина И.В. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах. Ташкент, 1963. 439 с.
3. Юлдашев Г., Зокирова С., Исагалиев М. Мелиорация почв. (на узб.). Ташкент, 2014. 104 с.
4. Алешина Н.И., Макарычев С.В. Использование сточных вод для повышения урожайности сена многолетних трав и сохранения плодородия черноземов Алтая. М.-Т., 2019. С. 112–115.
5. Безднина С.Я. Научные основы оценки качества воды для орошения. Рязань: Изд-во РГТУ, 2013. 171 с.
6. Мелиорация земель. Учебник (ред. Голованов А.Н.). М.: Колос, 2011. 824 с.
7. Исаев С.Х. Научно-практические основы полива хлопчатника и зерновых методом субиригации. Ташкент, 2015. 167 с.
8. Абдуллаев С.А., Намозов Х. Гидрология и мелиорация почв. Ташкент, 2018. С. 37.
9. Чембарисов Э.И., Махмудов И.Э., Лесник Т.Ю., Вахидов Ю.С., Долидудко А.И. Минерализация и гидрохимический режим рек среднего течения р. Сырдарья. М.-Т.: 2019, С. 241–249.
10. Исаков В.Ю. Засоленные почвы Ферганской долины // Вестник Туранской академии наук. 2016. № 4. С. 18–21.
11. Рахимов А.А., Тожибоева Б.Р. Изменение качественного и количественного состава солей луговых солончаков за шестьдесят лет // Современные проблемы почвоведения и земледелия: сборник материалов республиканской научной конференции. 2019. С. 51–53.

ОБЗОР

УДК 575.86:639.111.67

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ
ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ОВЦЕБЫКА С ПОМОЩЬЮ
ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ****Соколова М.И., Кузьмина С.С.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: sskuzmina@bk.ru*

Вид овцебык, или мускусный бык (*Ovibos moschatus*), в настоящее время относится к единственному роду *Ovibos* семейства Полорогих (*Bovidae*) и является монотипичным видом. Большинство систематиков относят его к подсемейству *Caprinae*, или козлов и баранов, трибе *Ovibovini*. Этому виду посвящено много работ, публикуются научные статьи по экологии и физиологии вида. Но систематическое положение овцебыка остается до сих пор не совсем ясным. В данной статье проведен обзор литературных источников по исследованиям генома овцебыка, посвященных вопросам изучения филогенетического положения овцебыка. Приведены результаты работ по хромосомным анализам современных и древних овцебыков внутри вида для выявления степени их родства. В работе, опубликованной в 2019 г. по этой теме, авторы относят овцебыка к представителям подсемейства *Antilopinae*, трибы *Caprini*. Обзор доступных в настоящее время источников показывает, что до сих пор не разрешен вопрос: от какого подсемейства произошел овцебык, от подсемейства бычьих или от подсемейства козых? В связи с последними достижениями науки, развитием технологий, созданием новых методик изучения ДНК этот спорный вопрос решается на уровне генетических исследований.

Ключевые слова: овцебык, мускусный бык, *muskoх*, *ovibos moschatus*, *ovibos*, филогения, полорогие

**PROSPECTS FOR STUDYING THE SYSTEMATIC MEMBERSHIP
OF MUSK OX WITH THE HELP OF GENETIC EXAMINATION****Sokolova M.I., Kuzmina S.S.***M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: sskuzmina@bk*

In modern systematics, a Muskox or *Ovibos* (*Ovibos moschatus*) is considered a monotypic species of the sole genus *Ovibos* of the family *Bovidae*. Most systemologists refer to it as a subfamily of *Caprinae*, or goats and rams, the *Ovibovini* tribe. This species is devoted to many works, scientific articles on ecology and physiology of the species are published. But his systematic position remains still not entirely clear. In this article, a review of literary sources on the research of the *Ovibos* genome on the study of the phylogenetic position of the *Ovibos* was carried out. The results of the work on chromosomal analyses of modern and ancient sheep in the species are presented in order to detect the degree of their relationship. According to the work published in 2019 on this work *Ovibos* is a representative of the subfamily *Antilopinae*, the tribes *Caprini*. A review of the sources available to the authors shows that the question is still not resolved: from what subfamily has occurred, from the subfamily of *Bovinae* or from the subfamily of *Caprinae*? In connection with the latest achievements of science, the development of technologies, the creation of new techniques for the study of DNA, this controversial issue is resolved at the level of genetic research.

Keywords: musk ox, *muskoх*, *ovibos moschatus*, *ovibos*, phylogeny, *bovidae*

Овцебык, или мускусный бык (*Ovibos moschatus*), – растительноядное животное, единственный современный представитель рода овцебыков из семейства Полорогих. Дальние предки современных овцебыков вместе с бизонами, мамонтами и шерстистыми носорогами обитали в высокогорьях Центральной Азии 3–4 млн лет назад [1; 2]. В настоящее время считается, что систематическое положение овцебыка окончательно не определено.

Цель исследования: анализ современного состояния систематической принадлежности *Ovibos moschatus* в филогенетическом древе на основе литературных данных из работ в области молекулярной генетики.

В систематику овцебык был введен как бык мускусный (*Bos moschatus*) и отнесен к роду быков (*Bos*) подсемейства бычьих

(*Bovinae*) семейства Полорогих (*Bovidae*) Циммерманом в 1780 г. В связи с тем что наряду с внешним сходством с быками у *Bos moschatus* имелись анатомические сходства с баранами, в начале XIX века Де Блэнвилл отделил овцебыка от рода *Bos* и создал для него монотипный род *Ovibos*. Затем Аллен (1913) вновь включил этот род в подсемейство бычьих, так как отмечал близкое родство овцебыка с бизонами. В настоящее время в систематике зоологи придерживаются классификации Г. Симпсона (1945), который овцебыка включил в подсемейство *Caprinae* (козлов и баранов) и выделил в его пределах трибу *Ovibovini* (рис. 1) [3].

Эркхарт (Urquhart D.R.) в своей книге «*Muskoх: life history and current status of muskoxen in the N.W.T*» [4] в 1982 г. обратил внимание на отличительные особенности

овцебыка по количеству хромосом, обнаруженных при анализе кариотипов представителей семейства полорогих. Он отличается по диплоидному числу хромосом и от крупного рогатого скота ($2n = 60$), и от овец ($2n = 54$), а при этом сходен с буйволом ($2n = 48$), хотя относится к подсемейству Caprinae (козлов и баранов), так же как и его исторические предшественники [4].

Предковые формы овцебыков – группа родов Ovibovini жили еще в миоплиоценовое время, впоследствии они вымерли, но дали новые виды [5]. Прямым предком овцебыка считается *Bootherium bombifrons* (шлемоносный мускусный бык) из раннего плиоцена. В августе 2018 г. Пер Бовер (Pere Bover) и др. в журнале «Molecular Phylogenetics and Evolution» опубликовали статью «Molecular resolution to a morphological controversy: The case of North American fossil muskoxen *Bootherium* and *Symbos*». Ископаемые виды *Bootherium* (шлемоносный мускусный бык) и *Symbos* систематики считали разными ви-

дами, но были предположения, что это один вид с половым диморфизмом. С помощью генетических анализов семи ископаемых материалов Пер Бовер (Pere Bover) с коллегами смогли подтвердить, что это действительно один вид овцебыков. Они также доказали с помощью филогенетического анализа, что род *Ovibos* и род *Bootherium* являются родственными, и их пути разошлись около 3,2 млн лет назад [6].

В 1997 г. Памела Гровс и Геральд Шилдс опубликовали статью «Cytochrome B Sequences Suggest Convergent Evolution of the Asian Takin and Arctic Muskox», в которой они попытались установить филогенетическое положение и родство такинов и овцебыков с помощью анализа последовательностей цитохрома b в мтДНК. Результаты этих исследований приведены на рис. 2. Из рисунка видно, что пути такина и овцебыка разошлись довольно-таки давно и генетически эти животные уже сильно отличаются, но, несмотря на это они, имеют общего предка [7].

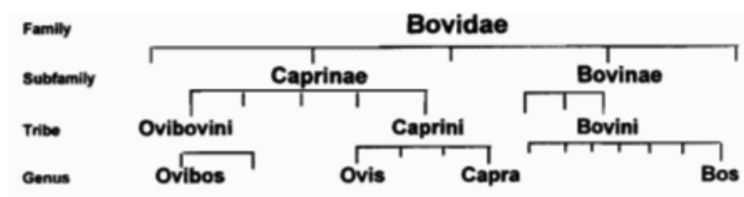


Рис. 1. Таксономическая связь между овцебыками и другими представителями семейства Bovidae, по Якушкину, 1998 [3]

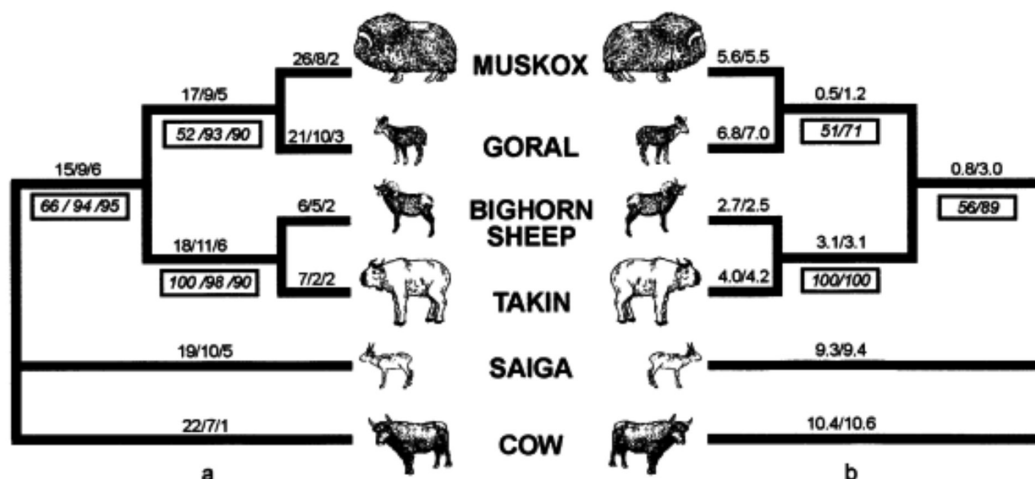


Рис. 2. Филогенетическое древо гена цитохрома b в митохондриальной ДНК, показывающее взаимоотношения пяти видов Caprinae. Длина ветвей приведена с верхней стороны веток. Значения начальной загрузки (основанные на 1000 повторностях) приведены с нижней стороны веток. Корова была включена как внешняя группа. (а) – значения представляют три различных анализа с использованием информативных сайтов / с исключенными переходами третьей позиции только с сайтами трансверсии. Длина этих ветвей составляла 259, 104 и 48 соответственно. CI были 0,64, 0,71 и 0,77, а gI – 20,77, 20,96 и 20,87 соответственно; (б) – значения расстояния древ для максимального правдоподобия. Длины ветвей даны как 10-кратное процентное значение (по Гровс и др., 1997) [7]

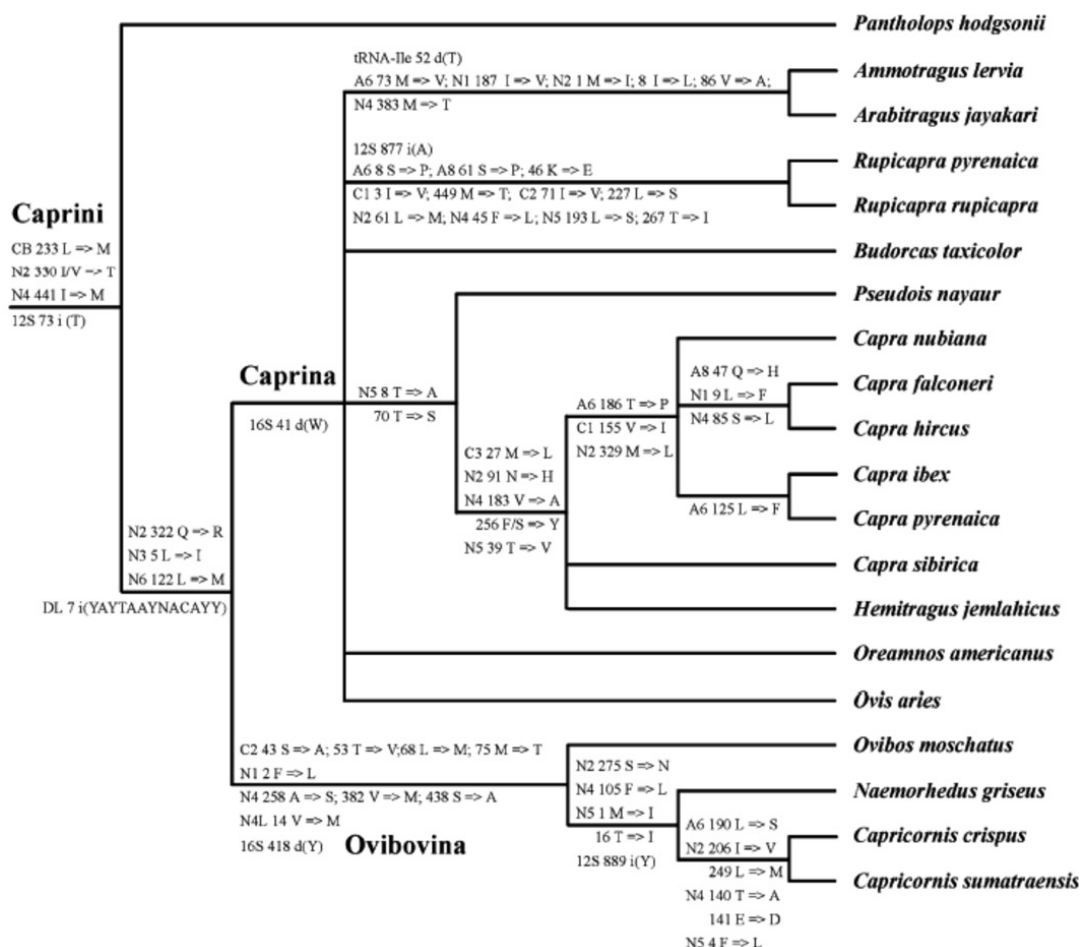


Рис. 3. Диагностические изменения аминокислот и инсерции. Картирование молекулярных сигнатур (негомопластических превращений), соответствующих либо аминокислотным изменениям, обнаруженным в 13 кодирующих белок генах (A6, A8; CB; C1, C2, C3; N1, N2, N3 N4, N4L, N5, N6), либо инсерциям (i: вставка; d: делеция), обнаруженным в контрольной области, генах rPHK (12S и 16S) и mPHK. Позиции инсерций и делеций обозначены со ссылкой на последовательность *Ovis Aries* (NC_001941) (по Кроурду и др., 2009) [8]

В 2009 г. в статье «Evolution of the Mitochondrial Genome in Mammals Living at High Altitude: New Insights from a Study of the Tribe Caprini (Bovidae, Antilopinae)» описаны результаты, полученные Краурд и др. при анализе филогенетических отношений представителей подсемейства Caprinae. Они провели исследование митохондриального генома, в частности участка D-петли. Результаты этих исследований даны на рис. 3 [8].

В сентябре 2019 г. Аджит Кумар и др. опубликовали статью «Sequencing and characterization of the complete mitochondrial genome of Mishmi takin (*Budorcas taxicolor taxicolor*) and comparison with the other Caprinae species» в журнале «International Journal of Biological Macromolecules». В этой статье

авторы сравнили генетический материал по мтДНК такинов, овцебыков, а также других представителей подсемейства Caprinae. Результаты исследований приведены на рис. 4 [9].

В октябре 2005 г. Росс Де Макфи (Ross DE MacPhee) и др. опубликовали статью «Late Quaternary loss of genetic diversity in muskox (*Ovibos*)». Они провели генетический анализ ископаемого материала останков древних овцебыков, живших с позднего плейстоцена до позднего голоцена, найденных на территории местностей Северо-Восточной Азии и Арктического архипелага северной части Северной Америки, и сравнили с современным овцебыком. В своей статье они пришли к выводу, что *Ovibos moschatus* был генетически более разноо-

бразным в позднем плейстоцене, чем сегодня [10; 11]. Современные овцебыки по сравнению с другими видами полорогих имеют самое низкое генетическое разнообразие по ядерным и митохондриальным генам и характеризуются низкой полиморфностью микросателлитных локусов. В результате изолированности популяций, а также их маленьких эффективных размеров в настоящее время отмечается высокий уровень гомозиготности генома овцебыка, что может приводить к потерям генетической изменчивости. По теории популяционной генетики снижение генетической изменчивости в результате генетико-автоматических процессов в малых популяциях ограничивает адаптационные способности популяции и увеличивает зависимость их размеров от случайных колебаний окружающей среды и вероятность вымирания в изменчивых условиях среды [12; 13].

В 2015 г. в журнале *BMC Evolutionary Biology* опубликована статья «Looking for adaptive footprints in the HSP90AA1 ovine gene», в которой авторы проверили наличие и сравнили аллельные частоты полиморфизмов гена HSP90AA1 среди одо-

машенных и диких овец и представителей подсемейства Caprinae. Они выяснили, что полиморфизмы гена HSP90AA1, обнаруженные у видов *Ovis aries*, также присутствуют у диких видов из подсемейства Caprinae (в том числе и овцебыка), что указывает на более древнее происхождение этих мутаций и ее важность в адаптации видов к прошлым климатическим условиям естественной среды их существования [14].

В 2013 г. в журнале «Известия ТСХА» была опубликована статья В.И. Глазго и др. «Биомаркеры геномной нестабильности у животных сельскохозяйственных видов». В своей работе они выполнили сравнительный анализ частот встречаемости эритроцитов с микроядрами в клетках периферической крови ряда сельскохозяйственных видов млекопитающих и диких овцебыков. Частота встречаемости эритроцитов с микроядрами оказалась выше ($P < 0,05$) у domesticированных видов по сравнению с овцебыком. Таким образом, наблюдается определенная тенденция к относительно повышенной геномной нестабильности у domesticированных животных по сравнению с диким видом [15].

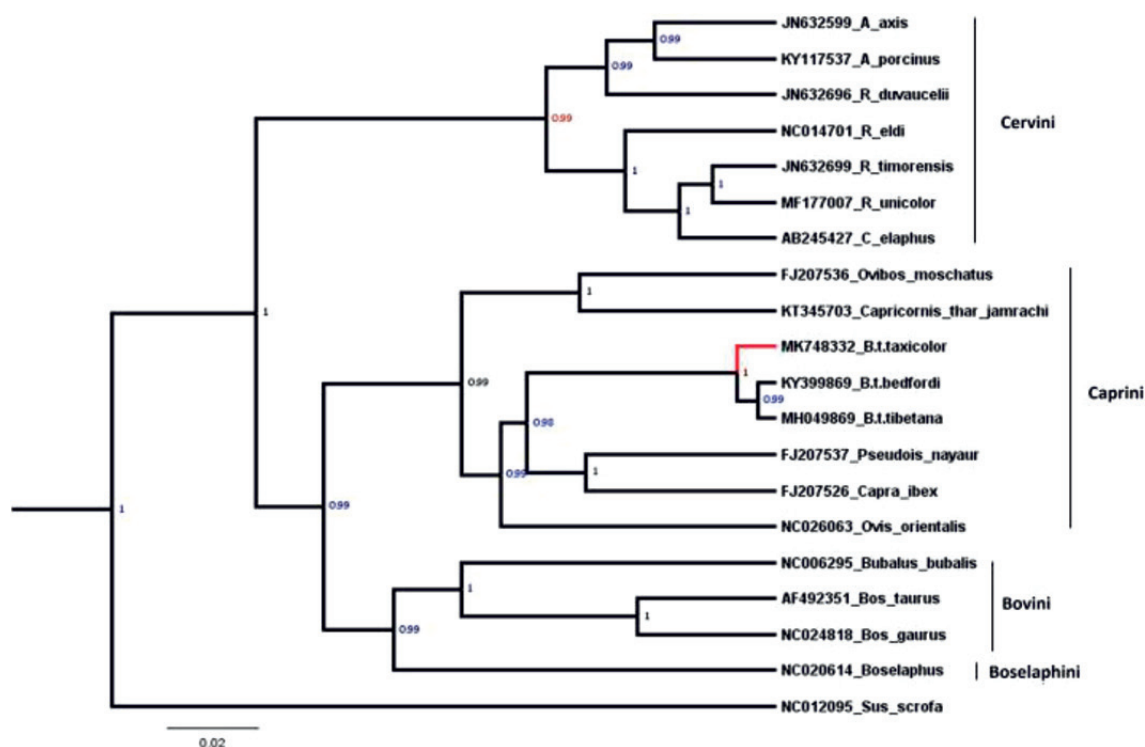


Рис. 4. Филогенетические отношения между такином и родственными видами, выведенными из 13 PCG и двух rPHK с использованием байесовского вывода (BI).

Байесовские апостериорные значения вероятности показаны в каждом узле.

Sus scrofa (NC012095) использовали в качестве внешней группы (по Кумару и др., 2019) [9]

В 2007 г. при работе с современными и древними ДНК овцебыков ученые «Института сравнительной геномики Саклера» обнаружили, что у овцебыков, как современных, так и древних, имеются митохондриальные вставки в ядре (псевдогены). В статье «Detection of mitochondrial insertions in the nucleus (NuMts) of Pleistocene and modern muskoxen», опубликованной в том же году, Гринвуд (Greenwood A.D.) и др. отмечают, что это открытие ставит под сомнение точность получаемых данных при ПЦР и секвенировании ДНК. Но и в то же время они разработали несколько методик, которые позволяют получить более или менее достоверные данные, хотя на результаты сильно влияет качество исследуемых образцов, из которых выделяется ДНК [16].

В 2015 г. Бардуков Н.В. выступил на VIII Московском международном конгрессе РХТУ им. Д.И. Менделеева с докладом «Древние и современные геномы *Ovibos moschatus*» [17]. По результатам сравнительного анализа генетической структуры современных реинтродуцированных популяций овцебыка с ископаемыми представителями вида по полилокусным ДНК-маркерам он выявил наличие «консервативной» (встречается у всех, включая ископаемых представителей) и «вариабельной» частей генома [18]. А также обнаружил отсутствие суммарно по всем маркерам ISSR и IRAP 30 локусов у современных овцебыков и наличие у них только 14 «новых» локусов, что может быть также подтверждением гипотезы о наличии большего генетического разнообразия у предков овцебыков. Кроме того, по результатам генотипирования по классу хелитронов-ДНК-транспозонов, способных реплицироваться по типу «катающегося кольца», были получены высоко консервативные спектры. Най-

денные консервативные локусы могут быть использованы в эволюционной геномике при сравнительном анализе древних и современных популяций животных. У современных животных обнаружено 14 локусов, имеющих высокий полиморфизм в инбредных популяциях, что может быть следствием активации транспозиций МГЭ (мобильных генетических элементов) [18].

В 2011 г. Бардуков и др. опубликовали статью в журнале «Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии» [19], в которой приводят результаты сравнительных анализов генетической структуры животных трех популяций овцебыков, обитающих в Восточной Гренландии, на полуострове Таймыр и острове Врангеля, по двум методам – ISSR-PCR и IRAP-PCR. Полученные по двум методам данные были не однозначные, но в целом они приводят к выводу, что гренландская популяция овцебыков имеет наименьшее сходство генетической структуры с таймырской и врангелевской популяциями. Хотя по IRAP-маркерам к гренландской популяции более ближе таймырская, нежели врангелевская популяция. Основные отличия были по доле полиморфных локусов и рассчитанным индексам полиморфного информационного содержания каждого локуса (PIC). Результаты генетической характеристики популяций, полученные с помощью ISSR-маркеров, не были идентичными результатам, полученным методом IRAP-PCR, но полученные дендрограммы генетических взаимоотношений по результатам обоих методов были идентичны, качественно отличались от выявленных с помощью ISSR-маркеров, за исключением кластеризации популяций при построении дендрограмм генетических взаимоотношений (рис. 5, 6).

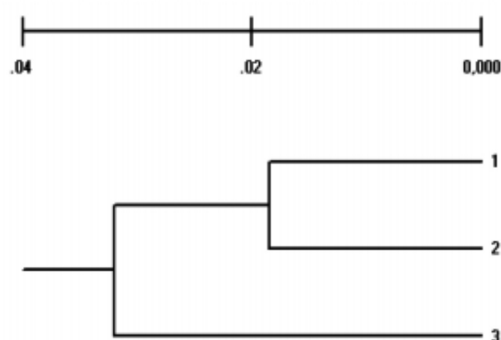


Рис. 5. Дендрограмма генетических взаимоотношений между популяциями, построенная по ISSR-маркерам: 1 – популяция полуострова Таймыр; 2 – популяция острова Врангеля; 3 – нативная популяция Восточной Гренландии (по Н.В. Бардукову и др., 2011) [19]

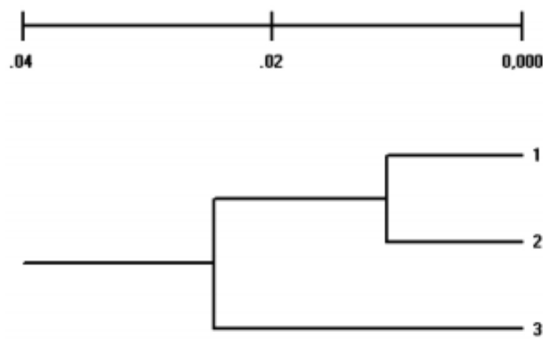


Рис. 6. Дендрограмма генетических взаимоотношений между популяциями, построенная по IRAP-маркерам: 1 – популяция полуострова Таймыр; 2 – популяция острова Врангеля; 3 – нативная популяция Восточной Гренландии (по Н.В. Бардукову и др., 2011) [19]

Таблица 1

Доля полиморфных локусов в спектрах амплификации (%)
(по Н.В. Бардукову и др., 2011) [19]

Праймер	Таймыр	Врангель	Гренландия	По всем
(AG)9C	8,33	0,00	16,67	25,00
(GA)9C	42,86	42,86	35,71	50,00
(GAG)6C	16,67	8,33	16,67	25,00
LTR SIRE-1	41,67	41,67	8,33	50
PawS 5	14,29	14,29	0	14,29

Таблица 2

Полиморфное информационное содержание спектров продуктов амплификации
(по Н.В. Бардукову и др., 2011) [19]

Праймер	Таймыр	Врангель	Гренландия	По всем
(AG)9C	0,04	0,00	0,07	0,07
(GA)9C	0,13	0,14	0,16	0,18
(GAG)6C	0,06	0,03	0,07	0,08
Праймер LTR-SIRE-1	0,18	0,18	0,04	0,18
Праймер PawS 5	0,05	0,07	0,00	0,06
По ISSR-праймам	0,08	0,06	0,10	0,11
По ретротранспозонам	0,13	0,14	0,02	0,13

В этих исследованиях полученные генетические дистанции, рассчитанные по ампликонам, полученным с праймерами PawS 5 и LTR-SIRE-1, показывают расхождение с теорией происхождения популяций овцебыков (табл. 1, 2) [19].

В 2012 г. этими же авторами опубликована еще одна статья «Polymorphism of ISSR and IRAP markers in genomes of Muskoxen (*Ovibos moschatus*) and horse (*Equus caballus*) of Altaic breed» [20]. В этой статье Глазко и др. сравнили по ISSR-PCR и IRAP-PCR маркерам полилокусы трех популяций овцебыков из Восточной Гренландии, с полуострова Таймыр и острова Врангеля и алтайской породы лошадей. Они обнаружили, что уровень полиморфизма большинства маркеров у лошади был значительно выше, чем у овцебыков. Были выявлены различия в характеристиках полиморфизма маркеров ISSR-PCR и IRAP-PCR между видами. А также выявлено, что видоспецифичные сегменты ДНК, окруженные инвертированными повторами микросателлитов, могут образоваться в результате рекомбинации между эволюционно более «древними» и «молодыми» мобильными генетическими элементами.

В октябре 2019 г. Graphodatsky A.S., Проскурякова А.А. и др. [21] на сайте «Национальный центр биотехнологической информации (National Center for Biotechnology Information)» в разделе Национальной медицинской библиотеки США опубликовали статью «Сравнительное хромосомное

картирование овцебыка и X-хромосомы у некоторых видов Bovidae». В этой статье представлена детальная сравнительная карта хромосом овцебыка (рис. 7).

По этой карте кариотип овцебыка включает 6 субметацентрических и 17 акроцентрических аутосом и одну пару половых хромосом ($2n = 48$). Основное количество аутосомных плеч у овцебыка 58, что в целом характерно для кариотипов семейства Bovidae. По результатам этой работы овцебык является представителем подсемейства Antilopinae, трибы Caprini. Как для карты сравнительного сцепления, так и для карты FISH показано одно существенное различие между кариотипами овец (*Antilopinae*, Caprini) и крупного рогатого скота (*Bovinae*). Это различие произошло из-за транслокации с участием сегментов, гомологичных ВТА 9 и ВТА 14. Однако эта связь не наблюдается у овцебыков. Предположительно, это определяется базальным положением *Ovibovina*, что позволяет предположить, что транслокация ВТА 9/14 произошла только в субтрибе Caprina (рис. 8) [21].

Заключение

Маскоксы (*Ovibos moschatus*) являются неотъемлемым компонентом биоразнообразия Арктики. Учитывая низкое генетическое разнообразие, их способность реагировать на будущие и быстрые изменения в Арктике неизвестна, хотя палеонтологическая история демонстрирует адаптивность в определенных пределах [22].

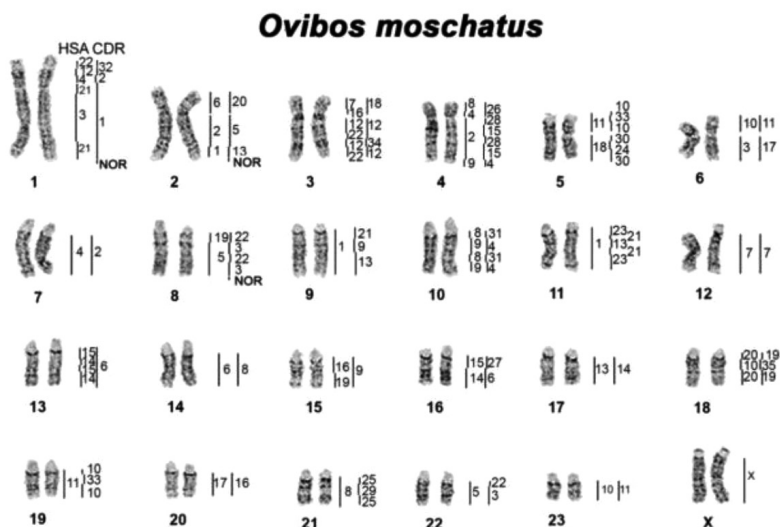


Рис. 7. Сравнительная карта хромосомной окраски овцебыка с гомологиями к человеческому (HSA) и дромедарию (CDR). Нуклеолярные организующие области (NOR) показывают локализацию нуклеолярной организующей области (по Graphodatsky A.S. и др., 2019) [21]

PAK	AAM	MMO	Bovini		Caprini		Alcelaphini
			PNG	BTA	OAR	OMO	DHU
A2	1q	1	1q	1	1q	1q	1q
C2	5	5	8	5	3q	3q	5q
E	7	7	9	7	5	8	4p
N1	19	20	14	17	17	1p	12
U	11	12	21	26	22	23	18
			23	28	25	6p	20

Рис. 8. Гомология хромосом видов Pecoran (PAK) с хромосомами родового кариотипа и с человеческими гомологиями слева и дромедаром справа. Представленные виды включают: AAM (*Antilocapra americana*), MMO (*Moschus moschiferus*) и представителей различных популяций Bovidae: PNG (*Pseudoryx nghetinhensis*), BTA (*Bos taurus*) (Bovini), OAR (*Ovis aries*), OMO (*Ovibos moschatus*) (Caprini), DHU (*Damaliscus hunteri*) (Alcelaphini). Центромеры отмечены звездочкой. Новые данные, полученные в исследовании, отмечены черным кружком в углах клеток (по Graphodatsky A.S. и др., 2019) [21]

В настоящее время интерес к филогенетическим исследованиям растет. В результате современных исследований происходит пересмотр некоторых представлений о происхождении и родственных связях разных видов животных и растений. Традиционными методами филогенетических исследований являются сравнительно-морфологический, палеонтологический, онтогенетический, а в настоящее время с развитием молекулярной биологии эффективность и точность исследований резко возросла. В частности, очень перспективное открытие сделали Бакли и др. в 2010 г. Они идентифицировали пептидную последовательность коллагенового типа I (COL1A2), которая может помочь в изучении филогенетических отношений внутри подсемейства Caprinae [23]. Это открытие уже использовалось и доказало свою эффективность для изучения филогении семейства Bovidae, но только для одомашненных представителей [24]. Также многими авторами были описаны и уже используются новые методики для работы с деградированной древней ДНК, в частности можно отметить работы Гилберта и др. [25; 26].

Таким образом, активно ведутся работы по изучению генома овцебыка, по отдельности были изучены многие генетические аспекты, например такие, как хромосомный анализ современных и вымерших овцебыков внутри вида, степень их родства. Но, несмотря на это, до сих пор не разрешен вопрос: от какого подсемейства произошел овцебык, от подсемейства бычьих или от подсемейства козых? В связи с последними достижениями науки, развитием технологий, созданием новых методик изучения ДНК этот спорный вопрос решается на уровне генетических исследований.

Список литературы

1. Кириллин Е.В. Экология овцебыка (*Ovibos moschatus* Zimmermann, 1780) в тундровой зоне Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Якутск, 2016. 19 с.
2. Kuitens M.J. van der Plicht, Ponomarev D.V., Bachura O.P., Tikhonov A.N., Kuznetsova T.V., Kosintsev P.A., T. van Kolfshoten, Puzachenko A.Yu., Markova A.K. Changes in the Eurasian distribution of the musk ox (*Ovibos moschatus*) and the extinct bison (*Bison priscus*) during the last 50 ka BP. *Elsevier journal*. 2015. no 378. P. 99–110.
3. Якушкин Г.Д. Овцебыки на Таймыре. Новосибирск: РАСХН, Сиб. Отд. НИИСХ Крайнего Севера, 1998. 236 с.
4. Urquhart D.R. Muskox: Life History and Current Status of Muskoxen in the N.W.T. Yellowknife: N.W.T. Department of Renewable Resources, Wildlife Service, 1982. 40 p.
5. Robertson B.C., Rawlence N.J., Dussex N. Ancient and Contemporary DNA Reveal a Pre-Human Decline but No Population Bottleneck Associated with Recent Human Persecution in the Kea (*Nestor notabilis*). *PLOS ONE*. 2015. no. 10(2). DOI: 10.1371/journal.pone.0118522.
6. Mitchell K.J., Cooper A., Pons J., Thomson V.A., Llamas B., Bover P. Molecular resolution to a morphological controversy: The case of North American fossil muskoxen *Bootherium* and *Symbos*. *Journal of Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2018. no. 129. P. 70–76.
7. Shields G.F., Groves P. Cytochrome B Sequences Suggest Convergent Evolution of the Asian Takin and Arctic Muskox. *Molecular phylogenetics*. 1997. no. 3. P. 363–374.
8. Cruaud C., Hassanin A., Ropiquet A., Couloux A. Evolution of the Mitochondrial Genome in Mammals Living at High Altitude: New Insights from a Study of the Tribe Caprini Bovidae, Antilopinae. *Journal of Molecular Evolution*. 2009. no. 68(4). P. 293–310.
9. Kumar A., Kumudani B.G., Singh B., Yadav P., Gopi G.V., Gupta S.K. Sequencing and characterization of the complete mitochondrial genome of Mishmi takin (*Budorcas taxicolor*) and comparison with the other Caprinae species. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. P. 87–94.
10. Greenwood A.D., Mol D., Tikhonov A.N., MacPhee R.D. Late Quaternary loss of genetic diversity in muskox (*Ovibos*). *BMC Evolutionary Biology*. 2005. no. 5. P. 49.
11. Gilbert P., Thomas M., Shapiro B., Zazula G.D., Suchard M.A., Shepherd K., Norris C.A., MacPhee R., Lemey P., Kuznetsova T., Krakhmalnaya T., Kosintsev P., Kahlke R.D., Greenwood A.D., Aaris-Sørensen K., Tikhonov A., Axelsson E., Orlando L., Sher A., Willerslev E., Campos P.F. Ancient DNA analyses exclude humans as the driving force behind late Pleistocene musk ox (*Ovibos moschatus*) population dynamics. *The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. 2010. no. 107(12). P. 5675–5680.
12. Гордеева Н.В., Сипко Т.П., Груздев А.Р. Изменчивость микросателлитной ДНК в популяциях овцебыков (*Ovibos moschatus*), акклиматизированных на севере России // *Генетика*. 2009. Т. 45. № 7. С. 932–940.
13. Груздев А.Р., Сипко Т.П., Гордеева Н.В. Microsatellite DNA variability in the populations of muskoxen *Ovibos moschatus* acclimated to the Russian North. *Genetika*. 2009. no. 45(7). P. 932–940.
14. Salces-Ortiz J., González C., Martínez M., Mayoral T., Calvo J.H., Serrano M.M. Looking for adaptive footprints in the HSP90AA1 ovine gene. *BMC Evolutionary Biology*. 2015. no. 15(7). DOI: 10.1186/s12862-015-0280-x.
15. Глазко Т.Т., Косовский Г.Ю., Глазко В.И. Биомаркеры геномной нестабильности у животных сельскохозяйственных видов // *Известия ТСХА*. 2013. № 2. С. 139–147.
16. Greenwood A.D., MacPhee R.D., Kolokotronis S.O. Detection of mitochondrial insertions in the nucleus (NuMTs) of Pleistocene and modern muskoxen. *BMC Evolutionary Biology*. 2007. no. 7. P. 67.
17. Бардуков Н.В. Древние и современные геномы *Ovibos moschatus* // *Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Московского Международного Конгресса (Москва, 17–20 марта 2015 г.)*. М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», ПХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. С. 188.
18. Heller R., Siegmund H.R., Groot V.C., Peter J., Aastrup P., Schmidt N.M., Hvilsom C., Hansen C.C.R. The Muskox Lost a Substantial Part of Its Genetic Diversity on Its Long Road to Greenland. *Current Biology*. 2018. no. 28 (24). P. 4022–4028.
19. Бардуков Н.В., Сипко Т.П., Глазко В.И. ISSR-PCR и IRAP-PCR-маркеры в оценках генетической структуры реинтродуцированных популяций овцебыков на север России // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2011. № 6. С. 136–140.
20. Glazko T.T., Elkina M.A., Sipko T.P., Pheophilov A.V., Bardukov N.V., Glazko V.I. Polymorphism of ISSR and IRAP markers in genomes of Musk-oxen (*Ovibos moschatus*) and horse (*Equus caballus*) of Altaic breed. *Izvestiya TSKhA*. 2012. special issue. P. 16–22.
21. Graphodatsky A.S., Mitchell Bush, O'Brien S.J., Roelke-Parker, Melody E., Larkin D.M., Marta Farré, Kirillin E.V.,

Okhlopkov I.M., Lemskaya N.A., Yudkin D.V., Perelman P.L., Kulemzina A.I., Proskuryakova A.A. Comparative Chromosome Mapping of Musk Ox and the X Chromosome among Some Bovidae Species. Mechanisms of Driving Karyotype Evolution and Genomic Architecture. Genes. 2019. Special Issue. P. 857.

22. Ytrehus B., Rowell J., Cuyler C. Muskox status, recent variation, and uncertain future. Terrestrial Biodiversity in a Rapidly Changing Arctic. 2019. no. 49. P. 805–819.

23. Collins S.M., Thomas-Oates J., Campbell S., Howard S., Whitcher Kansa S., Buckley. M. Distinguishing between archaeological sheep and goat bones using a single collagen peptide. Journal of Archaeological Science. 2010. no. 37. P. 13–20.

24. Tuross N., Campos P.F., Robinson T., Campana M.G. Independent confirmation of a diagnostic sheep/goat peptide sequence through DNA analysis and further exploration of its taxonomic utility within the Bovidae. Journal of Archaeological Science. 2013. V. 40. Is. 2. P. 1421–1424.

25. Gilbert P., Thomas M., Campos P.F. DNA Extraction from Keratin and Chitin. Methods in Molecular Biology book series. 2011. V. 840. P. 43–49.

26. Gilbert P., Thomas M., Wieterslev E., Peacock E., Turner-Walker Gordon, Craig O.E., Campos P.F. DNA in ancient bone – Where is it located and how should we extract it? Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger. 2012. V. 194. Is. 1. P. 7–16.

СТАТЬЯ

УДК 574.5

**ВЛИЯНИЕ СРОКА СБОРА ПРИРОСТА БИОМАССЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ
ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ****Раимбеков К.Т.***Ошский гуманитарно-педагогический институт имени А.С. Мырсабекова,
Ош, e-mail: turgunovich67@bk.ru*

У большинства высших водных растений в ходе эволюционного развития выработалась периодичность в процессе исторического развития и роста. В статье представлены результаты экспериментального исследования по изучению влияния срока сбора прироста биомассы на урожайность представителей высших водных растений *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus*, *Azolla caroliniana*, *Elodea canadensis* и *Vallisneria spiralis* и продуктивности вышеотмеченных водных макрофитов в условиях города Ош. Доказано, что наилучший рост и накопление биомассы отмечается при сборе биомассы через каждые 3 дня. Полученные в ходе исследования результаты показали, что при ежедневном сборе среднесуточный прирост биомассы замедляется. Это объясняется тем, что при ежедневном сборе растения механически повреждаются. Прирост биомассы изученных видов растений также снижается при отсутствии регулярного сбора прироста. Необходимо обратить внимание на то, что изученные виды высших водных растений интенсивно растут и дают максимальный прирост сырой биомассы в летние месяцы (июнь-август). С приходом холодов (октябрь) и ранневесенних месяцев (май) рост и накопление биомассы этих водных растений замедляется. Анализ проведенных опытов показал, что вышеотмеченные представители высших водных растений в природных условиях г. Ош потенциально могут быть применены для очистки загрязненных вод в течение шести месяцев. Лучший рост отмеченных водных растений отмечался также в стоках, куда регулярно сбрасывались загрязненные воды птицефабрик, свиноферм и других животноводческих комплексов. Рекомендуем учитывать свойства этих растений при разработке методов их культивирования.

Ключевые слова: водный макрофит, биомасса, температура, устойчивость, экологический фактор, прирост**INFLUENCE OF THE HARVEST PERIOD OF BIOMASS GROWTH
ON THE YIELD OF HIGHER AQUATIC PLANTS****Raimbekov K.T.***Osh humanitarian and pedagogical Institute named after A.S. Myrsabekov,
Osh, e-mail: turgunovich67@bk.ru*

Most of the higher aquatic plants in the process of their evolutionary development developed periodicity in the processes of historical development and growth. The article presents the results of an experimental study on the effect of the harvest period of biomass growth on the yield of higher aquatic plants *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus*, *Azolla caroliniana*, *Elodea canadensis* and *Vallisneria spiralis* and the productivity of the above-mentioned aquatic macrophytes in the city of Osh. It is proved that the best growth and accumulation of biomass is observed when collecting biomass every 3 days. The results obtained during the study showed that the average daily growth of biomass slows down with daily harvesting. This is due to the fact that the daily collection of plants is mechanically damaged. The increase in the biomass of the studied plant species is also reduced if there is no regular collection of growth. It should be noted that the studied species of higher aquatic plants grow rapidly and give the maximum increase in raw biomass in the summer months (June-August). With the arrival of the cold months of the year (October) and the early spring months (may), the growth and accumulation of biomass of these aquatic plants slows down. The analysis of the conducted experiments showed that the above-mentioned representatives of higher aquatic plants in the natural conditions of Osh can be potentially used for the treatment of polluted waters within six months. The best growth of these aquatic plants was also observed in drains where polluted water from poultry farms and other livestock complexes was regularly discharged. Please consider the saprobity of these plants in the development of methods for their cultivations.

Keywords: aquatic macrophyte, biomass, temperature, stability, environmental factor, growth

В настоящее время влияние антропогенных факторов на биосферу с каждым годом возрастает. Нам известно, что водные экосистемы считаются очень чувствительными к действию различных антропогенных факторов. В ряде работ показано, что основными отрицательными факторами, действующими на водные растения, являются антропогенные и природные. К неблагоприятным природным факторам относятся: сукцессионная смена фитоценозов, клима-

тические изменения, вытеснение одних видов растений другими, изменение водного режима среды обитания. Отрицательные антропогенные факторы включают: изменение водного режима природных водоемов в результате гидромелиоративных работ, резкое изменение условий среды обитания вследствие эвтрофирования и загрязнения, интенсивный сбор биомассы охраняемых видов водных макрофитов, повреждение зарослей водных растений моторным транс-

портом. Срок сбора прироста растений эффективно влияет на продуктивность [1].

Нельзя не заметить, что исследования, посвященные изучению адаптационных особенностей водных макрофитов в условиях максимальных антропогенных нагрузок на природные экосистемы воды, вызывают теоретический интерес и представляют наибольшее практическое значение, так как считаются научной основой для биомониторинга загрязненных различными отходами водных объектов и их фиторемедиации [2].

Таким образом, считается актуальным исследование механизмов устойчивости водных растений к загрязнению природных вод. В доступной литературе удалось обнаружить весьма многочисленные данные о научных исследованиях, направленных на изучение механизмов устойчивости, которые образуются непосредственно в естественных местах обитания высших водных растений в условиях антропогенного воздействия [3].

Vallisneria spiralis – относится к семейству Hydrocharitaceae и считается одним из самых распространенных видов водных растений. В ряде работ показано, что *Vallisneria spiralis* широко распространена в субтропических и тропических местностях. Это растение чаще всего встречается в водоемах Средней Азии и на юге США [4].

Potamogeton crispus широко распространен в нетропической зоне обоих полушарий и принадлежит к семейству Potamogetonaceae. Распространен в водоемах и слабопроточных водах Скандинавии, Кореи, Средней и Атлантической Европы, Центральной Азии, юга Африки, юго-востока Австралии, Северной Америки, России, Республики Коми [5].

Elodea canadensis встречается в пресных водоемах Евразии, Африки, Австралии, Канады, США, Новой Зеландии, Мексики, России. Оптимальными условиями для культивирования *Elodea canadensis* считаются илистый грунт, песчаные почвы, слабощелочные калийные и гидрокарбонатно-натриевые воды. *Elodea canadensis* в прибрежных частях водоемов очень быстро образует сплошной ковер [6].

Eichhornia crassipes (сем. Pontederiaceae) – пантропическое, многолетнее, высшее водное растение. Распространено в водоемах Азии, Северной, Южной и Центральной Америки, Африки, Европы и Австралии [7].

Azolla caroliniana – водный папоротник семейства Azollaceae. Ареал его охватывает пруды, водоемы и реки с медленным течением Южной, Северной и Центральной Америки. *Azolla caroliniana* однолетнее растение, а растения, произрастающие в есте-

ственных водоемах с тропическим режимом – многолетние. Азоллу каролинскую необходимо культивировать при температуре воды 12–28 °С и при ярком освещении. При температуре ниже 16 °С рост этого растения останавливается и листочки начинают загнивать [8].

Целью исследования было изучить и обобщить данные по некоторым основным показателям влияния срока сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования послужили представители водных макрофитов, относящиеся к различным отделам. Среди них представители полностью погруженных укореняющихся растений – *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton crispus* и *Elodea canadensis*, а также представители макрофитов, свободно плавающих на поверхности – *Eichhornia crassipes* Solms., *Azolla caroliniana*. Эти растения выращивали на открытом, сравнительно оптимально освещаемом и прогреваемом опытном участке. Бассейны для выращивания водных макрофитов были сделаны из деревянных досок. Глубина каждого бассейна составляла 60–70 см и площадь водной поверхности – 1 м². В качестве питательной среды для выращивания опытных растений были применены сточные воды ферм по выращиванию крупного рогатого скота в следующих концентрациях:

1. Для культивирования *Eichhornia crassipes* и *Potamogeton crispus* – сточная вода 75 % + водопроводная вода 25 %.

2. Для *Azolla caroliniana* и *Elodea canadensis* – сточная вода 50 % + водопроводная вода 50 %.

3. Для *Vallisneria spiralis* – сточная вода 25 % + водопроводная вода 75 %.

В специально оснащенных лабораториях было проведено несколько научных экспериментов для подбора оптимальной концентрации питательных сред для культивирования вышеназванных растений. Во время проведения эксперимента температура воздуха было в пределах 26–36 °С, температура воды 17–24 °С, pH 6–7.

Результаты исследования и их обсуждение

Начиная с 2018 г. мы стали детально исследовать влияние срока сбора биомассы на урожайность *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus*, *Azolla caroliniana*, *Elodea canadensis*, *Vallisneria spiralis* с целью определения наиболее оптимального срока сбора биомассы (таблица).

Влияние срока сбора прироста биомассы на урожайность высших водных растений
(среды: сточная вода фермы по выращиванию крупного рогатого скота)

№	Вариант	Плотность биомассы, г/м²	Сроки сбора, прирост биомассы (сырой вес), г/м²										Биомасса за 10 дней, г/м²	Прирост за 10 дней, г/м²	Суточ. прирост, г/м²
			21.07	22.07	23.07	24.07	25.07	26.07	27.07	28.07	29.07	30.07			
<i>Eichhornia crassipes</i> (среды: сточная вода 75% + водопроводная вода 25%)															
1	Ежедневный сбор	2000	3235,6 ± 235,6	3567,2 ± 331,6	3985,5 ± 418,3	4257,7 ± 272,2	4476,9 ± 219,2	4732,2 ± 255,3	4945,3 ± 213,1	5288,4 ± 343,1	5356,7 ± 168,3	5537,5 ± 180,8	5537,5 ± 263,7	3537,5 ± 218,8	353,7 ± 0,41
2	Сбор через каждые 3 дня	2000	—	—	3312,4 ± 131,4	—	—	4724,9 ± 141,5	—	—	—	6125,3 ± 140,4	6125,3 ± 137,7	4125,3 ± 92,8	412,5 ± 0,37
3	Сбор только в конце опыта	2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5815,8 ± 144,7	5815,8 ± 144,7	3815,8 ± 99,8	381,6 ± 0,29
<i>Azolla caroliniana</i> (среды: сточная вода 50% + водопроводная вода 50%)															
1	Ежедневный сбор	700	765,8 ± 65,8	834,6 ± 68,8	918,7 ± 84,1	1005,2 ± 86,5	1072,6 ± 67,4	1141,5 ± 68,9	1221,4 ± 79,9	1305,8 ± 84,4	1487,5 ± 81,7	1535,4 ± 47,9	1535,4 ± 73,5	835,4 ± 33,5	83,5 ± 0,33
2	Сбор через каждые 3 дня	700	—	—	945,3 ± 45,3	—	—	1435,6 ± 90,3	—	—	—	1815,7 ± 80,1	1815,7 ± 71,9	1115,7 ± 32,8	111,6 ± 0,43
3	Сбор только в конце опыта	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1674,3 ± 81,6	974,3 ± 37,2	97,4 ± 0,24
<i>Elodea canadensis</i> (среды: сточная вода 50% + водопроводная вода 50%)															
1	Ежедневный сбор	3000	3396,6 ± 396,6	3789,3 ± 392,7	4287,8 ± 498,5	4605,5 ± 317,7	5011,2 ± 405,7	5491,6 ± 480,4	5876,9 ± 385,3	6455,7 ± 578,8	7055,5 ± 599,8	7457,0 ± 401,5	7457,0 ± 445,7	4457,0 ± 179,2	445,7 ± 0,52
2	Сбор через каждые 3 дня	3000	—	—	4485,4 ± 485,4	—	—	6278,7 ± 793,3	—	—	—	8256,0 ± 977,3	8256,0 ± 752,0	5256,0 ± 302,3	525,6 ± 0,38
3	Сбор только в конце опыта	3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7784,0 ± 652,4	4784,0 ± 262,3	478,4 ± 0,41
<i>Potamogeton crispus</i> (среды: сточная вода 75% + водопроводная вода 25%)															
1	Ежедневный сбор	3000	3356,9 ± 356,9	3793,2 ± 436,3	4236,6 ± 443,4	4788,6 ± 552,0	5292,8 ± 504,2	5722,4 ± 429,6	6207,7 ± 485,3	6784,3 ± 576,6	7235,8 ± 451,5	7654,4 ± 418,6	7654,4 ± 465,4	4654,4 ± 187,1	465,4 ± 0,47
2	Сбор через каждые 3 дня	3000	—	—	4476,5 ± 476,5	—	—	6113,4 ± 636,9	—	—	—	8086,7 ± 973,3	8086,7 ± 695,5	5086,7 ± 279,6	508,7 ± 0,47
3	Сбор только в конце опыта	3000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7855,8 ± 544,7	4855,8 ± 218,9	485,5 ± 0,36
<i>Vallisneria spiralis</i> (среды: сточная вода 25% + водопроводная вода 75%)															
1	Ежедневный сбор	4000	4545,6 ± 545,6	5167,4 ± 621,8	5833,6 ± 686,2	6467,7 ± 634,1	7172,3 ± 704,6	7792,8 ± 620,5	8467,7 ± 674,9	9289,2 ± 821,5	9978,6 ± 689,4	10344,4 ± 365,8	10344,4 ± 636,4	6344,4 ± 246,3	634,4 ± 0,43
2	Сбор через каждые 3 дня	4000	—	—	5827,5 ± 827,5	—	—	7894,7 ± 789,6	—	—	—	10657,8 ± 763,1	10657,8 ± 793,4	6657,8 ± 307,1	665,7 ± 0,67
3	Сбор только в конце опыта	4000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10471,3 ± 744,3	6471,3 ± 288,0	647,1 ± 0,76

Полученные в ходе исследования результаты показали, что при ежедневном сборе среднесуточный прирост биомассы замедляется. Также прирост биомассы изученных видов растений снижается при отсутствии регулярного сбора биомассы. Одним из основных факторов, влияющих на замедление прироста растений, считается резкое увеличение их плотности. Наилучший рост и прирост биомассы отмечался при сборе биомассы через каждые 3 дня.

Нам известно, что наилучший рост и развитие водных макрофитов зависят от экологических факторов, в которых они растут. В процессе эволюционного развития у водных макрофитов выработалась периодичность. Связанная с чередованием дня и ночи, выражается снижением процессов жизнедеятельности и максимальной актив-

ности в зависимости от времени в течение суток.

Условия среды обитания бывают различными не только в зависимости от сезона и времени суток. Наибольшее влияние на водное растение оказывают температура и свет.

Город Ош, в котором проводились экспериментальные исследования, расположен на юге Кыргызстана, в восточной части Ферганской долины.

В городе Ош умеренно холодный климат и зимой сравнительно больше осадков, чем летом. Здешний климат классифицируется как Dsa системой Кеппен-Гейгера, и в течение года выпадает незначительное количество осадков.

Средняя годовая температура города Ош составляет 11,7°C (рис. 1).

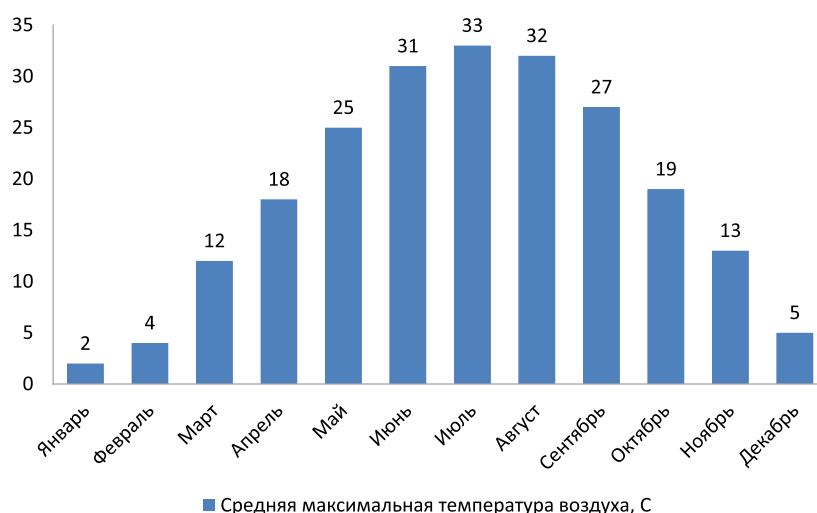


Рис. 1. Климат города Ош

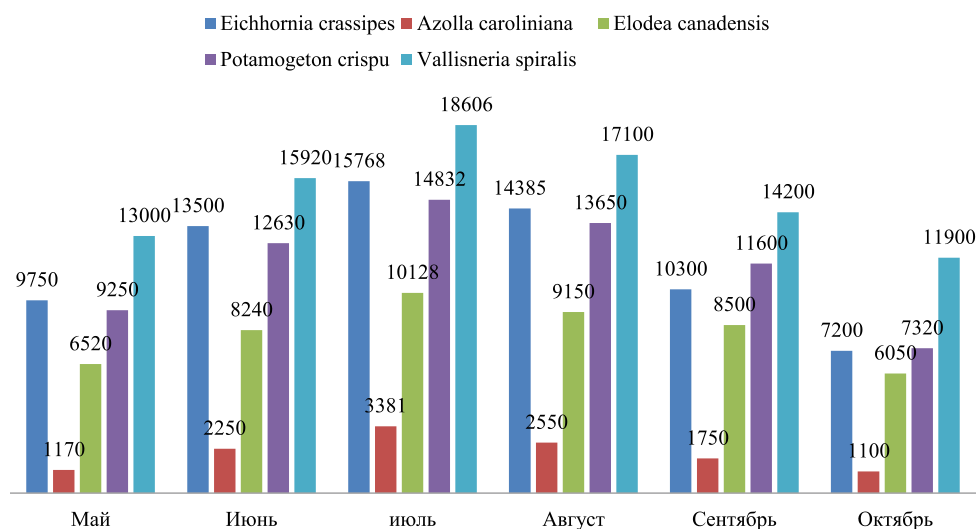


Рис. 2. Урожайность водных макрофитов в условиях города Ош

Из рис. 1 видно, что в условиях города Ош температура воздуха считается сравнительно высокой в среднем в июль, 33 °С. Низкие средние температуры отмечаются в январе, в это время средняя температура воздуха составляет 2 °С.

Мы провели ряд экспериментальных опытов по изучению продуктивности *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus*, *Azolla caroliniana*, *Elodea canadensis*, *Vallisneria spiralis* в разные времена года в условиях города Ош (рис. 2).

Анализ данного рисунка показывает, что изученные виды высших водных растений интенсивно растут и дают максимальный прирост сырой биомассы в летние месяцы (июнь-август). С приходом холодных месяцев (октябрь) и в ранневесенние месяцы (май) рост и накопление биомассы этих водных растений замедляется.

Оптимальный рост опытных растений в условиях города Ош отмечается при температурах 28–33 °С.

Выводы

1. При практическом применении *Eichhornia crassipes*, *Potamogeton crispus*, *Azolla caroliniana*, *Elodea canadensis* и *Vallisneria spiralis* для очистки загрязненных вод необходимо учитывать сроки сбора биомассы. Экспериментально доказано, что оптимальным сроком считается сбор биомассы изученных растений через каждые 3 дня.

2. Анализ проведенных экспериментов показал, что вышеотмеченные представители высших водных растений в условиях г. Ош потенциально могут быть применены для очистки загрязненных вод в течение шести месяцев.

Список литературы

1. Самбаев Н.С. Оценка гидрологического состояния р. Сырдария в пределах Кызылординской области // Вектор ГеоНаук. 2018. № 1 (3). С. 95–98.
2. Раимбеков К.Т. Воздействия додецилсульфата натрия на водный макрофит *Eichhornia crassipes* Solms // Наука. Образование. Техника. 2016. № 3–4 (57). С. 38–42.
3. Раимбеков К.Т. Изучение химического состава биомассы эйхорнии отличной до и после термической обработки // Известия ВУЗов (Кыргызстан). 2010. № 7. С. 14–16.
4. Зайнутдинова Э.М., Ягафарова Г.Г. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием водных растений // Башкирский химический журнал. 2013. № 3 (20). С. 150–152.
5. Рубцова Т.А., Прокопьева К.В. Водные сосудистые растения Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2011. № 2 (14). С. 57–65.
6. Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.Ф., Ефремов А.Н., Токарь О.Е. Элодея канадская *Elodea canadensis* (Hydrocharitaceae) на Западносибирской равнине // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 3 (20). С. 46–55.
7. Муслимов И.Ф., Фахрутдинов Р.Ш. Исследование и разработка технологии получения кормовой добавки на основе эйхорнии отличной // Информация и образование: границы коммуникаций. 2014. № 6 (14). С. 123–125.
8. Шожакубов Р.Ш., Досметов А.Т. О распространении азоллы каролинской в водоемах Узбекистана // Узб. биол. журн. 2001. № 5–6. С. 46–52.