

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

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,385
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,284**

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

*Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя: 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 and publisher address: 410056,
Saratov region, Saratov, Chapaev V.I. street, 56**

*Подписано в печать 30.12.2022
Дата выхода номера 31.01.2023
Формат 60×90 1/8*

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

**Signed in print 30.12.2022
Release date 31.01.2023
Format 60×90 8.1**

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

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

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2022/4
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

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

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



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

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

Главный редактор: Н.Ю. Стукова

Editor in Chief: N.Yu. Stukova

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • BIOLOGICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2022 г.



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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

СОДЕРЖАНИЕ

Биологические науки / Biological sciences

СТАТЬИ / ARTICLES

СПАРИВАНИЕ, ПЛОДОВИТОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЯИЦ У КЛОПОВ (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE)	
MATING, FECUNDITY AND EGG DEVELOPMENT OF THE TRUE BUGS (HETEROPTERA, PENTATOMIDAE)	
Аллабергенова К.С., Ганджаева Л.А. / Allabergenova K.S., Gandzhaeva L.A.	5
ВЫДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИЗНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА НАВОЗЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ	
ISOLATION OF HYDROLYSIS BACTERIA FROM A BIOGASEQUIPMENT WORKING ON CATTLE MANURE AND STUDYING OF THEIR ENZYMATIC ACTIVITY	
Молдагулова А.К., Ануарбекова С.С., Молдагулова Н.Б., Кульмагамбетова Р.Х., Сарсенова А.С., Курманбаев А.А. / Moldagulova A.K., Anuarbekova S.S., Moldagulova N.B., Kulmagambetova R.Kh., Sarsenova A.S., Kurmanbaev A.A.	11
ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКТОПАРАЗИТОВ КУРООБРАЗНЫХ ПТИЦ – GALLIFORMES СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА	
ECOLOGICAL AND FAUNISTIC CHARACTERISTICS OF THE ECTOPARASITES OF GALLIFORMES OF NORTH-EASTERN UZBEKISTAN	
Акрамова Ф.Д., Раббимов С.Ш., Мирзаева А.У., Саидова Ш.О., Торемуратов М.Ш., Эсонбоев Ж.Р., Хамракулова З.Х., Азимов Д.А. / Akramova F.D., Rabbimov S.Sh., Mirzaeva A.U., Saidova Sh.O., Toremuratov M.Sh., Esonboev Zh.R., Khamrakulova Z.Kh., Azimov D.A.	17
ИЗУЧЕНИЕ ЗИМОВКИ И КОРМОВОЙ БАЗЫ УШАСТОЙ СОВЫ (<i>ASIO OTUS</i>) В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ЗАРАФШАН	
STUDYING THE WINTERING AND FOOD POINT OF THE LONG-EARED OWL (<i>ASIO OTUS</i>) IN THE LOWER RIVER ZARAFSHAN	
Еркулов Ж.М. / Erkulov Zh.M.	25
ИОННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ У ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА ПРИ СТРЕССЕ: СРАВНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ	
IONIC REGULATION IN ANIMALS AND HUMANS UNDER STRESS: COMPARATIVE ASPECTS	
Запруднова Р.А., Гарина Д.В. / Zaprudnova R.A., Garina D.V.	32
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ СОВЕТСКОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА ГОРОДА ОМСКА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	
ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF RESERVOIRS OF THE SOVIET ADMINISTRATIVE DISTRICT IN OMSK ACCORDING TO HYDROCHEMICAL INDICATORS	
Королев А.Н., Данцигер А.А. / Korolev A.N., Dantsiger A.A.	44
ОПИСАНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ЖОНДОРСКОГО РАЙОНА	
DESCRIPTION AND CURRENT STATE OF IRRIGATED SOILS IN ZHONDOR DISTRICT	
Турдалиев Ж.М., Ахмедов А.У., Санакулов С.Ф., Гелдиев О.А., Турдимуродов Д., Бурханова Н.Х. / Turdaliev Zh.M., Akhmedov A.U., Sanakulov S.F., Geldiev O.A., Turdimurodov D., Burkhanova N.Kh.	50
ВЛИЯНИЕ НОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ХЛОПЧАТНИКА, ВОЗДЕЛАННОГО НА ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ С РАЗЛИЧНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ЗАСОЛЕНИЯ	
INFLUENCE OF NORM OF NITROGEN FERTILIZERS ON SOME PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF COTTON PLANTS CULTIVATED IN IRRIGATED MEADOW- ALLUVIAL SOILS IN DIFFERENT DEGREES OF SALINITY	
Ортиков Т.К., Бафаева З.Х., Умаров О.Р. / Ortikov T.K., Bafoeva Z.Kh., Umarov O.R.	56
НАУЧНЫЙ ОБЗОР / REVIEW	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ФРУКТОВЫХ КОНСЕРВОВ	
INFLUENCE OF HIGH-PRESSURE TECHNOLOGY ON THE ENZYMATIVE ACTIVITY OF CANNED FRUIT	
Бурак Л.Ч. / Burak L.Ch.	63

СТАТЬИ / ARTICLES

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ
БЕЙСУГСКОГО ЛИМАНА РАБОТ ПО ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИН И ЭСТАКАДЫ
ПРОМЫСЛОВОГО ГАЗОСБОРНОГО ПУНКТА НА БЕЙСУГСКОМ ГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE NEGATIVE IMPACT ON THE AQUATIC
BIORESOURCES OF THE BEISUG ESTUARY OF THE WORK ON THE LIQUIDATION OF WELLS
AND THE FLYOVER OF THE FIELD GAS COLLECTION POINT AT THE BEISUG GAS FIELD

Денисенко О.С. / Denisenko O.S. 74

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ ЮЖНОГО РАЙОНА
ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

CHANGES IN THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN THE SOUTHERN
DISTRICT OF THE TASHKENT REGION UNDER THE INFLUENCE OF MAN-MADE DAMAGE

Жобборов Б.Т. / Zhobborov B.T. 83

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТОНКОРУННОГО ОВЦЕВОДСТВА
В СУХО-СТЕПНОМ ПОВОЛЖЬЕ

THE STATE AND DEVELOPMENT TRENDS OF FINE-WOOL SHEEP BREEDING
IN THE DRY-STEPPE VOLGA REGION

Лакота Е.А. / Lakota E.A. 91

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗАСОЛЕНИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЙ И
АГРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON SALINATION, MECHANICAL AND
AGROCHEMICAL COMPOSITION OF MEADOW-ALLUVIAL SOILS IN BUKHARA REGION

Салимова Х.Х., Артикова Х.Т. / Salimova Kh.Kh., Artikova Kh.T. 96

НАУЧНЫЙ ОБЗОР / REVIEW

ОБЗОР ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПЕРЕХОД ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ
ИЗ РАЦИОНОВ КОРМЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ

THE MAIN FACTORS DETERMINING THE TRANSFER OF HEAVY METALS FROM
FARM ANIMALS FEEDING DIETS TO LIVESTOCK PRODUCTS

Епифанова И.Э., Епимахов В.Г. / Epifanova I.E., Epimakhov V.G. 101

СТАТЬИ / ARTICLES

АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПЕРИОД
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСТ-COVID-19

ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL AND CLINICAL PARAMETERS IN POST-COVID-19

Ахмедова Г.Б. кизи, Зарипов Б. / Akhmedova G.B., Zaripov B. 107

СОЛОНЧАКИ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ НА ОСУШЕННОМ ДНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

SOLONCHARKS FORMED ON THE DRY BOTTOM OF THE ARAL SEA

Каттаева Г.Н., Исмонов А.Ж. / Kattaeva G.N., Ismonov A.Zh. 112

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД ГОРОДА ОМСКА
С ПОМОЩЬЮ ALLIUM TEST

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE NATURAL WATERS OF OMSK
WITH THE HELP OF ALLIUM TEST

Кубрина Л.В. / Kubrina L.V. 118

НАУЧНЫЙ ОБЗОР / REVIEW

ОБ ОТДЕЛЬНЫХ АСПЕКТАХ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ОБРАЗЦОВ ХИТОЗАНА
В БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

ON INDIVIDUAL ASPECTS OF CHITOSAN SAMPLES CHARACTERISATION
IN BIOMEDICAL RESEARCH

Халимов Р.И., Омелько Н.А., Русин Е.Е. / Khalimov R.I., Omelko N.A., Rusin E.E. 122

СТАТЬИ

УДК 57:632.754.1

**СПАРИВАНИЕ, ПЛОДОВИТОСТЬ И РАЗВИТИЕ ЯИЦ У КЛОПОВ
(HETEROPTERA, PENTATOMIDAE)**

¹Аллабергенова К.С., ^{1,2}Ганджаева Л.А.

¹Ургенчский государственный университет, Ургенч, e-mail: komilaallabergenova91@gmail.com;

²Хорезмская академия Мамуна, Хива, e-mail: tulipa_83@mail.ru

Исследовательская работа была проведена с целью определения спаривания, плодовитости и развития яиц у крестоцветных клопов. В 2019–2021 гг. мы провели все полевые эксперименты в двух хозяйствах, «Гулрухбегим» и «Олтин калья», расположенных в Ургенчском районе Хорезмской области. Лабораторные работы проводились в Хорезмской академии Мамуна. По нашим данным, полученным при осмотре клопов под марлевыми изоляторами в лабораторных, а также в полевых условиях, выяснилось, что самая высокая цифра плодовитости у *E. Maracandica*, кладки яйца составили 297 шт., когда клопы питались хреном, а у *E. Wilkinsi* кладки яйца составили 249 шт., когда клопы питались клоповником. Наши данные показывают, что дни эмбрионального развития у среднеазиатских крестоцветных клопов при среднесуточной температуре воздуха 20–25 °С и влажности воздуха 38–45 % составляют от 6 до 14 дней. Полученные данные показали, что изменение климата оказывает большое влияние на спаривание клопов. По нашим данным, клопы *E. maracandica* начинали спариваться, когда температура воздуха была выше 18 °С, а виды *E. Wilkinsi* начинали спариваться при 17 °С.

Ключевые слова: спаривание, плодовитость, яйца, Heteroptera, Pentatomidae, Eurydema

**MATING, FECUNDITY AND EGG DEVELOPMENT OF THE TRUE BUGS
(HETEROPTERA, PENTATOMIDAE)**

¹Allabergenova K.S., ^{1,2}Gandzhaeva L.A.

¹Urgench State University, Urgench, e-mail: komilaallabergenova91@gmail.com;

²Khorezm Mamun Academy, Khiva, e-mail: tulipa_83@mail.ru

The current research work was carried out to determine mating, fecundity, and number of eggs of cruciferous bugs. In 2019–2021 we conducted all field experiments on two farms, “Gulrukhbehim” and “Oltin kalya”, located in the Urgench district of the Khorezm region. Laboratory work was carried out at the Khorezm Ma'mun Academy. According to our field and laboratory examination of cruciferous bugs under gauze isolators, it was found that the highest reproductive capacity of *E.maracandica* and laid typically 297 eggs when the bug fed on horseradish, while *E.Wilkinsi* laid 249 eggs. Our data show that the days of embryonic development in Central Asian cruciferous bugs ranged from 6 to 14 days at an average daily temperature of 20-25°C and an air humidity of 38-45%. The data showed, that climate change has a major impact on the mating performance of the cruciferous bugs. According to our data, *E. maracandica* bugs started mating when the air temperature was above 18°C, while *E. Wilkinsi* species started mating at 17 °C.

Keywords: mating, fecundity, egg, Heteroptera, Pentatomidae, Eurydema

Влияние факторов окружающей среды на биологическое развитие клопов играет главную роль, и их необходимо изучать комплексно. Однако работ по влиянию температуры на поведение клопов немного. Активность поведения клопов не всегда совпадает с активностью обмена веществ. Сведения о влиянии температуры на развитие и поведение клопа имеются в работе А.Х. Саулича для европейской части России [1].

Эффект экологических факторов для некоторых видов клопов до настоящего времени остаётся полностью неизученными. Влиянию температуры на насекомых посвящено довольно много исследований [2, 3].

Из исследования эффектов климатических факторов на изменение популяционной динамики клопов выяснилось, что снижение оптимальной температуры, а также повышение влажности воздуха влияют на уменьше-

ние количества клопов на агроценозах, а также в природных зонах [4].

Из анализа литературных источников можно сделать вывод, что изменение оптимальных климатических условий оказывает большое влияние на количество клопов [5], их распространение [6, 7] и биологическое развитие [8, 9].

Целью данного исследования является определение спаривания, плодовитости и развития яиц у наземных крестоцветных клопов на агроценозе капусты в условиях лаборатории и в поле двух хозяйств, «Гулрухбегим» и «Олтин калья», расположенных в Ургенчском районе Хорезмской области.

Материалы и методы исследования

Эксперименты были начаты в 2019–2021 гг. в полях, были собраны исследуемые коллекционные материалы, клопов хранили

в лабораторных банках с 70% этиловым спиртом. Все коллекционные материалы были доставлены в лаборатории, и развитие клопов было изучено в энтомологической лаборатории Хорезмской академии Мамуна.

Анализ особенностей спаривания, плодовитости и развития яиц у наземных крестоцветных клопов проводился на основании собственных наблюдений на крестоцветных растениях и данных литературы [10, 11].

В полевых условиях клопы были изучены в ходе осмотра более 150 разных дикорастущих и культурных крестоцветных растений [12, 13]. Во время осмотра мы фиксировали количество имагинальных клопов, а также их личинок, находящихся на разных стадиях развития, и кладки яиц на растениях.

Полевые учеты крестоцветных клопов собирали с третьей декады марта по ноябрь, то есть со дня пробуждения клопов от зимовки до вступления их в диапаузу.

Количество поколений крестоцветных клопов и продолжительность развития отдельных их поколений определяли по методу Б.В. Добровольского (1969) [14]. Также изучали плодовитость самок отдельных поколений; длительность развития яиц, личиночных стадий разных возрастов выясняли путем наблюдения клопов в поле на диких и культурных крестоцветных растениях. Для этого мы окружали растения садочками, сделанными из марли (по методам М.С. Гилярова, 1966) [15]. Всего в естественных условиях нами были заложены 10 опытов для отдельных поколений каждого вида.

В каждый садок помещалась одна пара только что пробужденных или перелинявших клопов (самка и самец), 5 опытов проведено на культурных крестоцветных (капуста огородная), 5 опытов – на дикорастущих крестоцветных растениях (сурепка обыкновенная, ярутка полевая). Каждый день изоляторы временно снимались и подсчитывалось количество яиц. Отложенные яйца после подсчета удалялись, часть яиц оставлялась с целью изучения продолжительности эмбрионального периода, место яйцекладки отмечалось, и клопы подсаживались вновь. В полевом журнале отмечались даты откладки яиц, даты образования личинок, даты их линек и время отмирания взрослых особей.

Клопы и их личинки находились под наблюдением в полулитровых банках, снабженных этикеткой с порядковым номером для выявления плодовитости самок, длительности стадии яиц и личиночных стадий разных возрастов в условиях лаборатории.

Для получения личинок в банку помещались яйцевые кладки. Клопы и их личинки кормились листьями крестоцветных культур два раза в день, старый корм из банок удалялся, и проводился учет отложенных яиц и линек личинок.

Влияние различных температур на скорость развития, роста клопа, а также на их продолжительность определяли в лаборатории по методу И.В. Кожанчикова (1961) [16].

Изучалось влияние температуры на развитие в термостатах, имеющих разную температуру.

Опыт закладывался на пяти поверхностях при температурах 17, 20 и 30 °C. В каждом опыте было по пять яйцевых кладок (60 яиц) и по 50 личинок.

Ниже показано математическое выражение по методу И.В. Кожанчикова (1961):

$$C = \frac{t_1 T_1 - t_2 T_2}{t_1 - t_2};$$

где C – показатель порога развития клопов;
 t – степени развития;

T – температурная шкала, при которой развиваются клопы.

Математическое выражение для расчета температурной константы и суммарной эффективной температуры:

$$t_1(T_1 - C) = X,$$

где X – температурная константа;

t – степени развития;

T – температурная шкала, при которой клопы завершают свое развитие.

Влияние температур на цикл развития у обоих видов клопов, *E. maracandica* и *E. Wilkinsi*, также изучалось в лабораторно-полевых условиях, так как метеорологические условия вне лаборатории не всегда соответствуют полученным данным в лабораторных условиях. Нами были проверены в полевых условиях аналогичные опыты влияния температуры на поведение и развитие личинок взрослых крестоцветных клопов.

В лабораторных условиях влияние температуры на поведение клопов изучалось при изменении температуры в пределах от -10 до + 55 °C. Во время опыта клопы находились в инсектарии. Перед началом опыта в инсектарии помещались по 25 взрослых особей клопов каждого вида и были поставлены вертикально несколько веточек редиса с клопами. Опыты были заложены в пяти повторениях.

Литературных данных по вопросу о плодовитости изучаемых нами среднеазиатских видов клопов недостаточно.

Результаты исследования и их обсуждение

По нашим данным в лабораторных условиях, при наблюдении за клопами под марлевыми изоляторами, а также в полевых, выяснилось, что самая высокая плодовитость у *E. maracandica*, кладки яйца составили 297 шт., при этом клопы питались хреном, а у *E. Wilkinsi* кладки яйца составили 249 шт., клопы питались клоповником.

Таким образом, в условиях Хорезмского оазиса плодовитость клопа довольно высокая, что является одной из самых главных причин большой численности их популяций в данном оазисе (табл. 1).

Количество откладываемых яиц крестоцветных неодинаково для различных поколений, отмечена высокая плодовитость у перезимовавших особей. Если сравнить количество яиц, отложенных в первом и втором поколениях, то самая низкая плодовитость клопов обнаруживается во втором поколении.

В Центральной Азии энтомолог П. Туйчиев (1974) установил, что в естественных условиях Каршинской степи скорость развития яиц среднеазиатского клопа отмечается весной, особенно в марте, апреле, а в мае длится от одной недели до двух недель. Летом скорость развития яиц длится всего 3–4 дня, в зависимости от уровня температуры [17]. В северных регионах Узбекистана влияние температуры до этого времени не изучалось.

В ходе нашего исследования мы обнаружили, что сроки развития клопов на эмбри-

ональной стадии зависят от климата среды обитания, например если температура выше оптимальной, то развитие клопов сокращается, они развиваются быстрее. Эксперименты с *E. maracandica* показали, что период эмбрионального развития колебался от 6 до 13 дней во второй декаде апреля, а у вида *E. Wilkinsi* развитие эмбрионов варьировалось от 10 до 15 дней, при этом среднесуточная температура воздуха составляла от 9,0 °C до 17,4 °C, а влажность воздуха – 33%.

Как мы уже упоминали выше, более высокие температуры снижают развитие эмбрионов. По нашим данным (табл. 2) при высоких температурах у *E. maracandica* в начале мая развитие эмбрионов клопа сокращалось и завершалось через 5–10 дней, а у вида *E. Wilkinsi* период составил только 5–13 дней. При этом во второй декаде июня и в начале июля развитие было коротким и продолжалось 3–4 дня у вида *E. maracandica*, а у вида *E. Wilkinsi* – 4–5 дней. Наши результаты и выводы по развитию эмбрионов клопов согласуются с результатами энтомолога П. Туйчиева [17].

В лабораторных экспериментах, как указано в табл. 2, данные отличались от данных полевых экспериментов. Например, эмбрионы в термостатах при среднесуточной температуре 20,1 °C и влажности воздуха 38% развивались от 7 дней до 12 дней у вида *E. maracandica*, а у вида *E. Wilkinsi* – 10–14 дней. При повышении температуры до 25,8 °C и влажности до 45% эмбрионы развивались от 6 дней до 9 дней у вида *E. maracandica*, а у вида *E. Wilkinsi* – 8–10 дней.

Таблица 1

Плодовитость по поколениям клопов (*E. maracandica* и *E. Wilkinsi*)

Виды клопов и их поколения в год	Число откладываемых яиц (среднее значение)					
	2019		2020		2021	
	Средняя	Максимальная	Средняя	Максимальная	Средняя	Максимальная
<i>E. maracandica</i>						
Перезимовавшие	195	273	221	297	235	294
1 поколение	139	241	159	283	202	276
2 поколение	132	208	135	244	150	200
В третьем поколении самки клопов не откладывают яйца						
<i>E. Wilkinsi</i>						
Перезимовавшие	138	222	141	249	158	243
1 поколение	125	205	119	208	133	240
2 поколение	121	179	124	204	123	199
В третьем поколении самки клопов не откладывают яйца						

Таблица 2

Сроки развития эмбриона (в днях) в зависимости от температуры и влажности воздуха (Ургенч, 2019–2021 гг.)

Условия	Дата эксперимента	Температура, °С			Влажность, %	Вид	
		Средняя	Максимальная	Минимальная		<i>E. maracandica</i>	<i>E. Wilkinsi</i>
Полевые	20 апреля	17,4	30,0	9,0	33	6–13	10–15
	10 мая	27,5	39,0	15,2	42	5–10	5–13
	20 июня 10 июля	30,2	45,2	18,0	43	3–4	4–5
Лабораторные	20 июня	20,1	37,4	17,2	38	7–12	10–14
	10 июля	25,8	37,9	18,2	45	6–9	8–10

Из таблицы видно, что среднесуточная температура воздуха имеет большое значение для развития эмбрионов, и с ее повышением происходит ускорение эмбрионального развития у обоих клопов. Наши данные показывают, что дни эмбрионального развития у среднеазиатских крестоцветных клопов при среднесуточной температуре воздуха 20–25 °С и влажности воздуха 38–45 % составляют от 6 до 14 дней (табл. 2).

В наших полевых экспериментах мы выяснили, что крестоцветные клопы вылетают из мест зимовки сразу после диапаузы и даже не развиваются полностью, а также многие из них улетают с незрелыми половыми органами.

Эксперименты показали, что у разных полов клопов половые органы развиваются по-разному: у самцов *E. maracandica* семенники развиваются быстрее, чем у самок, и они начинают спариваться сразу после выхода из мест зимовки. В полевых экспериментах мы наблюдали, что многие самцы первыми покидают место обитания, поэтому в поле сначала доминируют самцы, а затем к ним подселяются самки. Со временем, ближе к концу массовой миграции, соотношение полов клопов выравнивается.

В экспериментах мы заметили, что после зимовки крестоцветные клопы, мигрировав в другие места обитания, сразу начинали питаться растениями. У крестоцветных клопов созревание половых органов также происходило по-разному, например, самкам для полного созревания репродуктивных органов требовались дополнительные питательные вещества. Обычно они питались в основном сорняками и даже иногда культурными крестоцветными растениями.

Полученные данные показали, что изменение климата оказывает большое влияние на спаривание клопов. По нашим данным,

клопы *E. maracandica* начинали спариваться, когда температура воздуха была выше 18 °С, а виды *E. Wilkinsi* начинали спариваться при 17 °С (табл. 3).

В ходе наших полевых исследований было установлено, что в сезон спаривания самцы клопов становятся очень активными и пытаются найти самок.

Во время спаривания крестоцветные клопы ведут себя необычно, они выставляют свои тела в разные положения, их головы могут быть направлены в разные стороны в одной плоскости, а иногда они даже висят парами целый день до окончания спаривания. Наши исследования и наблюдения показывают, что процесс спаривания у клопов не заканчивается быстро, копуляция длится несколько часов или даже дней.

Интересно, что во время спаривания клопы продолжают удовлетворять все свои физиологические потребности и продолжают свою деятельность, например, питаются в таком положении и передвигаются.

В полевых условиях мы наблюдали, что во время спаривания, если их что-то потревожит, пара клопов попытается спрятаться. Клопы, особенно во время копуляции, находятся на поверхности листьев или на почве, а если они пытаются спрятаться, то перемещаются на нижнюю сторону листа или стебля. Если падают на землю, то возобновляют копуляцию, и пары остаются в таком положении очень долгое время, не разделяясь ни при каких обстоятельствах.

В наших опытах было изучено, что процесс спаривания клопов во многих случаях совпадает с массовым выходом клопов из диапаузы. Отметим, что клопы начинали спариваться сразу через 3 дня, и спаривание продолжалось 11 дней после зимовки, а их массовое появление и спаривание зависит от температуры и влажности окружающего воздуха (табл. 3).

Таблица 3

Копуляция крестоцветных клопов (2019–2021 гг. в г. Ургенч)

Виды	Время начала копуляции	Суточная температура, °С		
		Средняя	Максимальная	Минимальная
<i>E. maracandica</i>	7.IV.2019	18,4	25,7	15,1
	4.IV.2020	19,9	27,1	17,0
	9.IV.2021	18,7	29,8	13,2
<i>E. Wilkinsi</i>	14.IV.2019	18,0	28,1	19,1
	14.IV.2020	17,4	25,0	16,0
	17.IV.2021	17,2	24,4	13,4

Таблица 4

Начало и окончание откладки яиц крестоцветных клопов

Время начала первой копуляции		Время начала кладки яиц	Дни после копуляции	Температуры в начале откладки яиц, °С		
				Средняя	Максимальная	Минимальная
E. maracandica						
2019 г.	7 апреля	9 апреля	Один	19,6	27,3	15,7
2020 г.	4 апреля	7 апреля	Два	22,1	29,1	15,0
2021 г.	9 апреля	12 апреля	Три	20,5	28,8	9,9
E. Wilkinsi						
2019 г.	14 апреля	17 апреля	Два	20,0	30,2	13,0
2020 г.	14 апреля	16 апреля	Три	21,1	24,3	12,0
2021 г.	17 апреля	20 апреля	Три	22,2	25,8	11,9

Также в лабораторных и полевых условиях было изучено, что продолжительность периода созревания репродуктивных органов самок клопов существенно зависит от состава кормовых растений и от их качества.

Кроме того, было установлено, что, если в период копуляции температура воздуха повышается, это способствует более быстрому созреванию яиц клопов. Причиной этого является потребность в питании. Крестоцветные клопы становятся очень требовательными к питательным веществам во время копуляции, и вредоносность клопа по этой причине сильно влияет на растения, снижая урожайность и замедляя развитие растений. Клопы-вредители в первую очередь повреждают молодую рассаду культурных крестоцветных растений.

На основании полученных результатов отмечено, что клопы на стадии откладки яиц меняются, а также изменяется их внутреннее состояние и поведение по сравнению с предыдущим. Мы изучали в период яйцекладки, что у клопов брюшко

самок увеличивается и перелет самок заметно ослабевает.

Мы наблюдали время начала и окончания откладки яиц клопов (табл. 4).

В наших экспериментах было изучено, что периоды копуляции у двух видов клопов составляли два или три дня в зависимости от температуры окружающей среды. Самки вида *E. maracandica* откладывали яйца через день при температуре 19,6 °С, и это зависело от температуры, так как повышение температуры влияло на дни откладки яиц. Самки *E. Wilkinsi* откладывали яйца через два дня после спаривания при температуре 20,0 °С.

Путем лабораторно-полевых наблюдений было установлено, что клопы рода *Eurydema* Lap. откладывают яйца в различных местах растений, например на нижней и верхней частях листьев и даже иногда откладывали на стеблях, растительных остатках и на почве возле кормовых растений, причем яйца откладывались в 2 ряда по 6 штук, всего 12 штук, но у вида *E. Wilkinsi* – в шахматном порядке. Когда мы провели эксперимент в лаборатории для сравнения

с полевыми и лабораторно-полевыми условиями, мы заметили, что клопы в изолированном состоянии склонны откладывать свои яйца на марлю и на стенки седел, а не на растениях.

В наших полевых и лабораторных экспериментах клопы после откладки яиц снова начинали спариваться, и продолжали следующие поколения. Данные лабораторного эксперимента показали, что на сухих участках личинки развивались быстрее, чем те личинки из яиц, которые были отложены на свежие растения или влажные места. Наши данные показывают, что весь процесс откладывания яиц у крестоцветных клопов занимает около 25–30 мин.

Закключение

В результате исследований установлено, что плодовитость по поколениям у крестоцветных клопов *E. maracandica* и *E. Wilkinsi* была различной. По нашим данным, самая высокая цифра плодовитости *E. maracandica* – в среднем 297 яиц в 2020 г. на одну особь – было отмечено при питании на хрене, а у *E. Wilkinsi* – в среднем 249 яиц в 2020 г. – при питании на клоповнике. У двух видов было только 2 поколения, из-за более низких температур осенью, и эти виды не откладывали яйца в Хорезмской области.

Эксперименты с *E. maracandica* показали, что период эмбрионального развития колебался от 6 до 13 дней во второй декаде апреля, а у вида *E. Wilkinsi* развитие эмбрионов варьировалось от 10 до 15 дней, и в это время среднесуточная температура воздуха составляла от 9,0 °C до 17,4 °C, а влажность воздуха – 33 %.

Как мы уже упоминали выше, более высокие температуры снижают скорость развития эмбрионов. По нашим данным мы установили, что при более высоких температурах вида *E. maracandica* развитие завершалось через 5–10 дней, а у вида *E. Wilkinsi* составило только 5–13 дней. Но также во второй декаде июня и в начале июля развитие было слишком коротким с продолжительностью всего 3–4 дня у вида *E. maracandica*, а у вида *E. Wilkinsi* – 4–5 дней. А также исследования показали, что в лабораторных экспериментах полученные данные отличались от полевых, например эмбрионы в термостатах при среднесуточной температуре 20,1 °C и влажности воздуха 38 % развивались от 7 дней до 12 дней у вида *E. maracandica*, а у вида *E. Wilkinsi* – 10–14 дней. При повышении температуры до 25,8 °C и влажности до 45 % эмбрионы развивались от 6 дней до 9 дней у вида *E. maracandica*, а у вида *E. Wilkinsi* – 8–10 дней.

Список литературы

1. Саулич А.Х., Мусолин Д.Л. Сезонное развитие клопов-слепняков (Miridae) подсем. Bryosorinae // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98 (2). С. 281–301. DOI: 10.1134/S0367144519020047.
2. Акимжанов Д., Есенбекова П.А. Биоразнообразие полужесткокрылых (Heteroptera: инфраотряд Pentatomomorpha I) ГНПП «Келсай келдепи» // Experimental Biology. 2020. No. 1 (82). P. 134–141. DOI: 10.26577/eb.2020.v82.i1.11.
3. Daminova D., Ganieva Z., Mirzaeva G. Capsid bug (Heteroptera, Miridae) of Uzbekistan. Norwegian Journal of development of the International Science. 2020. No. 40. P. 3–7.
4. Иванцова Е.А. Биоэкология клопа вредная черепашка в условиях Нижнего Поволжья // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11. Естественные науки. 2013. № 2 (6). С. 45–52.
5. Хайтмуратов А.Ф. Вредная энтомофауна пастбищ Узбекистана и меры борьбы с ней // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 1. С. 217–223. DOI: 10.5281/zenodo.2539750.
6. Нейморовец В.В. Распространение видов рода Eurygaster (Heteroptera: Scutelleridae) на территории России // Вестник защиты растений. 2019. № 4 (102). С. 36–48. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-4-102-36-48.
7. Хашимова М.Х., Ахмедова З.Ю., Рустамов К.Ж. Полевые испытания инсектицидного препарата против полевых клопов в Ташкентской области // East European Science Journal. Poland. 2016. No. 13. P. 14–16.
8. Akhmedova Z.Yu., Khashimova M.Kh. Bioecological characteristics and trophic relations bugs miridae family in Uzbekistan. European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences. EJBPS. 2016. No. 3 (12). P. 58–63.
9. Bundy C.S., McPherson J.E. Life history of Mecidea major with descriptions of nymphal instars (Hemiptera, Pentatomidae). In: Wheeler Jr AG (Ed.) A Festschrift Recognizing Thomas J. Henry for a Lifetime of Contributions to Heteropteran Systematics. ZooKeys, 2018. 796 p. P. 335–346. DOI: 10.3897/zookeys.796.21325.
10. Ганджаева Л.А., Абдуллаев И.И., Абдуллаева С.И. Анализ динамики численности популяций среднеазиатских клопов на сельскохозяйственных культурах на территории реки Нижней Амударьи (Heteroptera, Pentatomidae, Eurydema) // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 3. С. 94–100. DOI: 10.17513/srbs.1203.
11. Gandzhaeva L.A., Abdullaev I., Razzakov K., Al-labergenova K. Climate impact on the population dynamics of Cruciferae Bugs (Heteroptera, Pentatomidae, Eurydema). Eur-Asian Journal of BioSciences. Turkey. 2020. No. 14. P. 3349–3358.
12. Ганджаева Л.А., Абдуллаев И.И., Раззаков К.Б. Характеристика идентифицированных видов насекомых на капусте в условиях Хорезмской области // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 4. С. 7–12. DOI: 10.17513/srbs.1206.
13. Gandzhaeva L.A. Effect of temperature on embryonic development of the Central Asian Cabbage bug. I International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Shawnee, USA, 2020. P. 6–9.
14. Добровольский Б.В. Фенология насекомых. М.: Высшая школа, 1969. 232 с.
15. Гиляров М.С. Эволюция насекомых при переходе к пассивному расселению и принцип обратной связи в филогенетическом развитии // Зоологический журнал. 1966. № 45.1. С. 3–23.
16. Кожанчиков И.В. Методы исследования экологии насекомых. М.: Мысль, 1961. 284 с.
17. Туйчиев П. Настоящие полужесткокрылые насекомые – вредители хлопчатника, люцерны и др. полевых культур в поливной зоне Каршинской степи: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 1974. 27 с.

УДК 579.24

ВЫДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИЗНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА НАВОЗЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ

^{1,2}Молдагулова А.К., ¹Ануарбекова С.С., ^{1,2}Молдагулова Н.Б.,

¹Кульмагамбетова Р.Х., ^{1,2}Сарсенова А.С., ¹Курманбаев А.А.

¹ТОО «Экостандарт.kz», Нур-Султан, e-mail: asel7777@mail.ru;

²ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Нур-Султан

В данной работе представлены результаты выделения и скрининга гидролизных микроорганизмов для получения биогаза. В основе эффективного производства биогаза лежит сложный микробиологический процесс, первой стадией которого является гидролиз органических веществ. Из лабораторной однокамерной биогазовой установки (БУ) с рабочим объемом 10 л, в качестве субстрата использующей навоз КРС, и коровьего навоза путем посева на различные селективные питательные среды (СПА, МПА, Сабуро, МРС) было выделено 18 чистых изолятов. Изучены культурально-морфологические признаки и жизнеспособность выделенных микроорганизмов. Далее проведен скрининг микроорганизмов по их гидролитической активности: амилазная, протеолитическая, целлюлолитическая, уреазная, липазная. Максимальный показатель ЖСП варьировал в пределах 10^6 – 10^8 КОЕ/мл. Изучение ферментативной активности полученных изолятов, а именно активности гидролаз, показало, что 12 выделенных культур обладают протеолитической активностью. Амилолитической активностью обладали только 2 изолята, наибольшей целлюлолитической активностью обладали 11 изолятов. Способностью разложения мочевины до аммиака обладали 4 изолята. Липолитическую активность проявили 3 изолята. В результате проведения генетической идентификации отобранных изолятов по MALDI-TOF выделенные микроорганизмы отнесены к *Ochrobactrum tritici*, *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas citronellolis*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Acinetobacter johnsonii*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*.

Ключевые слова: навоз КРС, микроорганизмы, биогазовая установка, ферментативная активность

ISOLATION OF HYDROLYSIS BACTERIA FROM A BIOGASEQUIPMENT WORKING ON CATTLE MANURE AND STUDYING OF THEIR ENZYMATIC ACTIVITY

^{1,2}Moldagulova A.K., ¹Anuarbekova S.S., ^{1,2}Moldagulova N.B.,

¹Kulmagambetova R.Kh., ²Sarsenova A.S., ¹Kurmanbaev A.A.

¹Ecostandart.kz LLP, Nur-Sultan, e-mail: asel7777@mail.ru;

²LLP «Scientific and Production Center of ecological and industrial biotechnology, Nur-Sultan

This paper presents the results of isolation and screening of hydrolytic microorganisms for biogas production. Efficient biogas production is based on a complex microbiological process, the first stage of which is the hydrolysis of organic substances. From a laboratory single-chamber BU with a working volume of 10 l, using cattle manure as a substrate, and cow manure by inoculation on various elective nutrient media (SPA, MPA, Saburo, MRS), 18 pure isolates were isolated. The cultural and morphological features and viability of isolated microorganisms were studied. Next, screening of microorganisms was carried out according to their hydrolytic activity: amylolytic, proteolytic, cellulolytic, urease, lipase. The maximum GSP index varied within 106-108 CFU/ml. The study of the enzymatic activity of the obtained isolates, namely the activity of hydrolases, showed that 12 isolated cultures have proteolytic activity. Only 2 isolates had amylolytic activity, 11 isolates had the highest cellulolytic activity. 4 isolates had the ability to decompose urea to ammonia. 3 isolates showed lipolytic activity. As a result of the genetic identification of the selected isolates by MALDI-TOF, the isolated microorganisms were assigned to *Ochrobactrum tritici*, *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas citronellolis*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Acinetobacter johnsonii*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*.

Keywords: cattle manure, microorganisms, biogas plant, enzymatic activity

Животноводческие отходы являются источником загрязнения воздуха и водных ресурсов. Однако при правильном управлении данным видом отходов они могут служить энергетическим ресурсом [1].

Путем анаэробного сбраживания из животноводческих отходов получают биогаз. Использование навоза для получения биогаза имеет ряд достоинств, например производство энергии без ископаемого топлива, повторное использование питательных ве-

ществ и сокращение выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве [2]. Потенциал производства биогаза из животноводческих отходов в Казахстане в целом высок, поэтому существует необходимость развития данной отрасли.

Животноводческие отходы имеют высокое содержание воды и клетчатки, что приводит к малым выработкам биогаза и эффективности разложения, что в свою очередь препятствует более широкому ис-

пользованию биогазовой технологии в сельском хозяйстве [3]. Более того, патогенные микроорганизмы, которые могут встречаться в составе навоза, являются барьером для использования переработанного навоза в качестве удобрения [4]. Добавление специально подобранных микроорганизмов в животноводческие отходы позволит увеличить выход биогаза и снизить количество патогенных микроорганизмов.

В первой фазе анаэробного брожения активизируются гидролизные микроорганизмы. В этой фазе сложные органические вещества распадаются на простые водорастворимые соединения, которые могут поглощаться микробными клетками. Сложные макромолекулы, такие как углеводы, белки и жиры соответственно, превращаются в моносахариды, аминокислоты и жирные кислоты. Это происходит за счет ферментативного гидролиза, в котором различные факультативные и/или облигатные анаэробные гидролитические бактерии выделяют экзоферменты, которые способствуют расщеплению ковалентных связей в субстрате в результате химической реакции с водой. Ферменты, участвующие в процессе гидролиза, называют гидролазами. Разные гидролазы синтезируются специфичными видами гидролитических бактерий для деградации различных макромолекул. Например, целлюлозолитические бактерии синтезируют целлюлазу для гидролиза целлюлозы, в то время как липолитические бактерии синтезируют липазы для гидролиза жировых молекул. Гидролиз неструктурных углеводов происходит быстро, порядка нескольких часов, в то время как гидролиз белков и жиров может продолжаться до нескольких дней [5].

Гидролизные микроорганизмы играют очень важную роль в процессе получения биометана. Целью нашей работы явилось выделение и изучение гидролизных бактерий из субстрата биогазовой установки (БУ), работающей на навозе крупного рогатого скота (КРС), и навоза КРС.

Материалы и методы исследования

Изоляты микроорганизмов выделяли из субстрата БУ (навоза) с использованием общепринятого в бактериологической практике метода, который проходит в три этапа: получение накопительной культуры; выделение чистой культуры; определение чистоты выделенной культуры [6].

Для выделения мезофильных бактерий инкубацию субстрата БУ производили при 37 °C в течение 24 ч. Для выделения термофильных бактерий инкубацию субстрата производили при 45 °C – 24 ч.

Для получения изолятов микроорганизмов выросшие колонии пересевали методом ищущающего штриха по Голду.

Чистота выделенной культуры микроорганизмов тщательно проверялась. При визуальном контроле просматривался рост микроорганизмов по штриху на поверхности скошенной среды.

Оценку максимального показателя жизнеспособности (ЖСП) проводили методом Miles&Misra [7] с целью получения жизнеспособных культур с показателем 10^6 – 10^7 КОЕ/мл и более.

Скрининг выделенных изолятов проводили на основе изучения ферментативной активности путем определения амилалитической, протеолитической, целлюлолитической, липазной и уреазной активностей.

Проведена идентификация микроорганизмов с использованием MALDI-TOF масс-спектрометра Microflex («Bruker-Daltonics», Германия). Полученные белковые спектры сравнивали с эталонными спектрами, имеющимися в базе данных BrukerDatabaseVersion 3.3.1.0, используя программное обеспечение Biotyper [8].

Результаты исследования и их обсуждение

Из лабораторной однокамерной БУ с рабочим объемом 10 л, в качестве субстрата использующей навоз КРС, и коровьего навоза путем посева на различные селективные питательные среды (СПА, МПА, Сабуро, МРС) было выделено 18 чистых изолятов. Из них один изолят был способен расти при температуре 45 °C, а остальные при 37 °C. Все выделенные объекты, по культурально-морфологическим признакам отнесены к бактериальным культурам.

Рост всех изолятов на плотных питательных средах отличался по форме колоний, цвету, текстуре, профилю, поверхности и краям колонии (табл. 1).

На рис. 1, а, представлена колония изолята В3: колония кремового цвета, поверхность матовая, края неровные; на рис. 1, б – изолят В6: колония бежевого цвета, поверхность гладкая, блестящая с неровными краями.

С помощью микроскопии окрашенных по Граму мазков было определено, что в исследуемых образцах присутствуют грамположительные микроорганизмы в форме палочек с закругленными концами, разных размеров, образующих или не образующих спор, расположенные одиночно, парно, в цепочку или скоплениями. На рис. 2 представлена микроскопия некоторых выделенных чистых изолятов. Изоляты чистые, однородные.

Таблица 1

Культурально-морфологические свойства изолятов

№	Изолят	Размер, мм	Форма	Поверхность	Край	Цвет	Рост в жидкой среде	ЖСП
1	№ 846	2–3	НП	М	Р	Б	МНБО	10 ⁷
2	№ 847	3–5	К	Г	Р	Б	МНБО	10 ⁸
3	№ 848	1–3	НП	Г	Н	Б	МНПП	10 ⁸
4	№ 849	1–3	К	Г	Н	Б	МНБО	10 ⁸
5	№ 850	1–3	НП	Г	Н	С	МНПП	10 ⁸
6	№ 851	2–5	К	М	Р	С	МО	10 ⁷
7	№ 852	2–4	К	Г	Р	Б	МНПП	10 ⁸
8	№ 853	2–5	К	Г	Р	Б	МНПП	10 ⁸
9	№ 854	1–3	К	М	Н	Б	МО	10 ⁸
10	№ 855	1–3	К	Г	Н	С	МО	10 ⁸
11	№ 856	2–4	К	Г	Р	Б	МО	10 ⁷
12	№ 857	2–5	К	Г	Р	Б	МО	10 ⁷
13	№ 858	2–3	К	Г	Н	Б	МО	10 ⁸
14	В3	2–4	К	М	Н	Б	МО	10 ⁶
15	В4	2–3	К	Г	Н	К	МО	10 ⁶
16	В5	2,5–3	К	Г	Н	К	МО	10 ⁶
17	В6	2–3	НП	М	Н	Б	МНПП	10 ⁶
18	В7	2–5	НП	М	Н	Б	МНПП	10 ⁶

Примечание. К – круглая, НП – неправильная, Г – глянцевая, М – матовая, Р – ровная, Н – неровная, Б – беловатая, С – серая, МО – мутность, осадок, МНБО – мутность, небольшой осадок, МНПП – мутность, на поверхности пленка



Рис. 1. Рост колоний изолятов В3 (а) и В6 (б) на питательной среде СПА

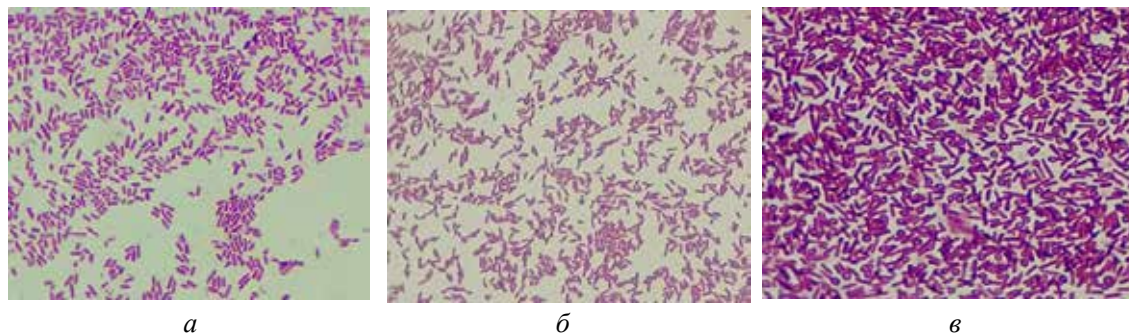


Рис. 2. Микроскопическая картина изолятов (по Граму), $\times 100$: а) 855, б) 858, в) В4

Одной из характеристик скрининга является отбор микроорганизмов для дальнейшей работы по максимальному показателю ЖСП, чтобы иметь клетки с хорошей выживаемостью в различных условиях.

Всего из БУ и навоза КРС было получено 18 чистых культур. Из них 13 культур выделены из БУ (№ 846, № 847, № 848, № 849, № 850, № 851, № 852, № 853, № 854, № 855, № 856, № 857, № 858) и 5 чистых культур из навоза КРС: В3, В4, В5, В6, В7. Максимальный показатель ЖСП варьирует в пределах 10^6 – 10^8 КОЕ/мл.

Изучение ферментативной активности полученных изолятов, а именно активности гидролаз, показало, что 12 выделенных культур обладают протеолитической активностью: 846, 848, 850, 852, 853, 854, 856, 857, В3, В5, В6, В7. Наиболее активными были изоляты № 854, В6. Протеолитические ферменты (протеазы) катализируют расщепление белков на поли- и олигопептиды. Протеазы выделяются различными видами бацилл, актиномицетов, мицелиальных грибов и другими микроорганизмами. Активность внеклеточных протеаз опреде-

ляли, используя в качестве субстрата желатин и казеин [9].

Амилолитической активностью обладали только два изолята – В5 и В6. Целлюлозу разлагали 11 культур: 846, 848, 852, 853, 854, 855, 856, 858, В3, В5, В6.

Способность разложения мочевины до аммиака отмечена у следующих изолятов: 846, 847, 849, В6. Уреаза – фермент, участвующий в регуляции азотного обмена в почве. Этот фермент катализирует гидролиз мочевины до аммиака и углекислого газа, вызывая гидролитическое расщепление связи между азотом и углеродом в молекулах органических веществ [10].

Липолитическую активность проявляли изоляты 846, 851 и 857. Липиды подвергаются гидролитическому разложению под действием липаз. Для выявления липолитической активности использовали твин [11].

Результаты представлены в табл. 2.

На рис. 3 представлены фотографии изолятов с протеолитической, амилолитической, целлюлозолитической, уреолитической и липолитической активностями.

Таблица 2

Ферментативная активность изолятов

Изоляты	Амилазная активность	Протеализ казеин	Целлюлаза	Уреазная активность	Липаза
№ 846	-	+	+++	+++	+++
№ 847	-	-	-	+++	-
№ 848	-	+	+++	-	-
№ 849	-	-	-	+++	-
№ 850	-	+	-	-	-
№ 851	-	-	-	-	+
№ 852	-	+	+++	-	-
№ 853	-	+	+++	-	-
№ 854	-	++	+++	-	-
№ 855	-	-	+++	-	-
№ 856	-	+	+++	-	-
№ 857	-	+	-	-	+
№ 858	-	-	++	-	-
В3	-	+	+++	-	-
В4	-	-	-	-	-
В5	+	+	+++	-	-
В6	+	+++	++	+	-
В7	-	+	-	-	-

Примечание:

-- отсутствие активности

+ – активность выражена слабо

++ – средняя активность

+++ – высокая активность

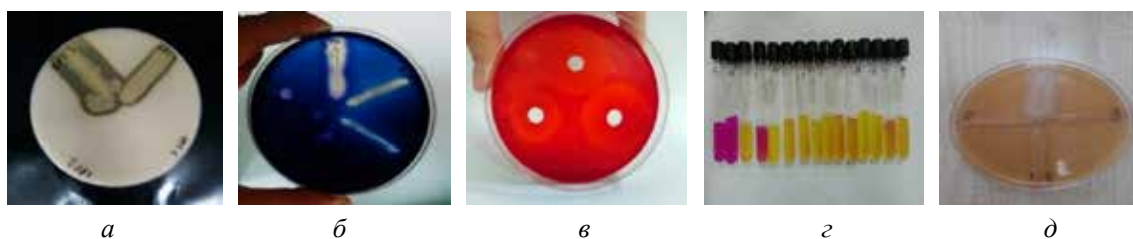


Рис. 3. Ферментативная активность выделенных культур микроорганизмов:
а – протеолиз (B6 и B7), б – амилолитическая (B5 и B6),
в – целлюлозная (853, 854, 855), г – уреазная (846, 847, 849), д – липолиз (846)

Таблица 3

Видовая принадлежность изолятов (Maldi-TOF, Bruker)

Наименование культур	Источник выделения	Идентификация Maldi	Диапазон идентификации*
№ 846	Субстрат с БУ	<i>Ochrobactrum tritici</i>	<u>1.888</u>
№ 847	Субстрат с БУ	<i>Ochrobactrum tritici</i>	<u>1.882</u>
№ 848	Субстрат с БУ	<i>Bacillus pumilus</i>	<u>1.864</u>
№ 849	Субстрат с БУ	<i>Pseudomonas citronellolis</i>	<u>2.298</u>
№ 851	Субстрат с БУ	<i>Lysinibacillus sphaericus</i>	<u>2.152</u>
№ 852	Субстрат с БУ	<i>Bacillus pumilus</i>	<u>1.975</u>
№ 853	Субстрат с БУ	<i>Bacillus pumilus</i>	<u>1.905</u>
№ 854	Субстрат с БУ	<i>Bacillus pumilus</i>	<u>2.003</u>
№ 855	Субстрат с БУ	<i>Lysinibacillus sphaericus</i>	<u>2.107</u>
№ 856	Субстрат с БУ	<i>Bacillus pumilus</i>	<u>1.922</u>
№ 857	Субстрат с БУ	<i>Acinetobacter johnsonii</i>	1.926
№ 858	Субстрат с БУ	<i>Bacillus cereus</i>	<u>1.712</u>
B3	Навоз КРС	<i>Bacillus subtilis</i>	<u>2.108</u>
B5	Навоз КРС	<i>Escherichia coli</i>	<u>2.398</u>
B6	Навоз КРС	<i>Bacillus cereus</i>	2.344

На основе полученных данных нами были отобраны наиболее активные гидролитические изоляты, которые были идентифицированы по методу MALDI-TOF. Из 18 изолятов для дальнейшей работы отобрано 15 изолятов, обладающих наиболее высокими ферментативными свойствами. Результаты идентификации активных изолятов микроорганизмов методом масс-спектрометрии представлены в табл. 3.

Результаты идентификации по MALDI-TOF, с высокой степенью идентификации штаммов с гомологией нуклеотидной последовательности 98–100%.

В результате проведения генетической идентификации отобранных изолятов по MALDI-TOF выделенные микроорганизмы отнесены к *Ochrobactrum tritici*, *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas citronellolis*, *Lysinibacillus sphaericus*, *Acinetobacter johnsonii*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*.

Заключение

В Казахстане очень остро стоит проблема переработки животноводческих отходов. Эту проблему можно решить путем анаэробной ферментации с применением ферментативно активных микроорганизмов для ускорения процесса. В результате проведенных исследований из БУ и навоза КРС были выделены различные микроорганизмы. Изучены их культурально-морфологические и физиологические свойства. Отобрано 15 активных штаммов микроорганизмов для создания заквасок с целью бесперебойной работы БУ.

Ценность полученных данных заключается в получении из активных штаммов бактерий, перспективных для ускоренной переработки органических отходов и получения метана. Данные могут стать толчком для разработки новой отечественной микробной добавки для анаэробной ферментации органических отходов.

Список литературы

1. Burg V., Bowman G., Haubensak M., Baier U., Thees O. Valorization of an Untapped Resource: Energy and Greenhouse Gas Emissions Benefits of Converting Manure to Biogas through Anaerobic Digestion. *Resour. Conservation Recycling*. 2018. № 136. P. 53–62.
2. Hou Y., Velthof G.L., Lesschen J.P., Staritsky I.G., Oenema O. Nutrient Recovery and Emissions of Ammonia, Nitrous Oxide, and Methane from Animal Manure in Europe: Effects of Manure Treatment Technologies. *Environ. Sci. Technol.* 2017. № 51. P. 375–383.
3. Ahlberg Eliasson K*, Liu T., Nadeau E., Schnürer A. Forage types and origin of manure in co-digestion affect methane yield and microbial Community structure. *Grass and Forage Science*. 2018. № 73. P. 1–18.
4. Nolan S., Waters N.R., Brennan F., Auer A., Fenton O., Richards K. Toward Assessing Farm-Based Anaerobic Digestate Public Health Risks: Comparative Investigation with Slurry, Effect of Pasteurization Treatments, and Use of Miniature Bioreactors as Proxies for Pathogen Spiking Trials. *Front. Sust Food Syst.* 2018. P. 1–11. DOI: 10.3389/fsufs.2018.00041.
5. Chandra R., Takeuchi H., Hasegawa T. Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: a review in context to second generation of biofuel production. *Renew Sustain Energy Rev.* 2012. No. 16 (3). P. 1462–1476.
6. Давлетшина Г.К., Туйгунов М.М., Габидуллин Ю.З., Ахтариёва А.А., Булгаков А.К., Савченко Т.А. Микробиологические методы: учебное пособие. Уфа: Издательство ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2018. 119 с.
7. Verma R., McCormick M., Michel J.-B. Biogas production to mitigate Green House Gas Emission. *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR)*. 2016. Vol. 5. Issue 4. P. 76–83.
8. Melanie Pavlovic, Ingrid Huber, Regina Konrad, Ulrich Busch. Application of MALDI-TOF MS for the identification of food borne bacteria. *Open Microbiol. J.* 2013. Vol. 7. P. 135–141.
9. Осадчая А.И., Сафронова Л.А., Авдеева Л.В., Иляш В.М. Скрининг штаммов с высокой целлюлазной активностью // *Микробиологический журнал*. 2009. Т. 71. № 5. С. 41–48.
10. Егорова Н.С., Аркадьёва З.А., Безбородов А.М., Блохина И.Н. и др. Промышленная микробиология: учебное пособие для ВУЗов по специальности «Микробиология», «Биология». М.: Высшая школа, 1989. 688 с.
11. Логинова Л.Г. Микробиологические аспекты сверхсинтеза ферментов микроорганизмами // *Известия АН СССР. Серия биол.* 1989. № 5. С. 682–688.

УДК 595.751:636

ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКТОПАРАЗИТОВ КУРООБРАЗНЫХ ПТИЦ – GALLIFORMES СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

¹Акрамова Ф.Д., ²Раббимов С.Ш., ¹Мирзаева А.У., ¹Саидова Ш.О.,
¹Торемуратов М.Ш., ¹Эсонбоев Ж.Р., ³Хамракулова З.Х., ¹Азимов Д.А.

¹Институт зоологии АН РУз, Ташкент, e-mail: saidova.shoira@gmail.com;

²Национальный университет Узбекистана, Ташкент;

³Ташкентский государственный педагогический университет имени Низами, Ташкент

Изучены эколого-фаунистические особенности эктопаразитов курообразных птиц Северо-Восточного Узбекистана. Всего в регионе обнаружено 18 видов паразитов: *Menopon gallinae* L., 1758, *Menacanthus stramineus* Nitzsch, 1874, *Menacanthus cornutus* Schömmmer, 1913, *Uchida pallidula* Neumann, 1912, *Ushida numidae* Giebel, 1874, *Goniodes dissimilis* Nitzsch, 1842, *Goniodes truncatus* Giebel, 1874, *Goniodes colchici* Denny, 1842, *Goniodes meleagridis* L., 1758, *Goniodes costatus* Keler, 1939, *Coniocotes gigas* Taschenberg, 1874, *Coniocotes halogaster* Nitzsch, 1838, *Cuclotogaster heterographus* Nitzsch, 1866, *Cuclotogaster cinereus* Nitzsch, 1866, *Cuclotogaster tetraogallus* Clag, 1938, *Argas persicus* Oken, 1818, *Argas reflexus* Fabricius, 1794, *Dermanyssus gallinae* Redi, 1674. Из них 3 вида клещей принадлежат к отряду Parasitiformes, отряд Mallophaga представлен 15 видами. Все виды эктопаразитов указываются для Северо-Восточного Узбекистана впервые. Приведены оригинальные данные по составу и структуре сообществ эктопаразитов домашних и диких курообразных птиц. У домашних курообразных зарегистрировано 17 видов, а у диких 13 видов. Комплекс эктопаразитов исследуемых птиц дифференцируется на доминанты, субдоминанты, обычные и редкие виды. Ядро паразитарного сообщества образуют 12 видов.

Ключевые слова: эктопаразиты, клещи, пухоеды, фауна, имаго, личинка, птицы, Узбекистан

ECOLOGICAL AND FAUNISTIC CHARACTERISTICS OF THE ECTOPARASITES OF GALLIFORMES OF NORTH-EASTERN UZBEKISTAN

¹Akramova F.D., ²Rabbimov S.Sh., ¹Mirzaeva A.U., ¹Saidova Sh.O.,
¹Toremuratov M.Sh., ¹Esonboev Zh.R., ³Khamrakulova Z.Kh., ¹Azimov D.A.

¹Institute of Zoology, AS RUz, Tashkent, e-mail: saidova.shoira@gmail.com;

²National University of Uzbekistan, Tashkent;

³Tashkent State Pedagogical University named after Nizamiy, Tashkent

Ecological-faunistic features of ectoparasites of Galliformes birds in Northeastern Uzbekistan were studied. A total of 18 species of parasites were found in the region: *Menopon gallinae* (L., 1758), *Menacanthus stramineus* Nitzsch, 1874, *Menacanthus cornutus* Schömmmer, 1913, *Uchida pallidula* Neumann, 1912, *Ushida numidae* Giebel, 1874, *Goniodes dissimilis* Nitzsch, 1842, *Goniodes truncatus* Giebel, 1874, *Goniodes calchici* Denny, 1842, *Goniodes meleagridis* L., 1758, *Goniodes costatus* (Keler, 1939), *Coniocotes gigas* Taschenberg, 1874, *Coniocotes halogaster* Nitzsch, 1838, *Cuclotogaster heterographus* (Nitzsch, 1866), *Cuclotogaster cinereus* Nitzsch, 1866, *Cuclotogaster tetraogallus* (Clag, 1938), *Rgas persicus* Oken, 1818, *Argas reflexus* Fabricius, 1794, *Dermanyssus gallinae* Redi, 1674. Of these, 3 species belong to the order Parasitiformes, the order Mallophaga is represented by 15 species. All types of ectoparasites are indicated for the North-Eastern Uzbekistan for the first time. Original data on the composition and structure of communities of ectoparasites of domestic and wild galliformes are presented. 17 species have been recorded in domestic galliformes, and 13 species in wild ones. The complex of ectoparasites of the studied birds is differentiated into dominants, subdominants, common and rare species. The core of the parasitic community is formed by 12 species.

Keywords: ectoparasites, ticks, lice, fauna, adults, larvae, birds, Uzbekistan.

Изучение видового разнообразия эктопаразитов и функционирование паразитарной системы птиц с участием конкретных групп позвоночных животных в определенных природно-климатических зонах представляет особый научный и практический интерес. В этом плане выяснение паразитологической ситуации у домашних и диких представителей курообразных птиц Северо-Восточного Узбекистана является актуальной задачей фундаментальной и прикладной паразитологии.

В условиях Северо-Восточного Узбекистана широко представлены птицы из учаемого отряда. По известным данным литературы здесь обитает несколько видов диких курообразных и разводятся в соответствующих хозяйствах Ташкентской, Сырдарьинской и Джизакской областей домашние куры, индейки и цесарки. Те и другие группы курообразных подвержены риску заражения эктопаразитами. Более того, на своеобразных территориях Северо-Восточного Узбекистана специальные ис-

следования паразитофауны как диких, так и домашних курообразных не проводились. Имеющиеся сведения [1] об эктопаразитах птиц Узбекистана фрагментарны и довольно устарели и не отражают современного состояния фауны эктопаразитов птиц Северо-Восточного региона.

Цель исследования – определение фауны эктопаразитов домашних и диких курообразных обитателей наземных экосистем Северо-Восточного Узбекистана.

Материалы и методы исследования

Паразитофауну диких курообразных изучали в охотничьи сезоны 2020–2022 гг. в наземных ценозах Северо-Восточного Узбекистана (Ташкентской, Сырдарьинской и Джизакской областей). Исследовано 967 экз. домашних (курица, индейка, цесарка) и диких (гималайский улар, серая куропатка, кеклик, перепел и фазан) птиц (табл. 1, рис. 1).

Дикие птицы добывались местными охотниками в охотничьи сезоны на территории Ахангаранского, Бостанлыкского, Паркентского районов (Ташкентская область), Бахмальского, Зааминского, Галляларальского, Фаришского, Джизакского районов (Джизакская область) и Баяутского, Хавастского, Сырдарьинского районов (Сырдарьинская область). Домашние птицы исследовались из разнотипных птицеводческих хозяйств отмеченных областей. Исследование пернатых проводили по известным методам [1–3].

Сбор паразитов (пухоеды, клещи) производили глазным пинцетом, раскладывали в отдельные капсулы, фиксировали 70%-ным спиртом, этикетировали.

Для определения собранных клещей и насекомых готовили временные и постоянные препараты. При приготовлении временных препаратов вынутых из спирта

пухоедов помещали на сутки в молочную кислоту для просветления. Затем переносили их на предметное стекло и закрывали покровным стеклом. После определения объект промывали в дистиллированной воде и переносили в 70%-ный спирт.

Сбор паразитов (пухоеды, клещи) производили глазным пинцетом, раскладывали в отдельные капсулы, фиксировали 70%-ным спиртом, этикетировали.

Для определения собранных клещей и насекомых готовили временные и постоянные препараты. При приготовлении временных препаратов вынутых из спирта пухоедов помещали на сутки в молочную кислоту для просветления. Затем переносили их на предметное стекло и закрывали покровным стеклом. После определения объект промывали в дистиллированной воде и переносили в 70%-ный спирт.



Рис. 1. Карта-схема Северо-Восточного Узбекистана: 1, 2, 3 – районы исследования (Джизакская, Сырдарьинская и Ташкентская области)

Таблица 1

Видовой состав исследованных птиц Северо-Восточного Узбекистана

Вид	Исследовано, экз.	Заражено	
		экз.	%
Курица – <i>Gallus gallus</i>	394	322	81,7
Индейка – <i>Meleagris gallopavo</i>	168	84	50,0
Цесарка – <i>Numida meleagris</i>	30	12	40,0
Гималайский улар – <i>Tetraogallus himalaeinsis</i>	20	4	20,0
Кеклик – <i>Alectoris chukar</i>	78	28	35,9
Серая куропатка – <i>Perdix perdix</i>	130	13	10,0
Перепел – <i>Coturnix coturnix</i>	101	12	11,8
Фазан – <i>Phasianus colchicus</i>	46	20	43,4
Всего	967	495	51,2

Для получения постоянных препаратов с хорошо видимыми признаками, вытянутых из спирта пухоедов прокалывали сбоку острой препаровальной иглой. После промывки в дистиллированной воде их помещали в 10%-ный раствор КОН, подогревали один-два раза, не доводя до кипения, для мацерации внутренних органов. Затем объект тщательно промывали в дистиллированной воде, переносили с помощью петли в спирты возрастающей крепости для полного обезвоживания, просветляли в карбол-ксилоле или гвоздичном масле 10–15 мин и заделывали в канадский бальзам. Приготовлено более 120 постоянных и около 800 временных препаратов. Определение собранного материала проводили по монографиям и руководствам [2–4]. При этом пользовались современными приборами: микроскоп инвертированный СК2-TR (Olympus, Japan), исследовательский микроскоп LOMO, бинокляр – ML-2200 (Olympus, Japan), тринокулярный микроскоп модели N-300M. Биоэкологические особенности доминирующих видов эктопаразитов проводили в лабораторных условиях по известным методам [1, 5, 6].

В настоящей работе придерживаемся классификации Д.И. Благовещенского [2].

Результаты исследования и их обсуждение

На основании проведенных исследований установлено, что домашние и дикие курообразные птицы Северо-Восточного Узбекистана оказались зараженными эктопаразитами 18 видов, принадлежащих к 8 родам, 4 семействам и 2 отрядам (табл. 2). Из иссле-

дованных 967 особей птиц были инвазированы паразитами 495 особей, что составило экстенсивность заражения 50,2%.

Согласно нашим данным в оперении птиц и их гнездах идентифицированы следующие группы паразитов:

- клещи (Parasitiformes) и их личинки;
- пухоеды (Mallophaga) и их личинки.

Видовой состав эктопаразитов у курообразных в обследованных территориях неоднороден (табл. 3).

Пухоеды в нашем материале представлены 15 видами, которые встречаются как у домашних, так и у диких представителей курообразных. Клещи оказались представителями 3 видов, принадлежащих к семействам Argasidae (2 вида) и Dermanyssidae (1 вид). Данные табл. 3 показывают, что на курообразных птицах Северо-Восточного Узбекистана встречаются клещи 3 видов и пухоеды 15 видов. При сравнении видового состава эктопаразитов домашних и диких представителей курообразных достаточно заметно различие фауны паразитов. Так, у домашних кур зарегистрировано 17 видов, а у диких 13 видов. Относительно видового состава пухоедов наши данные подтверждают результаты ранее проведенных исследований Касиева [1]. С. Касиев [1] в некоторых районах Андижанской и Ташкентской областей Узбекистана отмечает у курообразных (куры, индейки, кеклик, фазан) 7 видов пухоедов из родов *Menopon* (1 вид), *Menacanthus* (2 вида), *Goniodes* (3 вида) и *Cuculotogaster* (1 вид). Автор также сообщает о паразитировании клещей – *A. persicus*, *D. gallinae* и клопов – *C. lectularis* на курах.

Таблица 2

Фауна эктопаразитов птиц отряда Курообразных – Galliformes
Северо-Восточного Узбекистана

Отряд, семейство	Вид
Mallophaga Menoponidae	<i>Menopon gallinae</i> L., 1758 <i>Menacanthus stramineus</i> Nitzsch, 1874 <i>Menacanthus cornutus</i> Schömmmer, 1913 <i>Uchida pallidula</i> Neumann, 1912 <i>Uchida numidae</i> Giebel, 1874
Mallophaga Philopteridae	<i>Goniodes dissimilis</i> Nitzsch, 1842 <i>Goniodes truncatus</i> Giebel, 1874 <i>Goniodes colchici</i> Denny, 1842 <i>Goniodes meleagridis</i> L., 1758 <i>Goniodes costatus</i> Keler, 1939 <i>Coniocotes gigas</i> Taschenberg, 1874 <i>Coniocotes halogaster</i> Nitzsch, 1838 <i>Cuculotogaster heterographus</i> Nitzsch, 1866 <i>Cuculotogaster cinereus</i> Nitzsch, 1866 <i>Cuculotogaster tetraogallus</i> Clag, 1938
Parasitiformes Argasidae Dermanyssidae	<i>Argas persicus</i> Oken, 1818 <i>Argas reflexus</i> Fabricius, 1794 <i>Dermanyssus gallinae</i> Redi, 1674

Таблица 3

Сравнительные данные о фауне эктопаразитов курообразных
Северо-Восточного Узбекистана

Вид	Домашние			Дикие				
	Куры	Индйки	Цесарки	Гималайский улар	Кеклик	Серая куропатка	Перепел	Фазан
Клещи:								
<i>Argas persicus</i>	+	+	+	–	+	–	–	+
<i>Argas reflexus</i>	+	–	–	–	–	–	+	–
<i>Dermanyssus gallinae</i>	+	+	–	–	+	–	–	+
Пухоеды:								
<i>Menopon gallinae</i>	+	–	+	–	–	–	–	+
<i>Menacanthus stramineus</i>	+	+	–	–	–	–	–	–
<i>Menacanthus cornutus</i>	+	–	–	–	+	–	–	–
<i>Uchida pallidula</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>U. numidae</i>	+	–	+	–	–	–	–	–
<i>Goniodes dissimilis</i>	+	–	–	–	+	–	–	+
<i>G. truncatus</i>	+	–	–	–	+	–	–	+
<i>G. colchici</i>	+	–	–	–	+	–	–	+
<i>G. costatus</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>G. meleagridis</i>	+	+	–	–	–	–	–	+
<i>Coniocotes gigas</i>	+	–	–	–	–	–	–	–
<i>C. halogaster</i>	+	+	+	–	+	–	–	+
<i>Cuclotogaster heterographus</i>	+	+	–	–	+	–	+	+
<i>C. cinereus</i>	–	–	–	–	–	+	–	–
<i>C. tetraogallus</i>	+	–	–	+	+	–	–	–
Всего	17	6	4	1	9	1	2	9

О зараженности домашних кур и индеек *A. persicus* в районах Ташкентской области сообщают Мирзаева и др. [4]. Экстенсивность заражения исследованных птиц достигала от 35 до 70%. При этом интенсивность инвазии колебалась от 7 до 197 экз. на одну птицу.

Данные литературы по изучению эктопаразитов птиц в Узбекистане весьма скромные. Более того, эти данные достаточно устарели, некоторые были получены более 70 лет тому назад. Состояние изученности эктопаразитов птиц в современных условиях находим в работах исследователей сопредельных стран [7–9]. Некоторые виды пухоедов, отмеченные автором [7], оказались и паразитами курообразных Северо-Восточного Узбекистана, что свидетельствует о широком ареале населения ряда представителей отряда Mallophaga.

Выше отмечена неоднородность фауны эктопаразитов курообразных исследу-

емого региона Узбекистана. Данные наших исследований свидетельствуют о том, что большинство видов эктопаразитов широко используют организм домашних курообразных. Из общего числа 18 видов 17 зарегистрированы у кур, индеек, цесарок (табл. 3). В общей сложности на диких курообразных мы обнаружили у гималайского улара – *Cuclotogaster tetraogallus*, у кеклика – 9 видов, у серой куропатки – *Cuclotogaster cinereus*, у перепела – 2 вида и у фазана – 9 видов. Экстенсивность инвазии курообразных клещами составила от 3 до 70% и пухоедов от 17 до 100%. Интенсивность инвазии широко колеблется от единичных до сотен экземпляров.

Наиболее разнообразный состав эктопаразитов наблюдается у домашних кур, кеклика и фазана. Общими для домашних и диких курообразных паразитами оказались все 3 вида клещей и 9 видов пухоедов – *Menopon gallinae*, *Menacanthus cor-*

nutus, *Goniodes dissimilis*, *G. meleagridis*, *G. truncatus*, *Goniodes colchici*, *Coniocotes hologaster*, *Cuculotogaster heterographus*, *C. tetraogallus* (табл. 3).

Рассматриваемые нами паразиты отмечены практически во всех исследованных районах Ташкентской, Сырдарьинской и Джизакской областей на домашних курообразных. Ниже приведём результаты исследования по расселению и особенностям экологии доминирующих видов эктопаразитов (клещей и пухоедов) на примере домашних кур. На основе процентного соотношения каждого вида клещей и пухоедов, а также по частоте встречаемости эктопаразитов можно выделить доминантов, субдоминантов и редких. Из клещей к доминирующим относятся *A. persicus* и *D. gallinae*, к редким – *A. reflexus*.

Из отмеченных у домашних кур 14 видов пухоедов к доминирующим относятся *M. stramineus*, *G. halogaster*, *M. cornutus*, *U. numidae*, к субдоминирующим – *M. cornutus*, *G. runcatus*, *G. gigas*, *C. halogaster*, к редким – *U. pallidula*, *G. dissimilis*.

Как показали результаты исследования, в большинстве случаев эктопаразиты встречаются на курах в смешанной форме. Мы наблюдали зараженность кур эктопаразитами 2–5 видов. Как правило, птенцы заражены слабее, чем взрослые птицы.

В условиях разнотипных птицеводческих хозяйств Северо-Восточного Узбекистана пухоеды встречаются на курах во все сезоны года. Наиболее массовое заражение кур пухоедами происходит весной и в начале лета, что соответствует периодам массового развития большинства видов пухоедов [1].

Мы рассмотрели фауну эктопаразитов домашних и диких курообразных Северо-Восточного Узбекистана, состоящую из представителей двух отрядов – Parasitiformes и Mallophaga.

Фауна эктопаразитов у разных видов курообразных значительно различается, вследствие экологических особенностей природных условий. Сходство и различия паразитофауны исследованных видов и групп курообразных птиц представлены ниже. Видовой состав клещей и пухоедов исследуемых птиц складывается из 17 видов: *A. persicus*, *A. reflexus*, *D. gallinae*, *M. gallinae*, *M. stramineus*, *M. cornutus*, *U. pallidula*, *G. dissimilis*, *G. truncatus*, *G. colchici*, *G. costatus*, *G. meleagridis*, *C. gigas*, *C. hologaster*, *C. heterographus*, *C. cinereus*, *U. numidae*, *C. tetraogallus*. Из общего числа у кур зарегистрировано 17 видов, у индеек – 6 видов и 4 вида у цесарок.

Фауна эктопаразитов диких курообразных состоит из 13 видов: 3 вида клещей –

A. persicus, *A. reflexus*, *D. gallinae*; 9 видов пухоедов – *M. gallinae*, *M. cornutus*, *G. dissimilis*, *G. truncatus*, *G. colchici*, *G. meleagridis*, *C. hologaster*, *C. heterographus*, *C. cinerens*, *C. tetraogallus*. У кеклика и фазана отмечено по 9 видов. У перепелов найдены два вида и по одному виду у гималайского уларя и серой куропатки (табл. 3).

Локализация пухоедов. Сбором данных о локализации пухоедов занимались: Благовещенский [2], Касиев [1].

Благовещенский [2] установил специфичность локализации многих видов пухоедов в теле птиц-хозяев. Например, пухоеды родов *Ricinus*, *Menacanthus* и *Eotmenacanthus* локализуются преимущественно на коже и в стержнях перьев домашних птиц. Типичными местами обитания пухоедов из родов *Anatoecus*, *Philopterus*, *Incidifrons* и *Cummingsiella* служат голова и шея. К этой же группе относятся пухоеды *Lipeurus* и *Degeeriella*, которые придерживаются обычно области крыльев. *Columbicola* встречается и на других частях тела – шее, голове, спине и боках. Пухоеды рода *Trinoton* живут в нижней зоне оперения и хорошо защищены от стряхивания с хозяина. *Ischnocera*, обитающие в верхней зоне оперения, на опахалах перьев, меньше защищены от стряхивания с перьев и для своего существования должны быть прочно связаны с телом хозяина.

Данные о локализации 6 видов пухоедов домашних и диких водоплавающих птиц приводит Касиев [1]. *M. stramineus* встречались чаще всего на коже задней части тела, в области копчиковой железы. *G. hologaster* обнаружены на перьях по бокам, в брюшной и спинной частях тела. *C. heterographus* локализуется на всех частях тела, но чаще на голове, *M. nurocae* – на перьях головы и шеи, *T. querquedallae* – в основном на спине и животе, *Anaticola crassicornis* – на маховых крыльях и реже на других участках тела.

По данным [7], *M. gallinae* локализуется главным образом на боках тела, над бедрами и под крыльями птиц. Шумило и Лункашу [10] приводят дополнительные сведения о специфичности локализации пухоедов в перьевом покрове. Такие *Amblycera*, как представители *Menopon*, *Menacanthus*, *Myrsidea*, *Colpocephalum*, *Laemobothrion* и *Hirundoecus*, заселяют нижнюю зону перьевого покрова – близ кожи, представители родов *Ricinus* и *Hochorstiella* держатся преимущественно на коже, а один из пухоедов красного коршуна – *C. wetzei* чаще встречался под дериватами кожи и под оболочками сухих яиц пухоеда *L. titan*. Для представителей родов *Philopterus*

us, *Meropoeus*, *Cuculoecus*, *Penenirmus*, *Craspedorrhynchus*, *Sturnidoecus* и некоторых видов родов *Bruella* типичными местами обитания служат перья головы и шеи, тогда как представители рода *Columbicola* предпочитают оперение крыльев и спины, *Bruelia* встречаются на перьях груди, спины, брюшка. Виды рода *Goniodes* и *Goniocotes* могут жить в оперении разных частей тела. Авторы отмечают, что *Ischnocera* обычно встречается на опахалах перьев, *Amblycera* – на коже в паху и у основания перьев.

Мы изучали локализацию двух видов пухоедов – *Menacanthus cornutus* и *Cyclogaster tetraogallus*. Для получения необходимых данных производили полные сборы пухоедов с 10 птиц. Всего собрано 1096 пухоедов: 255 самцов, 422 самки, 419 личинок. Средняя интенсивность заражения составила 365 экзemplаров.

M. cornutus встречались на всех участках тела птиц. Большая часть самцов пухоедов, 20,0%, снята с голени, 16,6% обнаружено на спине, намного меньше (6,3%) их оказалось на голове. Больше всего самок снято с голени (23,0%), хвоста (16,4%) и живота (17,0%). В два раза меньше насчитывалось их на крыльях – (8,0%). Основными местами локализации личинок являются живот и голень: на этих участках тела найдено 15,5–23%. Многочисленны были они на груди и спине. Третье место по локализации личинок разделяют голова и хвост. При рассмотрении полученных нами данных можно отметить, что специфичными местами локализации *M. cornutus* является живот и голень. Грудь и спина заселяются почти в равной степени (около 15,0%). Несколько меньше пухоедов на крыльях и хвосте. Экземпляры, снятые с головы, составляли не более 5,0%. *C. tetraogallus*, как и другие виды рода *Cyclotogaster*, паразитируют на голове птиц.

Всего нами собрано 293 экзemplара *C. tetraogallus*, из которых 53 оказались самцами, 110 – самками и 130 – личинками пухоеда.

Местами локализации пухоедов могут быть различные участки тела. Большинство видов локализуются во всех участках тела, за исключением головы, а популяции *C. tetraogallus* приспособились к паразитированию на голове – гималайского улар и домашних кур.

Питание пухоедов. Как отмечает Благовещенский [2], пищей пухоедов служат преимущественно кожные дериваты, частицы пера или эпидермиса кожи и кровь. Шумило и Лункаш [10] по характеру питания разделяют пухоедов на монофагов, пищей которых служит перо, и полифагов, питающихся пе-

рьями, частицами эпидермиса, выделениями кожи и кровью. К монофагам авторы отнесли большинство видов из подотряда *Ischnocera* и *Amblycera*, постоянно обитающих на перьях, к полифагам – отдельных представителей *Amblycera*, которые держатся в основном в нижней зоне оперения и на коже хозяина. Помимо того, обнаружена кровь в желудке у 45% взрослых пухоедов и 3% личиночных форм из рода *Ricinus*. Кроме крови в желудке у *R. bombueillae* и *R. fringillae* найдены частицы перьев. Смешанная пища (кровь и перо) оказалась у многих видов рода *Menacanthus*. Таким образом, пухоеды питаются в основном бородками перьев, чешуйками эпидермиса и подсохшей кровью, при помощи грызущего ротового аппарата.

Численность и сезон паразитирования. Из 394 экзemplаров кур, осмотренных в различных районах Северо-Восточного Узбекистана, *M. gallinae* обнаружен у 45 (11,3%). Всего собрано 1036 экзemplаров пухоедов (350 самцов, 560 самок и 126 личинок). Наиболее высокая интенсивность заражения кур отмечена в хозяйствах Ташкентской и Сырдарьинской областей, более низкая – в предгорно-горных районах Джизакской области.

Численность пухоедов *M. gallinae* на курах колебалась от 3 до 17 экзemplаров. Максимальное число пухоедов, обнаруженное нами на одной птице, доходило до 117 экзemplаров. Сезонный ход паразитирования *M. gallinae* у кур Северо-Восточного Узбекистана иллюстрируют рис. 2 и 3.

Популяции пухоедов *M. gallinae* встречаются на курах в течение всех сезонов года. Значительные подъемы экстенсивности и интенсивности заражения наблюдаются весной, летом и осенью. Динамика инвазии особенно четко выражена по интенсивности заражения кур. Здесь также отмечаются три подъема, за которыми следуют значительные снижения. Интенсивность инвазии была высокой в мае, июле, октябре и ноябре. В мае в среднем на одну зараженную птицу приходилось 37,5 экзemplаров, в июле – 43, в ноябре – 31.

Самцов в наших сборах было значительно меньше, чем личинок и самок. Поэтому все изменения в интенсивности заражения птиц пухоедами в течение года происходили в основном за счет изменений в численности самок и личинок разных стадий (рис. 3).

Следовательно, *M. gallinae*, будучи массовым видом, наибольший вред причиняет с марта по ноябрь. При сильном (более 1000 экзemplаров) заражении пухоедами птицы плохо едят, мало двигаются, подолгу стоят на одном месте с опущенным гребнем и раздвинутыми крыльями.

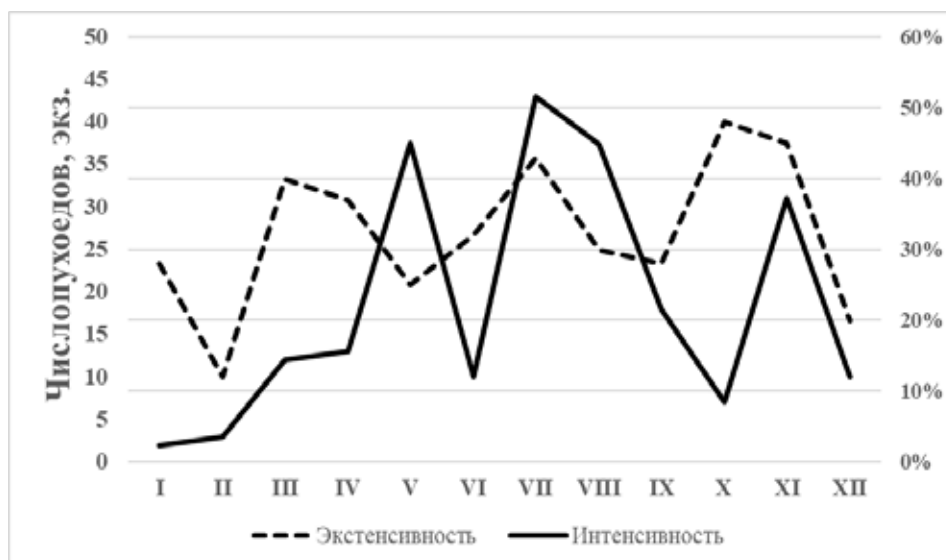


Рис. 2. Сезонные изменения зараженности кур пухоедами *Menopon gallinae*

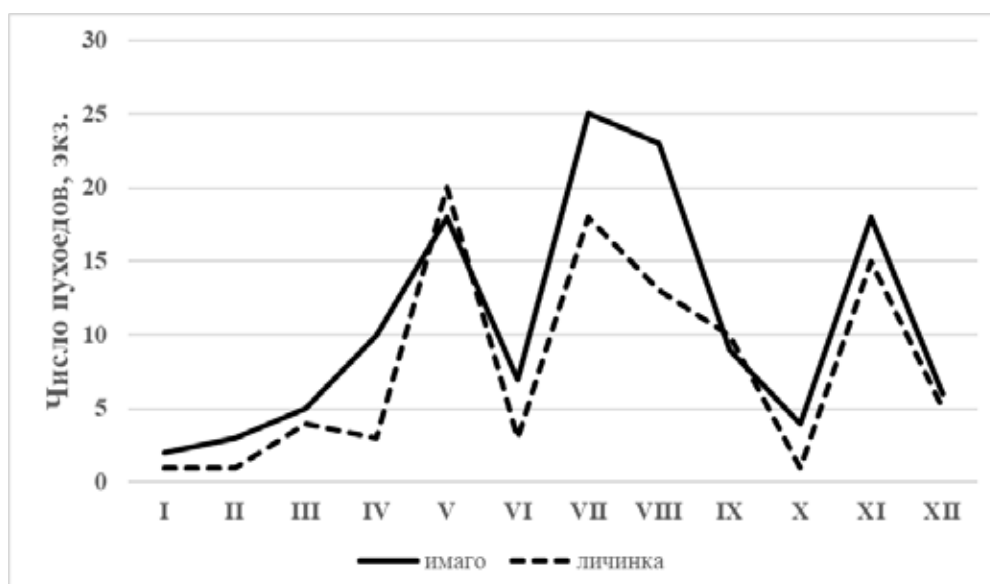


Рис. 3. Сезонные изменения интенсивности заражения кур пухоедами *Menopon gallinae*

Известно, что основной особенностью экологии клещей и пухоедов является их тесная связь со своими хозяевами – птицами. Заражение происходит контактным путём. Источником инвазии являются инвазированные взрослые птицы, от которых заражаются птенцы. Все эти факторы следует учитывать при проведении оздоровительных мероприятий в птицеводческих хозяйствах.

Заключение

Фауна эктопаразитов курообразных птиц Северо-Восточного Узбекистана

представлена 18 видами, относящимися к 8 родам, 4 семействам, 2 отрядам: клещи – 3 вида, пухоеды – 15 видов. Наибольшим видовым разнообразием паразитофауны (17 видов) обладает домашняя курица, самый многочисленный представитель курообразных данного региона. Вторую позицию по этим показателям занимает индейка (6 видов). Эктопаразитами оказались заражены и популяции различных видов диких курообразных, у которых нами зарегистрировано 13 видов: клещи – 3 вида, пухоеды – 10 видов. Видовое разнообразие эктопаразитов кеклика и фазана

составило по 9 видов. Значительно меньше видов паразитов зарегистрировано у перепела (2 вида), гималайского улар и серой куропатки по 1 виду. Комплекс эктопаразитов исследуемых птиц дифференцируется на доминанты, субдоминанты, обычные и редкие виды. Ядро паразитарного сообщества образуют 12 видов (клещи – *Argas persicus*, *Dermanyssus gallinae*; пухоеды – *Menopon gallinae*, *Menacanthus cornutus*, *Menacanthus stramineus*, *Goniodes dissimilis*, *G. meleagridis*, *G. truncatus*, *Goniodes colchici*, *Coniocotes hologaster*, *Cuclotogaster heterographus*, *C. tetragallus*).

Численность и сезон паразитирования подвержены определенным для каждого вида или группам сезонным колебаниям. Общей наблюдаемой закономерностью можно считать более высокую встречаемость паразитов в конце мая, середине лета и осени, что в свою очередь может быть связано с интенсивным развитием эктопаразитов. Популяции домашних и диких курообразных разных половозрастных групп заражены неравномерно. Экстенсивность и интенсивность заражения повышается с возрастом хозяев; самки заражены интенсивнее, чем самцы. Наибольшая паразитарная нагрузка в популяции птиц приходится на половозрелых особей.

В большинстве случаев паразиты (клещи и пухоеды) встречаются на птицах в смешанной форме. Компоненты паразитоценоза образуют различные сочетания от двух- до пятивидовых ассоциаций. Наиболее часто у кур регистрировались двух- и трехвидовые паразитоценозы. Данные

по совместной встречаемости и численности паразитов свидетельствуют об отсутствии прямого антагонистического действия между разными видами и группами эктопаразитов. Складывающаяся ситуация требует особого внимания в плане проведения соответствующих профилактических мероприятий в птицеводческих хозяйствах Северо-Восточного Узбекистана.

Список литературы

1. Касиев С.К. Пухоеды птиц Средней Азии. Фрунзе: Илим, 1971. 273 с.
2. Благовещенский Д.И. Фауна СССР. Насекомые-пухоеды (Mallophaga). М. – Л., 1959. Т. 1. Вып. 1. Ч. 1. 204 с.
3. Галат В.Ф. Паразитологія та інвазійні хвороби тварин. Полтава: ТОВ НВП Укрпромторгсервіс, 2013. 203 с.
4. Мирзаева А.У., Умркулова С.Х., Акрамова Ф.Д. Иксодидные клещи – эктопаразиты животных Узбекистана. LAP. Lambert Academic Publishing, 2017. 67 с.
5. Сафронов А.М. Видовой состав эктопаразитов кур в индивидуальных хозяйствах Северо-Кавказского региона // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2017. № 4 (36). С. 22–25.
6. Гапонов С.П. Новые данные о фауне пухоедов (Mallophaga) в Воронежской области // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». 2021. № 1 (61). С. 53–60.
7. Сафронов А.М. Маллофагозы и дерманиссиоз, совершенствование мер борьбы: автореф. ... дис. канд. вет. наук. Ставрополь, 2020. 22 с.
8. Ярошук А.И. Разработка мер борьбы с эктопаразитами сельскохозяйственных птиц в условиях современного промышленного птицеводства: автореф. ... дис. канд. вет. наук. СПб., 2019. 23 с.
9. Ятусевич А.И., Галат В.Ф., Мироненко В.М. Руководство по ветеринарной паразитологии. Минск, 2015. 496 с.
10. Шумило Р.П., Лункашу М.И. Пухоеды (Mallophaga) диких сухопутных птиц Днестровско-Прутского междуречья. Кишинев: Штинка, 1972. 159 с.

УДК 598.279.252

ИЗУЧЕНИЕ ЗИМОВКИ И КОРМОВОЙ БАЗЫ УШАСТОЙ СОВЫ (*ASIO OTUS*) В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ЗАРАФШАН

Еркулов Ж.М.

Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент,
e-mail: javlon.yorkulov@mail.ru

Ушастая сова на территории низовьях р. Зарафшан – типичная зимующая птица. Ее пребывание в зимовочном ареале происходит до ноября, а отлет на место гнездования – в марте. Методом анализа костных остатков в погадках изучено питание сов с низовьев р. Зарафшан – ареалов их зимовки. Место сбора материала характеризуется наличием широких открытых пространств, занятых агроценозами и биотопом, представляющим собой тугай, состоящий из различных дикорастущих и культурных деревьев и кустарников. В рационе ушастой совы преобладают виды мелких грызунов, являющиеся доминантами либо субдоминантами в сообществе мелких млекопитающих Бухарского оазиса. Отмечена изменчивость спектра питания в зависимости от сезонов года. В течение трех зим на местах дневных засад собрали около 400 погадок. Из них были собраны и определены костные остатки 668 особей млекопитающих и 285 особей птиц. Количество добычи от 2 до 6 в одной погадке, что в среднем составило 3,12 жертв. В результате анализа погадок выявлено 10 видов млекопитающих и 14 видов птиц, относящихся к 11 родам, входящих в кормовую рацион птицы. Среди них явно преобладают представители рода *Mus* и *Fringilla*. Виды родов *Meriones*, *Ellobius* и *Passer* занимали следующие места. А виды *Meriones libycus*, *Rattus norvegicus* и *Alcedo atthis* оказались добычей в наименьшей степени (по 0,21 %) в исследованный период.

Ключевые слова: *Asio otus*, зимовка, рацион питания, погадка, Зарафшанская долина, Узбекистан

STUDYING THE WINTERING AND FOOD POINT OF THE LONG-EARED OWL (*ASIO OTUS*) IN THE LOWER RIVER ZARAFSHAN

Erkulov Zh.M.

Institute of Zoology, AS RUZ, Tashkent, e-mail: javlon.yorkulov@mail.ru

Long-eared owl in the lower reaches of the river. Zarafshan is a typical wintering bird. Her stay in the wintering range occurs until November and departs for the nesting site in March. The method of analysis of bone remains in pellets was used to study the feeding of owls from the lower reaches of the river. Zarafshan – their wintering areas. The place of material collection is characterized by the presence of wide open spaces occupied by agrocenoses and biotope, which is a tugai, consisting of various wild and cultivated trees and shrubs. The diet of the long-eared owl is dominated by species of small rodents that are dominant or subdominant in the community of small mammals of the Bukhara oasis. The variability of the food spectrum depending on the seasons of the year was noted. During three winters, about 400 pellets were collected at the sites of daytime ambush. Of these, the bone remains of 668 mammals and 285 birds were collected and identified. The number of prey is from 2-6 in one pellet, which averaged 3.12 victims. As a result of the analysis of the pellets, 10 species of mammals and 14 species of birds belonging to 11 genera, included in the feed ration of the bird, were identified. Representatives of the genus *Mus* and *Fringilla* clearly predominate among them. Species of the genera *Meriones*, *Ellobius* and *Passer* occupied the following places. And the species *Meriones libycus*, *Rattus norvegicus*, and *Alcedo atthis* turned out to be prey to the least extent (0.21 % each) in the study period.

Keywords: *Asio otus*, wintering, diet, pellet, Zarafshan valley, Uzbekistan

Ушастая сова *Asio otus* гнездится в предгорьях Нурагинского и Зарафшанского хребтов. Для верхней части Зарафшанской долины (Таджикистан) она оседлая. Некоторая часть таджикской популяции ушастой совы в холодные зимы улетает на юг [1]. *Asio otus* является пролетно-зимующей птицей для территории Зарафшанской долины [2]. Многолетние полевые исследования показали, что осеннее появление ушастой совы находится в тесной зависимости от климатических условий года. В результате холодов запасы пищи в местах их обитания сокращаются, и птицы улетают из горных районов на места зимовки на равнины. Осенний пролет и прилет на места зимовки происходит в октябре.

По литературным сведениям их питание на протяжении ареала вида неравномерно

[3–5]. Особенности питания сов широко и подробно изучены в городских ландшафтах на разных стадиях жизненного цикла [6–8].

К настоящему времени опубликованы некоторые материалы по питанию ушастой совы *Asio otus* в Узбекистане [9–11]. Тем не менее изучение рациона и трофических связей ушастой совы представляет интерес для сравнения с данными уже имеющихся исследований. К тому же в низовьях р. Зарафшан на территории Бухарской области, где птица является типично зимующим видом, целевые работы по изучению ее питания не проводились.

Цель работы – исследование зимовки и кормовой базы ушастой совы (*Asio otus*) в низовьях р. Зарафшан.

Материалы и методы исследования

Исследование питания ушастой совы проводилось в нижнем течении р. Зарафшан вблизи поселка Мингчинар на территории Шафирканского района Бухарской области. Материал собран во время полевых исследований в осенне-зимний период 2019–2022 гг. Участки сбора материала характеризуются наличием обширных открытых пространств, занятых агроценозами. Материал собирался на территории фруктового сада площадью 15 га, где произрастают абрикос *Armeniaca vulgaris*, слива *Prunus domestica*, вишня *Cerasus vulgaris*, айва *Prunus oblonga* и груша *Pyrus communis*, люцерну *Medicago sativa* сажают между рядами деревьев. Рядом с садом находятся хлопковые и пшеничные поля, а также виноградники (*Vitis vinifera*) в возрасте 20–30 лет. В восточной части сада расположен небольшой тугай площадью 0,7 га, образованный зарослями шиповника *Rosa canina*, лоха *Elaeagnus angustifolia*, гребенщика *Tamarix hispida*, карагача *Ulmus uzbekistanika*, полыни *Artemisia sp.* и других многолетников. Рядом расположены лесопосадки биоты восточной *Biota orientalis*, деревья которой используются ушастыми совами для дневного отдыха. В северной части сада растут высокоствольный карагач (*Ulmus uzbekistanika*), чинара (*Platanus orientalis*) и тополь (*Populus alba*). Зимой совы слетаются в долинские сады и пойменные тугайные заросли, которые соприкасаются с открытыми прибрежными участками, где обитают в большом количестве грызуны.

Для анализа пищевого рациона использовались погадки, в которых хорошо сохраняются костные остатки видов жертв сов – непарные хорошо идентифицируемые кости (черепа) и парные кости (нижней челюсти). При изучении видовой принадлежности

и количества добытых животных дополнительно использовали метод определения вида по плечевым костям [12–14]. При определении жертв видового и количественного разнообразия только по черепам идентификация составляет от 64,2 до 80,5%, в то же время по костям посткраниального скелета и, в частности, по плечевой кости *os humerus* – от 82,6 до 92,7% [14].

Питание ушастой совы изучали методом анализа костных остатков в погадках, которые собирали (с ноября по февраль) в местах дневок раз в месяц. Собирали свежие целые погадки, а также разрушенные старые. Разрушенные костные остатки вошли в так называемую «обобщенную пробу». Погадки коллектировали только при условии точного определения вида совы. Всего собрано 126 свежих целых (рис. 1) и более 250 разрушенных погадок ушастых сов. Как правило, из погадок выбирали костные остатки жертв. Определение остатков до вида проводили по краниальным признакам и жевательной поверхности зубов.

Результаты исследования и их обсуждение

В низовьях р. Зарафшан в поселке Мингчинар Шафирканского района нами установлены места постоянных скоплений ушастых сов на зимовку. Совы прилетают в начале ноября, обратный пролет к местам гнездования отмечается в марте. Кроме того, одиночные особи и небольшие группы этого вида отмечены на зимовке в тугаях на границе Джейранового питомника и Аму-Бухарского канала, на Тудакульском водохранилище, а также в зарослях вокруг национального памятника природы Варданзи. Во многих зимовочных районах это исключительно миофаги, питающиеся, как правило, наиболее массовыми видами мелких млекопитающих и птиц.



Рис. 1. Погадки ушастой совы

Ушастая сова при выборе участка ориентируется на наличие прилегающей местности умеренно увлажненного местообитания с одиночными деревьями и кустарниками при обилии основного кормового объекта [3, 15]. Как показали наблюдения, птицы не меняют места зимовки, каждый год прилетают на эту территорию с наступлением зимнего сезона. Однако количество зимующих особей колеблется, что напрямую зависит от обилия добычи, степени беспокойства, погодных и других условий. Численность хищных птиц на исследуемой территории может служить хорошим индикатором состояния численности их жертв. Это в определенной мере характерно для дневных хищных птиц и сов [6].

На обследуемой территории в течение трех зим численность сов колебалась от 13 до 25 особей. Места дневных засад также менялись 1–3 деревьев. В зиму 2019–2020 гг. с ноября до начала марта зарегистрировано 13 птиц – взрослых (10) и молодых (3) особей; в 2020–2021 гг. соотношение взрослых и молодых составило 19:6; в 2021–2022 гг. – 15:4.

В результате анализа состава погадок определено соответственно 668 особей млекопитающих и 285 особей птиц. Зимой 2019–2020 гг. обнаружено 356 особей (144 птиц и 212 млекопитающих), 2020–2021 гг. – 398 особей (72 птиц и 326 млекопитающих), 2021–2022 гг. 199 особей (69 птиц и 130 млекопитающих) (таблица).

В состав погадок входят непереваренные или раздробленные части тела добычи – шерсть, перья, кости, роговые покровы пальцев и цевки птиц, а также кутикулярная оболочка мускульного желудка. Кроме того, сохраняются семена различных культурных и диких растений, которые находятся в желудках данных птиц-жертв. В частности, в процессе анализа погадок были отмечены семена проса *Panicum miliace*, пшеницы *Triticum durum*, лоха *Elaeagnus angustifolia*, айвы *Prunus oblonga*.

Было выявлено, что в зимний период наиболее доступными и массовыми объектами питания сов в низовьях р. Зарафшан являются мелкие млекопитающие и птицы. В работе мы детально проанализировали видовой состав млекопитающих, содержащихся в добыче ушастой совы. Количество птиц, содержащихся в пробах, было определено, но анализ до вида не был полностью завершен, так как не было плечевых костей и черепа (таблица).

В ходе исследования мы изучали отдельно взятые новые целые погадки вместе с обобщенными пробами. Эта работа позволяет определить количество и разнообра-

зие добычи в одной погадке. Анализ новых проб не только подтверждает изложенные в литературе данные, но и позволяет рассчитать характер добычи сов в районе зимовки и состав суточного рациона в зимний период, а также численность популяции добычи и определить степень их активности.

Нами отдельно проанализированы остатки добычи вместе с обобщенной пробой и в новых погадках, собранных 25 декабря 2019 г. в зоне дневного отдыха ушастой совы. Всего в 35 погадках обнаружено 62 черепа 36 мелких млекопитающих, 26 птиц. На одну погадку приходилось 1–3, в среднем 1,8 экземпляра добычи. Пищевой рацион птицы состоял из 6 видов мелких млекопитающих и 8 видов птиц. Птицы и млекопитающие вместе попадались в 7 погадках. Разнообразие и численность жертв в этих пробах следующее: *M. musculus* составляла 20 особей, *M. tamariscinus* – 9, *E. tancrei* – 4, *C. suaveolens* – 2, *S. etruscus* – 2 и *C. migratorius* – 1.

Очередной анализ реализован 25 января 2020 г., взятые 16 проб дали иной результат. Было установлено, что на одну целую погадку совы в среднем приходилось 2,3 экз. добычи. Всего было обнаружено 37 остатков жертв, из них птиц 8, также *M. musculus* – 14, *M. tamariscinus* – 4, *C. suaveolens* – 3, *C. migratorius* – 3 и *S. etruscus* – 2. Только в трех пробах не было остатков головной части или плечевых костей грызунов, их не удалось определить до вида.

В середине зимы (30.01.2021) в собранных 15 погадках содержались остатки 35 особей мелких млекопитающих и 8 птиц, что в среднем составляет 2,9 жертв на погадку. Млекопитающие представлены 4 видами: *E. tancrei* – 1 особь, *M. musculus* – 27, *M. tamariscinus* – 3, *C. suaveolens* – 3, *S. etruscus* – 1 и птиц – 8 особей.

27 февраля 2021 г. там же собраны 15 свежих целых погадок. В них было обнаружено *A. elater* – 1 особь, *E. tancrei* – 2, *M. musculus* – 25, *M. tamariscinus* – 1, *C. migratorius* – 2 и *C. suaveolens* – 6 особей и 7 останков птицы.

В конце ноября 2021 г. собраны 12 свежих погадок, в них было *E. tancrei* – 7, *M. musculus* – 1, *M. tamariscinus* – 3, а птиц всего 8 особей.

30 декабря 2021 г. в собранных 19 погадках содержались остатки 34 жертв, из них 10 птиц. *E. tancrei* – 1, *M. musculus* – 15, *M. tamariscinus* – 4 и *C. suaveolens* – 2. В 4 погадках обнаружены останки птиц с мелкими млекопитающими. Только в одной пробе были останки *M. Musculus* – 2, *C. suaveolens* – 1 и птицы – 1. В четырех пробах попадались млекопитающие и птицы.

Млекопитающие и птицы в питании *Asio otus* в зимние периоды
в низовьях р. Зарафшан (2019–2022 гг.)

Класс, род, вид	Годы						Общ.	%
	2019–2020		2020–2021		2021–2022			
	Кол. особ.	%	Кол. особ.	%	Кол. особ.	%		
<i>Allactaga</i>	–	–	9	2,26	1	0,50	10	1,05
<i>Allactaga elater</i>	–	–	9	2,26	1	0,50	10	1,05
<i>Ellobius</i>	36	10,11	22	5,53	22	11,05	80	8,39
<i>Ellobius tancrei</i>	36	10,11	22	5,53	22	11,05	80	8,39
<i>Mus</i>	120	33,71	222	55,78	78	39,20	420	44,07
<i>Mus musculus</i>	120	33,71	222	55,78	78	39,20	420	44,07
<i>Meriones</i>	25	7,02	37	9,26	22	11,05	84	8,81
<i>Meriones tamariscinus</i>	22	6,18	28	7,03	21	10,55	71	7,45
<i>Meriones meridianus</i>	2	0,56	9	2,26	–	–	11	1,15
<i>Meriones libycus</i>	1	0,28	–	–	1	0,50	2	0,21
<i>Rattus</i>	2	0,56	–	–	–	–	2	0,21
<i>Rattus norvegicus</i>	2	0,56	–	–	–	–	2	0,21
<i>Cricetulus</i>	5	1,41	15	3,77	3	1,51	23	2,41
<i>Cricetulus migratorius</i>	5	1,41	15	3,77	3	1,51	23	2,41
<i>Crocidura</i>	19	5,34	15	3,77	3	1,51	37	3,88
<i>Crocidura suaveolens</i>	19	5,34	15	3,77	3	1,51	37	3,88
<i>Suncus</i>	5	1,41	6	1,51	1	0,5	12	1,26
<i>Suncus etruscus</i>	5	1,41	6	1,51	1	0,5	12	1,26
Млекопитающие	212	59,55	326	81,91	130	65,33	668	70,09
<i>Streptopelia</i>	1	0,28	2	0,5	–	–	3	0,31
<i>Streptopelia senegalensis</i>	1	0,28	2	0,5	–	–	3	0,31
<i>Alcedo</i>	–	–	1	0,25	1	0,25	2	0,21
<i>Alcedo atthis</i>	–	–	1	0,25	1	0,5	2	0,21
<i>Galerida</i>	10	2,81	6	1,51	–	–	16	1,68
<i>Galerida cristata</i>	10	2,81	6	1,51	–	–	16	1,68
<i>Calandrella</i>	3	0,84	2	0,5	3	1,5	8	0,83
<i>Calandrella rufescens</i>	1	0,28	–	–	2	1,0	3	0,31
<i>Calandrella brachydactyla</i>	2	0,56	2	0,5	1	0,5	5	0,52
<i>Sturnus</i>	2	0,56	–	–	2	1,0	4	0,42
<i>Sturnus vulgaris</i>	2	0,56	–	–	2	1,0	4	0,42
<i>Phoenicurus</i>	4	1,12	1	0,25	1	0,5	6	0,63
<i>Phoenicurus erythronotus</i>	4	1,12	1	0,25	1	0,5	6	0,63
<i>Sylvia</i>	2	0,56	2	0,5	1	0,5	5	0,52
<i>Sylvia curruca</i>	2	0,56	2	0,5	1	0,5	5	0,52
<i>Erithacus</i>	1	0,28	–	–	2	1,0	3	0,31
<i>Erithacus rubecula</i>	1	0,28	–	–	2	1,0	3	0,31
<i>Parus</i>	3	0,84	1	0,25	1	0,5	5	0,52
<i>Parus bokharensis</i>	3	0,84	1	0,25	1	0,5	5	0,52
<i>Passer</i>	38	10,67	14	3,52	18	9,04	70	7,34
<i>Passer montanus</i>	36	10,11	13	3,27	16	8,04	65	6,82
<i>Passer hispaniolensis</i>	2	0,56	1	0,25	2	1,0	5	0,52
<i>Fringilla</i>	75	21,07	41	10,3	39	19,6	155	16,27
<i>Fringilla coelebs</i>	62	17,42	33	8,29	34	17,09	129	13,54
<i>Fringilla montifringilla</i>	13	3,65	8	2,01	5	2,51	26	2,73
Passeriformes sp.	5	1,4	2	0,5	1	0,5	8	0,84
Птицы	144	40,45	72	18,09	69	34,67	285	29,91
Общие	356	100	398	100	199	100	953	100

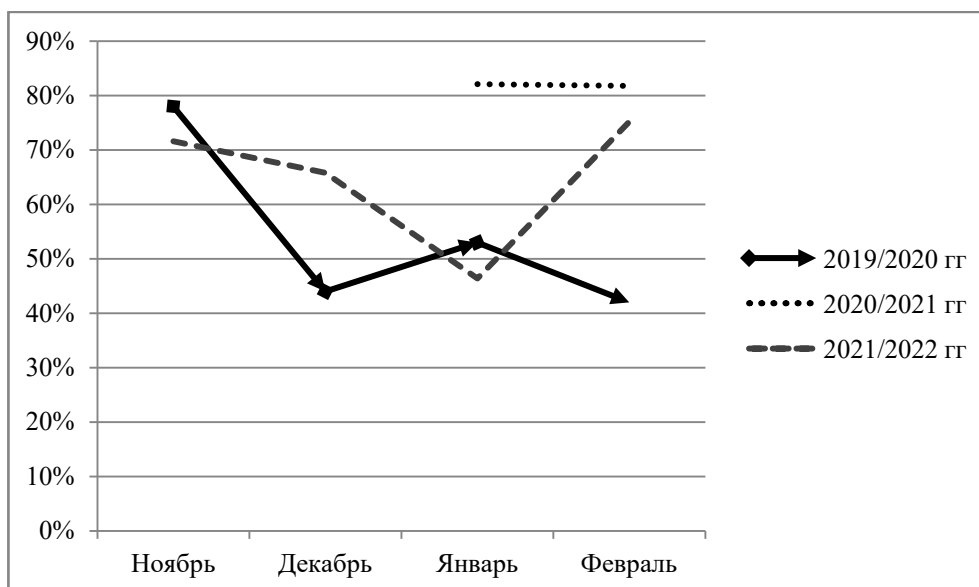


Рис. 2. Изменения доли млекопитающих, являющихся добычей *Asio otus* в 2019–2022 гг.

В пробах, собранных 26 февраля 2022 г., в 14 свежих погадках обнаружены 37 черепов, из них 31 мелкое млекопитающее и 6 птиц. Млекопитающие оказались представителями 6 видов: *E. tancrei* – 1, *M. musculus* – 23, *M. tamariscinus* – 3, *C. migratorius* – 2 и *C. suaveolens* 2 особи. В трех пробах были останки птиц и мелких млекопитающих. В другой пробе были найдены черепа по одному экземпляру *M. musculus*, *M. tamariscinus* и птиц. В одной пробе были обнаружены останки трех мелких птиц из рода *Sylvia*.

Анализ результатов отдельно взятых проб (таблица) показывает, что ушастая сова в период зимовки 2019–2022 гг. меняет спектр и количество жертв в зависимости от обилия добычи в местах обитания и активности в различных погодных условиях (рис. 2).

В начале зимовки (ноябрь 2019 г.) в обследованной территории пищевой рацион ушастых сов состоял из четырех видов млекопитающих. В рационе доминировала *M. musculus* (50%), второе место занимал *E. tancrei* (15,8%), а другие виды, *M. tamariscinus* и *C. suaveolens*, по 6,1%. Птиц было 22%. В декабре пищевой спектр существенно расширился за счет включения в него ряда менее предпочтительных кормовых объектов. В составе жертв появились *C. migratorius* (2%). В питании доминируют птицы (56%), из млекопитающих *M. musculus* (39%).

В январе 2020 г. при анализе погадок определены остатки костей *R. norvegicus* вместе с вышеупомянутыми видами. Доля млекопитающих объектов увеличилась

до 59%. В конце зимы (февраль) птичьи жертвы ушастой совы выросли на 58%.

Зимой 2020–2021 гг. (январь и февраль) в погадках, собранных от многолетних мест зимовок, добавились *A. elater* (2,26%), а *M. libycus* и *R. norvegicus* в составе жертв не отмечены.

В начале зимовки (декабрь 2021 г.) температура воздуха еще не снизилась, деревья и кустарники на территории сохранялись до конца года, не сбрасывая листвы. Ушастых сов, прилетевших на зимовку, днем наблюдали поодиночке на разных деревьях. Сбор их погадок был затруднен. В этот период совы охотились на 5 видов млекопитающих: *E. tancrei*, *M. musculus*, *M. tamariscinus*, *C. suaveolens*, *S. etruscus* – и птиц. В этих условиях большое количество млекопитающих и высокая активность, которую они проявляют, увеличили долю их добычи в пищевых спектрах птиц. На одну погадку приходилось 1–3, в среднем 1,6 экземпляра добычи. Результаты анализа показали, что доля млекопитающих от общего числа добытых объектов составила 71,4%. Здесь в питании ушастой совы доминировали *M. musculus* (28,6%) и род *Fringilla* (28,6%). В конце декабря 2021 г. в погадках были остатки млекопитающих четырех видов – *E. tancrei*, *M. musculus*, *M. tamariscinus* и *C. suaveolens*. Из мелких млекопитающих, как обычно, доминировали *M. musculus* (42,6%), субдоминанты были птицы (34,4%). В январе в рационе доля млекопитающих снизилась до 46,2%, а доля птичьих жертв увеличилась – 53,8%. В пищевом спектре снова появилась *A. elater*.

Результаты наших исследований показали, что на исследуемом районе зимой 2019–2022 гг. в спектре питания ушастой совы доминировала домовая мышь *M. musculus* (44,07%), а доля восточной слепушонки *E. tancrei* – 8,39%, тамарисковой песчанки *M. tamariscinus* – 7,45%. При сравнении других мест зимовок, например 1991–1994 гг. на окраине (разные участки) г. Ташкента, первое место занимает *M. musculus* (59,8–78,05%), *E. tancrei* (3,66–20,4%), *M. ilaeus* (1,63–6,44%), *R. norvegicus* (0,24–10,7%) [8, 10, 12]. В другой части ареала ее спектр питания выглядит иначе. В Северо-Западном Причерноморье 1997–1998 гг. (Измайловский и Татарбунарский районы) встречались остатки полевки обыкновенной *Microtus arvalis* 91,7% и 90,0%, курганчиковой мыши *Mus spicilegus* 6,8%, 8,1%, лесной мыши *Apodemus uralensis* 0,9% и 1,7% [6].

Состав пищи ушастой совы на верхнем течении р. Зарафшан (Таджикистан) меняется как по сезонам года, так и в зависимости от места гнездования и зимовки. В погадках (около 300 шт.) зимой 1963–1965 гг. в долине р. Кафирниган главным образом обнаружены остатки *Mus musculus* и *Elephantopus talpitis* и только иногда попадались остатки птиц *Turdus atrogularis*, *Acridotheres tristis*, *Sturnus vulgaris*, *Passer montanus*, *Alauda cristata* и др. В отдельных погадках попадаются до 3–4 особей. Домовых мышей одновременно и столько же слепушонок. Среди разнообразных погадок остатков менее двух грызунов не попадалось [1].

В целом, в результате анализа погадок, в местах зимовки ушастой совы насчитывается 14 видов птиц: *Streptopelia senegalensis*, *Alcedo atthis*, *Galerida cristata*, *Calandrella rufescens*, *Calandrella brachydactyla*, *Sturnus vulgaris*, *Phoenicurus erythronotus*, *Sylvia curruca*, *Erithacus rubecula*, *Parus bokharensis*, *Passer montanus*, *Passer hispaniolensis*, *Fringilla coelebs* и *Fringilla montifringilla*, относящихся к 11 родам и 3 отрядам.

Небольшие данные, собранные в течение трех зим в Шафирканском районе, показывают, что для зимних условий характерно расширение пищевых спектров, при относительно высоких показателях видового богатства. Здесь зимой разнообразие и численность птиц выше, за счет зимующих воробьинообразных. Такие местообитания естественным образом сопровождаются относительно высоким разнообразием питания ушастой совы и приводят к расширению пищевых спектров.

Таким образом, из вышеизложенного мы выделяем две основные группы жертв по встречаемости в погадках – предпочита-

емые виды, составляющие основу питания, с долей более 7–10%, и сопутствующие виды, с долей в питании менее 3–6%. В первую группу преимущественно входят массовые виды: *Ellobius tancrei*, *Mus musculus*, *Meriones tamariscinus* и *Fringilla coelebs*. Большинство остальных видов являются сопутствующими.

Заключение

Установлено, что питание ушастой совы в агроценозах в осенне-зимний периоды характеризуется определенной пластичностью и зависит главным образом от доступности добычи.

Состав добычи птиц в зимний сезон 2019–2020 гг. составляет 22 вида, из которых 9 видов млекопитающих, 13 видов птиц, в 2020–2021 гг. – 20 видов (8 видов млекопитающих и 12 видов птиц), а зимой 2021–2022 гг. – 19 видов (8 видов млекопитающих и 11 видов птиц).

В исследуемом районе в питании ушастой совы доминировали представители рода *Mus*, *Meriones* и *Ellobius* (61,27%), а основной рацион составляла домовая мышь – 44,07%. Доля птицы в среднем – 29,91%.

Анализ погадок позволяет отметить выраженную миофагию ушастой совы в условиях низовьев р. Зарафшан и преимущественную специализацию этого вида на домовую мышь. Вероятно, стратегия кормодобычи ушастых сов базируется на использовании наиболее массовых видов грызунов открытых местообитаний. В то же время наблюдается расширение рациона за счет синантропов.

Автор выражает благодарность Е.А. Быковой и М.Г. Митропольскому за помощь и консультации по определению видов млекопитающих и птиц по черепам и плечевым костям, Х.К. Эсанову за определение видов растений на исследованной территории.

Список литературы

1. Абдусаломов И.А. Фауна Таджикской ССР: Птицы. Душанбе, 1971. С. 340–343.
2. Сагитов А.К. Совообразные // Птицы Узбекистана. Ташкент, 1990. Т. 2. С. 230–231.
3. Дупал Т.А., Чернышов В.М. Мелкие млекопитающие в питании ушастой (*Asio otus*) и болотной (*A. flammeus*) сов на юге Западной Сибири // Экология. 2013. № 5. С. 356–360.
4. Mori E., Menchetti M., Dartora F. Evidence of carrion consumption behaviour in the long-eared owl *Asio otus* (Linnaeus, 1758) (Aves: Strigiformes: Strigidae). Italian. Journal of Zoology. 2014. Vol. 81:3. P. 471–475. DOI: 10.1080/11250003.2014.920928.
5. Хорошавин Е.А., Иовченко Н.П. Изучение кормовой базы ушастой совы *Asio otus* как причины феномена ее зимнего размножения на территории Санкт-Петербурга (предварительные результаты) // Природные и культурные аспекты долгосрочных экологических исследований на Северо-Западе России. СПб., 2019. С. 178–183.

6. Русев И.Т., Сацык С.Ф. Индикационная роль трофических связей ушастой совы для экологических и эпизоотологических целей. Бранта: сборник трудов Азово-Черноморской орнитологической станции, 1999. Вып. 2. С. 50–56.
7. Быкова Е.А., Гашев С.Н. Происхождение фауны млекопитающих и териокомплексы г. Ташкента // Экология животных и фаунистика: сборник научных трудов кафедры зоологии и эволюционной экологии животных / Под ред. докт. биол. наук, проф. С.Н. Гашева. Тюмень: Тюменский государственный университет, 2013. Вып. 9. С. 16–37.
8. Быкова Е.А., Есипов А.В. Изменение биоразнообразия мелких млекопитающих в условиях урбоценозов по данным анализа погадок ушастой совы // Теоретические и прикладные проблемы сохранения биоразнообразия животных Узбекистана. Ташкент, 2013. С. 18.
9. Ганиев Б.Н., Азимов Н.Н. Ўзбекистонда кулоқдор япалоққушнинг тарқалиши ва уя биологияси: материалы научно-практической конференции «Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития». Ташкент, 2020. С. 305–307.
10. Азимов Н.Н., Ганиев Б.Н. Сезонный пищевой состав ушастой совы Ташкентской области // Роль молодежи в развитии науки и образования. Материалы научной и научно-технической конференции в масштабе Республики. Ташкент, 2019. Б. 35–37.
11. Azimov N.N., Ganiev B.N. Distribution and biology of a long-eared owl (*Asio otus*) in Tashkent oasis. The Way of Science International scientific journal. Volgograd. 2018. № 8 (54). С. 15–18.
12. Быкова Е.А., Гашев С.Н. Фауна млекопитающих тугайного леса левобережья р. Сырдарья, Узбекистан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 2 (2). С. 234–238.
13. Митропольский М.Г., Митропольский О.В. Морфометрическая характеристика плечевых костей отдельных видов птиц в различных популяциях // Эволюционная и функциональная морфология позвоночных: материалы Всероссийской конференции и школы для молодых ученых памяти Феликса Яновича Дзержинского. 2017. С. 221–226.
14. Митропольский О.В. Изучение плечевых костей (*os humerus*) птиц и млекопитающих, как метод зоологического анализа видов, популяций, сообществ и фауны // Труды заповедников Узбекистана. Ташкент, 2002. Вып. 3. С. 155–159.
15. Макарова Т.В. Экология ушастой и болотной совы во внегнездовой период в Европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2014. 24 с.

УДК 574.24:597

ИОННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ У ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА ПРИ СТРЕССЕ: СРАВНИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Запруднова Р.А., Гарина Д.В.

ФГБУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
п. Борок, e-mail: darina@ibiw.ru

Изучали изменение концентрации ионов натрия, калия, кальция и магния в плазме крови у пресноводных рыб при стрессе, вызываемом различными по качеству и количеству стрессорами. Главное внимание уделяли натриемии. Основная часть опытов проводилась на взрослом леще (*Abramis brama* L.) Рыбинского водохранилища. Концентрацию катионов в плазме крови определяли на фотометрах "Flapho-4" и "AAS-1". При слабом стрессе (т.е. действии несильных и непродолжительных стрессоров) разного качества уровень натриемии изменялся в сторону повышения концентрационных градиентов на клеточной мембране (эустресс, или физиологический стресс). При действии сильных и/или продолжительных стрессоров разного качества уровень натриемии изменялся в сторону уменьшения концентрационных градиентов на клеточной мембране (дистресс, или патологический стресс). При остром летальном стрессе гипонатриемия была максимальной, при хроническом летальном – минимальной, при подостром летальном стрессе наблюдали промежуточные значения гипонатриемии. При сильном остром обратимом стрессе гипонатриемия могла быть достаточно высокой. Отмечена также гипокалиемия, гипомagneмизм и гиперкальциемия под действием несильных непродолжительных нагрузок и гиперкалиемия, гипермагнезизм и гипокальциемия – при действии сильных острых стрессоров. Анализ материала по млекопитающим позволяет сделать заключение о сходстве механизмов адаптации у рыб и высших позвоночных. В настоящей работе впервые проведен анализ состояния системы водно-солевого равновесия животных при стрессе с позиции ведущей роли ионных концентрационных градиентов на мембране клеток в энергетике организма. Высказывается мнение о существовании у животных двух разных стратегий адаптации в нормальных и экстремальных условиях (или в зависимости от интенсивности действия стрессора): активной и пассивной, состоящих соответственно в повышении или снижении энергетике организма. Предполагается, что гипонатриемия, сопровождающая многие болезни у людей (главным образом болезни адаптации), является неспецифической реакцией и служит показателем сниженной энергетике организма. Уровень натрия во внутренней среде организма предлагается для диагностики стрессового состояния животных.

Ключевые слова: рыбы, млекопитающие, концентрация ионов натрия, калия, кальция, магния в плазме крови, энергия организма, эустресс и дистресс

IONIC REGULATION IN ANIMALS AND HUMANS UNDER STRESS: COMPARATIVE ASPECTS

Zaprudnova R.A., Garina D.V.

Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok, e-mail: darina@ibiw.ru

Changes in the concentration of sodium, potassium, calcium and magnesium ions in the blood plasma of freshwater fish under stress caused by stressors of different quality and quantity were studied. The main attention was paid to sodium. The main part of the experiments was carried out on adult bream (*Abramis brama* L.) from the Rybinsk Reservoir. The concentration of cations in blood plasma was determined on Flapho-4 and AAS-1 photometers. Under mild stress (i.e., the action of mild and short stressors) of different quality, the level of sodium changed in the direction of increasing concentration gradients on the cell membrane (eustress or physiological stress). Under the action of strong and/or prolonged stressors of different quality, the level of sodium changed towards a decrease in concentration gradients on the cell membrane (distress or pathological stress). Hyponatremia was maximal in acute lethal stress, minimal in chronic lethal stress, and intermediate values of hyponatremia were observed in subacute lethal stress. With severe acute reversible stress, hyponatremia could be quite high. Hypokalemia, hypomagnesaemia and hypercalcaemia under the influence of mild short-term stressors and hyperkalemia, hypermagnesaemia and hypocalcaemia under the action of strong acute stressors were also showed. An analysis of the material on mammals allows us to conclude that the mechanisms of adaptation in fish and higher vertebrates are similar. In the present work, for the first time, an analysis of the state of the system of water-salt balance in animals under stress was carried out from the standpoint of the leading role of ion concentration gradients on the cell membrane in the energy of the body. An opinion is expressed that animals have two different adaptation strategies under normal and extreme conditions (or depending on the intensity of the stressor): active and passive, consisting, respectively, in increasing or decreasing the energy of the body. It is assumed that hyponatremia, which accompanies many diseases in humans (mainly adaptation diseases), is a nonspecific reaction and serves as an indicator of reduced body energy. The level of sodium in the internal environment of the body is proposed for diagnosing the stress state of animals.

Keywords: fish, mammals, concentration of sodium, potassium, calcium, magnesium ions in blood plasma, body energy, eustress and distress

Проблема стресса у человека встает особенно остро в связи с ухудшением экологической обстановки, утратой стабильности и усилением напряженности в обществе как результат локальных войн, терроризма, вынужденной миграции, эпидемий. Кроме

того, значительная часть населения находится в напряжении и в обычной жизни из-за высоких социальных, психоэмоциональных нагрузок, интоксикаций, болезней и пр.

Для определения состояния стресса у людей ионные показатели не применяют-

ся. Чаще всего используется уровень кортизола в крови, но также концентрация общего белка в сыворотке крови, астроцит-специфического белка S100b, глюкозы, активность аминотрансминаз и концентрация конечных продуктов метаболизма [1, 2]. У рыб диагностика состояния стресса по показателям водно-солевого равновесия крайне редка: если и встречается в работах уровень натриемии, то он выбирается в комплексе с другими параметрами, без учета его самостоятельной значимости для организма [3, 4]. Наиболее интенсивные исследования влияния стрессоров на ионные параметры у рыб проводились в 1970–1980-е гг. Информация была неоднородной, порой противоречивой и недостаточной: основная часть сведений по указанному вопросу основана на результатах изучения ответных реакций рыб на сильные и непродолжительные стрессоры. Не было создано обобщающего произведения, охватывающего широкий диапазон стрессовых состояний рыб, а предлагаемые в некоторых работах ионные критерии неблагополучия организма при стрессе не получили распространения и со временем исчезли из употребления. К тому же в них практически отсутствовал анализ уровня натриемии. Несмотря на активное изучение физиолого-биохимических процессов у рыб при стрессе в настоящее время [5–7], ионные показатели сыворотки (плазмы) крови рыб не используются для идентификации стресса. Нет информации по этому вопросу и для других, в том числе высших, позвоночных животных.

Длительный период времени в медицине за норму принимали широкий диапазон изменения концентрации натрия во внутренней среде организма человека: 130–150 ммоль/л. Фактически нормой называли не пределы границ физиологических колебаний этого показателя у здоровых лиц, а указывали границы величин при состояниях, совместимых с жизнью. Ситуация стала меняться сравнительно недавно: к норме теперь относят более узкий диапазон натриемии: 135–145 ммоль/л. При этом гипонатриемия (<135 ммоль/л) у людей встречается чаще, чем гипернатриемия (>145 ммоль/л). Диапазоны колебаний калиемии, кальциемии и магниемии у человека, судя по различным литературным источникам, в среднем составляли соответственно 3–5, 2–3 и 0,5–1 ммоль/л. У рыб значения указанных показателей представлены в результатах настоящего исследования.

В настоящей работе изучали изменения концентрации катионов натрия, калия, кальция и магния во внутренней среде у пресноводных рыб при различных стрессовых

состояниях, обращая основное внимание на уровень натриемии. Кроме того, основываясь на литературных данных, анализировали закономерности изменения ионного состава внутренней среды при действии неблагоприятных факторов у млекопитающих, отмечая их сходство с таковыми у рыб.

Материалы и методы исследования

Основным объектом исследования служил половозрелый и близкий к половозрелости лещ (*Abramis brama* L.) Рыбинского водохранилища. Отдельные опыты выполняли на взрослых особях щуки (*Esox lucius* L.), плотвы (*Rutilus rutilus* L.) и синца (*Abramis ballerus* L.) из того же водоема. Эксперименты проводили в летний период года при температуре воды 17–20 °С при остром, подостром и хроническом стрессе с летальным исходом, а также остром обратимом стрессе разной силы и длительности. Слабый стресс рассматривали как эустресс (физиологический стресс), различные типы сильного стресса – как дистресс (патологический стресс). За норму принимали состояние рыб сразу после кратковременной (не более 15 мин) поимки из естественной среды. Слабый стресс создавали помещением акклиматизированных рыб в ограниченный объем воды (соотношение массы тела и воды 1:20) с непрерывной аэрацией (рис. 1). Сильный обратимый острый стресс получали при кратковременной поимке рыб из естественной среды с последующей транспортировкой в лабораторию в течение 1,5–2 ч в ограниченном объеме воды (рис. 2, А; 3, А; 4, А (2–4); 5, А), резким изменением температуры на 18 °С (рис. 4, А (1)). Острый летальный стресс продолжительностью от 5 до 12 ч создавали комплексным действием нескольких сильных факторов: отлов, транспортировка в ограниченном объеме воды со снижающимся содержанием кислорода (до 2,5 мг/л) и повышающейся температурой (до 25 °С) (рис. 2, Б; 3, Б; 4, Б (2–4); 5, Б), применением всех этих факторов на акклиматизированных рыбах (рис. 4, Б (1)). Подострый стресс с летальным исходом продолжительностью 5–18 сут вызывали достаточно сильными стрессорами, к которым рыба не могла приспособиться: посттравматическими эффектами длительного траления и жесткой транспортировки (рис. 2, В; 3, В; 4, В (2–3)), содержанием рыб в садках (рис. 4, В (1)). Хронический летальный стресс продолжительностью 1–3 мес. создавали содержанием рыб в лабораторных условиях с повышенным фоном световых и шумовых раздражителей (рис. 2, Г; 3, Г; 4, Г (2–3); 5, В) и в неблагоприятных условиях прудов эксперимен-

тальной базы: высокая плотность посадки рыб в мелких прудах (рис. 4, Г (1)). Каждая экспериментальная точка представлена для леща 11–24 особями, для других видов рыб – 5–9 особями.

Концентрацию катионов натрия и калия в плазме крови анализировали на пламенном фотометре Flapho-4, а кальция и магния – на фотометре AAS-1, фирмы Carl Zeiss (Jena, Германия). В работе представлены средние значения концентрации ионов и стандартная ошибка средней $\bar{x} \pm SE$. Проверку на нормальность распределения в выборках проводили с использованием критерия Шапиро – Уилка. Установлено, что все выборки имеют нормальное распределение. Достоверность различий оценивали по t-критерию.

Результаты исследования и их обсуждение

При слабом стрессе (т.е. в ответ на действие стрессоров, которые относятся к несильным и непродолжительным) у пресноводных рыб наблюдали гипернатриемию в пределах 10% по сравнению с нормой (рис. 1, А). Самые большие изменения в составе внутренней среды, но направленные в противоположную сторону, наблюдали при очень сильном остром летальном стрессе: потери натрия могли составлять 50% (рис. 2, Б; 4, Б). При хроническом стрессе с летальным исходом уровень гипонатриемии в среднем составлял 10%, иногда чуть

выше (рис. 2, Г; 4, Г). При подостром стрессе с летальным исходом гипонатриемия достигает 20% (рис. 2, В; 4, В). При остром обратимом стрессе гипонатриемия могла колебаться в зависимости от силы стрессора от 1 до 30% (рис. 2, А; 4, А).

Во время слабого стресса (т.е. при несильных непродолжительных нагрузках) наблюдали гипокалиемию (70–90%) (рис. 1, А), а гиперкалиемию во всех остальных случаях при остром стрессе. Так, при действии сильных стрессоров, в особенности при летальном стрессе, изменения достигали, соответственно, 100–400% (рис. 3, А, Б; 4, А, Б). Однако перед гибелью рыб при хроническом и подостром стрессе уровень калиемии близок к норме (рис. 3, В, Г; 4, В, Г).

При слабом стрессе (т.е. при действии несильных, непродолжительных стрессоров) уровень кальциемии увеличивается до 15–30% и более (рис. 1, Б). При сильных нагрузках, напротив, наблюдали снижение до 30% и более, при этом – особенно сильное при летальном стрессе (рис. 5, А, Б). Уровень магниемии в отличие от кальция при непродолжительных и слабых воздействиях, напротив, уменьшается примерно на 10% (рис. 1, Б), а при достаточно сильном остром обратимом стрессе – наблюдали повышение до 20% и более (рис. 5, А). При хроническом стрессе практически нет изменений в концентрации двухвалентных ионов в плазме крови (рис. 5, В).

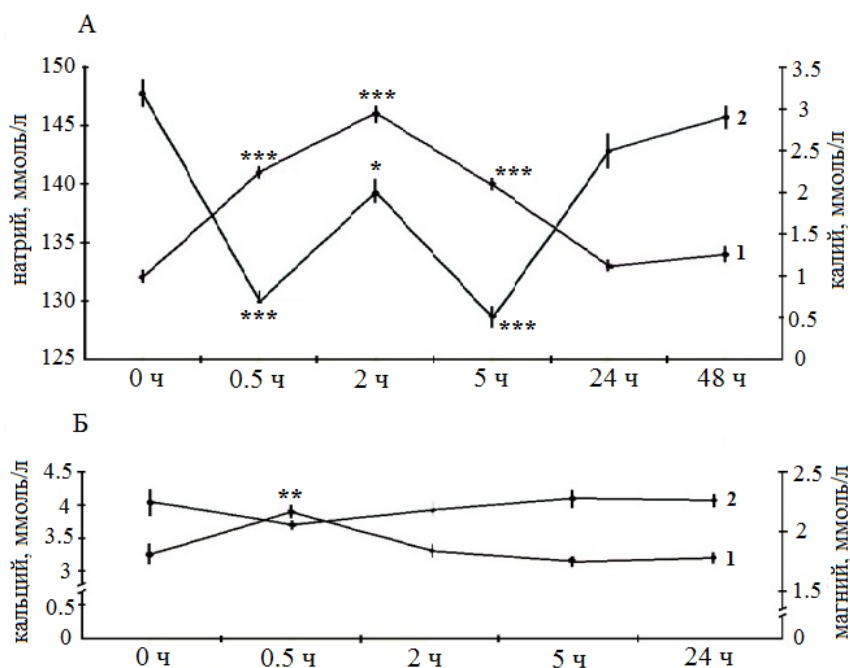


Рис. 1. Динамика концентрации натрия (1А), калия (2А), кальция (1Б) и магния (2Б) в плазме крови леща при эустрессе (физиологическом стрессе), ммоль/л;
* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$ – по сравнению с нормой

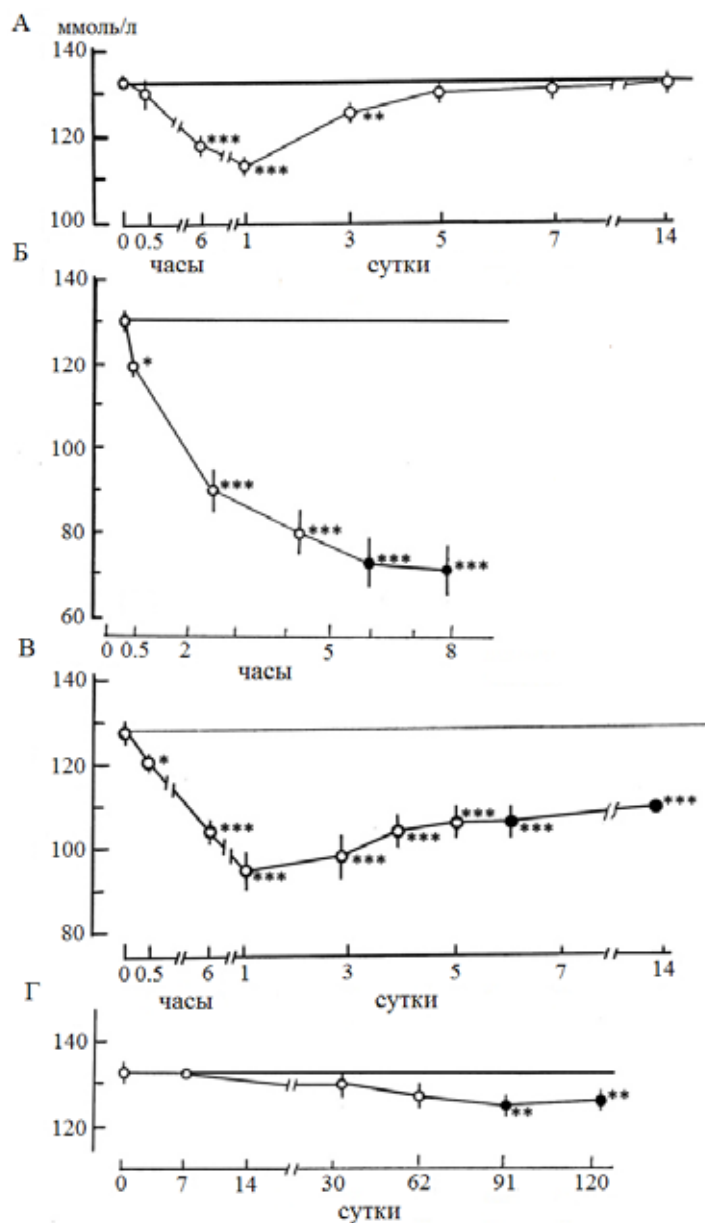


Рис. 2. Динамика концентрации натрия в плазме крови жабры при дистрессе (патологическом стрессе), ммоль/л:

А – острый обратимый стресс (продолжительность 1,5–2 ч); Б – острый летальный стресс; В – подострый летальный стресс; Г – хронический летальный стресс. По оси абсцисс (Б–Г) – время действия стрессора; темные кружочки – предгибельное состояние. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ – по сравнению с нормой

Выявлены общие механизмы адаптации в системе водно-солевого равновесия пресноводных рыб, связанные с количеством (силой и продолжительностью) стрессора. Стрессоры также различались по качеству. Однако характер их действия, как показано в данной работе, зависел от интенсивности воздействия: при несильном непродолжительном – наблюдали изменения в сторону повышения концентрационных градиентов на мембране клеток (гипернатриемия, ги-

перкальциемия, гипокалиемия, гипомагниемия – эустресс), при сильном – в сторону снижения (гипонатриемия, гипокальциемия, гиперкалиемия, гипермагниемия – дистресс). Причем гипонатриемия наблюдалась во всех неблагоприятных условиях, т.е. также и при хроническом и подостром стрессе (тоже дистресс). Однако перед гибелью рыб при подостром и хроническом стрессе близки к норме уровни калиемии, кальциемии и магниемии.

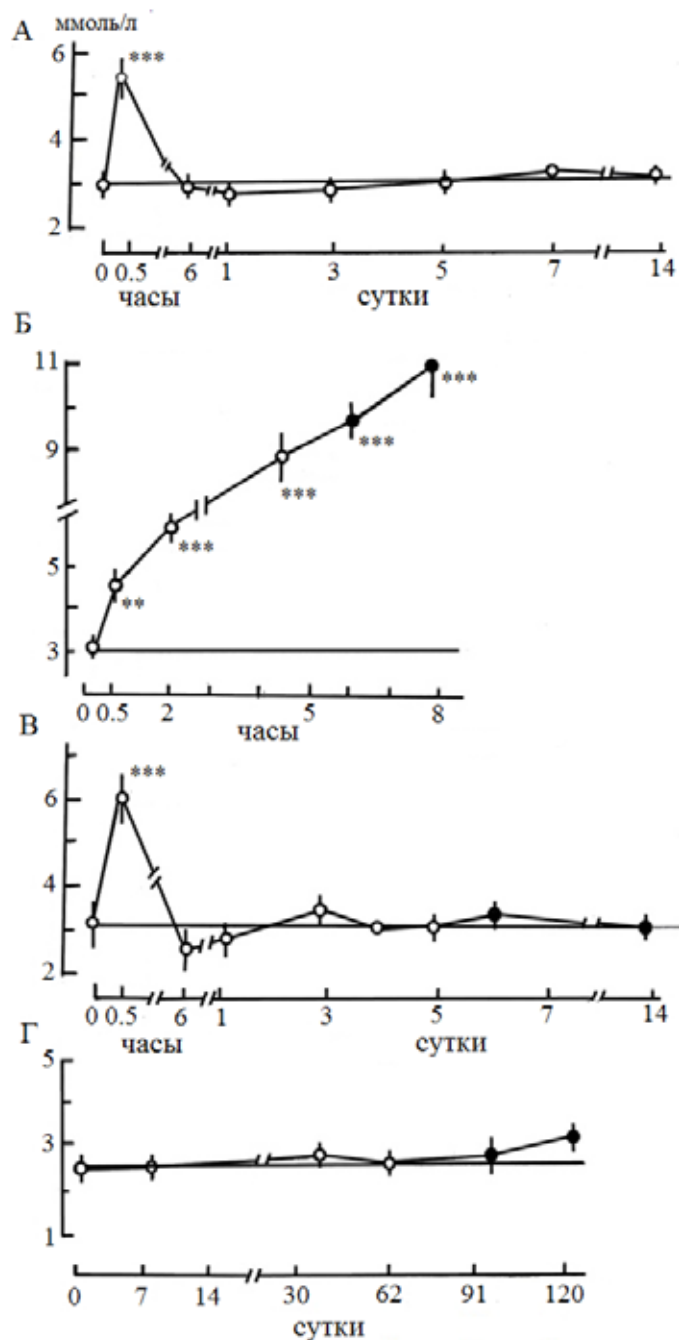


Рис. 3. Динамика концентрации калия в плазме крови лежа при дистрессе (патологическом стрессе), ммоль/л.

Остальные обозначения как на рис. 2. ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ – по сравнению с нормой

Таким образом, гипонатриемию можно считать самым выраженным и надежным ионным показателем неблагополучия организма. Многие другие биохимические показатели также заметно меняются при острострессорных нагрузках, слабо или совсем не отвечая на подострый и хронический стресс (например, глюкоза, катехоламины и др.).

Ранее нами показано [8], что при нересте изменения ионного состава плазмы крови сходны с теми, что наблюдали при слабом стрессе, т.е. при действии слабых непродолжительных стрессоров, а после нереста – с изменениями при длительных стрессорных воздействиях.

Функции ионов в организме многообразны. Укажем лишь на те из них, которые связаны с клеточной мембраной.

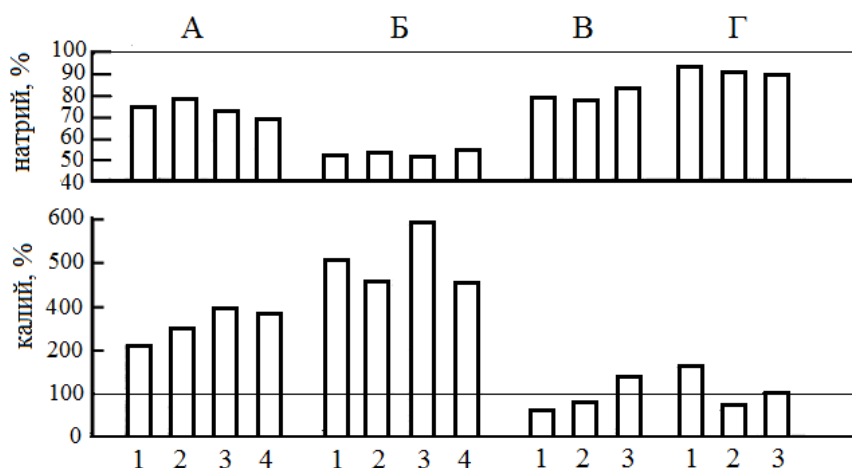


Рис. 4. Концентрация натрия и калия в плазме крови некоторых рыб при дистрессе (патологическом стрессе), ммоль/л:

А – острый обратимый стресс продолжительностью 1,5–2 ч; Б – острый летальный стресс; В – подострый летальный стресс; Г – хронический летальный стресс (Б – Г – значения показателя перед гибелью рыб). 1, 2, 3, 4 – лещ, плотва, щука и синец соответственно

В медицине в первую очередь подчеркивается важная (главная) роль концентрации натрия в сыворотке (плазме) крови в поддержании осмоляльности жидкостей внутренней среды, околоклеточной среды и в конечном итоге в волюморегуляции каждой клетки. В настоящей работе впервые проведен анализ состояния системы водно-солевого равновесия животных при стрессе с позиции ведущей роли ионных концентрационных градиентов или мембранного потенциала в энергетике организма. Широко известна роль натрий-зависимых систем котранспорта в обеспечении потребности клетки различными веществами. В связи с близостью концентрации ионов в мышечной ткани у различных видов рыб [9] можно говорить о значительной зависимости концентрационного (и электрохимического) градиента по натрию на мембране скелетной мышцы от уровня натриемии. Для других клеток (тканей) уровень натриемии также может играть такую же значительную роль. Применительно к концентрационным градиентам на мембране клеток существует понятие вторичного активного транспорта. Работа натриевого насоса обеспечивает большинство транспортных функций клеток (от эпителиальных, хрящевых, мозговых и других), которые реализуются не за счет потребления непосредственно энергии АТФ, а за счет энергии ионных градиентов или мембранного потенциала. Явления возбуждения и торможения, а также основные поляризационные процессы на мембране клеток главным образом счи-

таются зависимыми от ионов калия. Двухвалентные катионы кальция и магния также участвуют в балансе электролитов, транспорте ионов, проницаемости мембран, нервно-мышечной возбудимости.

Сказанное позволяет предположить, что поддержание постоянства ионного состава внутренней среды организма (главным образом натрия) есть в значительной степени поддержание энергетики организма, т.е. один из важнейших и, может быть, первоочередных механизмов сохранения жизни в напряженных (стрессовых) условиях. Таким образом, можно говорить об ионных концентрационных градиентах на мембране клеток как о резервуарах свободной энергии для различных физиологических процессов и как о механизме поддержания устойчивой неравновесности организма рыб.

Для функциональной системы в организме рыб при слабом стрессе, т.е. при незначительных непродолжительных нагрузках и перед нерестом, характерны повышенные ионные концентрационные градиенты на мембране клеток и тканей. Функциональным системам во всех остальных стрессовых ситуациях свойственны сниженные концентрационные градиенты. При остром стрессе с летальным исходом, когда наблюдается максимальный ионный дисбаланс и минимальная продолжительность жизни, формируется самая неэффективная функциональная система. Функциональная система при хроническом стрессе обладает большими адаптивными возможностями

в связи с минимальным ионным дисбалансом и большой продолжительностью жизни рыб. При подостром стрессе по величине ионного дисбаланса и продолжительности жизни рыб функциональную систему можно отнести к промежуточной между вышеуказанными. При сильном остром обратимом стрессе наблюдали значительно выраженные уровни гипонатриемии, гипокальциемии, гиперкалиемии и гипермагниемии.

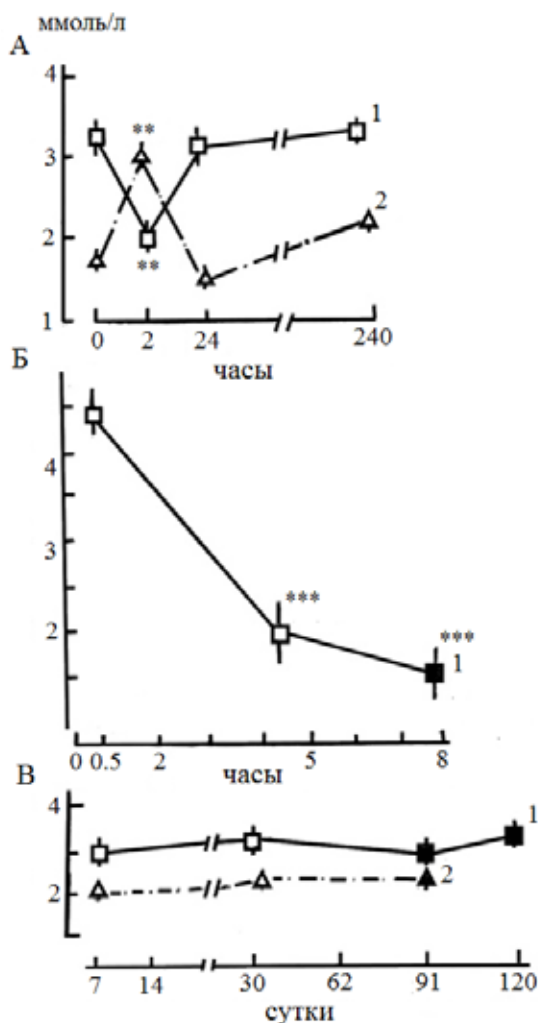


Рис. 5. Динамика концентрации кальция (1) и магния (2) в плазме крови леща при дистрессе (патологическом стрессе), ммоль/л:

А – острый обратимый стресс (продолжительность 1,5–2 ч);

Б – острый летальный стресс;

В – хронический летальный стресс.

По оси абсцисс: Б–В – время действия стрессора; темные кружочки – предгибельное состояние.

* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$ – по сравнению с нормой

Таким образом, в нормальных и экстремальных условиях пресноводные рыбы используют две разные стратегии адаптации или две разные защитные реакции: актив-

ную и пассивную, состоящие соответственно в повышении уровня неравновесности (энергетики) и снижении уровня неравновесности (или, следовательно, энергии или повышении конформности) организма. Первую стратегию адаптации можно отнести к гиперполяризационному торможению, а вторую – к деполяризационному. Прогрессивное развитие организма и наиболее полная реализация его функций обеспечивается первой стратегией адаптации. Избыточные анаболические процессы и повышение устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов, вероятно, и обеспечиваются энергией увеличенных ионных концентрационных градиентов на мембране клеток и тканей. Сохранение жизни в экстремальных условиях гарантирует вторая стратегия адаптации. При хроническом стрессе наблюдается минимизация энергозатрат: за счет снижения концентрационных градиентов и ослабления ионотранспортных потоков. Мы полагаем, что эти процессы играют значительную роль в метаболической депрессии. Только перед гибелью рыб можно наблюдать большие потери калия и аммония. Быстрое и значительное уменьшение ионных градиентов по натрию (когда потери калия и аммония еще невелики), т.е. использование больших количеств энергии, при сильном остром стрессе обеспечивают выживание рыб. При подостром стрессе наблюдали сильные катаболические процессы, так как в условиях заметно заниженных концентрационных градиентов по натрию происходили большие потери калия и аммония. Таким образом, повышение конформности организма, как эволюционно более древняя приспособительная реакция, может включаться лишь в чрезвычайных обстоятельствах. В нормальных условиях реализуются эволюционно более молодые механизмы адаптации, которые обеспечивают необходимый уровень энергетики (неравновесности) организма.

Концентрация ионов в других тканях также меняется по-разному, если используются стрессоры разной силы и длительности. Например, при действии слабых и непродолжительных воздействий концентрация калия и натрия в мышцах, основном ионном депо, увеличивается, а при влиянии сильных – уменьшается [10]. Изменение концентрации ионов в эритроцитах главным образом связано с их дыхательной функцией. Эритроцитарный магний в условиях слабого стресса может рассматриваться как один из молекулярных механизмов, обеспечивающих уменьшение поглощения организмом кислорода и, следовательно, усиления анаболизма и увеличения роста

и развития животных [11]. Предложенная в данной работе концепция о двух стратегиях адаптации у рыб в нормальных и экстремальных условиях согласуется с положениями теории эустресса и дистресса Селье, или стресса физиологического и патологического Аршавского [12].

На основании проведенных результатов исследования и предложенной концепции двух защитных реакций в нормальных и экстремальных условиях предлагаются основные принципы диагностики рыб в природной и искусственной среде обитания по ионным показателям. Снижение ионных концентрационных градиентов на мембране клеток и тканей необходимо рассматривать как показатель той или иной степени неблагополучия (патологии), увеличение концентрационных градиентов – как предвестник возможного ухудшения условий жизни (например, стресса). Нарушение самого тонкого уровня биологической организации – колебательного режима служит первым признаком начинающейся патологии в организме. Переход через фазу гиперкомпенсации (стимуляции) к фазе редукции (депрессии) – общая закономерность в ответной реакции биологических систем разного уровня организации на возрастающий стимул или непрекращающееся его действие в прежней интенсивности. Состояние ареактивности занимает промежуточное положение между фазами гиперкомпенсации и редукции. При этом, как уже указывалось, уровень натриемии является самым надежным показателем состояния организма из четырех основных катионов. К числу наиболее характерных признаков активной защитной реакции (физиологического стресса, или эустресса) относится гипернатриемия, а к пассивной (патологическому стрессу, или дистрессу) – гипонатриемия. При оценке уровня натриемии необходимо учитывать не только амплитуду, но и временной фактор. Важно определять степень устойчивости во времени гипонатриемии при диагностике собственно (настоящей) патологии, для того, чтобы исключить кратковременную (обратимую) гипонатриемию при остром стрессе. Достоинство этого показателя заключается еще в низкой вариабельности и некоторой латентности (задержке изменений) в организме. Другие три иона менее, чем ионы натрия, подходят для целей диагностики организма. При подостром и хроническом стрессе их значения близки к норме. Уровни калиемии, кальциемии и магниемии неплохо могут служить в качестве дополнительных критериев для определения острострессового состояния животных.

Анализ литературной информации о состоянии системы водно-солевого равновесия у млекопитающих (главным образом человека) в стрессовых условиях и при болезнях, а также количества нагрузки, испытываемой объектом исследования, позволяет сделать заключение о сходстве механизмов адаптации при стрессе у рыб и высших позвоночных: при действии неслышных непродолжительных нагрузок отклонения в системе водно-солевого равновесия направлены в сторону повышения концентрационных градиентов на мембране клеток, при сильных или длительных – снижения. Наиболее показательна в этом плане работа индийских исследователей, проведенная на крысах в условиях высотной гипоксии. Авторами установлено, что подъем животных на 2–5 тысяч метров над уровнем моря приводил к гипернатриемии, затем на высоте 7,5 тысяч метров наблюдали отсутствие реакции на воздействие, при дальнейшем подъеме до 10,5 тысяч метров – гипонатриемию и гибель животных [13]. В качестве основной причины, вызывающей изменения в содержании ионов в тканях, авторы называют острую гипоксию. В этом и другом аналогичных более ранних исследованиях не делается попыток установления общих механизмов адаптации. Авторы указанной работы [13] представили также литературную информацию о результатах изучения влияния высотной гипоксии на содержание ионов натрия и калия в тканях крыс, собак и людей-добровольцев, проведенных советскими и зарубежными учеными в 1930–1960-е гг. Анализ этих литературных сведений позволяет заключить, что они подтверждают нашу концепцию двух стратегий адаптации у животных в нормальных и экстремальных условиях: т.е. в зависимости от силы стрессоров (величины гипоксии или высоты над уровнем моря, а также времени экспозиции) характер ответной реакции мог протекать по типу гиперкомпенсации или редукции, возможно также отсутствие изменений (состояние ареактивности), в том числе уже и по причине восстановления функций при многочасовых наблюдениях.

Наиболее многочисленны исследования ионорегуляции на людях в экстремальных ситуациях – работы отечественных и американских авторов на космонавтах (астронавтах) во время полетов. При этом исследователи в качестве главного (нарушающего) фактора рассматривают невесомость и не делают заключений об общих механизмах адаптации [14, 15]. В общих чертах, установленные авторами закономерности изменений в системе водно-солевого

равновесия при полетах в космос у людей соответствуют выявленной нами зависимости характера и величины ответной реакции у рыб от количества (силы) стрессора и исходного функционального состояния организма. Наиболее часто после продолжительных полетов у космонавтов наблюдали гипокалиемию и гиперкальциемию. В ряде случаев обнаруживались также гипернатриемия и повышение осмолярности крови. То есть все это «симптомы» физиологического стресса. Обычно гипернатриемия и гиперкальциемия отмечались только в течение самых первых дней пребывания на Земле. Однако гипокалиемия через неделю усиливалась и достигала 50%. Для нас очевидно, что в условиях гиперполяризационного торможения происходят мощные восстановительные (анаболические) процессы у похудевших в результате полета космонавтов (в частности, констатировано уменьшение в объеме бедер). Однако сразу после взлета (при переходе к невесомости) наблюдалась гипонатриемия (т.е. сдвиги по типу патологического стресса). Небольшая гипонатриемия (1,5%) отмечена после приземления при кратковременных полетах. Можно предположить, что снижение концентрации натрия в плазме крови могло быть более выраженным, если бы накануне приземления космонавты не получали пищу, обогащенную хлоридом натрия. Кроме того, при полетах и в результате полетов возрастала индивидуальная вариабельность исследуемых показателей. Например, после приземления коэффициент вариации концентрации натрия в плазме крови возрастал в 2 раза. Индивидуальные различия в реакциях на экстремальные условия полетов были столь высоки, что в ряде случаев у членов одного экипажа изменялась не только величина, но и направленность ответной реакции. То есть у одних индивидуумов сдвиги в системе водно-солевого равновесия протекали в большей степени по типу физиологического стресса, а у других – просматривалась явная тенденция в изменении ряда показателей в сторону патологизации. По сообщениям средств массовой информации примерно двадцатилетней давности у одного из космонавтов во время полета случился инфаркт миокарда. Это заболевание Селье относил к идиопатическим или плюрокаузальным, т.е. вызываемым неспецифическими (стрессовыми) раздражителями. К ним он относил также рак, артроз, остеохондроз, инсульт и др. Иначе такие заболевания называются болезнями адаптации. То есть в условиях очень сильных нагрузок (космических полетов) оказалось возможным разделять

людей на основании величины и направленности ионных изменений по степени стрессоустойчивости (состояния здоровья). У космонавтов во время полетов и после приземления отмечен высокий уровень альдостерона в крови и большие потери калия из организма, т.е. характерные признаки стресса. В этом видна общая реакция на сильный стрессор, связанная с интенсивным катаболизмом мышечных белков. В результате длительных полетов наблюдали также вымывание кальция из костей, потери магния, фосфора и ряда других ионов, т.е. такой же отрицательный баланс ионов, который имеет место при действии сильных стрессоров и болезнях, на что ранее указывал еще Селье.

В последние годы обнаружена связь гипонатриемии с целым рядом болезней: сердечной недостаточностью [16, 17], циррозом печени [18, 19], почечной недостаточностью [20, 21], раком [22, 23], алкоголизмом [24], а также возрастом [25]. Гипонатриемия отмечена у пациентов в послеоперационный период [26]. Таким образом, в основном гипонатриемия наблюдалась при болезнях адаптации. О связи гипонатриемии с болезнями адаптации, особенно с сердечной недостаточностью, циррозом печени и онкогенезом, существует много работ (в несколько раз больше, чем представлено здесь), но в настоящей статье в силу ограниченности ее объема не могут быть приведены многие ссылки. Установлена более высокая смертность и длительность пребывания в стационаре у пациентов с гипонатриемией, чем с нормонатриемией. В работе А.В. Кутиной с соавт. [27], содержащей ссылки более чем на 450 литературных источников, по собственным и литературным данным авторами предлагается значение нормальных уровней натриемии, калиемии, кальциемии и магниемии. Так, у здорового человека значения указанных ионов составляли соответственно $141 \pm 2,3$; $4,1 \pm 0,3$; $2,39 \pm 0,13$; $0,86 \pm 0,07$ ммоль/л. Хотя сами авторы не связывают изменение уровней ионов во внутренней среде со стрессом, однако из работы очевидно, что часто встречающаяся гипонатриемия у человека вызвана тем или иным стрессором либо болезнью. Например, авторы указывают, что гипонатриемия чаще развивается у детей, длительно находящихся на стационарном лечении, независимо от вида патологии и возраста, она может служить индикатором развития сепсиса, а также встречается у людей с тяжелой формой малярии. Редко регистрируемая авторами гипернатриемия обусловлена действием непродолжительного стрессора на здоровых тренированных людей.

Хотя в литературе встречается предложение об излечивании от гипонатриемии при различных болезнях, главным образом сердечно-сосудистой недостаточности и цирроза печени, с помощью применения блокаторов рецепторов в почках гормона вазопрессина (антидиуретического гормона) [28, 29]. Однако, как следует из настоящей работы, лечение от стресса и особенно ликвидация его причин (если это возможно) могут оказаться наиболее эффективными способами излечения от гипонатриемии. Кроме того, сама болезнь может выступать в качестве эндогенного стрессора. На рыбах показано, что в начальный период болезни изменения концентрации ионов в тканях рыб направлены в сторону повышения концентрационных градиентов на мембране клеток (гиперкомпенсация), а на поздних стадиях заболевания – в сторону снижения (редукция), это относится как к заразным, так и незаразным болезням [10].

Изменения концентрации ионов в больных тканях (органах) при болезнях адаптации также происходят по типу редукции, т.е. в сторону уменьшения концентрационных градиентов на мембране клеток и тканей. Еще Селье наблюдал уменьшение концентрации калия и повышение натрия в сердечной мышце при инфаркте миокарда. В дальнейшем подобную динамику ионного состава сердечной мышцы, а также изменения по типу редукции внутренней среды при инфарктах наблюдали многие исследователи в мире. Авторами выявлена прямая зависимость между степенью поражения сердечной мышцы и снижением концентрационных градиентов по натрию и калию на мембране клеток. С улучшением клинического состояния больных наблюдалась нормализация ионного состава тканей. При онкогенезе ионный состав больных клеток также изменяется по типу редукции.

Однако при инсультах (ишемии мозга и кровоизлиянии в мозг), также относящихся к болезням адаптации, регистрировали как гипонатриемию, так и (в более ранних работах) гипернатриемию [30–32]. Вероятно, в данном случае нужно говорить о специфических изменениях в системе водно-солевого обмена. Можно предположить, что при ишемии и кровоизлияниях в мозг нарушаются некоторые нервные структуры, связанные с гормональной регуляцией водно-солевого обмена (гипоталамус, гипофиз), например, недостаточно выделяется вазопрессин (антидиуретический гормон), и таким образом ослаблено действие гормона на соответствующие рецепторы почек. При депрессии также возможна гипернатриемия [33]. Вероятно, при этой болезни

недостаток влияния антидиуретического гормона на почечные структуры связан с избыточным влиянием его на соответствующие мозговые структуры.

Возникает вопрос, почему на высших позвоночных не была замечена зависимость характера ответной реакции системы водно-солевого равновесия от количества (силы и длительности) стрессора? Основных причин здесь, вероятно, две. Во-первых, в медицине и во всех областях биологии на высших позвоночных, т.е. прямо или косвенно связанных с медициной, по-прежнему в исследованиях приоритет остается за изучением специфического компонента ответной реакции (т.е. качества в ущерб количеству) и значительно меньше внимания уделяется изучению общих механизмов адаптации. В первую очередь указываются специфические причины недуга, обусловленные, например, избытком или недостатком действия гормонов, регулирующих водно-солевой баланс организма, а также нарушениями в потреблении воды и соли, как произвольными, так и непроизвольными. Вторая причина – это высокий уровень гомеостатирования у млекопитающих, что проявляется как в меньшем диапазоне отклонений содержания ионов от нормальных значений, так и в редко применяемой стратегии по типу редукции. Повышение гомеостатирования следует рассматривать как один из важнейших признаков прогрессивной эволюции системы водно-солевого равновесия. Другими словами, у водных низших позвоночных легче выявить зависимость изменений в системе водно-солевого равновесия от количества стрессора. Отклонения по типу редукции у рыб более обычны и часты, чем у высших позвоночных. Обратимая гипонатриемия при действии сильных стрессоров, как показано в данной работе, может составлять 30 %. Такой же величины и большой длительности возможна обратимая гипонатриемия у рыб при гипобии в низких температурах воды. У млекопитающих даже при достаточно длительном действии сильного стрессора организм предпочитает поддерживать натриевый гомеостаз (поглощая и/или удерживая большие количества натрия) при больших потерях калия. Рассматриваемые выше ситуации при чрезмерных нагрузках в условиях космических полетов представляют примеры небольшого отклонения натрия во внутренней среде от нормы по типу редукции. Лишь специфические изменения системы водно-солевого равновесия при различных болезнях (например, синдром неадекватной секреции антидиуретического гормона, дефицит адренокортикотропного гормона и другие)

представляют более высокие отклонения концентрации натрия во внутренней среде (обычно до 15–16%) [27]. Гипонатриемия у высших позвоночных в острых летальных случаях меньше, чем у рыб [13].

В связи со сказанным вызывает удивление широкий диапазон колебания нормальных значений концентрации натрия в плазме крови у человека (130–150 ммоль/л), указываемый в различных справочниках на протяжении нескольких десятилетий. Вероятно, предлагаемый в настоящее время нормальный диапазон натриемии у человека также достаточно широк: 135 – 145 ммоль/л. Это тем более странно, что даже у рыб, относящихся к низшим позвоночным, нами обнаружен узкий диапазон нормальных значений натриемии: у леща, например, 130–133 ммоль/л в нормальных лабораторных условиях и в экологически чистых районах Рыбинского водохранилища. Даже небольшое ухудшение условий содержания рыб в лаборатории вызывало небольшую (2–4%) гипонатриемию, а у леща в экологически неблагополучных районах могла наблюдаться как невысокая гипо- и гипернатриемия, так и нормонатриемия (состояние ареактивности) в зависимости от времени и интенсивности действия стрессора [10]. При значительном ухудшении экологической обстановки после большой промышленной катастрофы концентрация натрия в плазме крови леща могла снижаться до 80 ммоль/л [4]. Однако стоит признать, что и в исследованиях на людях уже появляются работы, где указывается более узкий диапазон нормальных значений натриемии. Так, концентрация натрия в плазме крови в 136 и 138 ммоль/л рассматривается как маркер смертности и риска сердечно-сосудистых заболеваний у пожилых мужчин [25].

Еще со времен Селье была непонятна роль задержки натрия и воды в организме при стрессе, вызываемая увеличением в крови альдостерона и сопровождающаяся усилением воспалительных процессов в тканях и подъемом давления в крови. Как стало известно сравнительно недавно на человеке, альдостерон связан с повышенным риском смертности от сердечно-сосудистых заболеваний [34]. Адаптивное значение этих явлений может быть объяснено с позиции энергетической роли натриевого потенциала. Среди гормонов у рыб аналогичную альдостерону функцию по сохранению натрия в организме при стрессе выполняют действующие на жабрный эпителий пролактин и кортизол.

Результаты собственных исследований на рыбах и анализ литературного материала по состоянию системы водно-солевого равновесия у млекопитающих при стрессе и болезнях позволяет заключить, что под-

держание постоянства ионного состава внутренней среды (главным образом натрия) есть в значительной степени поддержание энергетики организма, т.е. один из важнейших и, может быть, первоочередных механизмов сохранения жизни в напряженных (стрессовых) условиях. Не отрицая существования специфических причин гипонатриемии, мы рассматриваем ее в большинстве случаев как системную реакцию, ибо она указывает на снижение энергетики организма. Особенно это очевидно при болезнях адаптации. Уровень натрия в плазме (сыворотке) крови может быть надежным показателем состояния организма.

Заключение

Интенсивность действия стрессора любого качества определяет характер ионной регуляции в организме. При слабом стрессе (т.е. при действии несильных и непродолжительных стрессоров) происходит отклонение уровня натриемии в сторону повышения ионных концентрационных градиентов на клеточной мембране (гипернатриемия – эустресс, или физиологический стресс); при действии сильных и/или продолжительных стрессоров – происходит отклонение уровня натриемии в сторону понижения ионных концентрационных градиентов (гипонатриемия – дистресс, или патологический стресс). Концентрация ионов калия, кальция и магния во внутренней среде изменяется при остром стрессе по отношению к концентрационным градиентам на клеточной мембране также в зависимости от интенсивности воздействия, т.е., соответственно, гиперкалиемия, гипермагниемия и гипокальциемия при дистрессе и гипокалиемия, гипомагниемия и гиперкальциемия – при эустрессе. Судя по литературным данным, у высших позвоночных животных одинаковые с рыбами изменения ионного состава внутренней среды при стрессе. В настоящей работе впервые проведен анализ состояния системы водно-солевого равновесия животных при стрессе с позиции ведущей роли ионных концентрационных градиентов на мембране клеток в энергетике организма. Высказывается мнение о существовании у животных двух разных стратегий адаптации в нормальных и экстремальных условиях: активной и пассивной. Предполагается, что гипонатриемия, сопровождающая многие болезни у людей (главным образом болезни адаптации), является неспецифической реакцией организма и служит показателем сниженной энергетики организма. Уровень натрия во внутренней среде организма предлагается для диагностики стрессового состояния животных.

Список литературы

1. Dyomshina O.O., Koloda M.I., Ushakova G.O. Hepato- and hemato-protective properties of α -ketoglutarate under the combined effect of water-immobilization and emotional stress. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. Vol. 9. No. 4. P. 508–513. DOI:10.15421/021876.
2. Muraviova D.V., Buniatov M.R., Ushakova G.A. Calcium-binding protein, S100b, in the blood as a biochemical marker of the neurological state of men in warzones. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. Vol. 9. No. 4. P. 529–534. DOI: 10.15421/021879.
3. Akbary P. Consideration of Blood Serum Biochemical Parameters of Yellow Fin Sea Bream (*Acanthopagrus latus* Houttuyn, 1782) and Orange-Spotted Grouper (*Epinephelus coioides* Hamilton, 1822). *Advances in Biological Chemistry*. 2014. No. 4. P. 407–413. DOI: 10.4236/abc.2014.46046.
4. Мартенянов В.И. Оценка острого и хронического стресса у пресноводных рыб по показателям водно-солевого обмена // *Успехи современной биологии*. 2014. Т. 134. № 6. С. 573–581.
5. Faught E., Aluru N., Vijayan M.M. The Molecular Stress Response. *Biology of Stress in Fish: Fish Physiology*. 2016. Vol. 35. No. 4. P. 113–166. DOI: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00004-7.
6. Rodnick K.J., Planas J.V. The Stress and Stress Mitigation Effects of Exercise: Cardiovascular, Metabolic, and Skeletal Muscle Adjustments. *Biology of Stress in Fish: Fish Physiology*. 2016. Vol. 35. No. 7. P. 251–294. DOI: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00007-2.
7. Takei Y., Hwang P.-P. Homeostatic Responses to Osmotic Stress. *Biology of Stress in Fish: Fish Physiology*. 2016. Vol. 35. No. 6. P. 207–249. DOI: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00006-0.
8. Запруднова Р.А., Мартенянов В.И. Сезонные изменения концентрации катионов в плазме крови пресноводных рыб // *Вопросы ихтиологии*. 1988. Т. 28. № 4. С. 671–676.
9. Запруднова Р.А., Гарина Д.В. Уровень натриемии в адаптационных процессах у окуня *Perca fluviatilis* L. // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2022. № 3.
10. Запруднова Р.А. Оценка состояния волюжских популяций леща *Abramis brama* по ионным показателям // *Труды ИБВВ РАН*. 2018. № 82 (85). С. 96–116. DOI: 10.24411/0320-3557-2018-10022.
11. Zaprudnova R.A. Change in magnesium concentration in erythrocytes in fish under stress. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. Vol. 9. No. 3. P. 391–395. DOI: 10.15421/021858.
12. Schreck C.B., Tort L. The Concept of Stress in Fish. *Biology of Stress in Fish: Fish Physiology*. 2016. Vol. 35. No. 1. P. 1–34. DOI: 10.1016/B978-0-12-802728-8.00001-1.
13. Purshottam T., Ghosh N.C. Rattissue concentrations of Na⁺ & K⁺ under varying levels of acute hypoxic exposures. *Ind. J. Exp. Biol*. 1971. Vol. 9. P. 329–332.
14. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Наточин Ю.В. Водно-солевой гомеостаз и невесомость // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. 1980. № 5. С. 3–10.
15. Григорьев А.И., Ларина И.М., Носков В.Б., Меншуткин В.В., Наточин Ю.В. Влияние непродолжительных и длительных космических полетов на некоторые биохимические и физико-химические параметры крови космонавтов // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 1996. № 1. С. 4–10.
16. Шкочихин Д.Ю., Козловская Н.Л., Копылов Ф.Ю., Сыркин А.Л. Гипонатриемия как фактор риска кардиоренального синдрома при хронической сердечной недостаточности // *Клиническая нефрология*. 2013. Т. 9. № 1. С. 37–50.
17. Ali K., Workicho A., Gudina E.K. Hyponatremia in patients hospitalized with heart failure: a condition often overlooked in low-income settings. *International Journal of General Medicine*. 2016. No. 9. P. 267–273. DOI: 10.2147/IJGM.S110872.
18. Gerbes A.L., Güllberg V., Ginès P., Decaux G., Gross P., Gandjini H., Djan J., VPA Study Group. Therapy of hyponatremia in cirrhosis with a vasopressin receptor antagonist: a randomized double-blind multicenter trial. *Gastroenterology*. 2003. Vol. 124. No. 4. P. 933–939. DOI: 10.1053/gast.2003.50143.
19. Ginès P., Guevara M. Hyponatremia in cirrhosis: pathogenesis, clinical significance, and management. *Hepatology*. 2008. Vol. 48. No. 3. P. 1002–1010. DOI: 10.1002/hep.22418.
20. Pérez-García R., Palomares I., Merello J.I., Ramos R., Maduell F., Molina M., Aljama P., Marcelli D., en representación del grupo ORD. Hyponatraemia, mortality and haemodialysis: An unexplained association. *Nefrología*. 2016. Vol. 36. No.1. P. 42–50. DOI: 10.1016/j.nefro.2015.10.005.
21. Zhang R.S., Wang S., Zhang M., Cui L. Hyponatremia in patients with chronic kidney disease. *Hemodialysis International*. 2017. Vol. 21. No. 1. P. 3–10. DOI: 10.1111/hdi.12447.
22. Castillo J.J., Glezerman I.G., Boklage S.H., Chiodo III J., Tidwell B.A., Lamerato L.E., Schulman K.L. The occurrence of hyponatremia and its importance as a prognostic factor in a cross-section of cancer patients. *BioMedCentral Cancer*. 2016. No. 16. P. 564. DOI: 10.1186/s12885-016-2610-9.
23. Workeneh B.T., Jhaveri K.D., Rondon-Berrios H. Hyponatremia in the cancer patient. *Kidney international*. 2020. Vol. 98. No. 4. P. 870–882. DOI: 10.1016/j.kint.
24. Liamis G.L., Milionis H.J., Rizos E.C., Siamopoulos K.C., Elisaf M.S. Mechanisms of hyponatraemia in alcohol patients. *Alcohol and Alcoholism*. 2000. Vol. 35. No. 6. P. 612–616. DOI: 10.1093/alcalc/35.6.612.
25. Wannamethee S.G., Shaper A.G., Lennon L. and al. Mild hyponatremia, hypernatremia and incident cardiovascular disease and mortality in older men: A population-based cohort study. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Disease*. 2016. Vol. 26. No. 1. P. 12–19. DOI: 10.1016/j.numecd.2015.07.008.
26. Leise M.D. & Findlay J.Y. Hyponatremia in the perioperative period: When and how to correct. *Clinical Levers Disease. A Multimedia Review Journal*. 2017. Vol. 9. No. 5. P. 111–114. DOI: 10.1002/cld.630.
27. Кутина А.В., Кузнецова А.А., Наточин Ю.В. Катионы в сыворотке крови человека. // *Успехи физиологических наук*. 2005. Т. 36. № 3. Р. 3–32.
28. Sahay M. & Sahay R. Hyponatremia: A practical approach. *Indian Journal Endocrinology Metabolism*. 2014. Vol. 18. No. 6. P. 760–71. DOI: 10.4103/2230-8210.141320.
29. De Vecchis R., Cantatrione C., Mazzei D. Vasopressin receptor antagonist in patients with chronic heart failure. *Herz*. 2017. Vol. 42. No. 5. P. 492–497. DOI: 10.1007/s00059-016-4482-9.
30. Виленский Б.С., Наточин Ю.В., Семенова Г.В., Сулима В.В. Снижение летальности при коррекции водно-солевого обмена в системе базисной терапии ишемического инсульта // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 1998. № 10. С. 38–40.
31. Carcel C., Sato S., Zheng D., Heeley E., Arima H., Yang J., Wu G., Chen G., Zhang S., Delcourt C., Lavados P., Robinson T., Lindley R.I., Wang X., Chalmers J., Anderson C.S. Prognostic Significance of Hyponatremia in Acute Intracerebral Hemorrhage: Pooled Analysis of the Intensive Blood Pressure Reduction in Acute Cerebral Hemorrhage Trial Studies. *Critical Care Medicine*. 2016. Vol. 44. No. 7. P. 1388–1394. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001628.
32. Murphy C.V. Intracerebral Hemorrhage: Please Pass the Salt. *Critical Care Medicine*. 2016. Vol. 44. No. 7. P. 1443–1444. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001758.
33. Ozdemir O. Sodium and Depression: Hypothetical Associations. *Klinik Psikofarmakoloji Bülteni-Bulletin of Clinical Psychopharmacology*. 2013. Vol. 23. No. 1. P. 107–112. DOI: 10.5455/bcp.20121112025839.
34. Tomaschitz A., Pilz S., Ritz E., Meinitzer A. Plasma aldosterone levels are associated with increased cardiovascular mortality: The Ludwigshafen Risk and Cardiovascular Health (LURIC) studyEuropean. *Heart Journal*. 2010. Vol. 31. No. 10. P. 1237-1247. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq019.

УДК 556:504.455:504.4.054

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ СОВЕТСКОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА ГОРОДА ОМСКА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Королев А.Н., Данцигер А.А.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», Омск,
e-mail: korolev66.66@mail.ru, aa.sapezhko20z25@omgau.org

В статье представлены результаты гидрохимических исследований водоемов Советского административного округа г. Омска. Дана гидрохимическая характеристика и оценка экологического состояния в современных условиях шести водоемов: пруд по ул. 6-я Крайняя, озера: Верхнее, Лебединое (в районе дендрологического парка им. Г.И. Гензе), Сергеевское, Большие озера и Дальние озера (территория Омского государственного аграрного университета). Установлено, что вода во всех водоемах относится к гидрокарбонатному классу. В водоеме Дальние озера обнаружено значительное содержание ионов аммония: в 4,95 раза выше, чем ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, и в 14,8 раза – чем ПДК для рыбохозяйственных водоемов. По водородному показателю вода в водоемах колеблется от нейтральной (пруд по ул. 6-я Крайняя, оз. Верхнее и оз. Лебединое; pH 7,04–7,28) до слабощелочной (оз. Сергеевское, Дальние озера, Большие озера; pH 7,62–8,08). Наибольшей минерализацией обладает вода в водоемах Дальние озера и Большие озера (1281,7 и 1260,7 мг/дм³ соответственно) – относится к категории солоноватые воды. Вода в пруду по ул. 6-я Крайняя относится к категории пресных вод (494,5 мг/дм³). В остальных водоемах минерализация вод находится в пределах 602,4–843,3 мг/дм³ – воды с относительно повышенной минерализацией. Общее экологическое состояние водоемов Советского административного округа может быть охарактеризовано как неблагоприятное.

Ключевые слова: гидрохимия, поверхностные водоемы, Омск, городские водоемы

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF RESERVOIRS OF THE SOVIET ADMINISTRATIVE DISTRICT IN OMSK ACCORDING TO HYDROCHEMICAL INDICATORS

Korolev A.N., Dantsiger A.A.

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk,
e-mail: korolev66.66@mail.ru, aa.sapezhko20z25@omgau.org

The article presents the results of hydrochemical studies of reservoirs of the Soviet Administrative District in Omsk. Hydrochemical characteristics and assessment of the ecological state in modern conditions of six reservoirs are given: the pond on the 6th Extreme Street, lakes: Verkhneye, Lebedinoe (in the area of the G. I. Genze Arboretum Park), Sergeevskoye, Bolshye Ozerki and Dalniye Ozerki (territory of Omsk State Agrarian University). It is established that the water in all reservoirs belongs to the bicarbonate class. A significant content of ammonium ions was found in the Dalniye Ozerki reservoir: 4.95 times higher than the MPC for reservoirs of household drinking and cultural water use, and 14.8 times higher than the MPC for fishery reservoirs. According to the hydrogen index, the water in the reservoirs varies from neutral (pond on the 6th Extreme street, Lake Verkhne and lake. Lebedinoe; pH7,04-7,28) to slightly alkaline (Sergeyevskoye lake, Distant lakes, Large lakes; pH7,62-8,08. the highest mineralization is water in the reservoirs of Distant Lakes and Large lakes (1281.7 and 1260.7 mg/dm³, respectively) – belongs to the category of brackish waters. The water in the pond on the 6th Extreme Street belongs to the category of fresh water (494.5 mg/dm³). In other reservoirs, the mineralization of water is in the range of 602.4-843.3 mg/dm³ – water with relatively high mineralization. The general ecological condition of the reservoirs of the Soviet Administrative District can be characterized as not prosperous.

Keywords: hydrochemistry, surface reservoirs, Omsk, urban reservoirs

При современных темпах урбанизации значительно сокращаются территории с естественным ландшафтом, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды. Одной из важных проблем градостроительства является создание рекреационных зон в черте города. Водоемы в сочетании с зелеными массивами – один из важнейших элементов благоустройства городской территории. Близость к воде обеспечивает отдых жителей в любое время года [1].

Пруды и озера, соседствующие с общественным центром крупного города, создают эстетически ценное пространство и служат ядром формирования архитектурных ансамблей, придают красоту и своеобразие облику города. Сохранение и расширение водных пространств на территории города – одна из форм организации открытых зеленых пространств, достижения разнообразия и привлекательности городских общественных территорий [2].

На территории г. Омска насчитывается более 60 водоемов, из которых более 20 расположены в Советском административном округе (АО). Оценке современного экологического состояния городских водоемов посвящены работы О.П. Баженовой, П.А. Генних, М.А. Костенко [3], О.П. Баженовой, Ю.В. Еордан [4], Н.Н. Барсуковой [5], О.А. Коноваловой, И.С. Булучевской [6], А.Н. Королева, Д.В. Куницыной [7], Е.А. Шнейдмиллер, А.Н. Королева [8], А.Н. Королева, Е.М. Дорошева [9]. Однако динамически изменяющаяся экологическая обстановка требует постоянного мониторинга состояния городских водоемов, так как значительная их часть выполняет рекреационную функцию. С целью определения физико-химических показателей воды и гидрохимической характеристики в современных условиях для исследования были выбраны 6 водоемов, расположенных в Советском АО г. Омска: пруд по ул. 6-я Крайняя, озера: Верхнее, Лебединое (в районе дендрологического парка им. Г.И. Гензе), Сергеевское, Большие озерки и Дальние озерки (территория Омского государственного аграрного университета).

Цель исследования – оценка современного экологического состояния городских водоемов по гидрохимическим показателям.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлась вода, отобранная из водоемов, расположенных на территории Советского АО г. Омска.

Отбор проб воды производился по ГОСТ 17.1.5.05-85 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков» [10] путем однократного отбора всего требуемого количества (простая проба) в полиэтиленовые бутылки с завинчивающимися пробками. Анализ простой пробы дает сведения о составе воды в данный момент в данном месте.

Определение физико-химических показателей воды проводилось в Испытатель-

ной лаборатории (центре) ООО «МИ-Транс» по общепринятым методикам: NH_4^+ (мг/дм³) – по РД 52.24.486-2009; NO_2^- (мг/дм³) – по РД 52.24.518-2008; NO_3^- (мг/дм³) – по РД 52.24.523-2009; Cl^- (мг/дм³) – по РД 52.24.402-2011; SO_4^{2-} (мг/дм³) – по РД 52.24.405-2018; HCO_3^- (мг/дм³) – по РД 52.24.493-2020; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (мг/дм³) – по РД 52.24.514-2009; Mg^{2+} (мг-экв/дм³) – по РД 52.24.395-2017; Ca^{2+} (мг-экв/дм³) – по РД 52.24.403-2018; жесткость (общ.; мг-экв/дм³) – по РД 52.24.395-2017; pH (ед.) – по РД 52.24.495-2017; $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$ (мг/дм³) – по ПНД Ф 14.1:2:4.214-2006; минерализация общая (мг/дм³) – по ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010.

Сводные данные по характеристике водоемов приведены в табл. 1. Все водоемы имеют смешанный характер питания (грунтовые воды, атмосферные осадки). Два водоема (оз. Верхнее и оз. Лебединое) имеют рекреационное значение, остальные водоемы какого-либо значения не имеют. Однако в последнее время пруд по ул. 6-я Крайняя все больше привлекает внимание местных жителей. Вокруг водоема появляются элементы облагораживания: устанавливаются лавочки, разбиваются цветники.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе химического исследования водоемов Советского АО г. Омска установлено, что pH воды в водоемах находится в пределах 7,04–8,0, т.е. реакция среды колеблется от нейтральной до слабощелочной (табл. 2). Преобладающими катионами в исследуемых водоемах являются ионы Mg^{2+} (пруд по ул. 6-я Крайняя) и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (для остальных водоемов), а анионами – HCO_3^- и Cl^- .

Вода во всех водоемах относится к гидрокарбонатному классу. Вода в водоеме, расположенном по ул. 6-я Крайняя, относится к магниевой группе, а в остальных водоемах – к натриевой группе (табл. 2–4).

Таблица 1

Характеристика водоемов Советского административного округа г. Омска

Наименование водоема	S, тыс. м ²	Характер питания	Назначение	Характер загрязнения
Пруд по ул. 6-я Крайняя	1,257	смешанный	нет назначения	антропогенный
Оз. Сергеевское	3,046	смешанный	нет назначения	антропогенный
Большие озерки	7,93	смешанный	нет назначения	антропогенный
Дальние озерки	2,544	смешанный	нет назначения	антропогенный
Оз. Верхнее	9,79	смешанный	рекреационное	антропогенный
Оз. Лебединое	3,318	смешанный	рекреационное	антропогенный

Таблица 2

Тип и водородный показатель воды в водоемах Советского АО г. Омска

Наименование водоема	Наименование воды	pH
Пруд по ул. 6-я Крайняя	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатная натриево-кальциево-магниевая	7,04
Оз. Верхнее	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатная магниевое-кальциево-натриевая	7,22
Оз. Сергеевское	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-магниевое-натриевая	7,83
Дальние озерки	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатная магниевое-кальциево-натриевая	7,62
Оз. Лебединое	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-магниевое-натриевая	7,28
Большие озерки	сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатная кальциево-магниевое-натриевая	8,08

Таблица 3

Содержание основных катионов в водоемах Советского АО г. Омска

Наименование водоема	Катионы, мг/дм ³					
	Na ⁺ +K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	NH ₄ ⁺
Пруд по ул. 6-я Крайняя	8,97	80,3	64	0,01	0,01	0,75
Оз. Верхнее	129,2	48,6	88	0,02	0,03	не обнар.
Оз. Сергеевское	165,4	75,4	48	0,02	0,03	1,47
Дальние озерки	283,8	53,5	132	0,02	0,07	7,42
Оз. Лебединое	120,2	46,2	44	0,01	0,02	0,33
Большие озерки	322,4	87,6	48	0,02	0,07	1,43
*ПДК _{ХПВ} [11,12]	Na ⁺ 200 K ⁺ 180	100	200	0,3		1,5
ПДК _{КБВ} [11,12]						
ПДК _{РХВ} [11,12]	Na ⁺ 120 K ⁺ 50			0,1		0,5

Примечания (для табл. 3 и далее): *ПДК_{ХПВ} – ПДК для хозяйственно-питьевого водопользования; ПДК_{КБВ} – ПДК для культурно-бытового водопользования; ПДК_{РХВ} – ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Таблица 4

Содержание основных анионов в водоемах Советского АО г. Омска

Наименование водоема	Анионы, мг/дм ³					
	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
Пруд по ул. 6-я Крайняя	не обнар.	417,4	88,4	43	0,4	0,01
Оз. Верхнее	не обнар.	439,3	137,7	139	2,8	0,01
Оз. Сергеевское	не обнар.	585,8	118,2	140	1,8	0,03
Дальние озерки	не обнар.	781,1	317,4	96	1,0	0,01
Оз. Лебединое	не обнар.	366,1	122,8	85	0,5	0,28
Большие озерки	не обнар.	878,7	241,1	120	0,8	0,01
*ПДК _{ХПВ}	100	1000	350	500	45	3,3
ПДК _{КБВ}			300	100	9	0,2
ПДК _{РХВ}						

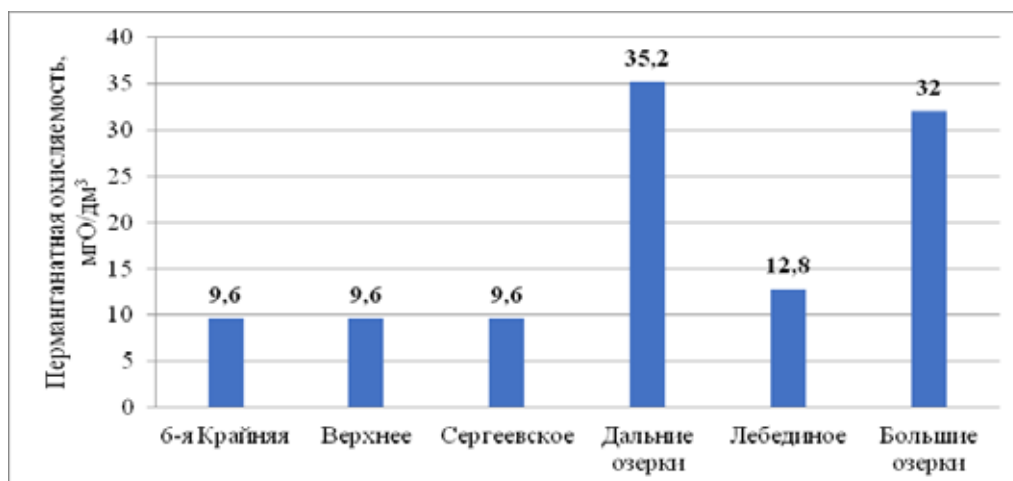


Рис. 1. Показатель перманганатной окисляемости воды в водоемах Советского административного округа г. Омска

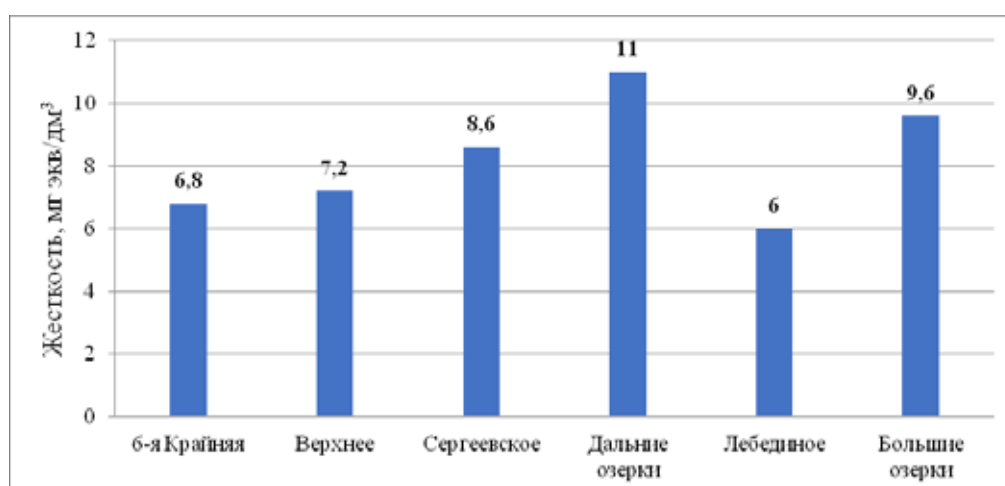


Рис. 2. Показатель общей жесткости воды в водоемах Советского административного округа г. Омска

Перманганатная окисляемость вод колеблется в пределах от 6,0 до 11,0 мгО/дм³. Наименьшая она в водоемах оз. Сергеевское, пруд по ул. 6-я Крайняя и оз. Верхнее, а наивысшая – в воде водоемов Дальние озера, Большие озера и оз. Лебединое. Перманганатная окисляемость характеризует в воде наличие органических (бензин, керосин, фенолы, пестициды и др.) и окисляемых неорганических веществ (соли Fe^{2+} , нитриты, сероводород). Данный показатель свидетельствует о том, что воды загрязнены легко окисляемыми органическими веществами и пригодны лишь для культурно-бытовых нужд (рис. 1).

Важной химической характеристикой природной воды является ее жесткость, определяемая содержанием в воде многоза-

рядных катионов, главным образом ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} [11]. Согласно проведенным исследованиям вода в водоемах оз. Сергеевское, Дальние озера и Большие озера является жесткой (8,6–11 мг-экв/дм³), а в водоемах пруд по ул. 6-я Крайняя, оз. Лебединое и оз. Верхнее – средней жесткости (6,0–7,2 мг-экв/дм³). Преобладающим типом жесткости является карбонатная (рис. 2).

Химическим анализом в большинстве водоемов обнаружены ионы аммония (исключение оз. Верхнее – в нем данные ионы не обнаружены). Содержание данных ионов колеблется в пределах от 0,33 до 7,42 мг/дм³. При этом лишь в оз. Лебединое содержание ионов NH_4^+ (0,33 мг/дм³) не превышает значений ПДК, установленных для всех категорий водоемов. В остальных водоемах

отмечается превышение ПДК. Самое значительное превышение зафиксировано для водоема Дальние озерки: в 4,95 раза выше, чем ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, и в 14,8 раза выше, чем ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Аммонийные соединения в значительных количествах присутствуют в нечистотах. Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь бытовыми и сельскохозяйственными стоками. В соответствии с градационной шкалой, разработанной Т.В. Гусевой, Я.П. Молчановой, Е.А. Заика, В.Н. Виниченко, В.Н. Аверочкиным [13], содержание ионов аммония в пределах 1,1–3 мг/дм³ свидетельствует о загрязнении воды (класс воды – грязная).

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1) вода во всех водоемах относится к гидрокарбонатному классу. Вода в пруду по ул. 6-я Крайняя относится к магниевой группе, а в остальных водоемах – к натриевой группе;

2) вода в водоемах оз. Сергеевское, Дальние озерки и Большие озерки является жесткой (8,6–11 мг-экв/дм³), а в водоемах пруд по ул. 6-я Крайняя, оз. Лебединое и оз. Верхнее – средней жесткости (6,0–7,2 мг-экв/дм³). Преобладающим типом жесткости является карбонатная;

3) по водородному показателю вода в водоемах пруд по ул. 6-я Крайняя, оз. Верхнее и оз. Лебединое является нейтральной (рН 7,04–7,28), а в водоемах оз. Сергеевское, Дальние озерки, Большие озерки – слабощелочной (рН 7,62–8,08);

4) наибольшей минерализацией отличается вода в водоемах Дальние озерки и Большие озерки (1281,7 и 1260,7 мг/дм³ соответственно) – относится к категории солоноватые воды. Вода в пруду по ул. 6-я Крайняя относится к категории пресных вод (494,5 мг/дм³). В остальных водоемах минерализация вод находится в пределах 602,4–843,3 мг/дм³ – воды с относительно повышенной минерализацией;

5) по показателю перманганатной окисляемости по Кубелю (ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов (актуализ. 01.01.2021)) [14] вода в водоемах пруд

по ул. 6-я Крайняя, оз. Верхнее, оз. Сергеевское относится к чистой, а вода в водоемах Дальние озерки, оз. Лебединое и Большие озерки – к загрязненной воде. Однако присутствие в воде водоема оз. Сергеевское ионов NH_4^+ в концентрации более 1,1 мг/дм³ не позволяет считать воду в данном водоеме чистой (свидетельствует о загрязнении воды (класс воды – грязная)). В водоеме Дальние озерки обнаружено значительное содержание ионов аммония: в 4,95 раза выше, чем ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, и в 14,8 раза, чем ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Таким образом, общее экологическое состояние шести обследованных водоемов Советского АО г. Омска может быть охарактеризовано как неблагоприятное.

Список литературы

1. Архитектурно-композиционное моделирование устойчивой среды: учеб. пособие; под ред. И.О. Иовлева. Екатеринбург: УрГХУ, 2018. 140 с.
2. Болтаевский А.А., Прядко И.П. Городские водоемы: роль гидрообъектов в формировании биосферносовместимого городского пространства // Урбанистика. 2016. № 1. С. 43–50. DOI: 10.7256/2310-8673.2016.1.17423.
3. Баженова О.П., Гених П.А., Костенко М.А. Современное экологическое состояние озера Соленое (г. Омск) // Экологические чтения – 2022: материалы XIII Национальной научно-практической конференции (с международным участием) (Омск, 9 июня 2022 г.). Омск, 2022. С. 36–42.
4. Баженова О.П., Еордан Ю.В. Малые водоемы города Омска – проблемы изучения и охраны // Экологические чтения – 2022: материалы XIII Национальной научно-практической конференции (с международным участием) (Омск, 9 июня 2022 г.). Омск, 2022. С. 43–47.
5. Барсукова Н.Н. Цианопрокарियोты нижнего течения реки Иртыш и его притоков // Цианопрокарियोты/цианобактерии: систематика, экология, распространение: материалы докладов II Международной научной школы-конференции (Сыктывкар, 16–21 сентября 2019 г.). Сыктывкар, 2019. С. 68–71.
6. Коновалова О.А., Булчевская И.С. Оценка экологического состояния озера Круглое (город Омск) по показателям развития фитопланктона // Каталог выпускных квалификационных работ факультета агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования. Сер. «Экология, природопользование, биология». Омск, 2021. С. 135–137.
7. Королев А.Н., Куницына Д.В. Экологическая оценка современного состояния водоемов Ленинского административного округа Омска по гидрохимическим показателям // Экологические чтения – 2022: материалы XIII Национальной научно-практической конференции (с международным участием) (Омск, 9 июня 2022 г.). Омск, 2022. С. 204–211.
8. Шнейдмиллер Е.А., Королев А.Н. Гидрохимические показатели водоемов на территории дачного кооператива «Юбилейный» города Омска // Экологические чтения – 2020: материалы XI Национальной научно-практической конференции (с международным участием) (Омск, 5 июня 2020 г.). Омск, 2020. С. 656–660.
9. Королев А.Н., Дорошев Е.М. Гидрохимические показатели малых озер территории Кировского АО города Омска // Экологические чтения – 2019: материалы X Национальной научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 25-летию Омского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина в статусе университета (Омск, 5 июня 2019 г.). Омск, 2019. С. 164–169.

10. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008297> (дата обращения: 20.08.2022).

11. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. Постановление Главного государственного санитарного врача России от 28.01.2021 № 3. [Электронный ресурс]. URL: https://www.profiz.ru/upl/2021/0001202102050027_2.pdf (дата обращения: 20.08.2022).

12. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача России от 28.01.2021 № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/486051/modid/97> (дата обращения: 20.08.2022).

13. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Виниченко В.Н., Аверочкин В.Н. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: Социально-экологический Союз, 2000. 148 с.

14. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/33538/> (дата обращения: 20.08.2022).

УДК 631.4:631.6

ОПИСАНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ЖОНДОРСКОГО РАЙОНА

Турдалиев Ж.М., Ахмедов А.У., Санакулов С.Ф.,
Гелдиев О.А., Турдимуродов Д., Бурханова Н.Х.

*Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, Ташкент,
e-mail: jamolbek1986@mail.ru*

В статье рассматривается возникновение, уровень и виды разработанных проблем засоления орошаемых почв Жондорского района, уникального района Бухарской области. Рассмотрена также связь вторичного засоления с региональными процессами почвообразования. Изучены изменения геоморфологических и литологических условий, климата, почвообразующих пород, уровня грунтовых вод и их распределение в период орошения. Приведены результаты исследований, направленных на повышение плодородия почв, агрохимического состояния и засоления, новые сведения о закономерностях их проявления в разных районах края. Собранные по результатам исследований данные показывают, что геоморфологический регион состоит из Каракумской равнины, которая сложена древними четвертичными отложениями, верхней террасы I-II р. Зеравшан состоит из аллювиальных отложений и дельты р. Зеравшан и II – отложения верхнего слоя р. 49,1 % орошаемых земель, сформированных на этих полях, составляют луга, 12,7 % – бесплодные луга, 15,6 % – пустынно-луговые, 0,6 % – болотно-луговые, 19,9 % – лугово-аллювиальные, 2,1 % – буро-луговые, бурые почвы. Грунтовые воды в районе Жондор находятся на глубине 0,5–2,5 м. В результате изучения почв области установлено, что незасоленные 6,6 %, слабозасоленные 71,9 %, средnezасоленные 17,2 %, сильнозасоленные 3,9 % и сильнозасоленные 0,4 %. Предлагаются комплексные мероприятия по восстановлению и совершенствованию системы фильтрации и регулированию солевых процессов.

Ключевые слова: орошаемая почва, плодородие почвы, гумус, элементы питания, фосфор, калий, железо, механический состав, засоленность, проценты, га

DESCRIPTION AND CURRENT STATE OF IRRIGATED SOILS IN ZHONDOR DISTRICT

Turdaliev Zh.M., Akhmedov A.U., Sanakulov S.F.,
Geldiev O.A., Turdimurodov D., Burkhanova N.Kh.

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

The article discusses the occurrence, level and types of developed problems of salinization of irrigated soils in the Jondor region, a unique region of the Bukhara region. The connection of secondary salinization with regional processes of soil formation is also considered. Changes in geomorphological and lithological conditions, climate, soil-forming soil-forming rocks, groundwater levels and their distribution during the irrigation period were studied. The results of studies aimed at increasing soil fertility, agrochemical state and salinity, new information about the patterns of their manifestation in different regions of the region are presented. The data collected based on the results of the research show that the geomorphological region consists of the Karakum Plain, which is composed of ancient Quaternary deposits, the upper terrace of the I-II river. Zarafshan consists of alluvial deposits and a river delta. Zarafshan and II – deposits of the upper layer of the river. 49.1 % of irrigated lands formed on these fields are meadows, 12.7 % – barren meadows, 15.6 % – desert-meadow, 0.6 % – marsh-meadow, 19.9 % – meadow-alluvial, 2.1 % – brown-meadow. brown soils. Groundwater in the Jondor area is at a depth of 1.0-4.0 meters. As a result of studying the soils of the region, it was found that non-saline 6.6 %, slightly saline 71.9 %, medium saline 17.2 %, highly saline 3.9 % and highly saline 0.4 %. Comprehensive measures are proposed for the restoration and improvement of the filtration system and the regulation of salt processes.

Keywords: irrigated soil, soil fertility, humus, nutrients, phosphorus, potassium, deposits, mechanical composition, salinity, percent, ha

В целях обеспечения потребности населения в продуктах питания в нашей стране в сельском хозяйстве используются в основном орошаемые поля, планомерное освоение пастбищных угодий в соответствии с требованиями современности напрямую связано с земельными ресурсами и их эколого-мелиоративным состоянием к уровню плодородия почвы. Эффективное использование земельных ресурсов, прежде всего почвенного покрова, поддержание, восстановление, повышение и защита его

продуктивности – одна из важнейших приоритетных задач модернизации сельского хозяйства. В качестве объекта были выбраны орошаемые сельскохозяйственные угодья в Жондорском районе Бухарской области и проведены почвенные исследования, актуализированы сведения о современном состоянии гумуса, трендах питательных веществ, короче говоря, почвенном плодородии орошаемых почв этого региона.

Цель исследования заключается в оценке уровня плодородия и засоления орошае-

мых почв, распространенных в районе, их эколого-мелиоративного состояния и разработке комплекса научно обоснованных мероприятий, направленных на их улучшение.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта были выбраны орошаемые сельскохозяйственные угодья в Жондорском районе Бухарской области и проведены почвенные исследования, актуализированы сведения о современном состоянии гумуса, трендах питательных веществ, короче говоря, почвенном плодородии орошаемых почв этого региона.

Методика проводимых почвенных исследований осуществлялась на основании «Инструкции по проведению почвенных исследований и составлению почвенных карт для ведения государственного земельного кадастра» [1]. Лабораторно-аналитические и камеральные работы выполнялись на основе общепринятых методик.

Жондорский район граничит с Олутским и Каракольским районами с юго-запада, Бухарским, Ромитанским и Пешкунским районами с востока и северо-востока [2].

Рельеф изучаемой территории в основном равнинный. Она находится на северо-западе нижнего течения р. Зеравшан, занимая пустынную зону. Уровень грунтовых вод колеблется от 1,0–2,5 м до 3–4 м в зависимости от структур рельефа и по-разному влияет на процессы почвообразования [3]. Общий вид рельефа местности таков, что уклон уменьшается с севера на юг. В равнинной части района к юго-западу и юго-востоку располагаются пролю-

виальные отложения мягких пород с примесью гравийно-песчаного грунта, местами перекрытые аллювиальными отложениями. На основной части территории почвообразующие породы представлены песками с пылевой, песчаной и песчаной прослойками, а ниже их залегают аллювиально-пролювиальные слои песка и гравия с примесью песка [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследований собранные данные показывают, что геоморфологический район состоит из Каракумской равнины, сложенной древнечетвертичными отложениями, I–II – вскрышной террасы р. Зеравшан, сложенной аллювиальными отложениями, и дельта р. Зеравшан, а II – вскрыша реки. 49,1% орошаемых почв, сформировавшихся на этих отложениях, составляют луговые, 12,7% – бесплодные луговые, 15,6% – пустынно-луговые, 0,6% – болотно-луговые, 19,9% – лугово-аллювиальные и 2,1% – буро-бурые почвы. Следует отметить, что новоорошаемые пастбищные почвы занимают наибольшую площадь в регионе и состоят в основном из легких, тяжелых, среднесуглинистых, суглинистых, песчаных и частично глинистых по механическому составу. Отмечено, что 347,3 га орошаемых почв на исследуемой территории относятся к глинистым, 2953,4 га – тяжелым песчаным, 13304,7 га – среднеспесчаным, 8128,5 га – легкопесчаным, 2830,3 га – песчаным и 626,9 га – песок (рис. 1).

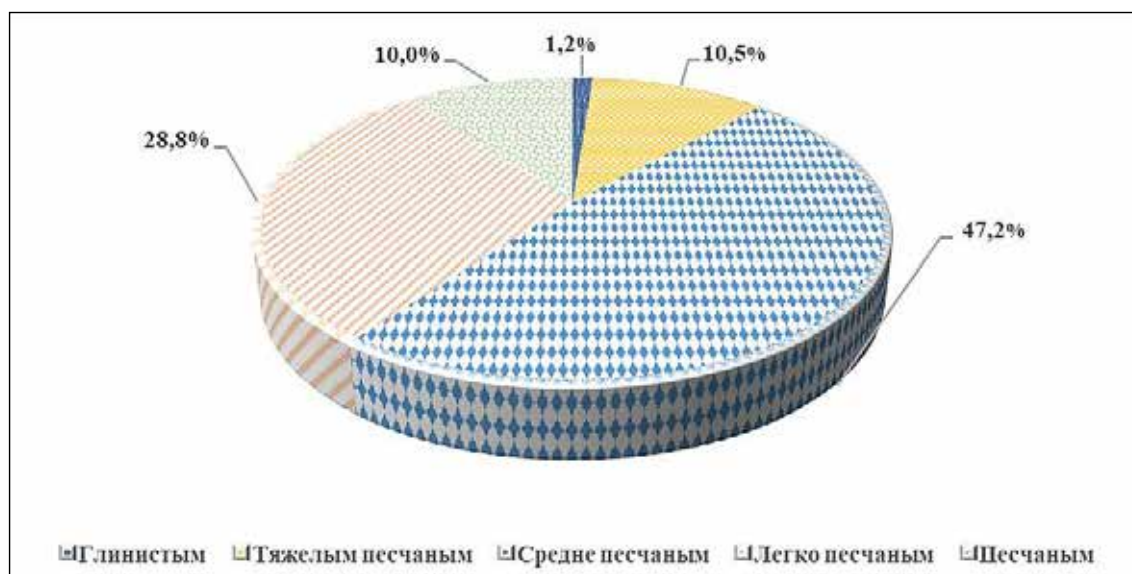


Рис. 1. Механический состав орошаемых почв Жондорского района, в процентах

Таблица 1

Количество гумуса и питательных веществ в орошаемых почвах

№ разреза	Глубина, см	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	№ разреза	Глубина, см	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
Массив «Варошпо». Орошаемые луговые почвы									
15	0–35	1,194	8,6	163	91	0–30	0,874	18,5	172
	35–58	0,987	6,4	151		30–64	0,767	9,9	142
	58–97	0,783	4,8	120		64–89	0,960	5,1	115
	97–145	0,658	3,5	91		89–118	0,658	4,5	101
Массив «Зарафшон». Орошаемые луговые аллювиальные почвы									
28	0–32	1,016	6,7	190	86	0–28	0,912	7, 4	163
	32–61	0,931	6,1	178		28–47	0,691	6,4	144
	61–96	0,841	4,5	134		47–78	0,548	5,1	120
	96–128	0,672	3,5	115		78–112	0,528	4,8	101
Массив «Мохонкуль». Орошаемые луговые пустынные почвы									
1	0–23	0,802	13,8	209	105	0–26	0,515	9,6	182
	23–46	0,698	9,0	185		26–53	0,391	7,0	170
	46–77	0,729	8,0	170		53–88	0,363	6,1	149
	77–123	0,550	6,1	161		88–125	0,303	4,8	132
Массив «Гулистон». Орошаемые пастбища на бесплодных почвах									
3	0–31	0,690	19,8	182	60	0–31	1,054	12,8	154
	31–52	0,725	9,0	170		31–84	1,007	11,5	139
	52–127	0,579	7,7	134		84–115	0,541	7,7	121
	127–154	0,530	4,1	127		115–157	0,449	6,7	103

Почвы исследуемой территории низкие и умеренно уплотненные, 12 % орошаемой площади, из них 9 % низкие и 3 % средне уплотненные. Отмечено, что в районе распространено 88,3 % площадей, обеспеченных гумусом до 1 %, и 11,7 % площадей от 1,1 до 2 % орошаемых почв. Это требует масштабного использования местных и нетрадиционных удобрений. В целом по подвижному фосфору 81,6 % орошаемых почв относятся к очень низким, 17,5 % – к низким, 0,9 % – к средним, 0,8 % – к очень низким по обменному калию, 72,1 % – к низким, 24,5 % – к средним, 2,6 % относятся к группе с высоким доходом.

Например, по данным разрезов 15 и 91, взятых из орошаемых луговых почв, сформировавшихся на второй террасе р. Зеравшан, состоящей из аллювиально-пролювиальных отложений массива «Варохино», количество составляет 0,874–1,194 %, подвижного фосфора – 8,6–18,5 мг/кг, а обменного калия – 163–172 мг/кг, причем наблюдается их постепенное снижение к нижним слоям (0,658–0,987; 3,5–9,9; 91–151 мг/кг соответственно). Результаты анализа показывают, что верхний плодородный слой почвы (0–30 см) очень мало и плохо обеспечен гу-

мусом и подвижным фосфором, а обменный калий наблюдается на низком уровне. Доступность классифицируется в соответствии с вышеизложенным (до 1 % очень низкая и низкая), (от 1,1 до 2,0 % в среднем), подвижный фосфор (0–15 мг/кг очень низкая), (16–30 мг/кг) относятся к группам с низким обменным калием (101–200 мг/кг) (табл. 1).

Массив «Зарафшон» сложен аллювиальными отложениями. Орошаемые лугово-аллювиальные почвы, сформированные на I–II – сухопутной террасе реки, они колеблются в пределах 0,528–0,931 %, 3,5–6,4 мг/кг, 101–178 мг/кг в сторону нижних и нижних слоев соответственно. Почвы исследуемой территории очень малогумусированные, иногда средние, очень бедные подвижным фосфором и обменным калием (табл. 1).

Мохонкольский массив района, сформированный в дельте р. Зеравшан, состоящий из аллювиальных отложений, содержит 0,515–0,802 % гумуса в пахотных слоях орошаемых лугово-пустынных почв, его количество в подпахотном и нижнем слоях составляет от 0,303 до 0,729 %, подвижного фосфора соответственно 9,6–13,8; 4,8–9,0 мг/кг, обменный калий 182–209; он колеблется в пределах 132–185 мг/кг. В почве

содержится гумуса в количестве до 1,0%, очень мало и мало, подвижного фосфора (0–15 мг/кг) очень мало, а обменного калия (101–200 мг/кг) мало, а иногда (201–300 мг/кг) умеренно, образует группы. Количество гумуса в пахотном слое орошаемых луговых бесплодных почв, сформировавшихся на Каракумской равнине, сложенной древними четвертичными отложениями массива «Гулистон», составило 0,690–1,054%, подвижного фосфора 12,8–19,8 мг/кг, обменного калия было 154–182 мг/кг, и наблюдается их постепенное снижение к нижним слоям, соответственно 0,449–1,007; 4,1–11,5. Отмечено, что группы с очень низкой, низкой и средней обеспеченностью гумусом, очень низкой и низкой обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием потребляли 103–170 мг/кг. Как указывалось выше, на территории изучаемого района в основном формируются орошаемые почвы с механическим составом легкие, средние, тяжелые супесчаные, песчаные, частично глинистые. Отмечено, что участки грунта, отобранные из массива «Варош», расположенного на II-сухопутной террасе реки, состоит из тяжелого песка механического состава. Количество частиц физической глины (< 0,01 мм) составляет 32,6–44,5% в среднем песке, 51,0% в тяжелом песке, крупных пылевидных (0,05–0,01) частиц 20,0–40,3%, мелких пылевидных (0,005–0,001) частиц 16,1–27,8%, песок мелкий (0,1–0,05) 15,7–26,0%, ил (< 0,001) количество частиц от 3,0 до 8,3. Наблюдается в показателях до %.

Образцы грунта, отобранные с массива «Зеравшан», расположенного на I–II террасе реки Зеравшан, сложенной аллювиальными

отложениями (разрез № 28 и № 86), имеют средний, легкий песчаный и суглинистый механический состав, физ. глинистых частиц (<0,01 мм) количество в среднем песке 31,4–40,7%, легком песке 20,5–27,8%, супеси 15,0–16,0%, крупной пыли (0,05–0,01) частиц 31,2–52,6%, средней пыли (0,01–0,005) частиц 8,0–22,3%, мелкий песок (0,1–0,05) частиц 13,6–32,9%, ил (< 0,001) количество частиц варьирует от 0,6 до 6,8%. Выделенные участки почв массива «Мохонколь», расположенного в дельте р. Зеравшан, состоящих из аллювиальных отложений, на орошаемых лугово-пустынных почвах среднего, легко песчаного и песчаного механического состава, количество частиц физической глины (< 0,01 мм) в среднем песке 34,3%, в легком песке 26,8–28,3%, в песке 12,6–16,3%, крупная пыль (0,05–0,01) частиц 13,3,2–57,5%, мелкий песок (0,1–0,05) частиц 13,0–34,6%, в отдельных участках почвы на долю песчаных частиц (> 0,25) приходится 18,8–31,6%, количество ил (< 0,001) частиц составляет 2,7–15,5%. В массиве «Гулистон», расположенном на Каракумской равнине, сложенном древними четвертичными отложениями, количество физических глинистых частиц (< 0,01 мм) в орошаемых луговых бесплодных почвах с механическим составом легких, средних и тяжелых песков составляет 30,7–33,0 в среднем песке 25,9%, в легком песке – 29,4%, тяжелом песке 47,5%, крупной пыли (0,05–0,01) частиц 33,5–57,3%, мелкой пыли (0,005–0,001) частиц 12,9–23,5%, мелком песке (0,1–0,05) частицы составляют 8,9–21,4%, ил (< 0,001) частицы распределяются между 4,2 и 9,2%.

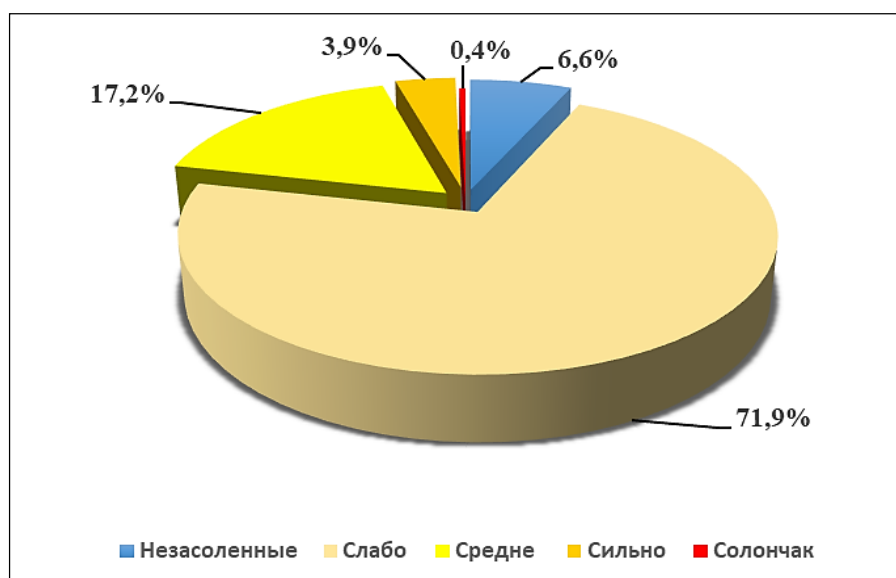


Рис. 2. Показатели засоления орошаемых почв Жондорского района, в процентах от площади

Таблица 2

Количество, уровень засоления и виды легкорастворимых в воде солей
в орошаемых почвах Жондорского района, %

№ разреза	Глубина, см	Плотный остаток	Cl	SO ₄	Засоление	
					Тип	Степень
% %						
Массив «Варохшо». Орошаемые луговые почвы						
15	0–35	0,095	0,011	0,042	х-с	Незасоленные
	35–58	0,105	0,011	0,030	х-с	Кам
	58–97	0,115	0,007	0,042	х-с	Кам
	97–145	0,105	0,007	0,027	х-с	Кам
91	0–30	0,100	0,011	0,030	х-с	Незасоленные
	30–64	0,085	0,007	0,020	х-с	Незасоленные
	64–89	0,085	0,007	0,022	х-с	Незасоленные
	89–118	0,085	0,007	0,024	х-с	Незасоленные
Массив «Зарафшон». Орошаемые луговые аллювиальные почвы						
28	0–32	0,155	0,011	0,057	х-с	Слабо
	32–61	0,105	0,011	0,033	х-с	Слабо
	61–96	0,125	0,014	0,048	х-с	Слабо
	96–128	0,095	0,011	0,030	х-с	Незасоленные
86	0–28	0,120	0,014	0,045	х-с	Слабо
	28–47	0,100	0,011	0,030	х-с	Незасоленные
	47–78	0,705	0,161	0,230	х-с	Средне
	78–112	0,240	0,042	0,080	х-с	Слабо
Массив «Мохонкуль». Орошаемые луговые пустынные почвы						
1	0–23	0,302	0,032	0,108	х-с	Средне
	23–46	0,328	0,056	0,108	х-с	Средне
	46–77	0,310	0,046	0,104	х-с	Средне
	77–123	0,310	0,042	0,104	х-с	Средне
105	0–26	0,600	0,098	0,238	х-с	Средне
	26–53	0,816	0,126	0,360	х-с	Средне
	53–88	0,890	0,140	0,380	х-с	Средне
	88–125	0,684	0,105	0,298	х-с	Средне
Массив «Гулистон». Орошаемые пастбища на бесплодных почвах						
3	0–31	0,096	0,011	0,027	х-с	Незасоленные
	31–52	0,070	0,007	0,018	х-с	Незасоленные
	52–127	0,090	0,007	0,024	х-с	Незасоленные
	127–154	0,122	0,011	0,039	х-с	Слабо
60	0–31	0,132	0,014	0,039	х-с	Слабо
	31–84	0,126	0,011	0,042	х-с	Слабо
	84–115	0,106	0,014	0,030	х-с	Слабо
	115–157	0,096	0,011	0,027	х-с	Незасоленные

Результаты исследования показывают, что незасоленными являются 6,6% орошаемых почв изучаемой площади, слабозасоленными – 71,9%, средnezасоленными – 17,2%, сильнозасоленными – 3,9%, очень

сильно засоленными – 3,9%, засоленность площади составляет 0,4% (рис. 2).

Поэтому важно уточнение водорастворимых солей в орошаемых почвах изучаемой территории. В частности, количе-

ство сухого остатка орошаемых луговых почв по всему профилю хайдо и субхайдо составляет 0,085–0,115%, хлор-иона (Cl) 0,007–0,011%, сульфат-иона (SO_4) 0,022–0,042%, соответственно незасоленные, слабозасоленные, орошаемые луга, сухой остаток в аллювиальных почвах 0,055–0,705%, хлор-ион (Cl) 0,011–0,042%, в отдельных слоях до 0,161%, сульфат-ион (SO_4) 0,030–0,080% в отдельных слоях его доля до 0,230%, незасоленные, слабо- и средnezасоленные, орошаемый сухой остаток в пастбищно-пустынных почвах 0,302–0,890%, хлор-ион (Cl) 0,032–0,126%, сульфат-ион (SO_4) 0,104–0,380%, сухой остаток в преимущественно средnezасоленных, орошаемых пастбищных бесплодных почвах 0,70–0,132%, ион хлора (Cl) 0,007–0,014%, сульфат-ион (SO_4) 0,018–0,042%, слабо- и средnezасоленные. В исследованиях отмечено, что все распространенные орошаемые почвы относятся к хлоридно-сульфатному типу (табл. 2).

Заключение

В заключение следует отметить, что орошаемые почвы исследуемого района распространены по аллювиальным, аллювиально-пролювиальным, четвертичным отложениям, дельтам рек и различным типам почв, сформированным на аллювиальных террасах, а основную площадь составляют луго-

вые почвы (около 50%). По механическому составу почвы в основном среднепесчаные, за ними следуют легкие песчаные почвы (соответственно 50% и 30%). Преобладают крупные частицы пыли, тогда как накопление мелких частиц сильно колеблется в зависимости от мутности поливной воды. Более 80% площади орошаемых почв очень бедны подвижным фосфором (0–15 мг/кг), а более 70% площади бедны обменным калием (101–200 мг/кг). Орошаемые почвы имеют различную степень засоления, в основном более 70% земель слабозасоленные, и только 6,6% земель незасоленные.

Список литературы

1. Кузиев Р.К. Инструкция по проведению почвенных изысканий и составлению почвенных карт для ведения государственного земельного кадастра. Нормативный документ. Ташкент, 2013. 52 с.
2. Земельный фонд Республики Узбекистан (01.01.2020). Ташкент, 2020. 128 с.
3. Чембарисов Э.И., Насрулин А.Б., Лесник Т.Ю., Чембарисов Т.Э. Минерализация и химический состав речных вод бассейна Амударьи // Проблемы освоения пустынь» 2013. № 3–4. С. 54–58.
4. Кузиев Р.К. Мелиорация орошаемых земель Узбекистана и их улучшение. Ташкент, 2018. 303 с.
5. Чембарисов Э.И., Лесник Т.Ю., Насрулин А.Б., Ходжимуратова Р.Т. Экологические аспекты генезиса качества поверхностных вод бассейна р. Амударьи и их влияние на мелиоративное состояние агроландшафтов // Доклад II Международной научно-практической конференции (Тараз, 24 июня 2016 г.). Тараз, 2016. С. 17–22.

УДК 581.1:631.445.52:631.84

ВЛИЯНИЕ НОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ХЛОПЧАТНИКА, ВОЗДЕЛАННОГО НА ОРОШАЕМЫХ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ С РАЗЛИЧНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ЗАСОЛЕНИЯ

Ортиков Т.К., Бафаева З.Х., Умаров О.Р.*Бухарский государственный университет, Бухара, e-mail: Umarov_O.R1990@inbox.ru*

В статье приведены сведения о влиянии норм азотных удобрений на некоторые физиологические показатели, в частности содержание формы воды в листьях, сухой массы в отдельных органах и целого растения хлопчатника, возделываемого в орошаемых лугово-аллювиальных почвах с различными степенями засоления. Засоленность почвы отрицательно действует не только на физиологические показатели растений, но и на плодородие, структуру, микробиологические и другие свойства почвы. Полевой опыт расположен в нижнем течении реки Зерафшан, где находится Бухарский оазис. Для проведения полевого опыта были отобраны четыре поля с разными степенями засоления: незасоленное, слабозасоленное, средnezасоленное, сильнозасоленное. В опытах изучены формы воды в листьях, которые являются одним из основных физиологических показателей растений хлопчатника. Было определено содержание общей, свободной и обесвязанной форм воды. Установлено, что засоление и повышение степени засоления почвы снижает сухую массу растений в разных фазах развития хлопчатника. Применение разных норм азотных удобрений положительно действовало на накопление сухого вещества в растениях при всех степенях засоления почвы. Применение азотных удобрений в норме 250 кг/га на фоне P175K125 лучше способствовало накоплению сухого вещества и оптимальному содержанию форм воды в листьях хлопчатника.

Ключевые слова: почва, различные степени засоления, физиологические показатели, азотные удобрения, формы воды, сухое вещество

INFLUENCE OF NORM OF NITROGEN FERTILIZERS ON SOME PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF COTTON PLANTS CULTIVATED IN IRRIGATED MEADOW-ALLUVIAL SOILS IN DIFFERENT DEGREES OF SALINITY

Ortikov T.K., Bafoeva Z.Kh., Umarov O.R.*Bukhara State University, Bukhara, e-mail: Umarov_O.R1990@inbox.ru*

The article provides information on the influence of nitrogen fertilizer norms on some physiological parameters of plants, in particular, the content of the form of water in the leaves, dry weight in individual organs and in general, cotton, cultivated on irrigated meadow-alluvial soils with varying degrees of salinity. Soil salinity has a negative impact not only on the physiological parameters of plants, but also on fertility, structure, microbiological and other properties of the soil. The field experiment is located in the lower reaches of the Zerafshan River, where the Bukhara oasis is located. For the field experiment, 4 fields with different degrees of salinity were selected: non-saline, weakly saline, moderately saline, strongly saline. In the experiments, the forms of water in the leaves, which are one of the main physiological indicators of cotton plants, were studied. At the same time, the content of common, free, and generally bound forms of water was determined. It has been established that soil salinization and an increase in its degree reduce the dry weight of plants in different phases of cotton development. The use of nitrogen fertilizers in different norms had a positive effect on the accumulation of dry matter by plants at all degrees of soil salinity. The use of nitrogen fertilizers at a rate of 250 kg/ha against the background of P175K125 contributed to better accumulation of dry matter and the optimal content of various forms of water in cotton leaves.

Keywords: soil, various degrees of salinity, physiological indicators, nitrogen fertilizer, water forms, dry matter

В настоящее время в мире засоление почвы является основным фактором деградации почвы, угрожающим экосистемам местности. В аридных и семиаридных зонах засоление считается одним из глобальных проблем при сельскохозяйственном производстве, продовольственной безопасности и стабильности. В мире 33% земли уже подвержены деградации, и этот процесс продолжается, что вызывает большие проблемы при производстве сельскохозяйственной продукции. Засоление в контексте продовольственной безопасности является очень опасной угрозой для человечества.

Эта проблема касается большинства стран мира. Больше всего страдают от засоления Центральная Азия и Африка, хотя засоление почвы наблюдается на всех континентах. Ущерб от засоления почвы в мире составляет примерно 27 млрд долл. При этом засоление почвы ухудшает все свойства и режимов почвы, снижает ее плодородие. Поэтому изучение засоления почвы с точки зрения снижения его отрицательного действия на почву и растения, а также улучшение солевого режима почвы имеет большое значение.

В Узбекистане, в частности, Бухарском оазисе основной культурой считается хлоп-

чатник, который в большинстве случаев возделывается в почвах с разными степенями и типами засоления. Повышенное содержание солей, нарушив физиологические процессы в растениях, ухудшает их рост и развитие, что приводит к снижению урожая хлопчатника.

Важным физиологическим показателем хлопчатника, чувствительного к засолению почвы, являются формы воды в листьях хлопчатника. По данным некоторых авторов, засоление почвы отрицательно действует на содержание разных форм воды в листьях, связанного хлорофилла, альбуминов и дефицита остаточной воды. При среднезасоленности почвы во всех изученных сортах хлопчатника отмечено изменение некоторых физиологических показателей. На засоленных почвах наблюдалось повышение всех изученных показателей [1, 2]. Отмечено, что показатели адаптации изменяются в различной степени в пределах разных сортов хлопчатника. Интенсивность водообмена в сортах хлопчатника зависела от степени засоления почвы. При этом существенно изменилось соотношение общей, метаболической и связанной воды в листьях. В условиях засоленных почв увеличивалось количество общей и связанной воды, снижалось количество метаболической. В то же время возрастало значение дефицита остаточной воды в листьях хлопчатника [3]. Рост и деятельность листьев зависит от различных факторов, и среди них важным считается применение минеральных удобрений [4]. При возделывании хлопчатника в Узбекистане, в том числе в Бухарском оазисе, важную роль играет внесение азотных удобрений. Применение азотных удобрений служит для улучшения физиологических процессов, протекающих в листьях хлопчатника и повышения его урожайности [5].

Целью исследования является изучение влияния норм азотных удобрений на некоторые физиологические показатели хлопчатника на орошаемых лугово-аллювиальных почвах с разными степенями засоления в условиях Бухарской области.

Материалы и методы исследования

Полевые опыты были заложены в орошаемых лугово-аллювиальных почвах, с разными степенями засоления, массива «Узбекистан» Жандарского района Бухарской области. Полевой опыт состоит из 8 вариантов в 4 повторностях. Первый вариант был контрольным без внесения удобрений, второй – фоновым, где вносились 175 кг/га фосфора и 125 кг/га калия удобрений. В остальных вариантах изучали

разные нормы азотных удобрений с интервалом 50 кг/га от 100 кг/га до 350 кг/га. В опыте физиологические процессы изучались на растениях сорта хлопчатника Бухоро-6. Формы воды в листьях хлопчатника определялись на рефрактометре и высушиванием в сушильном шкафу, сухое вещество – высушиванием при температуре 105 °С. Полевой опыт проводился по общепринятым методикам в почвах с разными степенями засоления (незасоленная, слабо, средне, сильнозасоленная), где изучалось влияние норм и доз азотных удобрений на формы воды в листьях хлопчатника и накопление сухого вещества в растениях. Определение этих параметров осуществлялось в фенологических фазах бутонизации и цветения.

Результаты исследования и их обсуждение

Повышение содержания водорастворимых солей в почве способствовало снижению общего содержания воды в листьях растений хлопчатника, тогда как внесение азотных удобрений – повышению. Так, если в незасоленных лугово-аллювиальных почвах в фазе бутонизации хлопчатника общее содержание воды в листьях растений хлопчатника в контрольном варианте без внесения удобрений было 62,3 % от сырой массы, а в фоновом варианте Р175К125 – 65,2 %, то в вариантах с применением азотных удобрений – 67,1–72,0 %, в зависимости от дозы азота удобрений (рис. 1).

В слабозасоленных лугово-аллювиальных почвах эти показатели были 47,6; 50,1 и 47,4–49,2 % соответственно. В средне- и сильнозасоленных почвах общее содержание воды в листьях хлопчатника было значительно ниже по сравнению с показателями хлопчатника, возделываемого в незасоленной почве.

Содержание связанной воды в листьях растений изменилось в зависимости от засоленности почвы и применения азотных удобрений. С увеличением нормы азота удобрений повышалось содержание свободной воды. Так, если в варианте, где применялось азотное удобрение в норме 100 кг/га, содержание свободной воды было 47,1 %, то в варианте с внесением азота удобрений в норме 150 кг/га – 49,5 %, а в вариантах, где применялись азотные удобрения от 200 кг/га до 350 кг/га, – 46,1–49,4 %. Эти показатели выше, чем в контрольном и фоновом вариантах.

С усилением засоления почвы эти показатели были ещё ниже. Повышенное и высокое содержание водорастворимых солей в почве повлияло на содержание свободной воды в листьях хлопчатника.

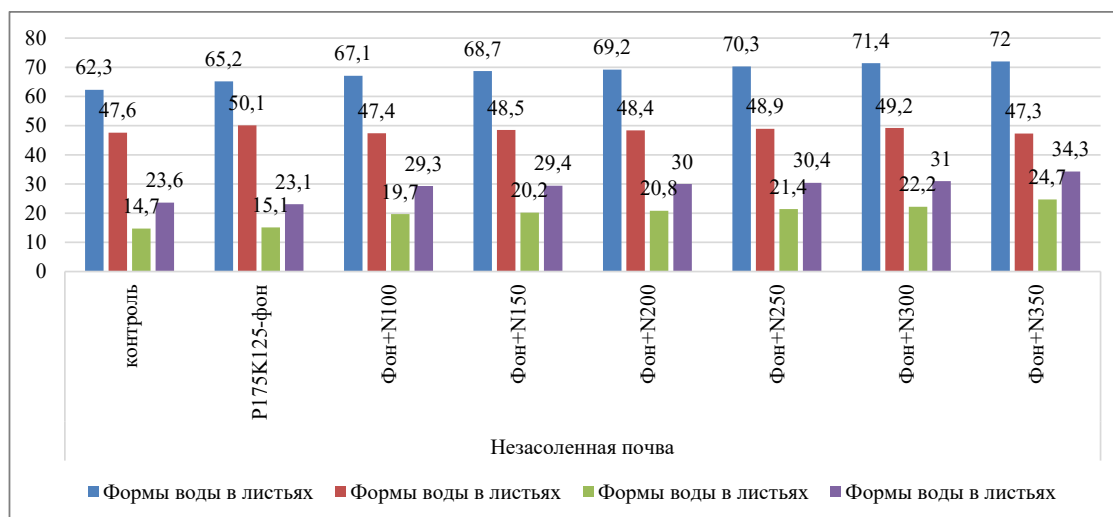


Рис. 1. Содержание разных форм воды в листьях хлопчатника в фазе бутонизации (в % от сырой массы)

Засоление почвы способствовало снижению содержания связанной воды в листьях хлопчатника. Внесение азотных удобрений, особенно в высоких дозах, повышало содержание связанной воды в листьях растений. Так, если в средnezасоленных почвах в контроле без внесения удобрений содержание общесвязанной воды в листьях хлопчатника было 13,0%, а в фоновом (P175K125) варианте – 12,9%, то в вариантах с внесением азотных удобрений в нормах 100–350 кг/га – 17,4–20,7%.

В фазе цветения хлопчатника тоже была установлена взаимосвязь между содержанием разных форм воды в листьях хлопчатника и применением азотных удобрений, а также засолением почвы. Так, если на незасоленных лугово-аллювиальных почвах, в контрольном варианте, где растение растет и накапливает урожай только за счет почвенных естественных запасов питательных веществ, общее количество воды в листьях хлопчатника составило 65,4%, то в варианте, где было внесено 250 кг/га азота удобрений – 74,5%. В сильнозасоленных почвах эти показатели были 58,2 и 66,9% соответственно, где эффект азотных удобрений немного снизился (таблица).

Степень засоления почвы и внесение азотных удобрений, а также их нормы существенно повлияли на накопление сухого вещества, как в отдельных органах, так и в целом растении.

По сравнению с незасоленной лугово-аллювиальной почвой в засоленных накопление сухого вещества в отдельных органах и, следовательно, в целом растении замедлялось. С увеличением степени

засоления почвы масса накопленного сухого вещества снижалась. Вместе с этим внесение азотных удобрений положительно влияло на общее содержание сухого вещества в разных органах хлопчатника сорта Бухоро-6.

На накопление сухого вещества существенно влияет засоление почвы. Так, если, в незасоленных почвах в фазе 2–3 листьев в контрольном варианте масса сухого вещества целого растения составило 0,21 г, а в фоновом варианте (P175K125) – 0,32 г, то в вариантах, где на фоне P175K125 применялись азотные удобрения в дозах 100–350 кг/га, этот показатель колебался в пределах от 0,42 г до 0,72 (рис. 2).

На слабозасоленных орошаемых лугово-аллювиальных почвах эти показатели были 0,17; 0,22; 0,28–0,38 г соответственно, в средnezасоленных – 0,16; 0,20; 0,23–0,30, в сильнозасоленных – 0,14; 0,16; 0,18–0,27 г соответственно (рис. 3–5). Следовательно, засоление почвы сильно снижает массу сухого вещества в фазе 2–3 настоящих листочков хлопчатника, что связано со снижением физиологических процессов, в том числе фотосинтеза, в листьях хлопчатника при повышенном и высоком содержании водорастворимых солей в почве. Азотное удобрение во всех случаях засоления в пределах опытов положительно влияло на массу сухого вещества одного растения в самом начале вегетации хлопчатника.

Такие же закономерности наблюдались в конце вегетации. В незасоленных почвах количество сухого вещества было больше, чем в засоленных, что наблюдалось во всех органах хлопчатника и по целому растению.

Содержание форм воды в листьях растений в фазе цветения хлопчатника,
в % от сырой массы

№	Варианты	Формы воды в листьях			
		Общая	Связанная	Общесвязанная	Доля общесвязанной воды от ее общего содержания, %
Незасоленная почва					
1	Контроль	65,4	50,1	15,3	24,4
2	P ₁₇₅ K ₁₂₅ -фон	68,7	51,9	16,8	24,4
3	Фон+N ₁₀₀	70,3	49,6	20,7	29,4
4	Фон+N ₁₅₀	72,4	50,3	22,1	30,5
5	Фон+N ₂₀₀	73,9	51,1	22,8	30,8
6	Фон+N ₂₅₀	74,5	50,6	23,9	32,0
7	Фон+N ₃₀₀	74,9	50,2	24,7	32,9
8	Фон+N ₃₅₀	76,1	49,9	26,2	34,4
Слабозасоленная почва					
1	Контроль	64,3	49,4	14,9	23,1
2	P ₁₇₅ K ₁₂₅ -фон	67,0	51,1	15,9	23,7
3	Фон+N ₁₀₀	68,7	48,7	20,0	29,1
4	Фон+N ₁₅₀	71,0	49,5	21,5	30,2
5	Фон+N ₂₀₀	72,6	50,4	22,2	30,5
6	Фон+N ₂₅₀	72,5	49,7	22,8	31,4
7	Фон+N ₃₀₀	73,0	49,4	23,6	32,3
8	Фон+N ₃₅₀	74,5	49,2	25,3	33,9
Среднезасоленная почва					
1	Контроль	59,9	47,1	12,8	21,4
2	P ₁₇₅ K ₁₂₅ -фон	63,0	49,2	13,8	21,9
3	Фон+N ₁₀₀	64,8	46,4	18,4	28,4
4	Фон+N ₁₅₀	66,6	47,4	19,2	28,8
5	Фон+N ₂₀₀	69,3	49,2	20,1	29,0
6	Фон+N ₂₅₀	68,4	47,2	21,2	31,0
7	Фон+N ₃₀₀	68,3	46,6	21,7	31,7
8	Фон+N ₃₅₀	71,4	47,5	23,9	33,5
Сильнозасоленная почва					
1	Контроль	58,2	46,3	11,9	20,4
2	P ₁₇₅ K ₁₂₅ -фон	62,1	48,9	13,2	21,2
3	Фон+N ₁₀₀	63,9	46,0	17,9	28,0
4	Фон+N ₁₅₀	65,4	47,0	18,4	28,1
5	Фон+N ₂₀₀	68,2	48,0	20,2	29,6
6	Фон+N ₂₅₀	66,9	46,8	20,1	30,0
7	Фон+N ₃₀₀	67,1	46,6	20,5	30,5
8	Фон+N ₃₅₀	69,5	46,8	22,7	32,6

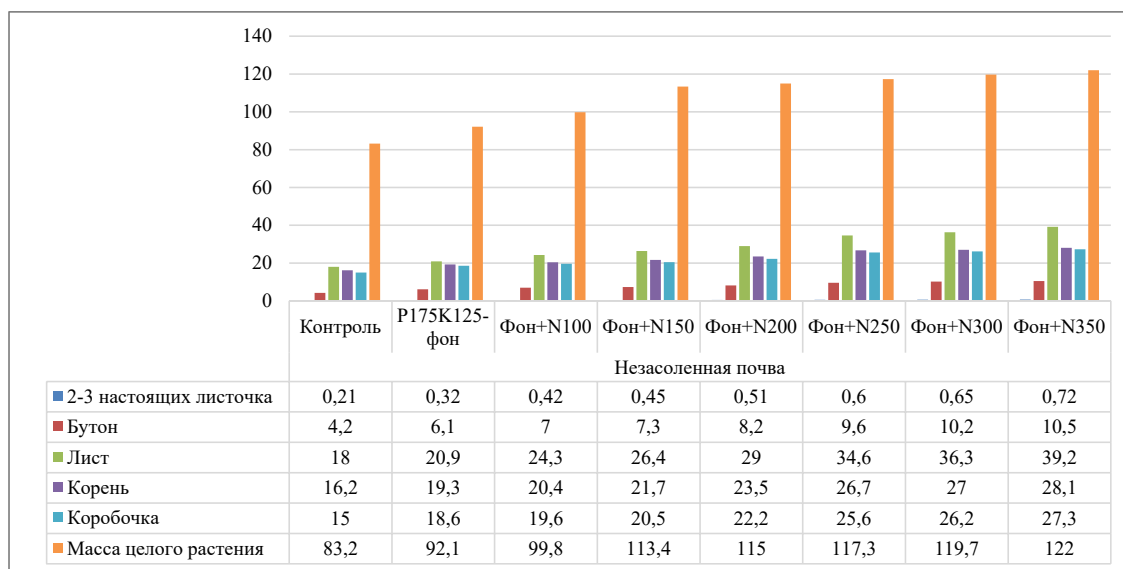


Рис. 2. Влияние норм азотных удобрений на массу сухого вещества отдельных органов и целого растения хлопчатника в условиях незасоленных лугово-аллювиальных почв

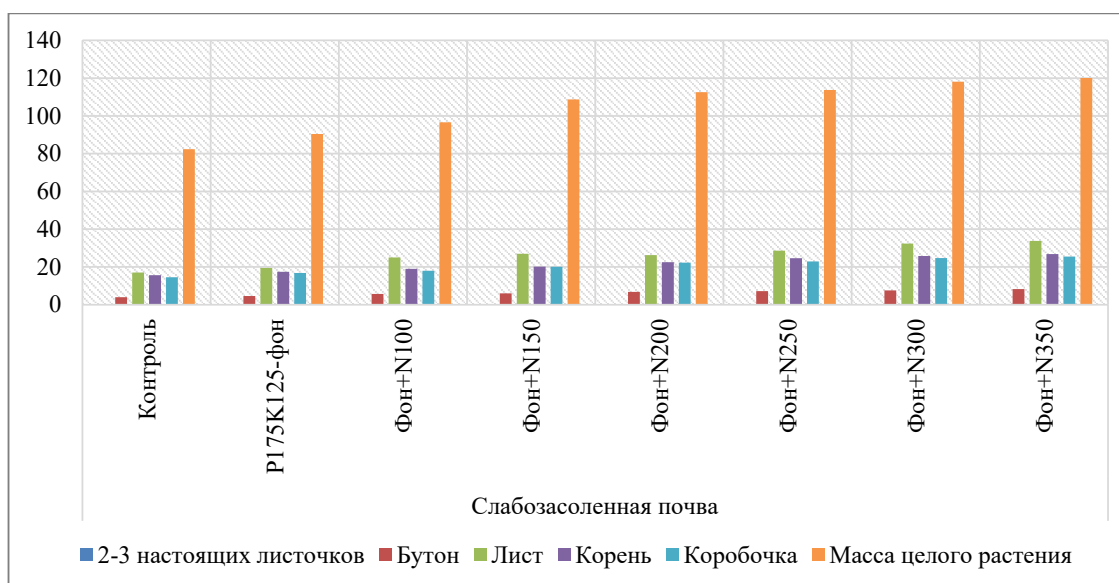


Рис. 3. Влияние норм азотных удобрений на массу сухого вещества отдельных органов и одного растения хлопчатника в условиях слабозасоленных орошаемых лугово-аллювиальных почв

Так, если в незасоленных почвах масса сухого вещества в одном растении в контрольном варианте была 83,2 г, а в фоновом варианте 92,1 г, то в вариантах, где азотные удобрения применялись в дозах от 100 до 350 кг/га, этот показатель составил в зависимости от дозы азота удобрений 99,8–122 г. Применение азотных удобрений увеличивало массу сухого вещества коробочки, от которой непосредственно зависит урожай хлопка-сырца. Незначи-

тельное засоление в слабозасоленных лугово-аллювиальных почвах отрицательно сказалось на накоплении сухого вещества в различных органах растений и целого растения.

Так, если в слабозасоленных лугово-аллювиальных почвах масса сухого вещества одного растения была 82,4 г в контроле, 90,4 г в фоновом варианте, то в вариантах с применением различных норм азотных удобрений – 96,6–120,1 г (рис. 3).

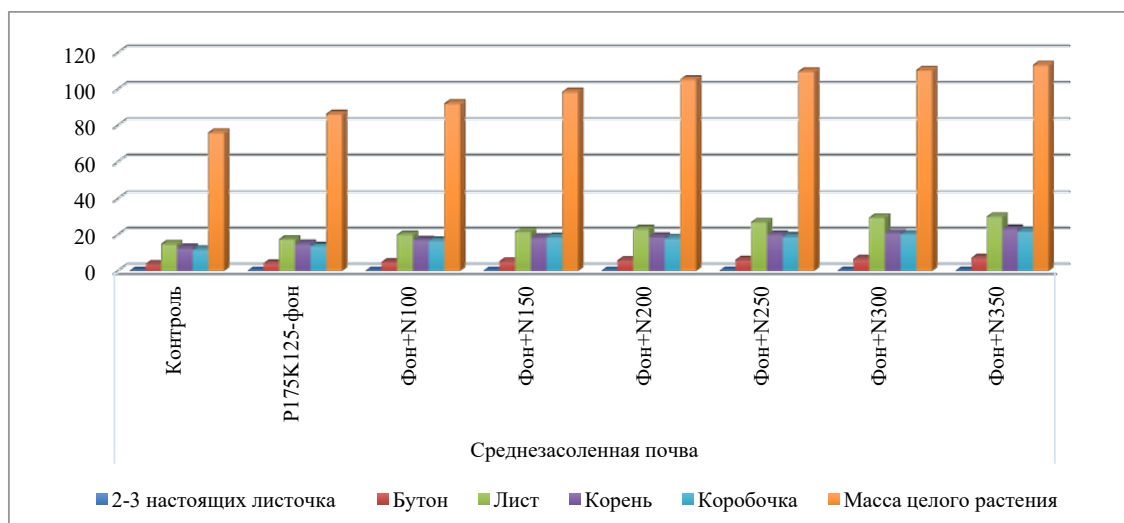


Рис. 4. Влияние норм азотных удобрений на массу сухого вещества отдельных органов и одного растения хлопчатника в условиях среднесоленных орошаемых лугово-аллювиальных почв, г

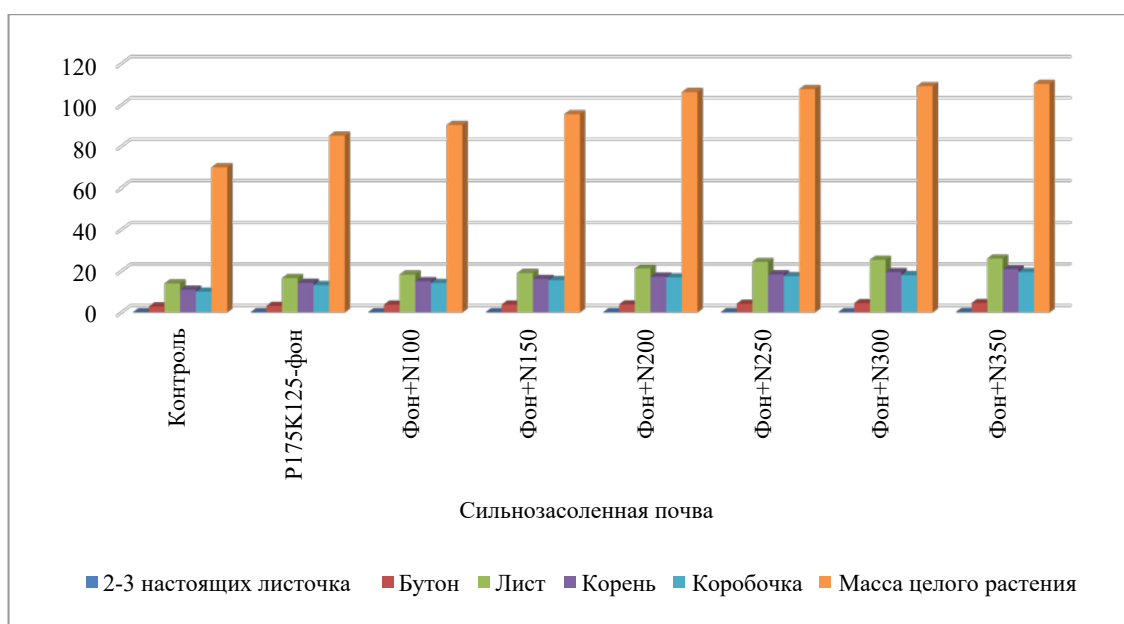


Рис. 5. Влияние норм азотных удобрений на массу сухого вещества отдельных органов и одного растения хлопчатника в условиях сильнозасоленных орошаемых лугово-аллювиальных почв, г

В среднесоленных и сильнозасоленных почвах накопление сухого вещества в органах хлопчатника и в целом растении шло низкими темпами и показатели были невысокие (рис. 4 и 5). Все это свидетельствует о снижении интенсивности фотосинтеза в листьях хлопчатника при повышенном содержании водорастворимых солей в почве, что отрицательно действует на урожайность хлопчатника.

Заключение

Таким образом, в условиях лугово-аллювиальных почв, с разными степенями засоления, Жандарского района Бухарской области Узбекистана азотные удобрения в нормах от 100 до 350 кг/га существенно влияют на активность физиологических процессов в листьях хлопчатника. При этом азотные удобрения увеличивают содержание общей, свободной и связанной воды

в листьях растений и накопление сухого вещества в разных органах хлопчатника и в целом растении. Водорастворимые соли в повышенных концентрациях снижают содержание разных форм воды в листьях хлопчатника и сухого вещества в органах растений, что свидетельствует о снижении активности физиологических процессов.

Список литературы

1. Ортиков Т.К., Бафаева З.Х. Изменение площади листьев и урожайности хлопчатника под действием азотных удобрений на лугово-аллювиальных почвах с разной степенью засоления: материалы международной научно-практической интернет-конференции молодых ученых. Нижний Новгород, 2021. С. 40–43.
2. Норбоева У.Т., Холлиев А.Э. Влияние засоления на продуктивность сортов хлопчатника // Творческая молодежь и научно-техническое развитие: материалы республиканской научно-практической конференции. Бухара, 2010. С. 202–204 (на узбекском языке).
3. Норбоева У.Т., Холлиев А.Э. Влияние засоления и влажности на физиологические показатели сортов хлопчатника // Вестник Хорезмской Академии Маъмун. 2017. № 3. С. 1–4 (на узбекском языке).
4. Норбоева У.Т., Холлиев А.Э. Показатели адаптации сортов хлопчатника по отношению засоления // Вестник Хорезмской Академии Маъмун. Хива, 2018. № 4. Б. 103–106 (на узбекском языке).
5. Шадманов Дж.К., Маматалиев И.Ч., Нодиров А.Ф. Влияние соотношения густоты стояния, режима орошения и нормы удобрений на изменение площади листьев хлопчатника: сборник материалов международной научно-практической конференции. Ташкент, 2020. Ч. 1. С. 475–478 (на узбекском языке).
6. Хасанов И. Эффективное использование азотных удобрений в гидроморфных почвах в хлопководстве Бухарской области // Журнал Агронаука (научное приложение журнала «Сельское хозяйство Узбекистана»). Ташкент, 2020. № 2 (65). С. 80–82 (на узбекском языке).

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 664.8.022

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ФРУКТОВЫХ КОНСЕРВОВ

Бурак Л.Ч.

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

Интерес к здоровому образу жизни и сбалансированному питанию в последние годы значительно возрос. В настоящее время потребитель отдает предпочтение свежим, минимально обработанным пищевым продуктам, что для предприятий пищевой отрасли способствует поиску новых методов и технологий, обеспечивающих максимальное сохранение пищевой ценности продуктов и их безопасность. Возрастает потребность в эффективных и экологически безопасных процессах, которые могли бы конкурировать и заменять при необходимости традиционные термические, химические методы обработки и консервирования пищевых продуктов. В последние два десятилетия широко изучается технология обработки высоким давлением (НРР) и возможность ее применения в производстве фруктовых соков, соков с мякотью, нектаров и пюре. Установлено, что действие высокого давления НРР способно инактивировать или активировать различные ферменты во фруктовых соках. В процессе обработки НРР инактивация ферментов происходит за счет изменения конформации структуры белка и активного центра. В то же время, в зависимости от вида фермента, давления, pH, температуры и времени обработки, воздействие технологии НРР может повышать активность фермента. Это происходит под действием процесса высвобождения мембраносвязанных ферментов, а также за счет изменений конформации белка и активного центра, которые облегчают взаимодействие с субстратом. Следует также отметить, что наиболее эффективно процесс инактивации ферментов во фруктовых соках и пюре происходит при совместном использовании технологии обработки высоким давлением, термическим воздействием и сокращении времени обработки. Цель данной статьи – обзор научных исследований по изучению кинетики инактивации эндогенных ферментов в процессе обработки высоким давлением фруктовых соков, нектаров и пюре.

Ключевые слова: ферменты, инактивация, активация, обработка, НРР, ферментативная активность, сок, нектар, пюре

INFLUENCE OF HIGH-PRESSURE TECHNOLOGY ON THE ENZYMATIC ACTIVITY OF CANNED FRUIT

Burak L.Ch.

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

Interest in a healthy lifestyle and a balanced diet has increased significantly in recent years. Currently, the consumer prefers fresh, minimally processed food products, which contributes to the search for new methods and technologies for food industry enterprises that ensure the maximum preservation of the nutritional value of products and their safety. There is a growing need for efficient and environmentally friendly processes that could compete and replace, if necessary, traditional thermal, chemical methods of processing and preserving food. In the past two decades, high pressure processing (HPP) technology has been extensively studied and its possible application in the production of fruit juices, juices with pulp, nectars and purees. High pressure HPP has been found to be able to inactivate or activate various enzymes in fruit juices. During HPP treatment, the inactivation of enzymes occurs due to changes in the conformation of the protein structure and the active site. At the same time, depending on the type of enzyme, pressure, pH, temperature and processing time, exposure to HPP technology can increase the activity of the enzyme. This occurs under the action of the process of release of membrane-bound enzymes, as well as due to changes in the conformation of the protein and the active site, which facilitate interaction with the substrate. It should also be noted that the process of inactivation of enzymes in fruit juices and purees is most effective with the combined use of high pressure processing technology, thermal exposure and reduction of processing time. The purpose of this article is to review scientific research on the study of the kinetics of endogenous enzyme inactivation during high pressure processing of fruit juices, nectars and purees.

Keywords: enzymes, inactivation, activation, processing, HPP, enzymatic activity, juice, nectar, puree

Высокая ферментативная и микробиологическая активность являются основными причинами ограниченного срока хранения свежих фруктов, плодов и ягод. Происходящие в свежем сырье физиологические, биохимические и метаболические реакции приводят к размягчению клеточных стенок, окислению, разложению и в итоге к микробиологической порче. Продукты переработки фруктового сырья также являются скоропортящимися, поскольку их качество в процессе хранения со временем ухудша-

ется в неблагоприятных условиях окружающей среды, таких как влажность, состав воздуха и температура. Также одним из важных факторов является то, что все биологические и химические процессы сырья (рост, созревание, антиоксидантная активность) связаны с действием ферментов [1]. В плодах ферменты играют важную роль в формировании физико-химических и органолептических показателей конечного продукта. После сбора урожая на качество сырья при хранении влияют активные

эндогенные ферменты и продолжение их ферментативной активности. Инактивация ферментов, предотвращение деградации и потемнения имеют решающее значение в процессе переработки и сохранения фруктового сырья. Обработка термическими методами, такими как пастеризация и стерилизация, эффективна для инактивации микроорганизмов и ферментов, вызывающих порчу, в то же время она влияет на внешний вид и органолептические показатели продукта [2]. Под действием температуры обычно разрушаются в первую очередь витамины и углеводы, происходит ухудшение органолептических показателей соков, таких как цвет, вкус и аромат. Хотя некоторые осветленные фруктовые соки, соки с мякотью, нектары и пюре незначительно изменяют вкус и пищевую ценность при термической обработке. Изменению вкуса и аромата способствует интенсивность нагрева, необходимая для инактивации термостабильных изоферментов, которые и снижают первоначальные вкусовые качества соков.

Интерес и покупательский спрос на высококачественные пищевые продукты, подвергающиеся незначительной обработке, побуждают производителей продуктов питания использовать традиционные методы обработки, осуществляемые при более низких температурах, или новые нетермические методы, такие как технология высокого давления [3]. Обработка под высоким давлением (НРП) – это инновационный нетермический метод, используемый в пищевой промышленности для различных целей, включая инактивацию микроорганизмов [4–6], повышение безопасности и качества [7], денатурацию белков [8], формирование гелеобразующих свойств [9], экстракцию биологически активных соединений [10, 11] и замену синтетических добавок [12]. В последние годы в этой области были достигнуты значительные успехи по инактивации ферментов потемнения и предотвращению порчи пищевых продуктов. Однако механизм действия НРП на различные ферменты фруктовых соков, нектаров и напитков на сегодняшний день изучен недостаточно. В настоящем обзоре нами рассматриваются принципы и механизмы передовых методов, используемые в технологии обработки высоким давлением (НРП) для инактивации ферментов, вызывающих потемнение и ухудшение качества, в процессе производства фруктовых соков и напитков.

1. Ферментативное потемнение соков

Основной причиной изменения физико-химических и органолептических показате-

лей и ухудшения качества фруктовых соков является ферментативное потемнение из-за выработки оксидоредуктазы. Протекание каталитической реакции с образованием повышенного содержания перекиси водорода вызывает изменение цвета фруктовых соков [13]. Эндогенные ферменты – это такие ферменты, как полифенолоксидаза (ПФО), пероксидаза (ПОД), пектинметилэстераза (ПМЭ) и полигалактуроназа. (ПГ). ПФО представляет собой медьсодержащий фермент оксидоредуктазу, который вызывает ферментативное потемнение и ухудшение цвета соков. Процесс включает в себя цепь окислительных реакций, таких как гидроксилирование монофенолов в дифенолы, а затем дифенолов в *o*-хиноны (желтого цвета). В присутствии молекулярного кислорода *o*-хиноны неферментативно реагируют с аминокислотами и белками с образованием накопленных черных, коричневых или красных соединений меланина, что впоследствии приводит к обесцвечиванию тканей и потере питательных веществ во фруктовых соках, в то время как ПОД является гемсодержащим ферментом, который вызывает появление неприятного вкуса и деградацию пигмента в пищевых продуктах [14]. Изоферменты ПОД (активированные перекисью водорода) катализируют одноэлектронную реакцию окисления фенольных соединений с образованием продуктов коричневого цвета. ПОД – один из наиболее термостабильных ферментов – обычно используется в качестве индикатора инактивации эндогенных ферментов и микроорганизмов во время тепловой обработки [15].

Пектинметилэстераза (ПМЭ) отвечает за гидролиз пектина, что приводит к нестабильности помутнения, а также снижает вязкость сока за счет деградации пектиновой цепи. ПМЭ присутствует во всех цитрусовых в виде связанного с клеточной стенкой фермента, образующего комплекс с пектином посредством электростатических взаимодействий. В процессе отжима сока ПМЭ высвобождается в сок, гидролизует пектин (метилловые эфиры гомогалактуронана) и постепенно превращает его в низкомоноксипектин и пектиновые кислоты. Данный фермент образовывал нерастворимые комплексы с ионами кальция, что приводило к осаждению пектина и расслоению неосветленных соков или соков с мякотью. Также действие ферментов ПМЭ и ПГ связано с деэстерификацией пектина и гидролитическим расщеплением 1,4-гликозидных связей. ПМЭ и ПГ реагируют с пектиновыми веществами, расщепляя метилловые эфиры с образованием поли-*D*-галактуроновой кислоты, которая изменяет физическую

природу цитрусовых соков. Если эти ферменты не инактивировать, они в конечном итоге разрушат стабильность неосветленных соков из цитрусовых [16]. Группой зарубежных ученых в результате научных исследований установлено, что повышенная активность ПМЭ (остаточная активность $RA > 90\%$) приводит к расслоению в процессе хранения неосветленных яблочных соков. Кроме того, высокая ферментативная активность тесно связана с сокращением срока годности (менее 6 недель) и пищевой ценности фруктовых соков [17]. Очень важно контролировать как активность, так и стабильность разрушающихся ферментов во время обработки пищевых продуктов, чтобы получать пищевые продукты высшего качества.

2. Механизм инактивации ферментов НРР

Технология обработки под высоким давлением широко используется в производстве соковой продукции для улучшения качества и микробиологической безопасности соков [18]. В настоящее время опубликовано множество исследований о значительном влиянии НРР на ферментативную активность различных фруктовых соков, в частности таких зарубежных ученых как Marszałek [14], Chen [19], Szczepańska [20], а также соков с мякотью, нектаров [21, 22], пюре, смузи и пасты. [23, 24]. В процессе обработки НРР к пищевым продуктам применяется давление в диапазоне 100–1000 МПа с подогревом или без него. НРР работает по принципу силового сжатия, применяемого к жидкости, окружающей продукт. Давление оказывает ограниченное влияние на ковалентные связи молекул с низкой молекулярной массой, таких как витамины, пигменты и летучие соединения, в отличие от молекул с высокой молекулярной массой, таких как белки/ферменты. Это объясняется сложной трехмерной структурой ферментов, которая стабилизируется различными ковалентными и нековалентными связями [25]. Процесс инактивации представляет собой цепочку, которая включает формирование и/или нарушение многочисленных взаимодействий и изменений в нативной структуре ферментов путем сворачивания и/или разворачивания. Кроме того, существенное влияние на инактивацию ферментов оказывает температура. Так, например, ПФО является термостойким ферментом, и оказалось, что он более лабилен к обработке (НРР + нагревание), чем ПОД. С другой стороны, ПМЭ принято считать устойчивым к давлению. Относительно ферментативной активности соков, обработанных НРР, в литературе можно

найти разные мнения, результаты весьма противоречивы. В качестве подтверждения этого, например, НРР при 400 МПа снижает активность РФО на 0,12 логарифмических цикла в яблочном соке [26], тогда как обработка НРР при 400–550 МПа увеличивает активность ПФО в 3 раза в виноградном соке [27]. Согласно результатам, которые получили авторы Juarez-Enriquez et al. [28], обработка НРР модифицировала активные центры ферментов, которые активируют ферменты или денатурируют их. Результаты зависят от различных путей денатурации, сопровождаемых ферментами. В частности, как поясняют авторы о Liu et al., технологический процесс обработки НРР нарушил вторичную структуру белка за счет разрыва водородных связей, что повлекло снижение ферментативной активности. Кроме того, повышение давления или температуры может усилить инактивацию ферментов. Кроме того, ферменты, инактивированные за счет проникновения воды в ядро белка, вызывая ослабление контакта между неполярными группами, приводили к сильному воздействию гидрофобных групп [29].

Антагонистический эффект давления и температуры может привести к структурным или конформационным изменениям ферментов и окружающего их слоя растворителя. Давление в пределах 400 МПа при термической обработке уменьшало молярный объем за счет образования гидрофобных взаимодействий как для полярных, так и для неполярных групп и водородных связей в гидратном слое [24]. Это увеличивает жесткость структуры фермента и в конечном счете ограничивает латеральные отклонения, возникающие перед термической денатурацией. В случае синергетического действия давления и температуры происходит необратимое разворачивание структуры фермента (третичной или четвертичной) при более высоком давлении. При обработке высоким давлением (500–600 МПа) спиральная структура фермента нарушается и становится неустойчивой. Ковалентные и нековалентные связи в ферментативной структуре повреждались при более высоких температурах (50–70 °C), что приводило к немедленной потере функциональности [30].

Активация фермента включает физические изменения веществ (фазовые переходы), обусловленные слабой связью между ферментом и контактной поверхностью вещества. Согласно результатам, полученным учеными Augusto et al., обработка НРР низким давлением (< 200 МПа) повышала активность фермента по сравнению с обработкой 300 МПа, что вызывало обратимые изменения в структуре белка. Во время

обратимой денатурации белков снижение давления вызывало медленный процесс рефолдинга белков, что увеличивало частичное/полное восстановление активности ферментов. Устойчивость ферментов к действию высокого давления можно обобщить как ПМЭ < ПФО < ПОД, что указывает на то, что ПОД обладает большей устойчивостью к давлению, чем ПФО и ПМЭ [29].

Другой причиной активации ферментов может быть высвобождение мембраносвязанных ферментов в процессе проведения обработки. Ученые G. Gao, L. Zhao, Y. Ma, Y. Wang, Z. Sun установили увеличение активности ПОД на 10,4% после обработки НРР (550 МПа в течение 10 мин) грейпфрутового сока. Авторы предположили, что увеличение активности может быть связано с повышенной экстрагируемостью ферментов из-за проницаемости мембраны, вызванной действием НРР. Кроме того, активация ферментов была связана с частичной денатурацией или связыванием изоферментов. Установлено, что в одних плодах могут быть изоферменты ПФО и ПОД, чувствительные к обработке давлением, а в других – стабильные. Таким образом, уязвимый вариант может

быть легко инактивирован обработкой давлением по сравнению со стабильным [31]. Подобные результаты также были получены учеными Rao et al., которые установили увеличение ПФО (7,3%) и ПМЭ (2,6%) в персиковом соке после обработки при 400 МПа (5–15 мин). По мнению авторов, увеличение активности ПФО связано с двумя формами фермента – активной и латентной, но латентная форма ПФО может стать активной во время обработки НРР. Точно так же увеличение активности ПМЭ было связано со структурным нарушением матрикса плодов во время обработки НРР, что высвобождало ПМЭ из матрикса [32]. Чтобы предотвратить процесс ухудшения качества, связанный с дальнейшей ферментативной реакцией после обработки и во время хранения, необходима полная и необратимая инактивация нежелательных ферментов, связанных с обеспечением качества пищевого продукта.

3. Применение обработки высоким давлением (НРР) во фруктовых соках

Результаты влияния процесса обработки НРР некоторых фруктовых соков обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние НРР на ферментативный профиль фруктовых соков

Наименование сока	Ферменты	Параметры НРР	Сравнение или комбинирование с другими методами обработки	Результат воздействия на ферменты	Источник
Манго	ПФО, ПОД и ПМЭ	400 МПа в течение 10 мин	По сравнению с ТС (250 Вт в течение 10 мин при 25–95 °С).	ПФО: 98,18% ОА, ПОД: 93,26% ОА, ПМЭ: 96,46% ОА	[33]
Черника	ПФО и ПОД	200–600 МПа в течение 5 мин	В сочетании с ТС (40 кГц и 240 Вт при 25–45 °С) в течение 15 мин	ПФО: ~60% ОА после 600 МПа, ПОД: ~30% ОА после 600 МПа	[19]
Голубика (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	ПФО	350 МПа в течение 5–20 мин	По сравнению / в сочетании с ТП (80 °С), ТЗ (40 °С, 560 Вт), МТ (350 МПа, 40 °С), МС (560 Вт, 5 мин/350 МПа) или МТС (560 Вт, 5 мин, 40 °С/350 МПа, 40 °С) в течение 5–20 мин	24,03% и 10,91% ОА оставались после обработки МС и МТС в течение 5 мин соответственно, а затем снижались до 4,56% и 0,12% ОА для МС и МТС соответственно через 10 мин	[34]
Персик (<i>Prunus persica</i>)	ПФО и ПМЕ	400–600 МПа в течение 5–25 мин при 25 °С	По сравнению с ТП (90 °С в течение 1 мин)	ПФО: инактивация 54,9–18,8%, ПМЭ: инактивация 81,2–49,6%	[32]
Белый виноград	ПФО и ПОД	От 300 до 600 МПа в течение 3 мин	По сравнению с ТП (90 °С в течение 60с)	ПФО: 51,2% инактивация, ПОД: 6,8% инактивация	[35]
Грейпфрут	ПМЭ и ПФО	150–250 МПа в течение 3 мин при 40–60 °С		< 10% ОА	[36]

Окончание табл. 1

Наименование сока	Ферменты	Параметры НРР	Сравнение или комбинирование с другими методами обработки	Результат воздействия на ферменты	Источник
Грейпфрут	ПМЭ и ПОД	550 МПа в течение 10 мин при 25 °С	По сравнению с ТП (110 °С в течение 8,6 с)	ПМЭ: инактивирован на 22,5 %, ПОД: увеличен на 10,4 %	[31]
Сок облепихи	СОД	500 МПа в течение 6 мин	По сравнению с ТП (100 °С в течение 15 с)	Активация 17,1 %	[37]
Арбузный сок	ПФО, ПОД, и ПМЭ	200–600 МПа в течение 5–60 мин		ПФО: 12,3 % ОА при 30 МПа в течение 60 мин, ПОД: 57,6 % ОА при 30 МПа в течение 60 мин, ПМЭ: 23,2 % ОА при 600 МПа в течение 60 мин	[38]
Яблочный сок	ПГ	Статическое давление 300, 450 и 600 МПа в течение 5 мин и многоимпульсное давление (300 МПа × 3 импульса, 5 мин каждый импульс; всего 15 мин)		На 12-й неделе ОА снизилась на 14,9 % и 18,8 % для 450 МПа и 600 МПа соответственно, тогда как мультиимпульсное давление вызвало снижение ОА на 6,5 %	[20]
Яблочный сок	ПФО и ПМЭ	430 МПа при 20 °С в течение 7 мин		ПМЭ был полностью инактивирован. ПФО был частично денатурирован и полностью инактивирован во время лечения НРР, но частично восстанавливался через 2 недели	[25]
Яблочный сок	ПФО, ПМЭ и ПОД	250 МПа, 10 мин		ПОД: 81,93 % ОА, ПФО: 75,46 % ОА, ПМЭ: 77,63 % ОА	[39]
		350 МПа 10 мин		ПОД: 69,56 % ОА, ПФО: 60,17 % ОА, ПМЭ: 62,50 % ОА	
		450 МПа, 10 мин		ПОД: 51,22 % ОА, ПФО: 46,13 % ОА, ПМЭ: 48,93 % ОА	
		250–450 МПа, в течение 10 мин	В сочетании с ультразвуковой обработкой частотой 25 кГц и амплитудой 70 % в течение 60 мин	ПОД: 70,99–32,67 % ОА, ПФО: 63,87–21,13 % ОА, ПМЭ: 66,12–23,93 % ОА	
Неосветленный яблочный сок	ПФО и ПОД	400–600 МПа в течение 3 мин при комнатной температуре	По сравнению с ТП (72 °С/15 с; 85 °С/30 с) и РЕФ (12,5 кВ/см, 76,4 кДж/л; 12,3 кВ/см, 132,5 кДж/л)	ПФО: 100 % ОА, ПОД: 98 % ОА. В то время как снижение активности ПФО и ПОД наблюдалось при хранении в холодильнике в течение 3 недель. ПМЭ: 90 % ОА	[16]
Апельсиновый сок	ПМЭ и ПОД	600 МПа в течение 1 мин	По сравнению с ТП (85 °С в течение 1 мин), обработкой РЕФ (25 кВ/см при 65 °С)	ПМЭ: 8 % ОА, ПОД: 86,9 % ОА	[40]

Примечания: НРР – обработка под высоким давлением; МС – маносонизация; МТ – манотермальный; МТС – манотермозондирование; РЕФ – импульсное электрическое поле; ПГ – полигалактуроназа; ОА – остаточная активность; СОД – супероксиддисмутаза; ТП – термическая пастеризация; ТЗ – термозвук.

Термическая обработка показала преимущества с точки зрения полной инактивации ПФО и ПОД в яблочном соке, но вместе с тем она вызывала нежелательные изменения цвета и вкуса яблочного сока. Обработка НРР эффективнее сохраняет естественный цвет яблочного сока по сравнению с термической обработкой, но соки, обработанные НРР, имеют ограниченный срок хранения из-за остаточной ферментативной активности, которая может вызывать нежелательные изменения цвета и вкуса при хранении. Незначительное влияние НРР на активность ПФО, ПОД и ПМЭ наблюдалось в неосветленном яблочном соке по сравнению с термической обработкой и технологией импульсного электрического поля [16]. Было высказано предположение, что соединения полифенолов либо взаимодействуют с молекулами белка с образованием неактивного комплекса фермент-субстрат, либо изменяют каталитический центр, тем самым предотвращая реакцию фермента с субстратом. Дальнейшее снижение активности ПФО и ПОД наблюдалось при хранении в холодильнике в течение 3 недель. В большинстве исследований подчеркивается значительное влияние НРР на инактивацию ферментов, однако имеются сведения об ограниченной стабильности при хранении фруктовых соков, обработанных НРР. Следует отметить, что ПФО так же полностью инактивировался в яблочных соках, обработанных НРР (430 МПа в течение 7 мин), но частично восстанавливался (до 20% его активности) через 2 недели. Однако третичная структура РРО была изменена; таким образом, он не вступал в реакцию с фенольными соединениями и не вызывал потемнения хранящегося сока [16]. Авторы исследования объяснили, что окисление уменьшает количество субстрата, присутствующего в продукте, и продукты окисления могут ингибировать активность фермента. Точно так же низкая активность ПОД наблюдалась во время хранения, что объяснялось окислением фенольных соединений, таких как катехин, и приводило к образованию продуктов окисления, таких как дегидрокатехин, которые препятствовали дальнейшей реакции фермента.

Авторы исследования Marszałek et al. установили, что давление оказывает более значимое влияние на активность ПОД и ПФО по сравнению со временем обработки и температурой. НРР при 600 МПа вызывал полную инактивацию ПФО и 58% инактивацию ПОД. Однако менее значительно обработка НРР при 200 и 400 МПа влияет на активность фермента. Принимая во внимание время как влияющий параметр, было

замечено, что увеличение времени нагнетания давления существенно не повлияло на активность ПФО и ПОД. Что касается температуры обработки, был сделан вывод, что 45 °С неблагоприятна для промышленного применения и с точки зрения качества продукта питания, а обработка при 5 °С увеличивает себестоимость продукции. Таким образом, 25 °С была оптимальной температурой обработки для НРР-обработки неосветленных яблочных соков. Как видно из обобщенных результатов табл. 1, обработка НРР требовала больше времени для снижения (ниже 10%) остаточной активности (ОА) ПФО и ПМЭ в персиковом соке по сравнению с термической обработкой. Кроме того, комбинация НРР с другими методами обработки, такими как термическая обработка под давлением, может использоваться для достижения более эффективной инактивации ферментов [34]. При повышении температуры до 50 °С давлением 600 МПа наблюдали повышенную инактивацию ПМЭ (достигающую максимума 90,5%), но обработка НРР при 450 МПа (25 °С) оказалась неэффективной по снижению активности ПМЭ в соке апельсина. По мнению авторов, для сокращения времени выдержки при промышленной переработке фруктовых соков потребуется более высокое давление и/или температура. Высказано предположение, что обработка НРР при давлении до 300 МПа недостаточно для достижения максимального снижения активности фермента. ПМЭ можно охарактеризовать как устойчивый к давлению фермент, стабильный при давлении до 400 МПа. Кроме того, повышенное содержание растворимых сухих веществ в соках защищает ПМЭ от инактивации давлением и нагреванием. Можно считать это основным фактором, который способствует устойчивости к инактивации ПОД и ПМЭ при обработке давлением средних величин.

Условия обработки сильно зависят от плода и сорта, так как ферменты ПФО из разных фруктов проявляли разную устойчивость к НРР и комбинации НРР и термической обработки. Например, обработка НРР (600 МПа, 60 мин) не вызывала инактивации ПФО в груше, тогда как в яблочном и клубничном соках она приводила к инактивации ПФО на 89% и 8% соответственно [41]. Другим важным ферментом клубничного сока является β-глюкозидаза, которая связана с различными ключевыми метаболическими процессами, связанными с биоформированием аромата, такими как высвобождение 2,5-диметил-4-гидрокси-3(2H)-фуранона из его гликозидного предшественника.

В клубнике β -глюкозидаза также катализирует гидролиз арила и высвобождает фенолглюкозид, тем самым улучшая вкус соков. Хотя β -глюкозидаза показала низкую стабильность при обработке сока, она ответственна за деградацию антоцианов. Поэтому инактивация этих ферментов необходима для лучшего качества соков. Установлено, что β -глюкозидаза активировалась при 400 МПа, и ее активность увеличивалась с увеличением времени обработки, самая высокая активность (т.е. 116,7%) была отмечена через 25 мин. Однако обработка НРР при 600 МПа эффективно снижала активность β -глюкозидазы (т.е. максимальное снижение составляло 41,4%) через 25 мин. Такие же результаты, увеличение активности ПОД после комбинированной обработки НРР (200–600 МПа в течение 5 мин) и термозвука (40 кГц и 240 Вт в течение 15 минут при 25–45 °С), получены при обработке черничного сока.

4. Применение технологии обработки НРР фруктового пюре и соков с мякотью

Фруктовые пюре и соки с мякотью в значительной степени подвержены потемнению и изменению вкуса из-за действия эндогенных ферментов и неферментативного потемнения [42]. Традиционно фруктовая мякоть и пюре подвергаются термической пастеризации для повышения стабильности продукта при хранении, что влияет на органолептические показатели. Ферменты ПФО сливы чрезвычайно устойчивы к давлению по сравнению с другими фруктами, поэтому ОА РРО может быть проблемой для стабильности пюре во время его промышленного производства, поэтому подтверждение промышленного применения нами не установлено. По мнению авторов исследования, высокая активность ПФО после НРР связана с высвобождением мембраносвязанных ферментов, повышающих экстрагируемость ПФО из пюре, противодействующих инактивирующему эффекту обработки НРР. Тем не менее обработка НРР сохраняет органолептические характеристики конечного продукта, при этом также и его биологически активные вещества [43]. Кроме того, некоторые ингибиторы ферментов или агенты против потемнения, такие как смесь сахара, соли, хлорида кальция, аскорбиновой кислоты и цистеина, использовались для предотвращения потемнения переработанных фруктовых продуктов. Например, добавление аскорбиновой кислоты уменьшает потемнение пюре из манго, обработанного НРР. Хотя полностью инактивировать ферменты в купажируемых соках с мякотью с помощью этих добавок против потемнения

невозможно, так как во время смешивания фруктов в матрицу попадает значительное количество кислорода, который катализирует процесс порчи. Тем не менее обработка НРР устраняет недостатки традиционной термической обработки, но имеет ограниченную эффективность для инактивации ПФО, поскольку ПФО является термо- и баррорезистентным ферментом. Комбинирование термоактивированного НРР (600 МПа в течение 5 мин при 90 °С) с лимонной кислотой (2%) полностью инактивировала ПОД в грушевом пюре, а ПФО инактивация составила только 60%. Также установлено, что синергетический эффект НРР-термического процесса обработки (200–600 МПа при 25 и 60 °С) снижал активность ПФО до 94% при 500 МПа и 25 °С в персиковом пюре [23].

В продуктах из клубники окислительные ферменты ПФО и ПОД приводили к деградации биологически активных веществ, таких как полифенолы, а антоцианы в конечном итоге вызывали изменение цвета. Было установлено, что активность ПФО и ПОД в мякоти клубники постепенно снижалась с повышением уровня давления (400–600 МПа) или увеличением времени обработки (5–25 мин) при комнатной температуре. Точно так же обработка НРР снижала активность ПОД до 35,7% после 5 мин обработки, однако через 10 мин уровень возрос до 71,9%. По мнению авторов исследования, восстановление активности ПОД может быть связано с индуцированными НРР конформационными изменениями в белках или ферментах. НРР нарушал структуру, стабильность и функциональность белка, а также внутримолекулярное взаимодействие и/или взаимодействие между функциональными группами белка и растворителем (обычно водой). Остаточная активность ПОД снизилась до 54,5–50 [44]. Ферменты более стабильны в гомогенатной форме, где они защищены такими молекулами, как белки, углеводы и пектин. В ходе исследования установлено снижение активности ПФО на 11–30% после обработки НРР (400–600 МПа в течение 1,5–3 мин) по сравнению с термообработанным клубничным пюре (т.е. снижение активности фермента на 24%) [45]. Однако активность ПФО постепенно удваивалась (в среднем 189% свежеприготовленного пюре) в течение 49 сут хранения (6 °С) за счет обратимой структурной модификации белков. Кроме того, клубничный сок, обработанный НРР, показал инактивацию ПФО после обработки и во время хранения. Но следует отметить, что активность ПФО зависит от типа и уровня эндогенных фенольных соединений, присутствия кислорода и pH матрицы.

Обработка НРР ананасового пюре (600 МПа в течение 20 мин при 70 °С) привела к снижению ПФО (92%) и ПОД (96%). Однако результаты, полученные в результате обработки только НРР (без термической обработки), показали меньшую инактивацию ПФО (45%), ПОД (47%) при 600 МПа/30 °С в течение 20 мин [46]. А вот применение комбинированной обработки НРР и термической обработки (600 МПа при 70 °С) пюре из тыквы позволило добиться большей инактивации ПФО. Следовательно, для инактивации ПФО целесообразно использовать сочетание НРР и термической обработки (690 МПа в течение 2 и 5 мин при 80 °С) [21].

Воздействие высокого давления на белки в растворе способствует структурной перестройке системы макромолекула/растворитель, что приводит к уменьшению ее объема. Проводилась оценка влияния НРР (600 МПа в течение 1 мин) и кратковременной высоко-

температурной обработки (110 °С в течение 8,6 с) на качество нектара манго. Согласно полученным результатам, ПФО и ПОД были полностью инактивированы во всех обработанных образцах, а в процессе хранения при температуре 4 и 25 °С для всех обработок активность не выявлена [47].

В последние годы было проведено несколько исследований по обработке купажированных фруктовых пюре НРР. Результаты показали, что инактивация ПМЭ носит комплексный характер и не влияет на вкус продуктов, обработанных НРР. Кроме того, ферменты ПФО и ПОД оставались полностью активными после обработки НРР (350–600 МПа в течение 3–5 мин при 10 °С), что вызывало потемнение и изменение цвета и вкуса пюреобразных продуктов [43]. Результаты некоторых проведенных исследований о влиянии обработки НРР фруктовых пюре обобщены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние НРР на ферментативный профиль фруктовых пюре, мякоти и нектара

Наименование фруктового сырья	Ферменты	Параметры НРР	Сравнение или комбинирование с другими методами обработки	Результат воздействия на ферменты	Источник
Пюре из персика (<i>Prunus persica</i> , сорта <i>Redhaven</i>)	ПФО	200–600 МПа в течение 2–23 мин при 25–45 °С	В сочетании с ТП (50–60 °С, 2–30 мин)	Снижение ОА на 24% при 300 МПа, 66% при 400 МПа и 94% при 500 МПа по сравнению с контрольными значениями при 25 °С через 10 мин	[23]
Пюре из тыквы (сорт <i>Butternut</i>)	ПФО	300–900 МПа	В сочетании с ТП (60–80 °С в течение 1 мин)	Все виды обработки значительно снижали активность ПФО, за исключением 300 МПа / 70 °С, которые повышали активность ПФО	[21]
Пюре из банана (<i>Musa cavendishii</i> L.)	ПФО	500 МПа в течение 10 мин	По сравнению с ТП (90 °С в течение 2 мин)	19,41 % ОА	[49]
Пюре из сливы (<i>Prunus salicina</i> Lindl.)	ПФО	400–600 МПа в течение 1–300 с	По сравнению с ТП (85 °С в течение 5 мин)	Первоначальная активность ПФО не изменилась	[42]
Пюре из красной сливы с мякотью и кожурой (сорт <i>Crimson Globe</i>)	ПФО	300–900 МПа в течение 1 мин при 60–80 °С	По сравнению с ТП (85 °С в течение 5 мин)	87–39 % ОА	[42]
Пюре из ананаса (<i>Ananas comosus</i> L.)	ПФО, ПМЭ и ПО	100–600 МПа, время 0–30 мин	В сочетании с ТП (20–70 °С)	Инактивацию ПФО, ПОД и ПМЭ наблюдали при 600 МПа / 60 °С / 10 мин для образцов с pH 3,0; 3,5 и 4,0 соответственно	[46]
Пюре из ананаса (<i>Ananas comosus</i> L.)	ПФО и ПОД	0,1–600 МПа время 0–20 мин	В сочетании с ТП (30–70 °С)	ПОД: инактивация 63% и 96% при 200 МПа / 70 °С и 600 МПа / 70 °С в течение 20 мин соответственно. ПФО: инактивация 22% и 45% при 200 МПа/30 °С и 600 МПа/30 °С в течение 20 мин соответственно	[46]

Окончание табл. 2

Наименование фруктового сырья	Ферменты	Параметры НРР	Сравнение или комбинирование с другими метода- ми обработки	Результат воздействия на ферменты	Источник
Грушевое пюре	ПФО и ПОД	600 МПа, 90 °С, 5 мин	ТП (90 °С, 7 мин) и лимонная кис- лота (2 %, к общ. весу)	Во время НРР + ТР + ли- монная кислота, ПФО: 60 % инактивировано. ПОД: полностью инак- тивирован	[41]
Яблочное пюре	ПФО	600 МПа в течение 15 мин	В сочетании с ТП (62 °С)	Активируется на 94 % через 5 мин обработки. Однако ПФО показал 89 % ОА при комнатной температуре и 59 % ОА при 62 °С	[45] [14]
Пюре из клуб- ники (<i>Fragaria</i> <i>ananassa</i> , сорта <i>Camarosa</i>)	ПФО	600 МПа в течение 15 мин	В сочетании с ТП (62 °С)	Инактивируется с 63 % ОА через 5 мин до 8 % ОА через 60 мин. Клуб- ника <i>Camarosa</i> ПФО показала наименьшую ОА 19 % при комнатной температуре и 2 % при 62 °С	[44]
Клубничное пюре (<i>Fragaria</i> <i>ananassa</i> cv. <i>Festival</i> and <i>Aroma</i>)	ПОД и ПФО	100–690 МПа в течение 5–15 мин при 24–90 °С	В сочетании с ТП (25–90 °С, 5–30 мин)	ПФО: инактивация 23 % ПОД: инактивация 72 %, при 690 МПа, 90 °С	[44]
Клубничное пюре (<i>Fragaria</i> <i>ananassa</i>)	ПФО	400–600 МПа в течение 1,5 или 3 мин при 20 °С	По сравнению с ТП (85 °С в тече- ние 2 мин)	Показал 11–30 % ОА, неуклонно увеличивал- ся во время хранения. После 49 суток хране- ния активность соста- вила в среднем 189 %	[35] [44]
Клубничное пюре (<i>Fragaria</i> <i>ananassa</i> , сорт <i>Elsanta</i>)	ПГ, ПМЭ, ПРО	200–600 МПа при 40–80 °С в течение 2,5–10 мин. 0–30 % до- бавленного сахара		Инактивация ПФО: 50 %, ПМЭ: 67%, ПГ: 80 % при 600 МПа / 80 °С / 10 мин / 30 % добавлен- ного сахара	[21] [40]
Пюре из манго	ПМЭ ПФО и ПОД	400–550 МПа в течение 2–16 мин	По сравнению с ТП (34–59 °С)	ОА ПМЭ (26,9–38,6 %) и ПОД (44,7–53 %) в пюре при 450 МПа / 8–16 мин / 59 °С и 550 МПа / 4–16 мин / 59 °С соответственно	[30]
Пюре из манго	ПМЭ ПФО и ПОД	600 МПа 10 минут при 52 °С	По сравнению с ТП (95 °С в тече- ние 15 мин)	ОА ПМЭ составляла 14–30 % и 30–42 %, ОА ПФО составила 54–69 % и 27–40 %, ОА ПОД 36–72 % и 75–91 % в кон- це ускоренного охлажде- ния и хранения	[30]
Фруктовый смузи (яблочный сок, апельсиновый сок, клубника, яблочное и бана- новое пюре)	ПФО, ПОД, ПМЭ	350 и 450 МПа в течение 5 мин и 600 МПа в течение 3 мин при 10 °С	По сравнению с ТП (85 °С в тече- ние 7 мин)	Ферменты были стабильны к обработ- ке НРР, так как ПФО показал ОА 100–101 %, POД – 100–91,3 %, а ПМЭ показал 2,67–1,58 (мкг ⁻¹) ОА	[24]
Фруктовый коктейль (клуб- ника, яблоки, сок яблочный концентрирован- ный, апельсин и банан)	ПФО	450 МПа в те- чение 5 мин или 600 МПа в течение 10 мин при 20 °С	По сравнению с ТП (70–90 °С в течение ≥ 10 мин)	Снижение активности на 83 % при 600 МПа	[48]

Примечания: НРР – обработка под высоким давлением; ПГ – полигалактуроназа; ПМЭ – пектинметилэстераза; ПОД – пероксидаза; ПФО – полифенолоксидаза; ОА – остаточная активность; ТП – термическая пастеризация.

Заключение

Ключевыми задачами по обеспечению качества и безопасности продукции являются снижение микробиологической обсемененности продукта и инактивация ферментов. Результаты научного обзора показывают, что за последние два десятилетия процесс обработки НРР различных фруктовых напитков, таких как соки, пюре, соки с мякотью и нектары, с целью инактивации эндогенных ферментов был достаточно изучен. Следует отметить, что интенсивность воздействия технологии обработки на ферментативную активность различна и зависит как от вида обрабатываемого продукта, его химического состава, так и от параметров воздействия. В целом результаты влияния технологии обработки НРР на большинство исследованных ферментов, таких как полифенолоксидаза (ПФО), пероксидаза (ПОД), пектинметилэстераза (ПМЭ) и полигалактуроназа (ПГ), во фруктовых соках и смузи существенно различаются. Более того, некоторые авторы научных исследований установили, что после обработки НРР происходит увеличение ферментативной активности. Необходимо отметить, что для повышения эффективности действия НРР использовались комбинированные методы обработки, такие как температурная обработка или внесение природных противомикробных агентов наряду с действием технологии НРР. Общим выводом можно считать, что инактивация ферментов зависит от источника ферментов, pH среды, типа и доступности субстрата, пищевой матрицы, условий температуры и давления. В условиях конкретного применения технологии обработки НРР, с целью эффективности воздействия, необходимо подбирать параметры обработки, изменение которых легкодоступно и не требует дополнительных затрат. В дальнейшем необходимо проводить дополнительные исследования по изучению подробного механизма структурной модификации, инактивации, реактивации или ингибирования ферментов деградации/созревания или потемнения, вызванных обработкой НРР. Широкое применение технологии обработки НРР эффективно не только для процесса инактивации ферментов, но и с целью снижения потребности вносить различные агенты и антиокислители, а также возможности получать качественные продукты с минимальной обработкой и высокой пищевой ценностью.

Список литературы

1. Aadil R.M., Madni G.M., Roobab U., Ur Rahman U., Zeng X.A. Quality control in beverage production: An overview. In *Quality Control in the Beverage Industry: Volume 17: The Science of Beverages* (edited by A.M. Grumezescu & A.M. Holban). 2019. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
2. Бурак Л.Ч. Современные методы консервирования, применяемые в пищевой промышленности. Обзор. *The Scientific Heritage*. 2022. № 89 (89). С. 106–124. DOI: 10.5281/zenodo.6575888.
3. Roobab U., Aadil R.M., Madni G.M., Bekhit A.E.D. The impact of nonthermal technologies on the microbiological quality of juices: a Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 17. P. 437–457.
4. Porto-Fett A.C.S., Jackson-Davis A., Kassama L.S. et al. Inactivation of shiga toxin-producing *Escherichia coli* in refrigerated and frozen meatballs using high pressure processing. *Microorganisms*. 2020. Vol. 8. P. 360.
5. Taddei R., Giacometti F., Bardasi L. Effect of production process and high-pressure processing on viability of *Listeria innocua* in traditional Italian dry-cured coppa. *Italian Journal of Food Safety*. 2020. Vol. 9. P. 104–109.
6. Usaga J., Acosta Ó., Churey J.J., Padilla-Zakour O.I., Worobo R.W. Evaluation of high pressure processing (HPP) inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica*, and *Listeria monocytogenes* in acid and acidified juices and beverages. *International Journal of Food Microbiology*. 2021. Vol. 339. P. 109034.
7. Sardão R., Amaral R.A., Alexandre E.M., Saraiva J.A., Pintado M. Effect of high-pressure processing to improve the safety and quality of an *Quercus acorn* beverage. *LWT*. 2021. Vol. 149. P. 111858.
8. Sazonova S., Gramatina I., Klava D., Galoburda R. Effect of high pressure processing on raw pork microstructure and water holding capacity. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17. P. 1452–1459.
9. Hou R., Liu Y., Li W. Effect of high pressure processing on the microstructure, myofibrillar protein oxidation, and volatile compounds of sauce lamb tripe. *International Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 16. P. 20190132.
10. Šeremet D., Karlović S., Vojvodić Cebin A., Mandura A., Ježek D., Komes D. Extraction of bioactive compounds from different types of tea by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2021. Vol. 45. P. e15751.
11. Agcam E., Akyıldız A., Kamat S. & Balasubramanian V.M. Bioactive compounds extraction from the black carrot pomace with assistance of high pressure processing: an optimization study. *Waste and Biomass Valorization*. 2021. Vol. 12. P. 1–19.
12. Roobab U., Khan A.W., Lorenzo J.M. A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing (2018–2021). *Food Research International*. 2021. Vol. 150. P. 110792.
13. Zhou L., Liu W., Stockmann R., Terefe N.S. Effect of citric acid and high pressure thermal processing on enzyme activity and related quality attributes of pear purée. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2018. Vol. 45. P. 196–207.
14. Marszałek K., Szczepańska J., Starzonek S. Enzyme inactivation and evaluation of physicochemical properties, sugar and phenolic profile changes in cloudy apple juices after high pressure processing, and subsequent refrigerated storage. *Journal of Food Process Engineering*. 2019. Vol. 42. P. e13034.
15. Morales-de la Peña M., Salinas-Roca B., Escobedo-Avellaneda Z., Martín-Belloso, O. Weltri-Chanes J. Effect of high hydrostatic pressure and temperature on enzymatic activity and quality attributes in mango purée varieties (cv. Tommy Atkins and Manila). *Food and Bioprocess Technology*. 2018. Vol. 11. P. 1211–1221.
16. Wibowo S., Essel E.A., Man S.D. Comparing the impact of high pressure, pulsed electric field and thermal pasteurisation on quality attributes of cloudy apple juice using targeted and untargeted analyses. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2019. Vol. 54. P. 64–77.

17. Marszałek K., Woźniak Ł., Skąpska S., Mitek M. High pressure processing and thermal pasteurisation of strawberry purée: quality parameters and shelf life evaluation during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54. P. 832–841.
18. Roobab U., Shabbir M.A., Khan A.W. High-pressure treatments for better quality clean-label juices and beverages: overview and advances. *LWT*. 2021. Vol. 149. P. 111828.
19. Chen T., Li B., Shu C. Combined effect of thermosonication and high hydrostatic pressure on bioactive compounds, microbial load, and enzyme activities of blueberry juice. *Food Science and Technology International*. 2021.
20. Szczepańska J., Pinto C.A., Skąpska S., Saraiva J.A., Marszałek K. Effect of static and multi-pulsed high pressure processing on the rheological properties, microbial and physico-chemical quality, and antioxidant potential of apple juice during refrigerated storage. *LWT*. 2021. Vol. 150. P. 112038.
21. Jesus A.L.T.D., Leite T.S., Cristianini M. High isostatic pressure and thermal processing of açai fruit (*Euterpe oleracea* Martius): Effect on pulp color and inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase. *Food Research International*. 2018. Vol. 105. P. 853–862.
22. Tan P.F., Ng S.K., Tan T.B., Chong G.H., Tan C.P. Shelf life determination of durian (*Durio zibethinus*) paste and pulp upon high-pressure processing. *Food Research*. 2019. Vol. 3. P. 221–230.
23. Bleoanca I., Neagu C., Turtoi M., Borda D. Mild-thermal and high pressure processing inactivation kinetics of polyphenol oxidase from peach purée. *Journal of Food Process Engineering*. 2018. Vol. 41. P. e12871.
24. Hurtado A., Picouet P., Jofré A., Guàrdia M.D., Ros J.M., Bañón S. Application of high pressure processing for obtaining “fresh-like” fruit smoothies. *Food and Bioprocess Technology*. 2015. Vol. 8. P. 2470–2482.
25. Sreedevi P., Jayachandran L.E. & Srinivasa Rao P. Application of high-pressure processing for extending the shelf life of sugarcane juice under refrigerated conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020. Vol. 44. P. e14957.
26. Ramaswamy H.S., Riahi E. High-pressure inactivation kinetics of polyphenol oxidase in apple juice. *Applied Biotechnology. Food Science and Policy*. 2003. Vol. 1. P. 189–197.
27. Del Pozo-Insfran D.D., Follo-Martinez A.D., Talcott S.T., Brenes C.H. Stability of copigmented anthocyanins and ascorbic acid in muscadine grape juice processed by high hydrostatic pressure. *Journal of Food Science*. 2017. Vol. 72. P. 247–253.
28. Juarez-Enriquez E., Salmeron-Ochoa I., Gutierrez-Mendez N., Ramaswamy H.S. Shelf life studies on apple juice pasteurised by ultrahigh hydrostatic pressure. *LWT – Food Science and Technology*. 2015. Vol. 62. P. 915–919.
29. Augusto P.E.D., Tribst A.A.L., Cristianini M. High hydrostatic pressure and high-pressure homogenization processing of fruit juices. In: *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis* (edited by G. Rajauria & B.K. Tiwari). 2018. P. 393–421. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.
30. Kaushik N., Rao P.S., Mishra H.N. Comparative analysis of thermal-assisted high pressure and thermally processed mango pulp: influence of processing, packaging, and storage. *Food Science and Technology International*. 2018. Vol. 24. P. 15–34.
31. Gao G., Zhao L., Ma Y., Wang Y., Sun Z. Microorganisms and some quality of red grapefruit juice affected by high pressure processing and high temperature short time. *Food and Bioprocess Technology*. 2015. Vol. 8. P. 2096–2108.
32. Rao L., Guo X., Pang X., Tan X., Liao X., Wu J. Enzyme activity and nutritional quality of peach (*Prunus persica*) juice: effect of high hydrostatic pressure. *International Journal of Food Properties*. 2014. Vol. 17. P. 1406–1417.
33. Dars A.G., Hu K., Liu Q., Abbas A., Xie B., Sun Z. Effect of thermo-sonication and ultra-high pressure on the quality and phenolic profile of mango juice. *Foods*. 2019. Vol. 8. P. 298.
34. Zhu J., Wang Y., Li X. Combined effect of ultrasound, heat, and pressure on *Escherichia coli* O157:H7, polyphenol oxidase activity, and anthocyanins in blueberry (*Vaccinium corymbosum*) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2017. Vol. 37. P. 251–259.
35. Chang Y.H., Wu S.J., Chen B.Y., Huang H.W., Wang C.Y. Effect of high-pressure processing and thermal pasteurisation on overall quality parameters of white grape juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2017. Vol. 97. P. 3166–3172.
36. Aadil R.M., Madni G.M., Roobab U., Ur Rahman U., Zeng X.A. Quality control in beverage production: An overview. In *Quality Control in the Beverage Industry: Volume 17: The Science of Beverages* (edited by A.M. Grumezescu & A.M. Holban). 2017. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.
37. Hou Z., Zhang Y., Qin X., Zhao L., Wang Y., Liao X. High pressure processing for sea buckthorn juice with higher superoxide dismutase activity. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2018. Vol. 57. P. 252–263.
38. Liu Y., Zhao X.Y., Zou L., Hu X.S. Effect of high hydrostatic pressure on overall quality parameters of watermelon juice. *Food Science and Technology International*. 2013. Vol. 19. P. 197–207.
39. Abid M., Jabbar S., Hu B. Synergistic impact of sonication and high hydrostatic pressure on microbial and enzymatic inactivation of apple juice. *LWT – Food Science and Technology*. 2014. Vol. 59. P. 70–76.
40. Vervoort L., Van Der Plancken I. & Grauwet T. Comparing equivalent thermal, high pressure and pulsed electric field processes for mild pasteurisation of orange juice: Part II: Impact on specific chemical and biochemical quality parameters. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2011. Vol. 12. P. 466–477.
41. Sulaiman A., Soo M.J., Yoon M.M.L., Farid M., Silva F.V.M. Modeling the polyphenoloxidase inactivation kinetics in pear, apple and strawberry purées after high pressure processing. *Journal of Food Engineering*. 2015. Vol. 147. P. 89–94.
42. Yi J., Kebede B., Kristiani K. The potential of kiwifruit purée as a clean label ingredient to stabilise high pressure pasteurised cloudy apple juice during storage. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 255. P. 197–208.
43. García-Parra J., González-Cebrino F., Delgado J., Cava R., Ramírez R. High pressure assisted thermal processing of pumpkin purée: Effect on microbial counts, color, bioactive compounds and polyphenoloxidase enzyme. *Food and Bioprocess Processing*. 2016. Vol. 98. P. 124–132.
44. Cao X., Zhang Y., Zhang F., Wang Y., Yi J., Liao X. Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021. Vol. 91. P. 877–885.
45. Aaby K., Grimsbo I.H., Hovda M.B., Rode T.M. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. *Food Chemistry*. 2018. Vol. 260. P. 115–123.
46. Chakraborty S., Baier D., Knorr D. & Mishra H.N. High pressure inactivation of polygalacturonase, pectinmethylesterase and polyphenoloxidase in strawberry purée mixed with sugar. *Food and Bioprocess Processing*. 2015. Vol. 95. P. 281–291.
47. Liu W., Zhang M. & Bhandari B. Nanotechnology – A shelf life extension strategy for fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. Vol. 60. P. 1706–1721.
48. Keenan D.F., Röble C., Gormley R., Butler F., Brunton N.P. Effect of high hydrostatic pressure and thermal processing on the nutritional quality and enzyme activity of fruit smoothies. *LWT – Food Science and Technology*. 2018. Vol. 45. P. 50–57.
49. Xu Z., Wang Y., Ren P., Ni Y., Liao X. Quality of banana purée during storage: a comparison of high pressure processing and thermal pasteurisation methods. *Food and Bioprocess Technology*. 2016. Vol. 9. P. 407–420.

СТАТЬИ

УДК 574.5

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ
НА ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ БЕЙСУГСКОГО ЛИМАНА РАБОТ
ПО ЛИКВИДАЦИИ СКВАЖИН И ЭСТАКАДЫ
ПРОМЫСЛОВОГО ГАЗОСБОРНОГО ПУНКТА
НА БЕЙСУГСКОМ ГАЗОВОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Денисенко О.С.

*ООО «Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований», Краснодар,
e-mail: rosfishcenter@mail.ru*

В данной работе проанализированы, обобщены и изложены основные результаты собственных гидрологических, гидробиологических и ихтиологических научных исследований по определению возможного влияния работ по ликвидации скважин № 28, 29, 31, 32 Бейсугского месторождения с демонтажем эстакады промыслового газосборного пункта и шлейфов к скважинам на состояние водных биоресурсов Бейсугского лимана Азовского моря. Приведена характеристика современного состояния качественных и количественных показателей развития биоты Бейсугского лимана Азовского моря, проанализированы используемые при проектировании и планировании работ практические подходы и технические решения. Детально изложено влияние различных типов проводимых работ на состояние основных групп гидробионтов Бейсугского лимана Азовского моря с детализацией каждого из видов воздействия. Произведен расчет возможной величины вреда водным биоресурсам Бейсугского лимана Азовского моря по всем нормируемым параметрам и показателям в соответствии с действующими нормативными правовыми актами в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов с определением основных параметров негативного воздействия. Проведено многокомпонентное компьютерное имитационное моделирование параметров распространения и седиментации дополнительной технологической взвеси с использованием компьютерного модуля ИМРВ «Поток» 1.0. Определены основные виды и направления осуществления необходимых компенсационных мероприятий с использованием приоритетных объектов искусственного воспроизводства, рекомендованных научно-исследовательскими организациями Федерального агентства по рыболовству к выпуску в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна.

Ключевые слова: Азово-Черноморский рыбохозяйственный бассейн, Бейсугский лиман, гидробионты, видовой состав, дноуглубительные работы, искусственное воспроизводство

**DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE NEGATIVE IMPACT
ON THE AQUATIC BIORESOURCES OF THE BEISUG ESTUARY
OF THE WORK ON THE LIQUIDATION OF WELLS AND THE FLYOVER
OF THE FIELD GAS COLLECTION POINT AT THE BEISUG GAS FIELD**

Denisenko O.S.

Azov-Black Sea Scientific Center for Fisheries Research, Krasnodar, e-mail: rosfishcenter@mail.ru

This paper analyzes, summarizes and presents the main results of our own hydrological, hydrobiological and ichthyological scientific research to determine the possible impact of work on the liquidation of wells No. 28, 29, 31, 32 of the Beisug field with the dismantling of the flyover of the field gas collection point and plumes to the wells on the state of aquatic bioresources of the Beisug estuary of the Sea of Azov. The characteristics of the current state of qualitative and quantitative indicators of the development of the biota of the Beisug estuary of the Sea of Azov are given, practical approaches and technical solutions used in the design and planning of work are analyzed. The influence of various types of work carried out on the condition of the main groups of hydrobionts of the Beisug estuary of the Sea of Azov is described in detail, with details of each of the types of impact. The calculation of the possible amount of harm to the aquatic biological resources of the Beisug estuary of the Sea of Azov for all normalized parameters and indicators in accordance with the current regulatory legal acts in the field of fisheries and conservation of aquatic biological resources with the determination of the main parameters of the negative impact. Multicomponent computer simulation of the parameters of propagation and sedimentation of additional technological suspension using the computer module IMRV "Stream" 1.0 was carried out. The main types and directions of implementation of the necessary compensatory measures with the use of priority objects of artificial reproduction recommended by research organizations of the Federal Agency for Fisheries for release into the water bodies of the Azov-Black Sea Fisheries Basin are determined.

Keywords: Azov-Black Sea fishery basin, Beysug estuary, hydrobionts, species composition, dredging, artificial reproduction

Проектируемые к ликвидации производственные объекты расположены в Бейсугском лимане с выходом на территорию Ясенской косы. Вся эта территория является ООПТ регионального значения – прибрежный природный комплекс «Ясенская коса»,

акватория Бейсугского лимана – и подпадает под действие федеральных и региональных законов об ООПТ.

Бейсугский лиман Азовского моря площадью около 38 000 га располагается на территории Приморско-Ахтарского

района Краснодарского края и, по сути, является затопленной морскими водами устьевой частью р. Бейсуг. Длина Бейсугского лимана составляет около 30 км, ширина до 12 км, средняя глубина около 1,7 м. Бейсугский лиман в настоящее время отделен от акватории Азовского моря Ясенской косой длиной около 14 км, водообмен осуществляется через Ясенское и Бугазское гирла.

В лиман ежегодно поступает около 230 млн м³ пресной воды из р. Бейсуг и через Челбасское гирло, из лимана Кушеватый и серию более мелких лиманов (лиман Сладкий, лиман Горький и др.) воды из р. Челбас.

Правообладатель объекта: ООО «Газпром добыча Краснодар». Лицензия на право пользования недрами КРД № 04009 НЭ зарегистрирована Федеральным агентством по недропользованию по Краснодарскому краю 17 сентября 2009 г. Срок действия лицензии до 31 декабря 2030 г.

Бейсугское месторождение расположено в Приморско-Ахтарском районе Краснодарского края, в 9 км к северо-востоку от г. Приморско-Ахтарска. Ближайшие населенные пункты – станица Бородинская и хутор Морозовский. Основная часть Бейсугского месторождения расположена под акваторией Бейсугского лимана. На юго-западе лиман отделен от Азовского моря полуостровом, сужающимся в северном направлении и переходящим в Ясенскую косу, омываемую с запада Азовским морем, а с востока – Бейсугским лиманом [1, 2].

Работы по ликвидации скважин № 28, 29, 31, 32 Бейсугского месторождения с демонтажем эстакады промышленного газосборного пункта и шлейфов к скважинам планируется производить с июля 2024 г. по апрель 2025 г. силами эксплуатирующей организации – ООО «Газпром добыча Краснодар».

Цель исследования – определение параметров негативного влияния работ по ликвидации скважин № 28, 29, 31, 32 Бейсугского месторождения с демонтажем эстакады промышленного газосборного пункта и шлейфов к скважинам на состояние водных биоресурсов Бейсугского лимана, расчет вреда водным биоресурсам и среде их обитания, а также определение основных видов и направлений осуществления компенсационных мероприятий с использованием приоритетных объектов искусственного воспроизводства, рекомендованных научно-исследовательскими организациями к выпуску в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна.

Материалы и методы исследования

В качестве приоритетных методических основ и подходов при проведении исследований по оценке характера воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на биоресурсы Бейсугского лимана в зоне проведения работ использованы основополагающие законодательные акты [3, 4].

Источниками получения исходных данных о гидробиологической и ихтиологической характеристике Бейсугского лимана являлся анализ научных данных, опубликованных в рецензируемых научных изданиях за предшествующие 10 лет, собственные опубликованные материалы и фондовые данные гидробиологического мониторинга за 2012–2022 гг., осуществляемого в рамках производственного экологического контроля.

В процессе производства работ, связанных с разработкой и удалением, перемешиванием или отсыпкой грунта под водой, неизбежен вынос некоторого количества частиц грунта течением из зоны работ и, как следствие, формирование дополнительных (технологических) наносов, концентрации которых превышают фоновые значения мутности в водном объекте. Для определения видов и параметров такого воздействия применялась сертифицированная имитационная математическая модель ИМРВ «Поток» 1.0 [5, 6].

При осуществлении сбора, анализа и последующей обработки всех видов проб нами были использованы методики и определители [7–9].

Результаты исследования и их обсуждение

Объект представляет собой совокупность сооружений, размещенных в Бейсугском лимане. Скважины № 28, 29, 31 и 32 пробурены с общей эстакады (платформы), вынесенной в Бейсугский лиман (рис. 1).

К промышленной эстакаде (платформе) ведет эстакада (на металлических опорах), выполняющая роль подъезда к скважинам. Шлейфы скважин № 31, 29 и 32 представляют собой два промышленных трубопровода диаметром 114 мм, уложенных по дну Бейсугского лимана. Шлейфы скважин предназначены для подачи добывавшегося ранее газа на групповую установку (ГУ-2), расположенную примерно в 800 м (по подъездной дороге) от берега лимана.

Работами предусматривается: ликвидация скважин № 29, 31 и 32; срезка верхней части скважин № 28, 29, 31 и 32 с установкой заглушек; демонтаж шлейфов от скважин № 28, 29, 31 и 32; демонтаж шлейфа от ранее ликвидированных скважин № 67 и 68; демонтаж платформы скважин; демонтаж эстакады.



- 1 - эстакада (платформа) площадка скв. №28, №29, №31, №32
 2 - эстакада (подъезд к скважинам), (вдоль эстакады по дну лимана проложены 2 шлейфа)
 3 - шлейф ледостойкого основания

Рис. 1. Обзорная схема расположения ликвидируемых объектов

Таким образом, проект включает в себя две группы работ: работы, выполняемые по ликвидации скважин № 29, 31 и 32; работы, выполняемые по демонтажу оборудования (шлейфы скважин) и эстакады (платформы), на которой размещены скважины.

Анализ гидробиологических показателей в месте проведения работ

Фитопланктон Бейсугского лимана в месте проведения работ был представлен 96 видами водорослей, среди которых наиболее многочисленны диатомовые (34,4%), пиропитовые (34%), сине-зеленые (15,8%) и протококковые (15,8%) водоросли [10, 11].

Характерной особенностью Бейсугского лимана является присутствие редко встречающихся в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне видов фитопланктона, прежде всего: *Proschkinia bulnheimii*, *Hippodonta hungarica*, *H. Capitata*, *Diploneis suborbicularis*. В Бейсугском лимане отмечено высокое видовое разнообразие бентосных и эпифитных диатомовых водорослей, среди которых наиболее массовые видами в районе производства работ были диатомовые водоросли рода *Navicula*, в частности виды *N. Salinarum*, *N. trivialis* и *N. placentula*, а также видов *Amphora ovalis*, *A. twentana* и *Craticula halophila*.

Среднегодовая численность фитопланктона составила 26 млрд кл./м³, среднегодовая биомасса – 10,2 г/м³.

Особо охраняемые виды, внесенные в Красную книгу Краснодарского края и Красную книгу России, в составе фитопланктона в месте проведения работ отсутствуют.

Зоопланктон Бейсугского лимана в месте проведения работ был представлен более чем 60 видами, среди которых были отмечены планктонные: *Rotifera* (*Asplanchna priodonta*, *Brachionus angularis* Br. *calyciflorus amphicerus*, Br. *Urceus*, *Euchlanis dilatata*, *Keratella cochlearis*, *Lecana luna*, *Lepadella patella*, *Synchaeta oblonga*, *Testudinella insica* и другие виды), *Copepoda* (*Acanthocyclops bicuspidatus*, *A. vernalis*, *A. viridis*, *Calanipeda aqua dulces*, *Cyclops furcifer*, *C. Strenuous*, *Cyclops vicinus*, *Diaptomus coeruleus*, *D. salinus*, *Eucyclops serrulatus*, *E. velox*, *Macrocyclus albidus*, *Microcyclus gracilis*, *Paracartia latisetosa* и другие виды), *Cladocera* (*Alona affinis*, *A. Rectangular*, *Bosmina longirostris*, *Chidorus sphaericus*, *Daphnia cristata*, *D. Hyaline*, *D. Longispina*, *D. magna*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Moina micrura*, *Sida crystallina* и другие виды) и временно планктонные гидробионты (*Larva Bivalvia*, *Olygochaeta*, *Imago Insecta*).

Среднегодовая численность зоопланктона составила 47,18 тыс. экз./м³, среднегодовая биомасса – 0,225 г/м³.

Особо охраняемые виды, внесенные в Красную книгу Краснодарского края и Красную книгу России, в составе зоопланктона в месте проведения работ отсутствуют.

Зообентос Бейсугского лимана в месте проведения работ был представлен эвригалинными азовскими видами средиземноморского происхождения (*Polychaeta*, *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Amphipoda*, *Cumacea*, *Isopoda*, *Oligochaeta*) и отдельными видами амфибиотических насекомых (личинками *Chironomidae*). В донных сообществах Бейсугского лимана доминируют пелофильные виды-детритофаги, из которых доминирующим фоновым видом является полихета *Neanthes succinea*.

Основными критическими факторами, влияющими на видовой состав, структуру и пространственное распределение донных сообществ в Бейсугском лимане, являются состав донных осадков, батиметрическая структура водоема и его соленость.

Среднегодовая численность зообентоса составила 1642 экз./м², среднегодовая биомасса – 12,5 г/м².

Особо охраняемые виды, внесенные в Красную книгу Краснодарского края и Красную книгу России, в составе зообентоса в месте проведения работ отсутствуют.

Анализ ихтиофауны в месте проведения работ

Бейсугский лиман может быть отнесен к водным объектам высшей рыбохозяйственной категории [12, 13]. Состав ихтиофауны Бейсугского лимана представлен представителями 11 семейств и 43 видов рыб.

Семейство Анчоусовые (*Engraulidae*): азовский анчоус (хамса) *Engraulis encrasicolus maeoticus*.

Семейство Сельдевые (*Clupeidae*): азовский пузанок (азовская сельдь) *Alosa tanaica*; черноморско-азовская тюлька *Clupeonella cultriventris*.

Семейство Карповые (*Cyprinidae*): амур белый *Ctenopharyngodon idella*; толстолобик пестрый *Aristichthys nobilis*; толстолобик белый *Hypophthalmichthys molitrix*; карась обыкновенный *Carassius carassius*; карась серебряный *Carassius gibelio*; сазан обыкновенный *Cyprinus carpio*; пескарь обыкновенный *Gobio gobio*; чебачок амурский *Pseudorasbora parva*; лещ *Abramis brama*; густера *Blicca bjoerkna*; укляя обыкновенная *Alburnus alburnus*; шемая черноморско-азовская *Alburnus mento*; плотва обыкновенная *Rutilus rutilus* и ее подвид тарань *Rutilus rutilus heckeli*; красноперка обыкновенная *Scardinius erythrophthalmus*; рыбец обыкновенный *Vimba vimba*; чехонь обыкновенная *Pelecus cultratus*; линь обыкновенный *Tinca tinca*.

Семейство Сомовые (*Siluridae*): сом обыкновенный *Silurus glanis*.

Семейство Щуковые (*Esocidae*): щука обыкновенная *Esox lucius*.

Семейство Кефалевые (*Mugilidae*): сингиль *Liza aurata*; пиленгас *Liza haematocheilus*; остронос *Liza saliens*; лобан *Mugil cephalus*.

Семейство Атериновые (*Atherinidae*): атерина черноморская *Atherina boyeri pontica*.

Семейство Колюшковые (*Gasterosteidae*): колюшка трехиглая *Gasterosteus aculeatus*; малая южная колюшка *Pungitius platygaster platygaster*.

Семейство Иголовые (*Syngnathidae*): пухлощекая рыба-игла *Syngnathus abaster*.

Семейство Окуневые (*Percidae*): ерш донской *Gymnocephalus acerina*; окунь речной *Perca fluviatilis*; перкарина азовская *Percarina maeotica*; судак обыкновенный *Sander lucioperca*.

Семейство Бычковые (*Gobiidae*): пуголовка азовская *Benthophilus magistri*; бычок-бубер *Knipowitschia caucasica*; длиннохвостый бычок Книповича *Knipowitschia longicaudata*; бычок-песочник *Neogobius fluviatilis*; мраморный бычок *Pomatoschistus marmoratus*; малый бычок *Pomatoschistus minutus*; бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus*; бычок-травяник *Zosterisessor ophiocephalus*.

Имитационное математическое моделирование переноса и распространения загрязняющих веществ в водной среде

Для моделирования распространения и седиментации взвеси в водной среде использованы следующие основные данные: технологические особенности работ; гранулометрический состав разрабатываемого грунта; производительность землеройной техники; гидрологические условия в месте проведения работ.

Для проведения разработки грунта используется земснаряд, оборудованный грунтонасосом производительностью 400 м³/ч, с напором 40 м, обеспечивающий подачу пульпы по пульпопроводу диаметром 150–200 мм до 700 м по горизонтали. Земснаряд оборудуется фрезерным рыхлителем (до 5–6 м).

Усредненный гранулометрический состав представлен в табл. 1, гранулометрическая кривая данного типа грунта – на рис. 2.

Преобладающей фракцией изымаемого грунта является размерная группа 0,1–0,05 мм. Эффективный диаметр частиц 50 % обеспеченности равен 0,048 мм.

Для моделирования распространения и седиментации взвеси в водной среде использованы следующие основные данные: технологические особенности работ; гранулометрический состав разрабатываемого грунта; производительность землеройной техники; гидрологические условия в месте проведения работ.

Таблица 1

Гранулометрический состав изымаемых грунтов

Гранулометрический состав, %						
Размер частиц, мм						
1,0–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	< 0,005
0,3	1,2	6,3	41,7	30,1	10,6	9,8
Обеспеченность, %						
100	99,7	98,5	92,2	50,5	20,4	9,8

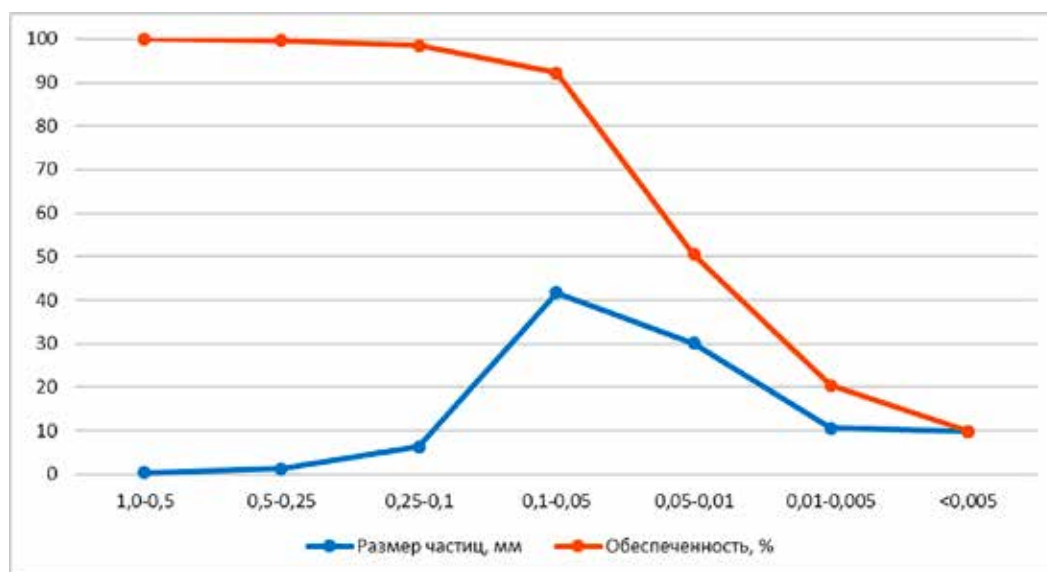


Рис. 2. Гранулометрическая кривая грунтов

С учетом всех видов воздействия в рамках проводимых работ в акватории Бейсугского лимана расчетами доказано наличие повышенной (по сравнению с фоновыми концентрациями) технологической мутности, параметры которой приведены на рис. 3–5 и в табл. 2.

Согласно выполненным исследованиям и осуществленным расчетам выявлено, что общий вред от проводимых работ будет складываться из следующих видов негативного воздействия:

- гибель организмов зообентоса на нарушаемых работами площадях дна акватории Бейсугского лимана;

- гибель и снижение продуктивности организмов фитопланктон и зоопланктон в акватории Бейсугского лимана;

- гибель ихтиопланктона (личинки на стадии эндогенного питания) и ранней молоди рыб размерами более 12 мм в зоне повышенной мутности в акватории Бейсугского лимана;

- гибель организмов фитопланктона, зоопланктона, ихтиопланктона (личинки

на стадии эндогенного питания) и ранней молоди рыб размерами более 12 мм при заборе воды из образовавшихся котлованов при работах по монтажу и демонтажу кессонов вокруг устья скважин и колонн в акватории Бейсугского лимана;

- гибель планктонных кормовых организмов (фитопланктон, зоопланктон), ихтиопланктона (личинки на стадии эндогенного питания) и ранней молоди рыб размерами более 12 мм при заборе воды на разбавление грунта в гидросмеси при демонтаже в акватории Бейсугского лимана.

Демонтаж шлейфов скважин № 28, 29, 31, 32 и шлейфа ледостойкого основания скважин № 67, 68 проводится в пределах ранее существующих сооружений, нерестилища рыб на данных площадях работ отсутствуют, вред не наносится. Повреждение русловых нерестилищ также не будет отмечено при размещении грунта от демонтажа шлейфов скважин № 28, 29, 31, 32 и шлейфа ледостойкого основания скважин на площади подводного отвала, так как данный отвал расположен в непосредственной близости

от демонтируемых сооружений на ранее трансформированных площадях дна Бейсугского лимана, на которых также отсутствует необходимый для нереста субстрат. Соответственно, вред водным биоресурсам от повреждения русловых нерестилищ не рассчитывается.

Учитывая гидрологические характеристики Бейсугского лимана, в месте произ-

водства работ на приустьевой части Бейсугского лимана отсутствуют пойменные нерестилища, работы проводятся на существующих и ранее полностью трансформированных земельных площадях, используемых ООО «Газпром добыча Краснодар». Соответственно, вред водным биоресурсам от повреждения пойменных нерестилищ фитофильных видов рыб не рассчитывается.

ИМРВ "Поток" 1.0		ИМРВ "Поток" 1.0	
Расчет гидравлических параметров водотока		Расчет гидравлических параметров водотока	
Коэффициент Шези (C), м ^{1/3} /с	47,74	Коэффициент Шези (C), м ^{1/3} /с	45,95
Безразмерный параметр M (функция коэф. Шези)	39,42	Безразмерный параметр M (функция коэф. Шези)	38,17
Безразмерный коэффициент N	191,89	Безразмерный коэффициент N	178,85
Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d _{max}), мм	0,00000013531	Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d _{max}), мм	0,00111607143
Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (u _{pred}), м/с	0,002	Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (u _{pred}), м/с	0,029
Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (u _{ср}), м/с	0,00000	Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (u _{ср}), м/с	0,00000
Безразмерный параметр G	0,000	Безразмерный параметр G	0,000
Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E)	0,0000000	Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E)	0,0000000
Гидромеханический параметр (F)	0,14000	Гидромеханический параметр (F)	0,12000
Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток		Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток	
Действующий фронт работ (B _д), м	49,00	Действующий фронт работ (B _д), м	48,00
Расход воды, м ³ /с:		Расход воды, м ³ /с:	
- через фронт работ (Q _д)	0,2156	- через фронт работ (Q _д)	1,5120
- средний в створе работ (Q _{ср})	0,216	- средний в створе работ (Q _{ср})	1,544
Дополнительная мутность, г/л:		Дополнительная мутность, г/л:	
- взмыва (S _{взм})	0,0065	- взмыва (S _{взм})	0,6209
- начальная (в створе работ) (S _н)	0,00	- начальная (в створе работ) (S _н)	0,00
Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (S _т), г/л	0,000915847	Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (S _т), г/л	0,074504105
Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.	0,0	Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.	0,0

ИМРВ "Поток" 1.0		ИМРВ "Поток" 1.0	
Расчет гидравлических параметров водотока		Расчет гидравлических параметров водотока	
Коэффициент Шези (C), м ^{1/3} /с	45,51	Коэффициент Шези (C), м ^{1/3} /с	42,06
Безразмерный параметр M (функция коэф. Шези)	37,85	Безразмерный параметр M (функция коэф. Шези)	35,44
Безразмерный коэффициент N	175,65	Безразмерный коэффициент N	152,00
Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d _{max}), мм	0,00000000002	Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d _{max}), мм	0,003969
Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (u _{pred}), м/с	0,000	Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (u _{pred}), м/с	0,024
Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (u _{ср}), м/с	0,00000	Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (u _{ср}), м/с	0,01952
Безразмерный параметр G	0,000	Безразмерный параметр G	0,195
Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E)	0,0000000	Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E)	0,00001
Гидромеханический параметр (F)	0,22000	Гидромеханический параметр (F)	0,00033
Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток		Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток	
Действующий фронт работ (B _д), м	42,00	Действующий фронт работ (B _д), м	3,00
Расход воды, м ³ /с:		Расход воды, м ³ /с:	
- через фронт работ (Q _д)	0,0139	- через фронт работ (Q _д)	0,0450
- средний в створе работ (Q _{ср})	0,014	- средний в створе работ (Q _{ср})	81,000
Дополнительная мутность, г/л:		Дополнительная мутность, г/л:	
- взмыва (S _{взм})	0,0001	- взмыва (S _{взм})	1,520
- начальная (в створе работ) (S _н)	0,00	- начальная (в створе работ) (S _н)	1950,00
Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (S _т), г/л	0,000017565	Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (S _т), г/л	0,001
Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.	0,0	Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.	196363,6

Рис. 3. Обобщенные статистические данные результатов проведенных расчетов по моделированию распространения и седиментации взвеси в водной среде в рамках проводимых работ

ИМПВ "Поток" 1.0		ИМПВ "Поток" 1.0	
Расчет гидравлических параметров водотока		Расчет гидравлических параметров водотока	
Коэффициент Шези [C], $m^{1/2}/c$	48,77	Коэффициент Шези [C], $m^{1/2}/c$	47,92
Безразмерный параметр M (функция коэф. Шези)	40,14	Безразмерный параметр M (функция коэф. Шези)	39,54
Безразмерный коэффициент N	199,60	Безразмерный коэффициент N	193,22
Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком [d_{max}], мм	0,096451	Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком [d_{max}], мм	0,021169
Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц [u_{lim}], м/с	0,064	Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц [u_{lim}], м/с	0,043
Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц [u_s], м/с	0,11418	Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц [u_s], м/с	0,11418
Безразмерный параметр G	0,381	Безразмерный параметр G	0,571
Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц [E]	0,01631	Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц [E]	0,01631
Гидромеханический параметр [Г]	0,12500	Гидромеханический параметр [Г]	0,12500
Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток		Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток	
Действующий фронт работ [Bd], м	0,50	Действующий фронт работ [Bd], м	0,50
Расход воды, m^3/c		Расход воды, m^3/c	
- через фронт работ [Qd]	0,0750	- через фронт работ [Qd]	0,0450
- средний в створе работ [Qs]	0,075	- средний в створе работ [Qs]	0,045
Дополнительная мутность, г/л		Дополнительная мутность, г/л	
- взмыва [Sвзм]	5,389	- взмыва [Sвзм]	2,576
- начальная (в створе работ) [Sn]	2160,00	- начальная (в створе работ) [Sn]	2160,00
Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока [Sn], г/л	0,674	Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока [Sn], г/л	0,322
Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток [t], сек.	67647,1	Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток [t], сек.	35882,4

Рис. 4. Обобщенные статистические данные результатов проведенных расчетов по моделированию распространения и седиментации взвеси в водной среде в рамках проводимых работ

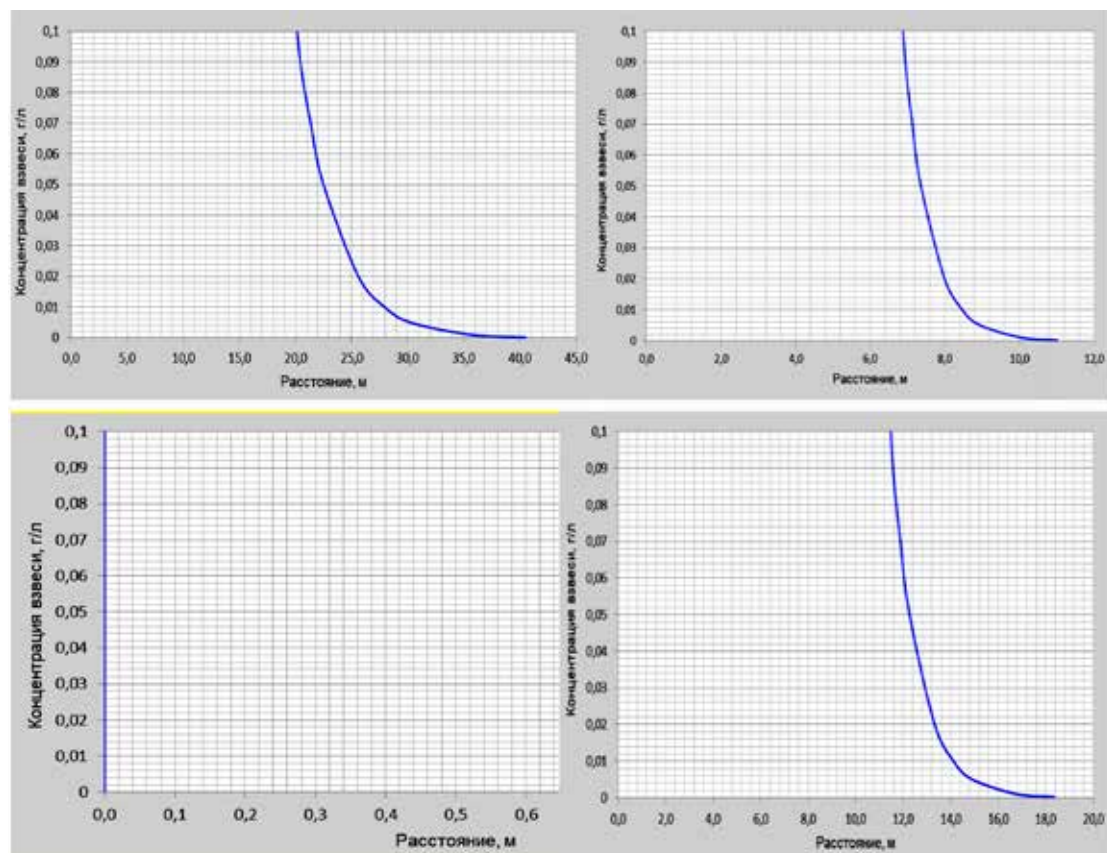


Рис. 5. Обобщенные статистические данные результатов проведенных расчетов по зависимости концентрации повышенной технологической мутности от расстояния от источника воздействия

Таблица 2

Результаты проведенных расчетов по моделированию распространения и седиментации взвеси в водной среде в рамках проводимых работ

Вид воздействия	Объемы шлейфов взвеси с повышенной концентрацией, м ³		Площади переотложения шлейфов взвеси, м ²	
	> 100 мг/л	100–20 мг/л	> 10 мм	5–10 мм
Разработка грунта при демонтаже двух шлейфов в общем объеме 610 м ³ земснарядом	0,00	0,00	0,00	0,00
Разработка грунта при демонтаже шлейфа ледостойкого основания скважин № 67, 68 в объеме 1150 м ³ земснарядом	0,00	0,00	0,00	0,00
Отсыпка грунта в подводный отвал при демонтаже шлейфов скважин № 28, 29, 31, 32 и шлейфа ледостойкого основания скважин № 67, 68 в общем объеме 1760 м ³	0,00	0,00	0,00	0,00
Разработка грунта из подводного отвала в общем объеме 1760 м ³ .	6145,59	1001,3	0,00	0,00
Обратная отсыпка грунта в траншеи, образовавшиеся после демонтажа шлейфа ледостойкого основания скважин № 67, 68 в объеме 1150 м ³	202,87	77,46	0,00	0,00
Обратная отсыпка грунта в траншеи, образовавшиеся после демонтажа двух шлейфов в объеме 610 м ³	221,55	60,25	0,00	0,00

Таблица 3

Результаты расчета вреда водным биоресурсам Бейсугского лимана

Характер негативного воздействия	Общий вред, кг		Величина вреда, кг
	Косвенный характер наносимого вреда (кормовая база)	Прямой характер наносимого вреда (ихтиофауна)	
Гибель кормовых организмов зообентоса на площадях повреждения русла	12,76	—	12,76
Гибель планктонных кормовых организмов (фитопланктон, зоопланктон), гибель ихтиопланктона (личинки на стадии эндогенного питания) и ранней молоди рыб размерами более 12 мм в зоне повышенной мутности	14,16	—	14,16
Гибель планктонных кормовых организмов (фитопланктон, зоопланктон), ихтиопланктона (личинки на стадии эндогенного питания) и ранней молоди рыб размерами более 12 мм при заборе воды из образовавшихся котлованов при работах по монтажу и демонтажу кессонов вокруг устья скважин и колонн	0,68	8,50	9,18
Гибель планктонных кормовых организмов (фитопланктон, зоопланктон), ихтиопланктона (личинки на стадии эндогенного питания) и ранней молоди рыб размерами более 12 мм при заборе воды на разбавление грунта в гидросмеси при демонтаже	15,68	194,49	210,17
Итого	43,28	202,99	246,27

Общий вред гидробионтам Бейсугского лимана от проводимых работ, используемый для определения основных видов и направлений осуществления компенсационных мероприятий с использованием приоритетных объектов искусственного воспроизводства [14, 15], составит 246,27 кг. Результаты проведенных расчетов приведены в табл. 3.

Определены основные виды и направления осуществления компенсационных мероприятий с использованием приоритетных объектов искусственного воспроизводства, рекомендованных научно-исследовательскими организациями к выпуску в водные объекты Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна.

Для компенсации нанесенного вреда рекомендуется выращивание с последующим выпуском в акваторию Азовского моря в районе производства работ сеголеток русского осетра навеской 2,5 г в количестве 2737 экз. или сеголеток севрюги навеской 1,5 г в количестве 5185 экз.

Список литературы

1. Рабаев Р.У., Султанов Ш.Х., Чибисов А.В. Актуальные проблемы освоения мелких газовых и газоконденсатных месторождений на шельфе южных морей России // Наукоемкие технологии в решении проблем нефтегазового комплекса: материалы X Международной молодежной научной конференции. Уфа, 2020. С. 83–86.
2. Иванов С.И. Методы и технические средства повышения эффективности эксплуатации морских газовых и газоконденсатных скважин (на примере Азово-Черноморского шельфа): автореф. дис. ... канд. техн. наук / Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина. Москва, 2004.
3. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 06 мая 2020 года № 238 «Об утверждении Методики определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400411500/> (дата обращения: 19.10.22).
4. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 31 марта 2020 года № 167 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74543552/> (дата обращения: 19.10.22).
5. Денисенко О.С., Живчиков В.Г. ИМПВ «Поток» 1.0 – имитационная математическая модель для расчета распространения и седиментации технологических наносов в водотоках при определении вреда водным биологическим ресурсам // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 129. С. 563–588.
6. Денисенко О.С. Использование математического моделирования в расчетах распространения и седиментации технологических наносов в водотоках при определении вреда водным биологическим ресурсам и среде их обитания // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем: материалы V Всероссийской с международным участием школы-конференции молодых исследователей. 2019. С. 66–69.
7. Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания в Азово-Кубанском рыбохозяйственном районе // Материалы учебно-методической конференции для ФГБУ «Азчеррыбвод». Ростов-на-Дону, 2015. 48 с.
8. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 1. 420 с.
9. Цалолыхин С.Я., Пржиборо А.А., Кияшко П.В., Ципленкина И.Г., Березина Н.А., Иванова Л.В., Гонтарь В.И., Туманов Д.В., Курашов Е.А., Степаньянц С.Д., Богатов В.В., Солдатенко Е.В., Винарский М.В. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод европейской России. М. – СПб., 2016. Т. 2. Зообентос. 510 с.
10. Денисенко О.С. Биологическая мелиорация азовских лиманов Краснодарского края и возможности использования средств, полученных в качестве компенсации ущерба, нанесенного водным биологическим ресурсам // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 34–41.
11. Карнаухов Г.И., Денисенко О.С. Перспективы развития сырьевой базы в пресноводных водоемах Юга России // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: Материалы IX Международной научно-практической конференции (Керчь, 06 октября 2017 г.). Керчь: Издательство Керченского филиала (ЮгНИРО) ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», 2017. С. 66–69.
12. Постановление Правительства РФ от 28.02.2019 № 206 «Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72190046/> (дата обращения: 19.10.22).
13. Приказ Министерства сельского хозяйства России от 23.10.2019 № 596 «Об утверждении Перечня особо ценных и ценных видов водных биологических ресурсов». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/73223799/> (дата обращения: 19.10.22).
14. Приказ Министерства сельского хозяйства России от 30.01.2015 № 25 «Об утверждении Методики расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыболовных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства)». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70877984/> (дата обращения: 19.10.22).
15. Денисенко О.С. Наиболее эффективные мероприятия по возмещению вреда водным биоресурсам с учетом региональных особенностей в экосистемах Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна // Экологический вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. № 1. С. 58–62.

УДК 631.416

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ ЮЖНОГО РАЙОНА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ

Жобборов Б.Т.

Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкент,

e-mail: bakhrom.jobborov@mail.ru

В данной статье представлен анализ научных результатов исследования техногенного повреждения почв и изменения их морфологических характеристик в результате деятельности предприятий Ташкентской области. Например, в ходе исследований было признано, что химические соединения промышленных отраслей вызывают изменения морфологических характеристик почвы, и было показано, что факторы, вызывающие морфологические изменения почвы, следует разделить на три группы. Также приведены сведения о том, что изменения морфологических характеристик грунта при отработке грунтовых участков в большей степени наблюдались в АО «Аммофос-Максам», ТЭС «Ангрен», ТЭС «Новый Ангрен», расположенных в г. Алмалыке, а также в АО «Бекабадцемент», расположенном в Бекабадском районе Ташкентской области, по сравнению с другими исследуемыми районами. Были вскрыты участки почвы для анализа морфологических характеристик земель, используемых для орошения сельскохозяйственного производства вокруг АО «Узбекский металлургический комбинат», АО «Бекабадцемент», Ангренской ТЭЦ в г. Ангрен Охангаранского района, Новоангренской ТЭС и НГХК, а также АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и АО «Аммофос-Максам», расположенных в Алмалыкском районе. Также для определения влияния на почву вредных химических соединений вышеуказанных производственных объектов были взяты образцы почвы с глубин 0–5, 0–30 и 0–50 см по направлению ветра.

Ключевые слова: промышленность, морфология, техногенный, механический, разрез, почва, экология, отходы, химический состав

CHANGES IN THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN THE SOUTHERN DISTRICT OF THE TASHKENT REGION UNDER THE INFLUENCE OF MAN-MADE DAMAGE

Zhobborov B.T.

National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent,

e-mail: bakhrom.jobborov@mail.ru

This article presents an analysis of scientific results on technogenic damage to soils and changes in their morphological characteristics as a result of the activities of enterprises in the Tashkent region. For example, studies have recognized that chemical compounds from industrial sectors cause changes in soil morphological characteristics, and it has been shown that the factors causing soil morphological changes should be divided into three groups. Also, information is provided that changes in the morphological characteristics of the soil during the development of soil areas were observed to a greater extent at Ammophos-Maxam JSC, Angren TPP, Novy Angren TPP located in Almalyk, as well as at JSC “Bekobodcement”, located in the Bekabad district of the Tashkent region, in comparison with other studied areas. Soil plots were opened to analyze the morphological characteristics of the lands used for irrigation of agricultural production around JSC “Uzbek Metallurgical Plant” JSC “Bekobodcement”, Angren CHP in the city of Angren, Okhangaran district, Novoangren TPP and NGCC, as well as JSC “Almalyk Mining and Metallurgical Plant” and JSC “Ammofos-Maxam”, located in the Almalyk region. Also, to determine the impact on the soil of harmful chemical compounds of the above industrial sectors, soil samples were taken with a depth of 0–5, 0–30 and 0–50 cm in the direction of the wind.

Keywords: industry, morphology, technogenic, mechanical, section, soil, ecology, waste, chemical composition

На сегодняшний день из-за спроса на продукцию промышленных секторов в мире наблюдается увеличение их количества. Это сказывается на изменении морфологических характеристик почв под влиянием промышленных отходов. В частности, по результатам научных исследований с целью изучения почв, разбросанных вокруг промышленных секторов в г. Линань, Китай, когда было отобрано и исследовано 188 проб почвы из этого района, было установлено, что количество Cd, Cu, Zn, Pb, Ni и Cr было высоким. Также эти тяжелые металлы вызывают изменения в морфологи-

ческом строении растений. Это было оценено как прямое влияние отраслей [1, 2]. Химические соединения, выделяющиеся из промышленных производств, приводят к изменению морфологических признаков почв в результате быстрого смешения субстратов на орошаемых почвах с почвой [3]. На территориях, зараженных отходами промышленных предприятий и нефтепродуктами, поступление углеводородов в почву приводит к негативному изменению ее морфологических, физических и химических свойств [4]. Обнаружено, что морфологическая характеристика почв пре-

терпевает изменения под воздействием шлаковых выбросов при извлечении руд с участков вокруг угольного месторождения в Екатеринбурге. При этом подчеркивается, что изменение структуры почвы вызвано увеличением частиц шлаковой пыли [5]. Исследовано, что основной причиной техногенной деградации почв Орско-Новотроицкой агломерации являются тяжелые металлы и нефтепродукты, которые выбрасываются в почву в результате химического загрязнения. В результате загрязнения почвенные покровы подверглись морфологическим изменениям, и было показано, что в г. Орске содержание тяжелых металлов превышает допустимую норму в среднем на 43% [6]. Также под воздействием химических соединений, попадающих в почву в результате деятельности промышленных отраслей, наблюдалось техногенное загрязнение почв и изменение их морфологического состава. В результате изменяются не только характеристики плодородия почвы, но и ее физические, химические, агрохимические и механические морфологические характеристики [7, 8].

Материалы и методы исследования

АО «Узбекский металлургический комбинат», АО «Бекабадцемент», расположенный в Бекабадском районе Ташкентской области, Ангренская ТЭС в Ахангаранском районе, г. Ангрен, новая Ангренская ТЭС и Нефтегазо-химический комплекс, а также АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и АО «Аммофос-Максам», расположенные в Алмалыкском районе Ташкентской области. Изучено влияние отходов, поступающих с предприятий, на морфологические особенности почвы. Взятие разрезов грунта и разрезов перекопки из района исследований осуществлялось на основании требований ГОСТ 17.4.4.02–84 – Межгосударственный стандарт.

Упомянутый выше ГОСТ 17.4.4.02–84 – Межгосударственный стандарт направлен на определение общего уровня загрязнения почвы на загрязненных территориях и его контроль. Исходя из этого, пробы почвы были отобраны по направлению ветра на орошаемых землях в промзонах.

Результаты исследования и их обсуждение

Были вскрыты участки почвы для анализа морфологических характеристик земель, используемых для орошаемого сельскохозяйственного производства, вокруг АО «Узбекский металлургический комбинат» АО «Бекабадцемент», Ангренская ТЭЦ в г. Ангрен

Ахангаранского района, Новоангренская ТЭС и НГХК, а также АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и АО «Аммофос-Максам», расположенные в Алмалыкском районе по направлению ветра. Также для определения влияния на почву вредных химических соединений вышеуказанных производственных отраслей были взяты образцы почвы с глубиной 0–5, 0–30 и 0–50 см по направлению ветра с расстояний (таблица).

В соответствии с таблицей в качестве объекта исследования нашей научной работы были изучены крупные промышленные отрасли Бекабадского района, Ахангаранского района и г. Алмалык Ташкентской области с целью анализа объемов загрязнения в лабораторных условиях.

В частности, от АО «Узбекский металлургический комбинат» были взяты образцы почвы на дистанциях 0,9; 2,5; 5; 8; 12; 16; 23 км. А также взяты образцы почвы всего с 49 точек: 0,5; 1,2; 2; 3; 4,5; 5,7; 6,8 км от АС Бекабадцемент; 1,6; 2,5; 5 км от Ангренской АЭС; 8; 12; 16; 23 км; 1,7; 2,8; 5,6; 7; 11; 15; 24 км от Новоангренской АЭС, от комплекса «Ангрен химия» 0,2; 0,6; 1; 1,5; 2,2; 2,8; 3,5; 0,9; 2,8 км от Алмалыкского горно-металлургического комбината, 6; 8; 11; 15; 22; 0,7; 1,3; 2; 4; 8; 12; 16 км от АО «Аммофос-Максам».

В то же время из них были взяты образцы для изучения влияния отраслей промышленности, названных выше, на растительность и воды, разбросанные по регионам. Всего было выкопано 7 грунтовых разрезов с дальних расстояний: 2,5 км от АО «Металлургического комбината Узбекистана», 1,2 км от АО «Бекабадцемент», 2,5 км от ОЭС «Ангрен», 2,8 км от ОЭС «Новый Ангрен», 0 от «Ангренского химического комбината», 2,8 км от АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината», 1,3 км от АО «Аммофос-Максам».

Разрез-КБМ-16-1,2. Раскопан в точке в 1,2 км к западу от окрестностей АО «Металлургического комбината Узбекистана». Территория покрыта орошаемой серо-луговой почвой, окружена можжевельниками, джидовыми и тузовыми деревьями, посеяна кукуруза, на земле встречается много камней, элементы отходов или золы от источника загрязнения не заметны.

0–5 см. Бледный цвет, малое увлажнение, средний песок, ореховатая структура, средняя плотность, следы корней растений и насекомых, обилие крупных и мелких камней, загрязнителей не видно невооруженным глазом, плотность переходит в следующий слой.

Описание участков, где были выкопаны разрезы почвы и взяты образцы

Область	Город / район	Основной источник загрязняющих веществ	Почвы	Номера разрезов
Ташкентский	Бекабад	АО «Узбекский металлургический комбинат»	Орошаемые серо-луговые почвы	КБ-16-0,9 КБ-16-2,5 КБ-16-5 КБ-16-8 КБ-16-12 КБ-16-16 КБ-16-23
		АО «Бекабадцемент»	Орошаемые серо-луговые почвы	КБ-16-0,5 КБ-16-1,2 КБ-16-2 КБ-16-3 КБ-16-4,5 КБ-16-5,7 КБ-16-6,8
	Ангрен	Ангрен ТЭС	Орошаемые темно-луговые сероземы	КА-16-1,6 КА-16-2,5 КА-16-5 КА-16-8 КА-16-12 КА-16-16 КА-16-23
		Новоангренинский ТЭС	Орошаемые луговые темные сероземы	КА-16-1,7 КА-16-2,8 КА-16-5,6 КА-16-7 КА-16-11 КА-16-15 КА-16-24
		Химический комплекс	Орошаемые луговые темные сероземы	КА-16-0,2 КА-16-0,6 КА-16-1 КА-16-1,5 КА-16-2,2 КА-16-2,8 КА-16-3,5
	Алмалык	АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»	Орошаемые луговые типичные сероземы	КО-16-0,9 КО-16-2,8 КО-16-6 КО-16-8 КО-16-11 КО-16-15 КО-16-22
		АО «Аммофос-Максам»	Орошаемые серо-луговые почвы	КО-16-0,7 КО-16-1,3 КО-16-2 КО-16-4 КО-16-8 КО-16-12 КО-16-16

5–15 см. Бледного цвета, слабо увлажненный, со средней суглинистостью, орехообразной структурой, средней густотой, с большим количеством корней растений и следов насекомых, крупных и мелких камней, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом, переходят в следующий слой по плотности.

15–30 см. Светло-сероватый, слабо увлажненный, со среднесуглинистой, ореховой структурой, с повышенной по отношению к среднеуплотненной поверхностью, с растительными корнями и следами животных, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом, гравий в слое переходит в следующий слой по цвету щебня.

30–48 см. Светло-коричневого цвета, со слегка повышенной влажностью, зернистой структурой, со средним суглинком, более плотным по отношению к верхнему слою, реже встречаются корни растений и гнезда животных, встречаются мелкие и средние щебни, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом, переходят в следующий слой с механическим составом и влажностью.

48–80 см. Бурого цвета, сильно увлажненные, с тяжелым суглинком, зернистой и глинистой структурой, сильно уплотненные, корни растений встречаются в небольшом количестве, гнезда животных не встречаются, мелкие щебни редки, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом, проникают в следующий слой вместе с камнями и влагой.

80–125 см. Бурого цвета, сильно увлажненный, песок тяжелый, зернистой и комковатой структуры, средней плотности, корни растений встречаются в небольшом количестве, гнезда животных не обнаружены, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом.

Разрез-КБР-16-1,2. Выкопано с запада от АО «Бекабадцемент» из точки, удаленной на 1,2 км. На территории распространены орошаемые ледово-луговые почвы, засеянные пшеницей, вокруг встречаются такие деревья, как абрикосы, шелковицы, платаны, над почвами, разбросанными по территории, на поверхности земли заметны пылевые и зольные отложения, исходящие от источника загрязнения.

0–25 см. Светло-бурого цвета, увлажненные, со среднесуглинистой, бугристой и зернистой структурой, слабо уплотненные, часто встречаются следы корней растений и беспозвоночных, много мелких и крупных камней, пылеватые элементы встречаются в поверхностном слое земли в тонком состоянии, переходят в следующий по плотности слой.

25–40 см. Светло-коричневого цвета, увлажненные, с механическим составом суглинков средней зернистости, с повышенной плотностью кверху, редко встречаются следы корней растений и беспозвоночных животных, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом, гравийные камни редки, переходят в следующий слой по цвету.

40–65-см. Светло-коричневого цвета, со слегка повышенной влажностью, с зернистой структурой, механический состав среднезернистый, среднеуплотненный, корни растений редки, следы беспозвоночных животных встречаются очень редко,

камни не встречаются, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом, переходят в следующий слой с повышенной влажностью.

65–100 см. Светло-коричневого цвета, сильно увлажненный, структура зернистая, механическая текстура среднеспесчаная, средней плотности, корни растений редки, следы беспозвоночных очень редки, камни не обнаружены, карбонаты в небольшом количестве, загрязняющие вещества не видны, с влагой и цветом переходит в следующий слой.

100–140 см. Бурого цвета, сильно увлажненный, с зернистой структурой, механический состав среднесуглинистый, средне-плотный, корни растений очень редки, следы беспозвоночных животных и камни не встречаются, карбонаты встречаются в небольших количествах, загрязняющие вещества не видны невооруженным глазом.

Разрез-КА-16-2,5. Выкопан с северо-восточной стороны Ангренской ТЭЦ в г. Ангрен по направлению ветра, с расстояния в 2,5 км. На данном исследовательском объекте, выкопанном с расстояния километра, вдоль северо-восточного направления ветра на Ангренской ТЭЦ в Ангрен, в районе, где распространены орошаемые темноцветные ледниковые почвы, был посажен ячмень, а ранее был посажен мох, вокруг были можжевельник, платан, шелковица. Воздействие ТЭС на окружающую среду в Ангрен также можно увидеть невооруженным глазом в полевых условиях, когда на поверхности почвы можно увидеть отложения золы и пыли.

Разрез-КА-16-2,5. Раскопан в 2,5 км по ветру от северо-восточной стороны «Ангренского ТЭС» в г. Ангрен. На исследуемой территории распространены орошаемые темно-серые почвы. На участке был посажен ячмень, а ранее был посажен брагу, вокруг растут можжевельник, клен, тутовник. Воздействие ТЭС на окружающую среду в Ангрене также можно увидеть невооруженным глазом в полевых условиях, когда на поверхности почвы можно увидеть отложения золы и пыли.

0–5 см. Темно-серого цвета, слабо неуплотненный, мелкоструктурный, умеренно уплотненный, механический состав среднесуглинистый, корни растений многочисленны. Редко встречаются гнезда беспозвоночных животных, тропинки, новые пористые почвы, количество отходов золы встречается в виде пыли, в ней мало камней, она переходит в следующий слой при изменении ее влажности

5–20 см. Темно-серого цвета, более высокая влажность по сравнению с верхним слоем, мелкозернистая структура, средне-песчаный механический состав, средняя плотность, редко встречаются корни растений. Следы беспозвоночных и новые пористые почвы, а также гнезда встречаются редко, остатки пепельной подстилки редки. Переход к следующему слою с цветом.

20–60 см. Светло-серого цвета, сильно увлажненный, по механическому составу – тяжелый песок, очень плотный, тонкой структуры, корней растений не обнаружено. Гнезд беспозвоночных животных, следов и свежих ран не обнаружено, остатки зольных отходов не встречаются. Переходит на следующий слой с плотностью.

60–100 см. Светло-серого цвета, мелкой структуры, сильно увлажненный, по механическому составу тяжелосуглинистый, сильно уплотненный, корни растений не встречаются. Гнезда беспозвоночных животных, следы и новые пористые почвы не обнаружены, остатки зольных отходов не обнаружены. Переходит на следующий слой с плотностью.

100–140 см. Темно-серый, повышенной влажности, механический состав – тяжелый песок, мелкозернистая структура, слабое уплотнение, корни растений не обнаружены. Гнезда беспозвоночных животных, следы и новые пористые почвы не обнаружены, остатки зольных отходов не встречаются. Переходит к следующему слою с влажностью. В нижних слоях почвенного разреза загрязняющие вещества не видны.

Разрез-КЯА-16-2,8. Раскопан в 2,8 км северо-восточнее Новоангреной ТЭС в г. Ангрэн. На этом участке орошаемые темно-серые почвы, в районе раскопа засажен маш (бобовое растение), до этого был посажен ячмень, вокруг встречаются сосновые и тутовые деревья. Воздействие источника загрязнения на окружающую среду также проявляется в полевых условиях, где можно будет видеть в верхней части почвы тонкий слой зольной пыли.

0–5 см. Встречаются темно-серые, умеренно неувлажненные, умеренно уплотненные, среднесуглинистые, мелкозернистые корни растений. Редко встречаются гнезда и следы беспозвоночных животных. Количество зольных отходов встречается в большом количестве в виде пыли, редко обнаружены мелкие камни, а при изменении влажности переходят на следующий слой.

5–25 см. Темно-серого цвета, сильно увлажненный, мелкоструктурный, тяжелосуглинистый, умеренно уплотненный, корни растений и следы беспозвоночных

встречаются в очень небольшом количестве, обнаружены остатки зольных отходов в виде пыли в очень небольшом количестве, мелкие камни встречаются в этом слое в небольшом количестве, переход к следующему слою проходит с цветом.

25–60 см. Светло-серого и светло-коричневого цвета, сильно увлажненный, сильно уплотненный, тяжелосуглинистый, тонкой структуры, в небольшом количестве встречаются корни растений и следы животных, остатки загрязняющих зольных отходов не обнаружены. Он переходит в следующий слой с влажностью, цветом и плотностью.

60–100 см. Темно-бурого цвета, средней плотности, сильно увлажненный, мелкоструктурный, тяжелосуглинистый, в небольшом количестве встречаются корни растений. Следы беспозвоночных животных не обнаружены, карбонаты встречаются в небольшом количестве, следов золо-шлаковых отходов не обнаружено. Он переходит в следующий слой с плотностью и влажностью.

100–135 см. Темно-бурый цвет, сильно увлажнен, тонкой структуры, средней плотности, тяжелый песок; корни растений, а также следы беспозвоночных животных не обнаружены, карбонаты обнаружены в небольшом количестве, зольные остатки не встречаются.

Разрез-КАК-16-2,5. Был раскопан в 0,6 км к северо-востоку от Ангреноского химического комплекса в г. Ангрэн. В этом месте на изучаемой территории распространены орошаемые темно-серые почвы, высажена метла, вокруг растут ивы, тутовники и ели. Воздействие Ангреноского химического комплекса на окружающую среду невозможно увидеть невооруженным глазом в полевых условиях.

0–5 см. Цвет темно-коричневый, умеренно увлажненный, по механическому составу среднесуглинистый, ореховидной и зернистой структуры, встречаются корни растений и следы насекомых, менее уплотнен, остатков отходов не обнаружено, переходит в следующий слой с влажностью и цветом.

5–22 см. Темно-бурого цвета, с ореховой и зернистой структурой, механический состав со средними суглинками, обнаружены корни растений и следы насекомых, увлажненные, менее уплотненные. В составе почвы встречаются карбонаты. Он переходит к следующему слою с его влажностью и цветом.

22–55 см. В темно-коричневом слое встречаются суглинистые почвы, с зернистой структурой, следы насекомых и корни растений встречаются редко, механический

состав: среднесуглинистые, умеренно увлажненные, слабо уплотненные. В почве карбонаты содержатся в небольших количествах. Переходит к следующему слою по влажности, цвету и включениям.

55–95 см. В буроватом слое встречаются суглинистые и серые почвы, без зернистой структуры, со средним суглинистым механическим составом, корни растений редки, следы насекомых отсутствуют, умеренно увлажненные, не уплотнены. В почве карбонаты содержатся в небольших количествах. Переходит к следующему слою с цветом и влажностью.

95–145 см. Светло-бурого цвета, без зернистой структуры, со среднесуглинистым механическим составом, без корней растений и следов насекомых, с повышенной влажностью по отношению к верхнему слою, без уплотнения, с низким содержанием карбонатов.

Разрез-КО-16-2,8. Раскопан в 2,8 км с северо-восточной стороны по ветру от АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» в г. Алмалык. На этой территории распространены типичные орошаемые сероземы. На этих почвах выращивают кукурузу, а вокруг растут абрикосовые, тутовые, яблоневые, тополя, вишневые и тутовые деревья. Пыль, золу и другие вредные соединения, выходящие в результате работы установки, можно увидеть даже в полевых условиях: на листьях растений и поверхности земли имеются пылевидные соединения в виде золы.

0–20 см. В светло-буроватом слое встречаются серые почвы, с глинистой и зернистой структурой, со следами корней растений и насекомых, умеренно увлажненные, со среднесуглинистым механическим составом, с низкой плотностью, часто встречаются крупные и мелкие камни, а также в поверхностном слое почвы обнаруживаются пылеватые и зольные отложения, переходит к следующему слою с влажностью.

20–45 см. Сероземы встречаются в светло-коричневом слое, с грубой и зернистой структурой, корнями растений, встречаются следы насекомых, увлажненные, среднесуглинистые, менее уплотненные, редко встречается мелкий гравий и щебень. Почва содержит карбонаты. Переходит на следующий слой с влажностью и цветом.

45–68 см. По сравнению со светло-бурым верхним слоем цвет темный, структура ореховато-зернистая, встречаются корни растений и следы насекомых, средняя влажность, механический состав среднесуглинистый, средней плотности, встречается мел-

кий гравий и песчаники. Почва содержит карбонаты. Он переходит на следующий слой с влажностью и цветом.

68–95 см. Бурого цвета, с ореховидной структурой, редко встречаются корни растений, следы насекомых, со средне увлажненным верхним слоем, со средне повышенным содержанием влаги, со средне уплотненным, механическим составом, встречаются суглинки, песчаные россыпи. В составе почвы встречаются карбонаты. Переходит к следующему слою с влажностью.

95–115 см. Бурого цвета, с ореховидной структурой, на корнях растений и следов насекомых не встречаются, механический состав умеренно суглинистый, с повышенной влажностью по отношению к увлажненному верхнему ярусу, с низкой плотностью, встречаются песчаные камни. В составе почвы встречаются карбонаты. Переходит к следующему слою с влажностью.

115–150 см. Бурого цвета, структура с ореховидной структурой, на корнях растений и следов насекомых не встречаются, сильно увлажненный, среднесуглинистый, менее уплотненный, редко встречаются песчаные камни. Почва содержит карбонаты.

Разрез КО-16-1,3. Раскопан в 1,3 км к северо-востоку от окрестностей АО «Аммофос-Максам», расположенного в г. Алмалык. На этой территории разбросаны типичные орошаемые сероземы, на участке был посажен ячмень, а до этого – люцерна, а вокруг посажены деревья джиды, тутовника, абрикоса и тополя. В результате источника загрязнения, исходящего от этой промышленной сети, мы можем видеть пепел, пыль и другие соединения в этом районе.

В результате деятельности АО «Аммофос-Максам» можно видеть значительное изменение морфологических особенностей почв на территории (рисунок).

0–25 см. Структура светло-коричневая, ореховидная и зернистая, встречаются следы корней растений и насекомых, увлажненный, среднесуглинистый по механическому составу, менее уплотненный. Переходит на следующий слой с влажностью и цветом.

25–45 см. Структура светло-коричневая, зернистая и ореховидная, редко встречаются следы насекомых, корни растений, увлажнены, механический состав среднесуглинистый, менее уплотнен. Почва содержит карбонаты. Переходит на следующий слой с влажностью и цветом.

45–65 см. В слое встречаются бурые и бурые почвы, структура зернистая, следы насекомых и корней растений редки,

механический состав среднесуглинистый, менее уплотненный, средней влажности. Карбонаты в небольших количествах содержатся в почве. Переходит на следующий слой с влагой, цветом и соединениями.

65–90 см. Цвет светло-коричневый, бесструктурный, небольшое количество битого стекла и каменных смесей, механический состав средний песок, следы насекомых редки, корни растений не обнаружены, умеренно увлажненная, не уплотненная, карбонатов в составе почвы очень мало, переходит на следующий слой с влагой и пористыми почвами.



Морфологические признаки почв на территории в результате деятельности АО «Аммофос-Максам»

90–120 см. Светло-коричневого цвета, бесструктурный, по механическому составу среднесуглинистый, корней растений и следов насекомых не обнаружено, обнаружен мицелий (почвенный пнг), влажность несколько повышена по сравнению с верхним слоем, не уплотнен, обнаружены карбонаты в очень малом количестве в почве. Переходит к следующему слою с влагой.

120–160 см. Светло-коричневого цвета, бесструктурный, по механическому составу среднесуглинистый, корни растений и следы насекомых не обнаружены, обнаружен мицелий (почвенный пнг), влажность несколько повышена по сравнению с верхним слоем, не уплотнен, карбонаты обнаружены в почве в очень малом количестве.

Закключение

В ходе исследований установлено, что химические соединения, выбрасываемые при деятельности промышленных предприятий, вызывали изменения морфологических особенностей почвы. В частности, по результатам наших исследований было признано необходимым изучить факторы, вызывающие морфологические изменения почв, на три группы. Первый из них (антропогенный) – заметное химическое изменение частиц, попадающих в почву в результате деятельности производств, второй – миграция растворенных веществ через химическое изменение соединений путем окисления и восстановления, а также третьи почвенные микроорганизмы, т.е. другие элементы, попадая в почву, вызывают ее морфологическое изменение. А третий становится причиной ее морфологического изменения через микроорганизмы, т.е. другие элементы, попадающие в почву.

Изменения морфологических особенностей грунта при проходке грунтовых разрезов на исследуемых объектах в г. Ангрен, Новоангреной ТЭС, а также АО «Бекабадцемент», расположенном в Бекабадском районе, и АО «Аммофос-Максам» в г. Алмалык наблюдаются в большей степени, чем на территориях АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат», АО «Металлургический комбинат Узбекистана», АО «Ангренский нефтегазохимический комплекс».

Список литературы

1. Zhao K., Zhang L., Dong J., Wua J., Yec Z., Zhaod W., Dingd L., Fu W. Risk assessment, spatial patterns and source apportionment of soil heavy metals in a typical Chinese hickory plantation region of southeastern China. *Geoderma* 360. 2020. № 114011. P. 1–11.

2. Yang Ch., Zhang Ch., Li Q., Liu H., Gao W., Shi T., Liu X., Wu G. Rapid urbanization and policy variation greatly drive ecological quality evolution in Guangdong-Hong Kong-Macau Greater Bay Area of China: A remote sensing perspective. *Ecological Indicators* 115. 2020. № 106373. P. 1–11.
3. Комиссаров А.В., Комиссаров М.А. Влияние длительности лиманного затопления на некоторые свойства почвы и продуктивность естественных сенокосов степного Зауралья // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2014. № 4. С. 104–108.
4. Шеховцева А.М. Негативное воздействие нефтедобывающей промышленности на окружающую среду. Пермь, 2016. С. 92–97.
5. Елохин В.А. Геохимическая трансформация почв в зоне влияния шлакового отвала за период 2006–2020 гг. // *ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2021. № 11–1. С. 98–110.
6. Чикенева И.В. Агроэкологическая оценка качества почвы при техногенном прессе // *Биологические науки*. 2014. С. 171–174.
7. Джобборов Б.Т., Хайдаров Ф.М. Почвы промышленных зон, загрязнение и методы их эффективного использования // *Журнал инноваций нового века*. 2022. Вып. 3. С. 123–128.
8. Джобборов Б.Т., Нармуродов М.Ю. Изменение экологического состояния почвы и растений в результате работы тепловых электростанций. In *E Conference Zone*. 2022. P. 345–349.

УДК 636.32/.38 (470.44)

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТОНКОРУННОГО ОВЦЕВОДСТВА В СУХО-СТЕПНОМ ПОВОЛЖЬЕ

Лакота Е.А.*ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратов,
e-mail: lena.lakota@yandex.ru*

Показаны научные материалы по разведению овец тонкорунного направления продуктивности в зоне сухо-степного Поволжья. В Поволжье сосредоточение мериносовых овец происходит с учетом определенных факторов (климатических, экономических), научного вклада ученых при использовании различных пород и современной конъюнктуры рынка продукции овцеводства. Развитие тонкорунного овцеводства Поволжского региона длительный период времени проходило интенсивно, что доказывает наличие большой численности поголовья. Научно-исследовательская работа проводилась в Новоузенском и Александрово-Гайском районах Саратовской области зоны сухой степи Поволжья. Несмотря на природные и хозяйственные трудности, по-прежнему проводится селекция тонкорунных овец, и для разведения в жестких степных условиях используются породы, прошедшие акклиматизацию. К числу таких пород нужно отнести: ставропольскую, волгоградскую, кавказскую, забайкальскую, маньчжурского мериноса, австралийского мясного мериноса. В настоящее время в условиях сухой поволжской степи племенная работа с тонкорунными овцами основывается на проведении зоотехнического учета; оценке хозяйственно полезных признаков овец; отборе наиболее продуктивных овец для формирования групп животных желательного типа. Дальнейшая работа с овцами тонкорунного направления продуктивности поволжской селекции будет направлена на улучшение продуктивных качеств методом чистопородного разведения при использовании жесткого тщательного отбора и подбора животных. Таким образом, отрасль тонкорунного овцеводства в условиях сухих степей Поволжья остается перспективной и значимой для сельского хозяйства.

Ключевые слова: овца, порода, генетический потенциал, продуктивность, скрещивание

THE STATE AND DEVELOPMENT TRENDS OF FINE-WOOL SHEEP BREEDING IN THE DRY-STEPPE VOLGA REGION

Lakota E.A.*Federal Agrarian Research Center of the South-East, Saratov, e-mail: lena.lakota@yandex.ru*

Scientific materials on the breeding of sheep of fine-wool productivity in the zone of the dry-steppe Volga region are presented. In the Volga region, the concentration of Merino sheep takes into account certain factors (climatic, economic), the scientific contribution of scientists using various breeds, and the current market conditions of sheep products. The development of fine-wool sheep breeding in the Volga region has been intensive for a long period of time, which proves the presence of a large number of livestock. The research work was carried out in the Novouzensky and Alexandrovo-Gaisky districts of the Saratov region of the dry-steppe zone of the Volga region. Despite the natural and economic difficulties, the selection of fine-wooled sheep continues to be conducted, and the breeds that have passed acclimatization are used for breeding in harsh steppe conditions. These breeds include: Stavropol, Volgograd, Caucasian, Trans-Baikal, Manchurian merino, Australian meat merino. Currently, in the conditions of the dry Volga steppe, breeding work with fine-fleeced sheep is based on zootechnical accounting; evaluation of economically useful traits of sheep; selection of the most productive sheep for the formation of groups of animals of the desired type. Further work with sheep of the fine-wooled direction of productivity of the Volga breeding will be aimed at improving productive qualities by the method of purebred breeding using strict careful selection and selection of animals. Thus, the branch of fine-wool sheep breeding in the conditions of the dry steppes of the Volga region remains promising and significant for agriculture.

Keywords: sheep, breed, genetic potential, productivity, crossing

Сухо-степное Поволжье наряду с другими регионами Российской Федерации (Ставропольский край, Волгоградская область, Забайкалье и другие) считается крупнейшей овцеводческой зоной, в которой производится валовое количество продукции овцеводства. В Поволжском регионе сосредоточение мериносовых овец происходит с учетом определенных факторов (климатических, экономических и др.), научного вклада ученых при использовании различных пород и современной конъюнктуры рынка продукции овцеводства [1].

Цель исследований данного научного материала заключалась в анализе породного состава тонкорунных овец в зоне сухо-степного Поволжья (на примере Саратовской области).

Материалы и методы исследования

При анализе и оценке породного состава тонкорунных овец, их продуктивности использовались статистические данные Министерства сельского хозяйства Саратовской области, а также Ежегодника по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации [2].

Породный состав и численность овец
в овцеводческих предприятиях Саратовской области (тыс. голов)
(статистические данные МСХ Саратовской области)

Порода	Год								
	1965	1990	1998	2000	2005	2010	2013	2016	2021
Советский меринос	2517	1018	135	–	–	–	–	–	–
Ставропольская	1429	2503	379	2000	2500	3000	3500	–	4300
Кавказская	1286	1715	132	2500	3000	3500	5000	6700	7500
Грозненская	589	1018	390	200	–	–	–	–	–
Волгоградская	26	652	212	1000	1500	2000	2500	–	–
Прочие	7	19	–	6000	6500	3500	3000	1000	1000
Итого	5854	6925	1248	11700	13500	12000	14000	11700	12800

Так, по данным МСХ Саратовской области, развитие тонкорунного овцеводства Поволжского региона в доперестроечный период проходило интенсивно, что доказывает наличие большой численности поголовья. Лучшие овцеводческие хозяйства доперестроечного времени (1990-е гг.) насчитывали около 10 тыс. голов. Что касается шерстной продуктивности, то выход чистого волокна шерсти в таких хозяйствах в сравнении с овцеводческими фермами, имеющими около 5 тыс. голов, был в 2,6 раза выше, настриг физической шерсти на одну условную голову больше в 1,5 раза.

В настоящее время ситуация кардинально изменилась. Так, например, в 2018 г. численность овец по региону составила 525,6 тыс. голов, а на 1 января 2021 г. насчитывалось 555,0 тыс. голов. В лучших же племенных овцеводческих хозяйствах, в сравнении с 1990 годами, содержится до 6–7 тыс. голов овец. Настриг невыстиженной шерсти в 2018 г. на одну остриженную овцу составил 2,37 кг, максимальный – 2,86 кг, а на 1 января 2021 г. среднегодовой настриг в физическом весе был 1,9–2,5 кг. Такие цифровые показатели дают основание сделать вывод, что современное состояние развития тонкорунного овцеводства Поволжского региона позволило дать определенный стимул началу его возрождения, постепенного наращивания поголовья разводимых животных и их продуктивных качеств.

При этом, для сравнения, в хозяйствах Российской Федерации, по данным Ежегодника по племенной работе в овцеводстве и козоводстве, общая численность овец на конец 2021 г. равнялась 22 млн 401, 4 тыс. голов: по отношению к 2020 г. произошло снижение поголовья во всех категориях хозяйств на 1,5 и 1,6%. По сравнению с 2000 г. во всех категориях хозяйств общая численность овец стала больше в 1,8 раза. В насто-

ящее время в РФ разводят 43 породы овец, из них 15 – тонкорунных. Самые многочисленные – грозненская (440,9 тыс.), забайкальская (156,8 тыс.). В 2020–2021 гг. в РФ настриг шерсти от мериносов составил 1,7–1,9 кг с головы [2].

Согласно статистическим данным Министерства сельского хозяйства Саратовской области, на начало 1991 г. и конец 1990-х гг., основной массив разводимых овец в Саратовской области практически не изменялся: около 89% животных были чистопородными. Но с 1999–2000 гг. состояние породного состава в племенных овцеводческих предприятиях стало несколько другим (таблица).

С 1965 по 1990 г. происходило повышение численности овец тонкорунных пород на 76,82%, а с 1990 по 1998 г. – уменьшение на 81,10%. В 1998 г. по отношению к 1965 г. количество овец вышеперечисленных тонкорунных пород снизилось на 66,58%. Основной же массив тонкорунных овец всегда был сосредоточен в Нижнем Поволжье [3].

На современном этапе развития овцеводческой отрасли в Верхнем и Среднем Поволжье мериносов осталось незначительное количество, овцеводство здесь полутонкорунного и грубошерстного направления. Например, в Астраханской области преимущественно разводят грозненскую породу. В Калмыкии ведущей породой на сегодняшний день является грозненская и в значительно меньшем количестве разводят овцы ставропольской породы и советские мериносы. В Волгоградской области преобладает волгоградская порода.

В Саратовской области мериносовые овцы сосредотачиваются в основном в наиболее крупных сельхозпредприятиях, таких как ЗАО и КФХ, и составляют примерно 46% от общего количества пород овец разных направлений продуктивности. Из основных мериносовых пород овец мож-

но выделить: ставропольскую, кавказскую, волгоградскую. Ставропольская порода в области всегда считалась преобладающей в количественном отношении среди других тонкорунных овец. Еще не так давно одним из основных хозяйств по разведению животных ставропольской породы был племпредупродуктор СПК «Новоузенский» Александрово-Гайского района, в настоящее время селекцией этих овец занимается крупнейшее хозяйство нашей области – это ЗАО «Новая жизнь» Новоузенского района. Что касается волгоградской породы овец, то, к большому сожалению, не стало племпредупродуктора по разведению таких животных, как ЗАО «Петропавловское» Новоузенского района. В настоящее время в регионе практически не занимаются разведением и селекцией овец породы грозненская и советский меринос. Основным разведенческим хозяйством овец кавказской породы можно назвать ЗАО «Красный партизан» Новоузенского района, который неоднократно награждался золотыми и серебряными медалями, удостоивался первого места среди хозяйств, занимающихся этой породой в других регионах, на ежегодных выставках овец в Ставрополье, Калмыкии, Астрахани, а также «Золотой осени» в Москве.

Саратовская область, расположенная в зоне сухой степи, всегда характеризовалась обширными естественными пастбищами (более 1,7 млн га земли), которые благоприятны для длительного пастбищного содержания тонкорунных овец. Основными районами по разведению тонкорунных овец в Левобережье являются Новоузенский и Александрово-Гайский. Здесь производится более 90% овцеводческой продукции (шерсть, мясо) от общего производства в Саратовской области.

Результаты исследования и их обсуждение

Научно-исследовательская работа проводилась в Новоузенском и Александрово-Гайском районах Саратовской области зоны сухой степи Поволжья. Климатические условия в данном регионе считаются аридными – летом бывают засухи, зимой – сильные морозы. В связи с этим урожайность пастбищных растений не всегда обильная (около 5–6 ц/га). Однако несмотря на природные и хозяйственные трудности селекция тонкорунных овец продолжает вестись, и для разведения в жестких степных условиях используются породы, прошедшие акклиматизацию. К числу таких пород нужно отнести: ставропольскую, волгоградскую, кавказскую, забайкальскую, маньчжурский меринос, австралийский мясной меринос [4].

Овцы ставропольской тонкорунной шерстной породы поволжской популяции разводятся в Заволжье около ста лет. Эти животные характеризуются эластичной, длинной шерстью с хорошими физико-механическими свойствами. По шерстным характеристикам они преобладают над овцами кавказской и волгоградской пород, но по живой массе уступают, особенно волгоградской. Использовались ставропольские овцы для улучшения шерстной продуктивности особой поволжской популяции полутонкорунного направления.

Шерстно-мясная кавказская порода овец исторически старше ставропольской, поэтому обладает более консолидированным (устойчивым) генотипом. Эти овцы крупнее животных ставропольской породы. При полноценном рационе они быстро наращивают живую массу. Их шерсть значительно гуще, чем у овец ставропольской породы, но короче и при недостаточном уровне кормления может значительно укорачиваться. Использовалась кавказская порода для повышения шерстно-мясных качеств поволжских овец тонкорунного направления продуктивности.

Мясо-шерстная волгоградская разводится в Волгоградской области и в связи со сходными климатическими условиями нашего региона была завезена в Поволжье. Овцы данной породы обладают отличными мясными качествами, высокой скороспелостью и жизнеспособностью. Использовалась волгоградская порода для повышения живой массы и улучшения мясных качеств у местных тонкорунных овец (рис. 1).

Шерстно-мясная забайкальская порода овец выведена в суровых условиях Забайкальского края. Овцеводство этого региона основывается на круглогодичном пастбищном содержании животных. Использовалась забайкальская порода в нашей зоне для укрепления опорно-двигательного аппарата (копыта) у разводимых здесь овец тонкорунного направления продуктивности. Скрещивание с забайкальской породой способствовало укреплению копытного рога, в результате чего помеси могут достаточно длительный период времени пастись по заснеженным пастбищам («тебеневка») [5].

Порода овец маньчжурский меринос, завезенная из Ставропольского края, также хорошо адаптирована к условиям Нижнего Поволжья. Эта порода считается лучшим шерстоносом, так как она создана в результате «прилития крови» австралийских мериносов шерстного направления продуктивности. Бараны-производители маньчжурского мериноса с сорtimentами тонкой шерсти 64, 70, и иногда 80 качества очень

ценятся на мировом рынке сбыта шерсти. Живая масса этих животных невысокая, и по этому признаку они занимают промежуточное положение между кавказской и волгоградской породами. Использовался маньчжский меринос для улучшения шерстных характеристик, разводимых районированных тонкорунных овец.

Порода овец австралийский мясной меринос селекции Dohne Merino была впервые завезена в Ставропольский край из Австралии. В зону Поволжья она по-

ступила из Ставрополя. Особи австралийского мясного мериноса характеризуются очень тонкими, длинными шерстными волокнами, высокой живой массой, а также вполне могут разводиться в условиях резко континентального климата. Использование в поволжских степных условиях мясного мериноса австралийской селекции оказало значительное влияние на тонкорунных овец местной селекции: повысилась живая масса, улучшились мясные качества и шерстные характеристики (рис. 2) [6].



Рис. 1. Помеси тонкорунных овец с кавказской (двухпородное скрещивание), волгоградской (трехпородное скрещивание) породами



Рис. 2. Помеси тонкорунных овец с породой австралийский мясной меринос

В настоящее время племенная работа с тонкорунными овцами в Поволжье основывается на проведении зоотехнического учета; оценке хозяйственно полезных признаков; отборе наиболее продуктивных овец для формирования групп желательного типа. Совершенствование таких животных проводится с целью установления возможности создания в популяции желательных внутривидовых типов шерстно-мясного, мясо-шерстного, шерстного и мясного направлений продуктивности. Указанные селекционные меры позволят создать улучшенные желательные типы тонкорунных овец и экономически повысить доходность отрасли.

На современном этапе развития овцеводства генофондный потенциал тонкорунных пород овец зоны реализуется только на 60–70%. Овцы этого направления могут производить более 5,5–6,5 кг физической и 2,5–3,5 кг чистой шерсти. Основной причиной низкой шерстной продуктивности является дефицит в рационах животных протеина. Эту проблему можно решить, если создавать культурные бобовые пастбища на основе люцерны, клевера для пастбища овец осенью; организовывать заготовку на зимний период больше и разнообразнее кормов в виде сена, силоса, которые будут сбалансированы по питательным веществам и обменной энергии; широко применять позднеспелую пастбищу.

Экономическое решение проблем воспроизводства и сохранения овцеводства зоны Поволжья полностью зависит от рынка сбыта овцеводческой продукции. Поэтому одной из первоочередных задач, стоящих перед овцеводами этого региона, является налаживание переработки производимой продукции. В связи с этим, исходя из потребностей промышленности Российской Федерации, необходимо осуществлять селекционную работу по производству высококачественной тонкой шерсти для выпуска так называемой «прохладной ткани».

При осуществлении инвестиционной политики для закупки в племенные хозяйства перспективной племенной репродукции из различных регионов России (Ставрополь, Волгоградская, Ростовская области, Калмыкия и т.д.), обеспечится подъем продуктивного потенциала овцеводческих племенных, который может оказать более

существенное влияние на массив овец, селекционируемых в зоне сухой степи Поволжья. Весь приобретаемый генетический материал необходимо будет концентрировать в определенных районах, которые соответствуют биологической сущности овец. Так, например, мясо-шерстное овцеводческое направление можно развивать в правобережной зоне, тонкорунное и мясо-сальное – в левобережной. Дальнейшая работа с овцами тонкорунного направления продуктивности поволжской селекции будет направлена на улучшение продуктивных качеств методом чистопородного разведения при использовании тщательного жесткого отбора и подбора животных.

Заключение

Таким образом, отрасль тонкорунного овцеводства в условиях сухих степей Поволжья остается перспективной и значимой для сельского хозяйства.

Список литературы

1. Филатов А.И. Некоторые аспекты повышения доходности овцеводства Саратовской области // Зональные особенности научного обеспечения сельскохозяйственного производства. Саратов, 2009. Ч. 2. С. 163–169.
2. Ежегодник по племенной работе в овцеводстве и козоводстве в хозяйствах Российской Федерации / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент животноводства и племенного дела, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела» (Головной информационно-селекционный центр животноводства России). М.: Издательство ВНИИПД, 2021. 346 с.
3. Лакота Е.А. Научно-практическое обоснование селекционных приемов улучшения ставропольской породы овец с использованием отечественного и зарубежного генофонда: дис. ... докт. сельхоз. наук. Усть-Кинельский, 2019. 269 с.
4. Гальцев Ю.И., Воронцова О.А. Селекционные типы овец ставропольской породы на юго-востоке Поволжья // Стратегия инновационного развития овцеводства и козоводства РФ: материалы научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня основания ВНИИОК. Ставрополь, 2012. С. 25–27.
5. Козлов И.Г. Влияние разных форм подбора и сроков пастбищного содержания на продуктивность полукровных забайкальско-ставропольских помесных овец генофонда: дис. ... канд. сельхоз. наук. Усть-Кинельский, 2015. 102 с.
6. Лакота Е.А., Стенькин Н.И. Влияние вводного скрещивания чистопородных ставропольских овцематок с полукровными баранами по австралийскому мясному мериносу на мясную продуктивность их потомства // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности животных и конкурентоспособности продукции животноводства в современных экономических условиях АПК РФ. Ульяновск, 2015. С. 146–149.

УДК 631.4:631.5:631.6

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗАСОЛЕНИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЙ И АГРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУГОВО-АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Салимова Х.Х., Артикова Х.Т.

Бухарский государственный университет, Бухара,

e-mail: x.salimova@inbox.ru, artikova-76@mail.ru

Приведены сведения о валовом (общем) содержании гумуса и подвижных форм питательных веществ, механическом составе почвы, уровне и типе засоления лугово-аллювиальных почв Гиждуванского района Бухарской области. Было изучено влияние промывки солей на количество питательных веществ, механический состав почвы. Было установлено, что в результате промывки солей из слоев почвы вымываются вместе с солями и питательные вещества. В данной статье представлены сведения о влиянии антропогенных факторов на механический состав, агрохимический состав и засоление лугово-аллювиальных почв Бухарской области, а также сведения о почвообразовании, развитии механического состава почвы и влияющих на него факторах. Общая информация, предусматривающая реализацию запасов солей и снижение количества засоленных почв на орошаемых сельскохозяйственных угодьях республики, включает в себя комплекс мероприятий, проводимых в связи с плановым определением уровня засоления земель, почвы на орошаемых землях и меры противодействия. Засоление почв неразрывно связано с режимом минерализованных фильтрационных вод, их режим на полях орошения определяется режимом орошения и техникой орошения сельскохозяйственных культур. Подход просачивающихся вод к поверхности земли приводит к резкому увеличению просачивающихся вод, а такая ситуация приводит к ржавлению поверхностного слоя почвы. В солончатых и сильнозасоленных орошаемых почвах солевая промывка проводится по стандартному расчету: Солевая промывка – единственная незаменимая мера удаления из почвы избытка солей. Количество и периодичность солевых промывок определяют в зависимости от содержания солей в засоленной почве, степени их засоления, глубины залегания слоя солевой промывки, водно-физических свойств почвы, глубины залегания просачивающихся вод и степени их засоления, площади дренажа.

Ключевые слова: лугово-аллювиальные почвы, сельское хозяйство, орошаемые почвы, механический состав, агрохимический состав, засоление, промывка солей, агроирригационный слой, количество питательных веществ общее (валовое), гумус, подвижные питательные вещества, антропогенные факторы

INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON SALINATION, MECHANICAL AND AGROCHEMICAL COMPOSITION OF MEADOW-ALLUVIAL SOILS IN BUKHARA REGION

Salimova Kh.Kh., Artikova Kh.T.

Bukhara State University, Bukhara, e-mail: x.salimova@inbox.ru, artikova-76@mail.ru

Information is given on the content of humus, gross (total) and mobile forms of nutrients, the mechanical composition of the soil, the level and type of salinization of meadow-alluvial soils in the Gijduvon district of the Bukhara region. The effect of salt leaching on the amount of nutrients and the mechanical composition of the soil was studied. It was found that as a result of salt washing, nutrients are washed out of the soil layers along with salts. This article presents information on the influence of anthropogenic factors on the mechanical composition, agrochemical composition and salinization of meadow-alluvial soils in the Bukhara region, as well as information on soil formation, the development of the mechanical composition of the soil and the factors affecting it. General information providing for the sale of salt reserves and a decrease in the amount of saline soils on irrigated agricultural lands of the republic includes a set of measures carried out in connection with the planned determination of the level of salinization of lands, soils on irrigated lands and countermeasures. Soil salinization is inextricably linked with the regime of mineralized seepage waters; their regime in irrigated fields is determined by the irrigation regime and the technique of irrigating crops. The approach of the surface of seepage water to the surface of the earth leads to a sharp increase in seepage water, and this situation leads to rusting of the surface layer of the soil. In brackish and highly saline irrigated soils, salt flushing is carried out according to the standard calculation: Salt flushing is the only indispensable measure for removing excess salts from the soil. The number and frequency of salt flushes are determined depending on the salt content in saline soil, the degree of their salinity, the depth of the salt flush layer, the water-physical properties of the soil, the depth of the seepage waters and their degree of salinity, drainage area.

Keywords: meadow-alluvial soil, agriculture, irrigated soils, mechanical composition, agrochemical composition, salinization, salt washing, agro-irrigation layer, humus, total (gross) nutrients, mobile nutrients, anthropogenic factors

Одной из наиболее актуальных проблем, стоящих перед почвоведом, является совершенствование мелиорации земель и повышение плодородия почв в условиях усиливающегося антропогенного воздействия.

В Стратегии действия по пяти приоритетным направлениям развития Республики

Узбекистан на 2017–2021 гг. предусмотрены следующие задачи: модернизация и интенсивное развитие сельского хозяйства, углубление структурных реформ и динамичное развитие сельскохозяйственного производства, дальнейшее укрепление продовольственной безопасности страны, прежде все-

го дальнейшее улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, принятие системных мер по смягчению негативного воздействия глобального изменения климата на развитие сельского хозяйства и жизнедеятельности населения и др. [1].

Согласно полученным данным, в условиях изменения климата деградационные процессы будут усиливаться, и эти процессы особенно опасны в пустынных районах аридных зон, более склонных к опустыниванию и засолению почв [2–4].

Бухарская область расположена на юго-западе республики в нижней части Зарафшанского оазиса, общая площадь составляет 4183054 га. Сельскохозяйственные угодья в регионе составляют 3096 га, общая площадь земель Гиждуванского района 384068 га, а земли, отведенные под сельское хозяйство, составляют 353368 га.

В связи с тем, что территория области расположена в пустынной зоне, не имеет местных источников поливной воды и расположена в нижней части реки Зарафшан, растворенные соли и химические вещества, поступающие из сточных и коллекторно-дренажных вод попадают в реку, и большая их часть накапливается на этой территории. Это приводит к ухудшению состояния почвы и экологии [5, 6].

Бухарская область и районы издавна занимаются земледелием. Формирование агроирригационного слоя происходило в течение долгих лет воздействия орошаемого земледелия. Сформированный агроирригационный слой влияет на морфологические, агрохимические, водно-физические и другие свойства почвы [7–9].

Общая площадь орошаемых земель Гиждуванского района составляет 20032,0 га, из которых слабозасоленные почвы составляют 10041,0 га, средnezасоленные земли 2485,4 га, а сильнозасоленные земли 582,7 га. В районе распространены в основном староорошаемые лугово-аллювиальные почвы. Поскольку они издавна орошались и обрабатывались, почвы сохраняют больше перегноя, чем неорошаемые почвы. По механическому составу эти почвы легкие среднepесчаные, в низовьях района ведения сельского хозяйства их механический состав становится тяжелее. Кроме того, механический состав почв, расположенных вокруг каналов и арыков, становится тяжелее, потому что при орошении в их состав присоединяются мелкие частицы поливной воды. Среди староорошаемых аллювиальных луговых почв встречаются также засоленные в различной степени почвы [10, 11].

Различные антропогенные факторы (орошение, севооборот, внесение удобрений,

подкормка, обработка и т.д.) сильно влияют на свойства и состав староорошаемых лугово-аллювиальных почв Гиждуванского района Бухарской области. Поэтому изучение влияния антропогенных факторов на формирование и свойства почв, а также повышение плодородия этих почв имеет важное теоретическое и практическое значение.

Материалы и методы исследования

Полевые и лабораторные исследования проводились в условиях староорошаемых лугово-аллювиальных почв Гиждуванского района Бухарской области.

Исследование проводилось в соответствии с общепринятыми стандартными методами почвоведения в полевых, лабораторных и камеральных условиях. В исследовании использовались географические, генетические, исторические сравнения, литолого-геоморфологические, химико-аналитические и профильные методы, а лабораторные анализы проводились по методикам «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах», «Методы агрофизических исследований почв Средней Азии», «Методы исследования физических свойств почв и грунтов», «Состав, свойства и анализ почв».

Результаты исследования и их обсуждение

Количество гумуса в пахотном слое староорошаемой лугово-аллювиальной почвы Гиждуванского района составляет 1,36%, а в подпахотном слое – 1,08% (рис. 1).

По мере углубления слоя почвы наблюдалось резкое снижение содержания гумуса, и было обнаружено, что в самом нижнем слое его содержание составляет 0,02%. В пахотном слое этих почв содержание питательных элементов очень низкое и содержит мало подвижных питательных веществ, в том числе содержание нитратного азота и подвижного фосфора очень низкое, а также мало обеспечен обменным калием, с углублением слоя почв количество питательных веществ также уменьшается. Реакция почвенной среды слабощелочная.

Согласно результатам полученного анализа механический состав пахотного слоя почв следующий: количество физической глины 25,4%, а по механическому составу легкая песчаная почва, количество физической глины в подпахотном и последующих слоях увеличивается, то есть она составляет 30,2 и 32,6%, и тип был определен как среднepесчаный. С последующим увеличением глубины слоя почвы наблюдалась опять легкая песчаная почва (рис. 2).

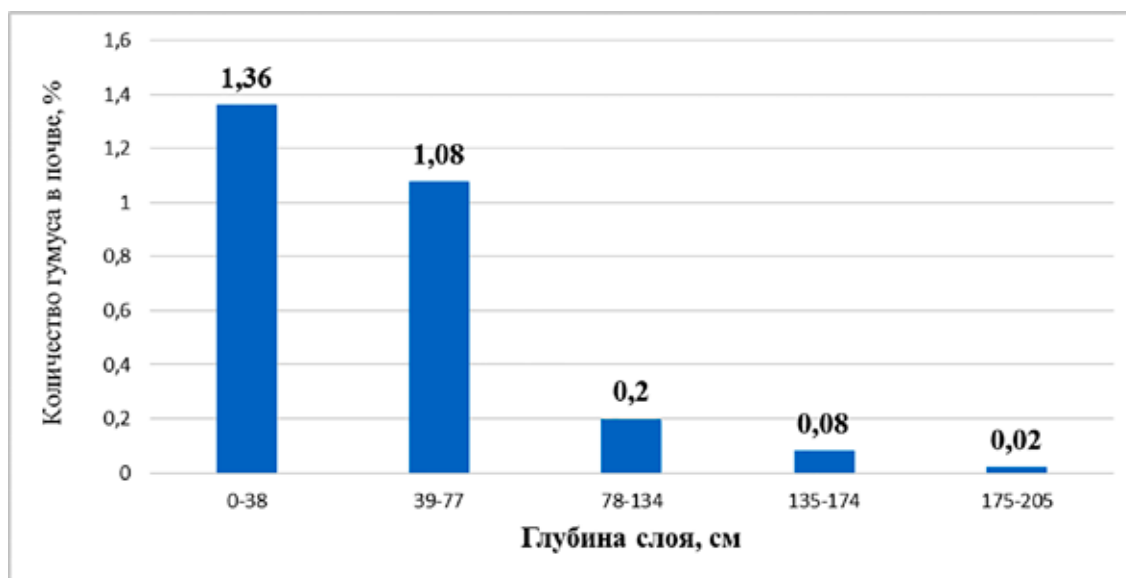


Рис. 1. Количество гумуса в лугово-аллювиальной почве Гиждуванского района, % (2022 г.)

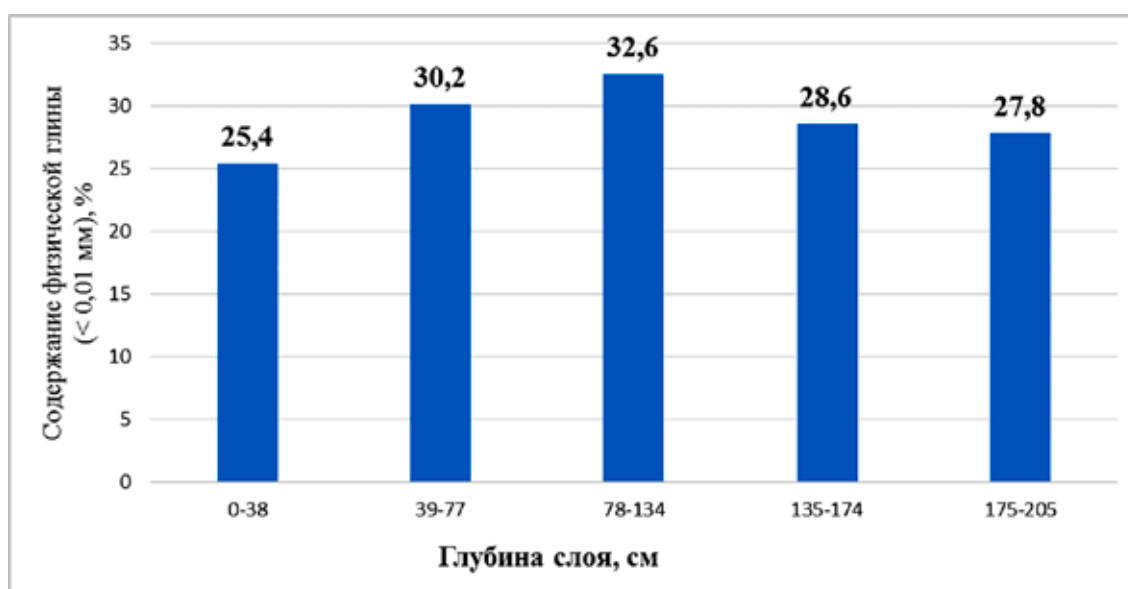


Рис. 2. Механический состав лугово-аллювиальных почв Гиждуванского района (2022 г.)

В результате подъема грунтовых вод на поверхность земли на орошаемых землях расширяется площадь гидроморфных почв, увеличивается количество засоленных участков. Проблема предотвращения подобных ситуаций и прекращения негативных процессов остается главной актуальной задачей.

Количество сухого остатка в почве определяли путем анализа количества катионов и анионов в водной вытяжке. Количество сухого остатка в самом верхнем (пахотном) слое почвы составило 0,37%. С углублени-

ем слоя почвы количество сухого остатка также увеличивалось, было обнаружено, что в самом нижнем слое 175–205 см слое почвы он составил 0,61% (табл. 1).

Как видно из данных таблицы, пахотный и подпахотный слои почвы слабозасолены, последующие слои средnezасолены.

В то время как количество катиона кальция увеличивалось по мере углубления слоя почвы, было замечено, что количество катиона магния было обратно пропорционально. Было установлено, что тип засоления почвы – хлоридно-сульфатный.

Таблица 1

Анализ водной вытяжки лугово-аллювиальных почв Гиждуванского района

Разрез №	Глубина, см	Сухой остаток, %	В 100 г почвы, %/мг/экв.					
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
3	0–38	0,37	0,030	0,110	0,130	0,089	0,011	0,025
			0,492	2,289	3,667	4,441	0,905	1,102
	38–77	0,38	0,045	0,103	0,125	0,09	0,018	0,010
			0,738	2,143	3,526	4,491	1,481	0,435
	77–134	0,47	0,073	0,119	0,149	0,116	0,009	0,031
			1,196	2,476	4,203	5,788	0,741	1,347
	134–174	0,54	0,097	0,128	0,153	0,128	0,007	0,037
			1,590	2,664	4,316	6,387	0,576	1,606
	174–205	0,61	0,126	0,148	0,172	0,141	0,005	0,059
			2,065	3,080	4,852	7,036	0,411	2,550

Лугово-аллювиальные почвы Гиждуванского района состоят из различных пород, заложенных в органические периоды, а почвообразующие материнские породы состоят из аллювиальных пород.

На основной части территории смешанные с песком слои аллювиальных отложений залегают поверх почвообразующих материнских пород с супесью и песчаными слоями.

Основным из факторов, влияющих на засоление и вторичное засоление орошаемых почв района, является проведение регулярных ирригационных работ и передвижение грунтовых вод.

В большинстве случаев для орошения используются большие поливные нормы, движение грунтовых вод не регулируется, площадь засоленных почв не увеличилась бы, если бы соблюдались правила орошения в связи с типом почвы, ее механическим составом и другими свойствами в процессе орошения, а также если наладить систематическое управление уровня грунтовых вод.

Эффективность промывки солей зависит от механического состава почвы, водно-физических свойств, степени и типа засоления, условий утечки критических уровней грунтовых вод, количества осадков, температуры воздуха, а также дренажных и агротехнических условий.

В условиях легких почв по механическому составу соли быстро смываются даже при низком расходе воды. А когда механический состав почв тяжелый, солей очень мало и они долго смываются.

После промывки солей лугово-аллювиальных почв на территории Гиждуванского района были взяты образцы почв и проанализированы. По результатам анализа оказалось, что промывка солей влияет не только на легкорастворимые в воде соли, но и на питательный режим почвы.

Было установлено, что после промывки солей содержание гумуса в почве составило 1,03 % в пахотном слое и 0,82 % в подпахотном слое, в то время как в нижних слоях оно также незначительно увеличилось по сравнению с исходным количеством (табл. 2).

Таблица 2

Питательные вещества, сухие остатки и механический состав лугово-аллювиальных почв после промывки солей

Разрез №	Глубина, см	Гумус, %	N–NO ₃ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Сухие остатки, %	Механический состав, % (< 0,01 мм)
3	0–38	1,03	1,09	140	0,27	26,2
	38–77	0,82	1,24	104	0,29	31,4
	77–134	0,57	2,38	98	0,35	33,5
	134–174	0,20	2,38	114	0,38	30,3
	174–205	0,09	2,56	138	0,41	31,6

Было обнаружено, что уровни нитратного азота (N-NO_3) и обменного калия в почве были значительно снижены по сравнению с первоначальным количеством. Количество сухого остатка в пахотном слое до промывки солей составляло 0,37%, а после промывки количество солей составило 0,27%. В последующих слоях почвенного разреза оно также уменьшилось по сравнению с первоначальным объемом. Соли легких и среднетяжелых почв по механическому составу быстро и легко промываются.

Если промывка солей оказала положительное влияние на механический состав почвы, то на питательном режиме почвы сказалась отрицательно. В частности, количество физической глины первоначально было 25,4%, а после промывки солей – 26,2%. Установлено, что в последующих слоях среза почвы она тоже соответственно несколько увеличилась.

Заключение

В заключение исследованием установлено, что лугово-аллювиальные почвы Гиждуванского района Бухарской области с очень низким и низким содержанием гумуса, валовыми (общим) и подвижными питательными веществами, механический состав почвы – легкий и среднетяжелый, количество легкорастворимых солей в воде по мере углубления почвенного среза слабо и средне засоленное, а по типу засоления хлоридно-сульфатное.

Хотя промывка солей в соответствии с механическим составом почвы положительно повлияла на снижение содержания водорастворимых солей в почве, она отрицательно влияет на количество гумуса и подвижных форм питательных веществ почвы.

Список литературы

1. Указ «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» Президента Республики Узбекистан, от 07.02.2017 г. № УП-4947. [Электронный ресурс]. URL: <https://lex.uz/ru/docs/3107042> (дата обращения: 18.11.2022).
2. Гафурова Л.А., Саидова М.Э. Влияние почвенно-экологических факторов на изменение ферментативной активности засоленных почв Южного Приаралья // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 3. С. 5–10.
3. Djumaev F., Ataeva Z. Plant growth “indigofera tinctorial” and its role in improving soil fertility in terms of the Bukhara region // Вестник науки и образования. 2021. № 3 (106). Ч. 2. С. 6–8.
4. Намозов Х.К., Амонов О.С., Нафетдинов Ш.Ш., Салимова Х.Х. Почвенно-мелиоративное описание орошаемых земель Бухарского оазиса // Вестник Хорезмской академии Маъмуна. 2020. № 8 (65). С. 235–241.
5. Артикова Х. Морфологическая структура почв Бухарского оазиса // Сельское хозяйство Узбекистана. 2017. № 5. С. 43.
6. Артикова Х.Т., Салимова Х.Х. Мелиоративное состояние орошаемых почв Бухарской области и факторы, влияющие на нее // Вестник Хорезмской академии Маъмуна. 2021. № 8. С. 52.
7. Машрабов М.И., Хайитов М.А. Изменение фосфатного режима почв с карбонатно-магниевым засолением, под влиянием новых комплексных удобрений, при возделывании хлопчатника // Актуальные проблемы современной науки. 2017. № 4 (95). С. 267–270.
8. Mashrabov M.I., Maxmatmurodov A.U. Effects of phosphor storage fertilizers on phosphate regime and cabbage yield of typical gray soils // Plant cell biotechnology and molecular biology. 2021. Vol. 22. Iss. 55–56. P. 33–41.
9. Рахмонов Р., Тохиров Б., Бегимкулова Н. Природно-климатические условия почв Бухарской области // Вопросы плодородия, охраны и эффективного использования почв Узбекистана: материалы Республиканской научно-практической конференции. 2013. С. 39–42.
10. Тожиёв У., Намозов Х., Нафетдинов Ш., Умаров К. Почвы Узбекистана: учебное пособие. Ташкент: Издательство «Национальная энциклопедия Узбекистана. Государственная национальная энциклопедия», 2004. С. 73–74.
11. Мелиорация орошаемых земель Узбекистана и состояние их улучшения. Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру Республики Узбекистан. Научная рекомендация. Ташкент, 2018. С. 189–202.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 631.95:636.2

**ОБЗОР ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
ПЕРЕХОД ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАЦИОНОВ
КОРМЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКУЮ ПРОДУКЦИЮ**

Епифанова И.Э., Епимахов В.Г.

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»,
Обнинск, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com*

Рассмотрены результаты изучения ряда факторов, влияющих на величину перехода тяжелых металлов из рациона в организм крупного рогатого скота и овец. Проведение анализа научной литературы по проблеме ведения агропромышленного производства на техногенно загрязненных территориях и обоснованию способов получения в экологически неблагоприятных условиях нормативно чистой продукции животноводства позволило получить подтверждение, что тип рациона кормления, уровень концентрации токсикантов в рационе, технология содержания и кормления животных, возраст животных, длительность поступления токсикантов с кормами являются наиболее значимыми при формировании величины уровня перехода тяжелых металлов из рациона в организм крупного рогатого скота и овец, а также влияют на санитарно-экологические качества получаемой продукции. Подтверждена роль рациона кормления как фактора, оказывающего наиболее существенное влияние на поступление экотоксикантов в организм сельскохозяйственных животных. Отмечена важность влияния накопленного уровня содержания тяжелых металлов в организме на величину коэффициента перехода из рациона животных. Подчеркнута актуальность решения проблемы прижизненного определения содержания тяжелых металлов в органах и тканях сельскохозяйственных животных как метода, позволяющего оценить и скорректировать экологическую безопасность производимой животноводческой продукции.

Ключевые слова: техногенное загрязнение, тяжелые металлы, рацион кормления, животноводство, экологически безопасная продукция

**THE MAIN FACTORS DETERMINING THE TRANSFER
OF HEAVY METALS FROM FARM ANIMALS FEEDING DIETS
TO LIVESTOCK PRODUCTS**

Epifanova I.E., Epimakhov V.G.

Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, e-mail: epifan.obninsk@gmail.com

The results of studying a number of factors that affect the amount of heavy metals transfer from the diet into the cattle and sheep body are considered. The analytic investigation of scientific research literature on solving the problems of environmentally safe livestock within the anthropogenic contaminated areas made it possible to confirm that the type of feeding diet, the heavy metals concentration in the diet and the duration of their intake with feed, the technology of keeping and feeding animals, the age of the animals are the most significant factors impacting the transfer level of heavy metals from the diet into the body of cattle and sheep, and, thereby, the sanitary and ecological quality of livestock management. The conclusion about the type of feeding diet is the major factors impacting the transfer level of heavy metals from the ration to the animal's body was confirmed. The importance of the influence of the heavy metals accumulated level in the animal's body on the transfer coefficient value with the ration was noted. The actuality of solving the problem of *in vivo* determination of the heavy metals content in the organs and tissues of farm animals as a method to assess and correct the environmental safety of livestock products was emphasized.

Keywords: anthropogenic contamination, heavy metals, transfer coefficient, daily ration, feeds, cattle breeding, cows, sheep, environmentally safe products

В связи с увеличивающимися масштабами производственной деятельности человечества возрастает актуальность решения проблем ведения агропромышленного производства на техногенно загрязненных сельскохозяйственных угодьях. Являясь основой сырья промышленного производства, тяжелые металлы (ТМ) стали приоритетными загрязнителями окружающей среды [1]. Среди данных экотоксикантов такие металлы, как свинец, кадмий, ртуть, а также мышьяк, являются наиболее опасными по тяжести негативных эколого-биологических последствий при ведении животноводства

на территориях с повышенными уровнями содержания этих токсикантов. Получаемая в таких экологически неблагоприятных регионах животноводческая продукция часто не соответствует требованиям санитарно-гигиенических нормативов, и ее употребление может негативно влиять на здоровье людей. В связи с этим при производстве молока и мяса необходимо максимально ограничить переход ТМ в пищевые продукты животного происхождения.

Цель данной работы – выявление основных факторов, определяющих величину перехода тяжелых металлов из рационов

кормления сельскохозяйственных животных в производимую продукцию (молоко и мясо) на основе изучения и анализа литературы по вопросам ведения животноводства на техногенно загрязненных территориях. Знание и учёт влияния данных факторов имеет важное значение для решения многих практических задач, связанных с организацией содержания и кормления животных, охраной окружающей среды и здоровья человека, рационального использования природных ресурсов.

Основные факторы, определяющие переход тяжёлых металлов из кормов в продукцию животноводства

Тип рациона кормления

Является самым важным и существенным фактором. Структура рациона определяет переход тяжёлых металлов из кормов и кумуляцию в организме животных.

При проведении научно-хозяйственных опытов в экологически неблагоприятных хозяйствах Тульской и Орловской областей по оценке перехода тяжёлых металлов из рациона КРС в молоко для различных типов рационов выявлено существенное влияние различных типов рационов на поступление токсикантов с кормом в организм коров. Самые низкие значения коэффициента перехода (КП) отмечены при использовании сеного и силосно-концентратного рационов для откорма лактирующих коров, а самые высокие – при силосном и смешанном рационах [2].

Результаты мониторинга накопления тяжёлых металлов в кормовых растениях и говядине, получаемой в хозяйствах Новокубанского района Краснодарского края, показали, что свинец в большей степени накапливается в люцерне и других бобовых травах, а в меньшей степени – в кукурузе [3]. Установлено, что даже при незначительном содержании ТМ в силосе происходит их существенное накопление в мясном сыре.

При разработке научных обоснований для оптимизации подбора кормов и составления рациона, гарантирующих производство экологически безопасной продукции животноводства на техногенно загрязненных территориях, результаты пятилетних исследований по содержанию тяжёлых металлов в кормах и молоке лактирующих коров в зимний и летний периоды в хозяйствах Альметьевского, Заинского и Нижнекамского районов Республики Татарстан позволили установить, что с увеличением доли содержания сырой клетчатки в рационах коэффициенты перехода ТМ из рациона в молоко уменьшаются [4].

Приведены результаты оценки содержания тяжёлых металлов в пищевой цепи крупного рогатого скота и оптимизации рациона КРС с использованием льняного, тыквенного и горчичного жмыхов для животных агропромышленного комплекса юга пригородной зоны Волгограда [5]. Включение в рационы нетрадиционных жмыхов сопровождалось уменьшением содержания свинца и кадмия как в организме коров, так и в молоке, что объясняется сорбционными свойствами жмыхов из-за наличия в их составе клетчатки. Величина снижения концентрации тяжёлых металлов в молоке коров в 1,2-2,5 раза, в мясе – в 1,7-2,2 раза.

Выполнен анализ зависимости перехода тяжёлых металлов из рациона в молоко в экологически осложненной Северо-Восточной зоне Республики Татарстан в зависимости от состава и типа кормления, содержания клетчатки в кормах, позволяющих регулировать темпы снижения токсикантов и использовать их в качестве способа получения нормативно чистой продукции животноводства в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем [6].

Возрастная группа животных

При проведении оценки экологической чистоты мяса, полученного при убое баранчиков, валушков и ярок цыгайской породы, по комплексу экотоксикантов установлено, что с возрастом отмечается увеличение концентрации содержания всех тяжёлых металлов по всем наблюдаемым половозрастным группам [7].

Представлены результаты исследований, выполненных в хозяйствах Свердловской области, расположенных в регионах с повышенным уровнем загрязнения свинцом, кадмием и другими тяжёлыми металлами [8]. Для изучения возрастной динамики накопления свинца и кадмия в организме крупного рогатого скота были обследованы коровы возраста 5-6 лет, телки и бычки в возрасте 6 и 12-14 месяцев, а также телята до 30-дневного возраста. Подтверждено, что с возрастом происходит значительная кумуляция экотоксикантов. У телят в возрасте до 1,5 лет содержание свинца в мышцах увеличилось в 1,5 раза. У коров содержание свинца в мышцах превысило этот показатель для нетелей на 22,7%. Содержание кадмия также значительно увеличивается по мере взросления животных.

Особенностям формирования мясной продуктивности молодняка овец цыгайской породы с учетом химического состава мяса баранчиков посвящено исследование, выполненное на животных из хозяйств Саратовской области [9]. При оценке ко-

личества свинца, кадмия, ртути и мышьяка в мясе установлено, что с возрастом кумуляция токсичного свинца в организме овец возрастала.

Проведен анализ состояния биогеоценоза системы «почва – растение – животное» в различных техногенных зонах Республики Татарстан на предмет содержания солей тяжёлых металлов в органах и тканях крупного рогатого скота [10]. Установлены более низкие показатели количества ксенобиотиков в печени и почках, но большие в крови у ремонтных телок и откормочных бычков сравнительно с таковыми у дойных коров. Предполагается, что это связано с изменением возрастных адаптационных барьерных и антиоксидантных возможностей органов молодняка КРС к условиям техногенной нагрузки, а также с кумуляцией солей тяжёлых металлов в организме взрослых животных [10].

Определение содержания свинца и кадмия в молоке разновозрастных коров проведено в Белгородской области и Домодедовском районе Московской области [11]. Средний уровень соединений кадмия у животных в возрасте от 2,5 до 3,5 лет составляет 0,20 мг/л, в возрасте от 4 до 6 лет – 0,031 мг/л и в возрасте от 6 лет и старше – 0,053 мг/л. Примерно такое же соотношение и по уровню соединений свинца. У молодых животных он составляет 0,075 мг/л, особей среднего возраста – 0,169 мг/л и у старых животных 0,333 мг/л.

Для молодняка овец бурятского типа забайкальской породы, выращиваемого в хозяйствах Джидинского района Республики Бурятия, выполнен анализ трофической цепочки «почва – вода – корма – мышечная ткань овец», а также определено содержание тяжёлых металлов (ртуть, свинец, кадмий, мышьяк, медь, цинк) в мышцах овец и кормах зимнего и летнего рационов. Установлено, что с повышением возраста у молодняка овец содержание тяжёлых металлов в мясе имеет тенденцию к возрастанию [12].

С целью изучения возможности производства экологически чистой органической продукции животноводства проводился научно-хозяйственный эксперимент на овцах цигейской породы, выращиваемых в хозяйствах Марковского, Базарно-Карабулакского и Питерского районов, находящихся под негативным воздействием выбросов промышленного производства г. Саратов. Установлено влияние возраста животных на органолептические показатели качества и уровень безопасности мяса овец [13].

При оценке уровней содержания тяжёлых металлов в почве, воде, кормах, мясе и внутренних органах молодняка бакурских

овец хозяйств Саратовской области установлено, что поступление ТМ в организм животных и их накопление зависит от возраста овец: при незначительной кумуляции изучаемых токсикантов у животных 6-месячного возраста уже к возрасту 12 месяцев содержание тяжёлых металлов превысило предельно допустимый уровень [14].

Содержание тяжёлых металлов в рационе

В ходе анализа миграции токсических веществ в цепи «почва – растения (корма) – молоко» установлено, что рост концентрации ТМ в молоке коров зависел от увеличения их содержания в кормах [15].

Для изучения взаимосвязи между содержанием свинца и кадмия в образцах мышц, печени и почек КРС и потребляемых кормах проведены исследования [16]. В результате установлены положительные корреляции между концентрациями свинца ($p < 0,05$, $r = 0,163$) и кадмия ($p < 0,01$, $r = 0,303$) в кормах и исследуемых органах.

При проведении исследований в хозяйствах «Чабрец» и «Сокулук» Чуйской области установлено, что избыток мышьяка в растительных кормах приводил к росту концентрации As в крови опытных животных до 40 мг/л, что в 8 раз превышало показатель контрольной группы (0,05 мг/л) [17].

Показано, что увеличение содержания тяжёлых металлов в кормах крупного рогатого скота отражается на уровне их концентрации в молоке коров независимо от того, стойловый это или пастбищный период года [18].

Представлены сведения об экологическом состоянии ряда объектов окружающей среды четырех областей Центрального региона Нечернозёмной зоны России: Вологодской, Ивановской, Костромской и Ярославской [19]. Отмечено, что переход тяжёлых металлов в молоко коров зависит от величины их содержания в кормах.

Дана характеристика основных физико-химических и технологических свойств молока в зависимости от породы, сезона года при разных способах содержания коров в хозяйствах, расположенных в зонах экологического риска [20]. Отмечено, что концентрация тяжёлых металлов в молоке коров находится в прямой зависимости от содержания их в кормовых рационах и не зависит от породных особенностей.

Для изучения уровня концентрации солей тяжёлых металлов (медь, цинк, свинец и кадмий) в молоке в зависимости от содержания их в рационе коров проведен научно-хозяйственный опыт в «Заречье» Смолевичского района Минской области. Анализ полученных данных показал, что концентрация солей тяжёлых металлов в молоке находится

в зависимости от содержания их в рационе коров. Установлены коэффициенты перехода из кормов рациона в молоко [21].

Проведен анализ экологической обстановки ряда районов Алтайского края и пригорода г. Барнаул. Установлена зависимость увеличения КП токсикоэлементов в мышечную ткань при более низком их содержании в рационе [22].

*Длительность поступления
тяжелых металлов с кормом*

С целью изучения уровня накопления экотоксикантов и разработки системы их коррекции в объектах «трофической цепи» для повышения биологического потенциала животных в аграрных предприятиях промышленного региона проводили экспериментальные исследования в зоне Урала [8; 23]. Установлено, что в районах металлургических комбинатов и крупных автомагистралей ежедневное поступление тяжёлых металлов в организм животных с кормами ведёт к накоплению их в органах и тканях. Наиболее токсичные элементы – свинец и кадмий.

В связи с высокой концентрацией различных сельскохозяйственных и промышленных предприятий как на одних территориях, так и по соседству происходит загрязнение почв, воды, воздуха сельскохозяйственных угодий. Отмечается, что длительное воздействие негативных факторов приводит к снижению естественной резистентности организма и качества производимой животноводческой продукции [24].

С целью изучения возможности производства экологически чистой органической продукции животноводства проводился научно-хозяйственный эксперимент на овцах цигейской породы, выращиваемых в зонах различной степени экологической неблагополучности и с минимальной экологической нагрузкой. Отмечено, что баранина, полученная в зоне с минимальной экологической нагрузкой, содержала токсичных элементов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) в 2 раза меньше, чем мясо овец из зон с напряженной и умеренной экологической нагрузкой [13].

Результаты проведения химико-токсикологических исследований подтверждают важность длительности техногенного воздействия на величину накопления токсикантов в организме сельскохозяйственных животных [25]. Отмечена прямая зависимость уровня содержания тяжелых металлов в органах и тканях животных от экологической ситуации в регионе, где они выращиваются. При этом количество соединений ртути, свинца и кадмия в органах и тканях взрослых особей больше, чем у молодняка. Это

свидетельствует о постоянном поступлении и накоплении токсикантов в организме животных и медленном их выведении.

*Технология содержания
и кормления животных*

На территории Татарстана проводились агроэкологические исследования по проблеме оптимизации рационов для лактирующих коров в целях уменьшения поступления ТМ в молоко [4]. Установлено, что при пастбищном содержании коров свинец, кадмий, медь и цинк переходят из рациона в молоко в 1,6, 2,2, 2,1, и 2,1 раза соответственно больше по сравнению со стойловым содержанием, что обусловлено потреблением животными во время пастбы почвенных частиц, загрязненных солями тяжелых металлов. Рассчитанные параметры миграции ТМ в трофической цепи лактирующих коров доказывают возможность снижения загрязнения молока в 1,5-2 раза при переводе животных с пастбищного содержания на стойлово-выгульное.

В хозяйствах Приволжского, Фурмановского и Ивановского районов Ивановской области проведена оценка уровня загрязнения свинцом и кадмием молока и мяса крупного рогатого скота, производимых в указанном регионе [26]. При сравнении результатов исследований разных лет отмечается, что максимальные концентрации Pb и Cd наблюдаются в «летних» пробах рассматриваемой продукции, минимальные – в образцах, полученных зимой, что может быть связано с особенностями рациона и содержания животных в эти периоды.

Исследования влияния выбросов техногенного характера на молочную продукцию проведены в населенных пунктах, расположенных в пойме реки Исеть, на протяжении протекания её по территории Курганской области [27]. В результате анализа содержания тяжелых металлов (меди, цинка, кадмия, свинца) в молоке коров по сезонам года установлено, что наблюдается уменьшение токсикантов в ряду весна-лето-осень-зима. Делается вывод, что заливные пастбища и сенокосы, расположенные в бассейне реки Исеть, испытывающей техногенную нагрузку, являются территориями экологического риска по кумуляции поллютантов в молоке коров. Коэффициенты перехода тяжёлых металлов из рациона в молоко коров в стойловый и пастбищный периоды показали отсутствие прямой связи между наличием тяжёлых металлов в кормах и молоке. Предполагается, что при увеличении токсичности рациона барьерные функции организма животных усиливаются, коэффициент перехода снижается.

Рассмотрены вопросы экологической безопасности животноводческой продукции в Республике Беларусь [28]. Значения коэффициента перехода тяжелых металлов из рациона в молоко в летне-пастбищный период выше, чем в зимне-стойловый период, и объясняются дополнительным поступлением техногенных загрязнителей в организм животных с дерниной и почвенными частицами, поскольку содержание тяжелых металлов в них значительно выше, чем в растениях.

Отмечена сезонная зависимость уровней содержания тяжёлых металлов в молоке коров путём сравнения концентраций тяжёлых металлов в молоке коров по различным регионам мира за 2010-2020 гг. [29].

Оценка фактического содержания соединений свинца и кадмия в молоке крупного рогатого скота, выращенного в разных хозяйствах Белгородской области и Домодедовском районе Московской области, показала, что уровень токсикозов в летний период содержания животных больше, чем в зимний период [30].

Проведен мониторинг содержания тяжёлых металлов в продуктах животноводства Западной Сибири в зависимости от экологических условий их производства [31]. Изучена динамика распределения металлов в молоке в зависимости от сезона года. Среднее содержание Cd в молоке в пастбищный период выше, чем в стойловый, в 6,5 раза ($P < 0.05$). Также результаты анализа свидетельствуют о небольшом влиянии сезона года на уровень аккумуляции Cd в молоке.

Скармливание рационов с различным уровнем свинца молодняку крупного рогатого скота в сравнении с аналогами, получавшими общехозяйственный рацион, сопровождалось более низкими коэффициентами переваримости питательных веществ – на 0.9-4.7%, способствовало его большему накоплению в продуктах убоя: сердечной мышце – в 3.2-4.1 раза, печеночной ткани – в 3.7-5.9, легочной – в 2.6-3.2, почечной – в 3.6-5.3, мышечной – в 8.6-11.2 ($P < 0.05$) [32].

Вид животных

Выявлено, что в организме лошадей кадмий кумулируется в десятки раз больше, чем у крупного рогатого скота, выращенного в тех же хозяйствах. При этом количество соединений ртути, свинца и кадмия в органах и тканях взрослых особей больше, чем у молодняка. Это свидетельствует о постоянном поступлении и накоплении токсикантов в организме животных и медленном их выведении [25].

Установлено, что одно и то же токсическое вещество у биологических организ-

мов разных видов вызывает неоднозначные клинические проявления болезни [33]. Это обусловлено не самим токсическим веществом, а средой, в которую оно проникло и где происходит его метаболизм и биологическая трансформация.

При проведении санитарно-токсикологической оценки сельскохозяйственной продукции, производимой в экологических условиях юга Тюменской области, установлена закономерность накопления тяжёлых металлов в зависимости от вида сельскохозяйственного животного [34]. Дана характеристика распределения в органах и тканях животных свинца, кадмия, мышьяка и ртути.

Многочисленные исследования химического состава органов и тканей млекопитающих выявили видовую специфичность кумуляции химических элементов. Эти различия проявляются по мере увеличения содержания тяжёлых металлов в окружающей среде, а уровни кумуляции тяжёлых металлов в организме зависят от экологии вида, и прежде всего от состава рационов кормления [35].

Содержание тяжёлых металлов в организме

Вопрос о сроках убоя животных с учетом времени выведения токсиканта из организма является важным для получения экологически безопасной продукции. Его решение может быть достигнуто путём прижизненной количественной оценки соединений токсикантов в органах и тканях животных. Описанию состояния данной проблемы, различных подходов, позволяющих тестировать у животных содержание тяжёлых металлов, возможности оценить и скорректировать экологическую безопасность животноводческой продукции, посвящен обзор [36].

Заключение

Таким образом, на основе обзора научно-исследовательской литературы по вопросам ведения животноводства на разных по техногенной нагрузке территориях выявлены факторы, определяющие переход тяжёлых металлов из рационов кормления сельскохозяйственных животных в животноводческую продукцию. Изложенная информация может представлять интерес и быть полезной для зооинженеров, студентов экологических и аграрных вузов, специалистов в области сельского хозяйства.

Список литературы

1. Епимахов В.Г., Епифанова И.Э. Факторы, модифицирующие переход тяжелых металлов в животноводческую продукцию // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 2(114). С. 243-255.
2. Сироткин А.Н., Исамов Н.Н., Лой В.И., Соколова Е.А., Сидорова Е.В., Шокель М.О. К вопросу о миграции ТМ

по цепи корм – корова – молоко // Сельскохозяйственная биология. 1997. № 2. С. 59-64.

3. Быченко Н.В., Забашта Н.Н., Головкин Е.Н. Мониторинг токсичных элементов в объектах окружающей среды – требование при производстве органического мясного сырья // Сборник научных трудов Северо-Кавказского НИИ животноводства. 2017. Т. 2. № 6. С. 74-78.

4. Ильязов Р.Г., Шакиров Ф.Х., Пристер Б.С. Адаптация агроэкосферы к условиям техногенеза / под ред. Ильязова Р.Г. Казань: Фэн: Акад. наук РТ, 2006. 669 с.

5. Пенькова И.Н., Мишина О.Ю. Нетрадиционные жмыхи как средство коррекции качества и экологической безопасности продукции скотоводства в условиях техногенеза // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2012. № 4 (28). С. 1-4.

6. Гилемханов М.И. Оценка загрязнения кормов тяжелыми металлами, поступающих в организм дойных коров в условиях техногенного загрязнения агроэкосистем // Инновационное развитие современной науки. Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2014. С. 3-7.

7. Никитина Е.А., Зырянова И.А., Юлдашбаев Ю.А. Экологический мониторинг мяса молодняка овец цыгайской породы // Актуальные проблемы животноводства в условиях импортозамещения. Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. 2018. С. 367-370.

8. Шкуратова И.А., Белоусов А.И., Лысов А.В. Возрастная и сезонная динамика накопления тяжелых металлов в организме крупного рогатого скота в условиях техногенного загрязнения // Междунар. научно-практ. конф., посвященная 100-летию со дня рождения доктора ветеринарных наук профессора Кабаева А.А. Троицк: Южно-Уральский государственный университет, 2017. С.449-455.

9. Сазонова И.А. Мясная продуктивность и экологическая безопасность мяса баранчиков цыгайской породы в зависимости от природно-климатической зоны Саратовской области // Овцы, козы, шерстяное дело. 2015. № 3. С. 18-20.

10. Ежкова А.М. Биогеоценоз системы «почва-растение-животное» в различных техногенных зонах Республики Татарстан и коррекция ее местными бентонитами: дис. ... д-ра биол. наук. Казань, 2006. 397 с.

11. Бугреева Н.Н. Содержание соединений свинца и кадмия в молоке и молочных продуктах и пути их снижения при производстве молокопродуктов: автореф. дис. ... канд. вет. наук. Москва, 1995. 21 с.

12. Жиликова Г.М., Лаканова М.Д. Содержание тяжелых металлов в баранине степной зоны Республики Бурятия // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 3. С. 44-46.

13. Карабаева М.Э., Колотова Н.А., Шевченко Н.В. Производство «органической» животноводческой продукции в условиях Саратовской области // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 3. С. 23-27.

14. Забелина М.В., Муратова В.В., Бабочкин П.С. Повышение экологической безопасности, пищевой и биологической ценности мяса ягнят в условиях техногенного загрязнения сельскохозяйственных угодий Нижнего Поволжья // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 3. С. 30-33.

15. Борцова И.Ю. Техногенное загрязнение естественных пастбищ Красноярской лесостепи и миграция тяжелых металлов в цепи «почва-растение-продукт (молоко)»: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2007. 21 с.

16. Hashemi M. Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2018. № 6 (154). P. 263-267.

17. Ногойбаев М.Д., Ногойбаева Р.С., Сагындыков Ж.С. Влияние макро- и микроэлементов и тяжелых металлов на развитие биогеоценологических патологий у КРС в Чуйской области // Вестник Кыргызского университета им. К.И. Скрябина. 2017. № 4 (45). С. 215-219.

18. Рысина О.Н. Особенности перехода тяжелых металлов в молоко на сельскохозяйственных территориях раз-

личной степени загрязненности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Орел, 2003. 19 с.

19. Гуркина Л.В., Иванов В.И., Воронова И.А. Зависимость качества молочной продукции от экологической обстановки в Центральном регионе Нечерноземной зоны России // Качество жизни населения и экология. Пенза: Пензенский ГАУ, 2018. С. 45-66.

20. Корчагина О., Фетисова А., Иванова Н., Кутровский В. Качество молока коров в хозяйствах, расположенных в зоне экологического риска // Молочное и мясное скотоводство. 2009. № 8. С. 20-21.

21. Барановский М.В., Курак А.С., Навицкая Р.Я. Уровень концентрации солей тяжелых металлов в молоке в зависимости от содержания их в рационе коров // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Горки, 1998. С. 4.

22. Толкушкина Г. Д., Кашин А. С. Миграция токсичных элементов в трофической цепи Алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2004. № 2 (14). С. 71-73.

23. Донник И.М., Шкуратова И.А., Хасина Э.И., Якубенко Е.В. Динамика накопления экотоксикантов в биологических ресурсах регионов с интенсивной антропогенной нагрузкой // Ветеринария Кубани. 2012. № 6. С. 21-24.

24. Кривоногова А.С., Суздальцева М.А., Исаева А.Г. Элиминация экотоксикантов из трофических цепей // Ветеринария Кубани. 2015. № 4. С. 19-22.

25. Корякина Л.П., Григорьева Н.Н., Павлова А.И. Содержание тяжелых металлов в говядине в зависимости от биогеопроевнций Якутии // Ветеринария и кормление. 2021. № 3. С. 23-26.

26. Журавлева Н.И., Гуркина Л.В., Лебедева М.Б. Свинец и кадмий в продукции животноводства // Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса. Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановская государственная с.-х. академия им. Д.К. Беляева, 2014. С. 310-313.

27. Кошелев С.Н., Романова О.В. Особенности перехода тяжелых металлов из рационов лактирующих коров в молоко // Научное обеспечение реализации государственных программ АПК и сельских территорий. Лесниково: Курганская государственная с.-х. академия им. Мальцева, 2017. С. 226-229.

28. Медведская Т.В., Субботин А.М. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции: учебное пособие. Витебск: УО ВГАВМ, 2013. 133 с.

29. Boudebouz A., Boudalia S., Bousbia A., Habila S., Boussadia M.I., Gueroui Y. Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. Science of Total Environment. 751. 2021. № 141830. P. 2-13.

31. Мармулева Н.И., Овчинникова Л.А., Понуровский В.А., Шеронова П.Н. Тяжелые металлы в окружающей среде и молоке коров Новосибирской области // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2017. С. 295-298.

32. Поберухин П.М. Эффективность использования сорбентов при различной концентрации свинца в рационах молодняка крупного рогатого скота: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Оренбург, 2012. 20 с.

33. Колесников В.А. Эколого-токсикологические аспекты воздействия соединений свинца на биологические объекты: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Красноярск, 2003. 36 с.

34. Гаева Е.В. Эколого-токсикологическая оценка сельскохозяйственной продукции юга Тюменской области: специальность 03.02.08 «Экология (по отраслям)»: дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2012. 187 с.

35. Жуйкова Т.В., Безель В.С. Экологическая токсикология: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2019. 362 с.

36. Епимахов В.Г., Саруханов В.Я. Прижизненная оценка накопления тяжелых металлов в организме сельскохозяйственных животных (обзор) // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. № 4. С. 215-213.

СТАТЬИ

УДК 57.017.72:612.084:616-092.12

**АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСТ-COVID-19****Ахмедова Г.Б. кизи, Зарипов Б.***Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкент,
e-mail: gulsara.akhmedova@inbox.ru*

За последние несколько месяцев в результате многочисленных исследований симптомов, диагностики и факторов риска клинических проявлений COVID-19 получены необходимые научные данные для диагностики и лечения заболевания. Из-за отсутствия полной информации об особенностях выздоровления после коронавирусной болезни проводится множество научных исследований. Ввиду влияния COVID-19 в организме человека в восстановительный период после выздоровления от болезни нарушаются различные физиологические показатели, вызывая патологические состояния, проявляются болезненные состояния (повышенный стресс, неврозы, сахарный диабет, ожирение). В данной статье анализируется восстановительный период пост-COVID-19. Изучены количественные изменения обмена веществ в организме, динамика клинических признаков. В исследованиях использованы следующие методы: центрифугирование, ретроспективный анализ, клиничко-лабораторные, биохимические, опросно-анкетные и статистические методы. Участники исследования были разделены на 4 экспериментальные и 2 контрольные группы для анализа клинических характеристик в пост-COVID-19 периоде. В пост-COVID-19 была проведена липидограмма; установлено, что изменение количества холестерина у тех, у кого была тяжелая форма заболевания (липопротеидов низкой плотности ХС ЛПНП) было в 1,6 раза выше, а липопротеидов высокой плотности ХС ЛПВП снижено в 1,5 раза по сравнению с контролем. Инфекция SARS-CoV-2 поражает систему кроветворения, вызывая лимфоцитопению и эозинопению в период заболевания.

Ключевые слова: COVID-19, post-COVID-19, физиология, кровь, лейкоциты, лимфоциты, моноциты, эозинофилы, метаболизм, холестерин, липопротеиды низкой плотности ХС-ЛПНП, липопротеины высокой плотности ХС-ЛПВП

**ANALYSIS OF PHYSIOLOGICAL AND CLINICAL PARAMETERS
IN POST-COVID-19****Akhmedova G.B., Zaripov B.***National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent,
e-mail: gulsara.akhmedova@inbox.ru*

Over the past few months, numerous studies on the symptoms, diagnosis, and clinical risk factors of COVID-19 have provided the necessary scientific evidence for the treatment and diagnosis of the disease. Due to the lack of complete information about the features of recovery from coronavirus disease, a lot of scientific research is being carried out. Due to the influence of COVID-19 in the human body during the recovery period after recovery from the disease, various physiological indicators are disturbed, causing pathological conditions, and painful conditions appear (increased stress, neurosis, diabetes, obesity). This article analyzes the post-COVID-19 recovery period. Analyzed quantitative changes in metabolism in the body, the dynamics of clinical signs. The following methods were used in the studies: centrifugation, clinical laboratory, biochemical, questionnaire, retrospective analysis and statistical methods. Research participants were divided into 4 experimental and 2 control groups to analyze the clinical characteristics in the post-COVID-19. In post-COVID-19, a lipidogram was carried out, it was found that the change in the amount of cholesterol in those who had a severe form of the disease - low-density lipoprotein LDL-C was 1.6 times higher, and high-density lipoprotein HDL-C was reduced by 1, 5 times compared to control. SARS-CoV-2 infection affects the hematopoietic system, causing lymphocytopenia and eosinopenia during the disease period.

Keywords: COVID-19, post-COVID-19, physiology, blood, leukocytes, lymphocytes, monocytes, eosinophils, metabolism, cholesterol, low-density lipoprotein LDL-C, high-density lipoprotein HDL-C

Основными целями исследовательской работы являются определение изменения клиничко-функциональных показателей, изменения количества периферических иммунных клеток и анализ метаболических показателей при выздоровлении от коронавируса.

На сегодняшний день острые респираторные заболевание (ОРЗ) не утратили своей актуальности в условиях пандемии, вызванной COVID-19 в мире, и занимают первое место среди всех заболеваний в структуре инфекционной патологии. В 2019–2022 гг. коронавирус был диагностирован в общей

сложности у 648 млн пациентов в 221 стране мира, из них 6,65 млн умерли. В Узбекистане коронавирус диагностирован в общем у 248 тыс. пациентов, 1637 из них скончались [1]. Учитывая широкое распространение COVID-19 по всему миру, изучение динамики физиологических показателей организма после выздоровления от болезни является одной из актуальных проблем физиологической науки. Соответственно, важное значение имеет комплексное исследование этиологии, физиологии, клиничко-физиологических особенностей ко-

ронавируса в регионах, знание епроцессов при восстановлении от него.

По результатам серологического и филогенетического анализа класс коронавирусов был разделен на 4 группы: альфакоронавирусы, бетакоронавирусы, гаммакоронавирусы и дельтакоронавирусы. Млекопитающие являются естественным источником большинства коронавирусов, известных науке на сегодняшний день. В основном естественный хозяин – летучие мыши, промежуточный – верблюды [2]. 11 февраля 2020 г. Международный комитет по таксономии вирусов назвал возбудителя инфекции COVID-19 – SARS-CoV-2. Новый коронавирус SARS-CoV-2 представляет собой одноцепочечный РНК-вирус, относящийся к семейству Coronaviridae, Beta-CoV B., длиной 100 нм, который, как и другие представители этого семейства (SARS-CoV и MERS-CoV), входит во II группу возбудителей [3].

Первоначально большинство случаев прямой передачи заболевания среди людей было выявлено среди медицинских работников, контактировавших с больными. Основным источником инфекции является инфицированный человек, он опасен в латентный период болезни и при ее клинических проявлениях. В случае коронавирусной болезни восприимчивость к инфекции чрезвычайно высока среди всех групп населения, а в группы риска входят лица старше 60 лет, лица с хроническими (респираторными, сердечно-сосудистыми, онкологическими заболеваниями, сахарным диабетом), при которых летальный исход составляет от 2 до 4% [4, 5].

Первые симптомы COVID-19 включают лихорадку (90%), сухой кашель или с небольшим количеством мокроты (80%), одышку (55%), миалгию и утомляемость (44%), стеснение в груди (20%), головную боль (8%), кровохарканье – кровавый кашель (5%), диарею и тошноту (3%). Эти симптомы в начале инфекции могут наблюдаться даже при отсутствии повышения температуры тела. Известно, что наиболее частым клиническим проявлением нового варианта коронавирусной инфекции является двусторонняя пневмония, а у 3–4% больных развивается острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС – Acute Respiratory Distress Syndrome) [6]. После того как вирусы связываются с рецепторами хозяина (прикрепление), они проникают в их клетки путем эндоцитоза или слияния мембран (пенетрация). После высвобождения вирусного содержимого внутри клеток вирусная РНК поступает в ядро для репликации. Вирусная мРНК используется для производства вирусных белков (биосинтез). В связи с тем, что рецептор ACE2, обеспечивающий проникновение

SARS-CoV-2 в клетки, находится во всех жизненно важных органах, COVID-19 является системным заболеванием.

Материалы и методы исследования

Общий и биохимический анализ крови проводили в 16-й семейной поликлинике Алмазарского района г.Ташкента и в многопрофильной поликлинике Ташкентской медицинской академии. Анализы проводили на биохимическом анализаторе BA-88A Mindray Co.Ltd (KNR). Использовали реактивы HUMANGmbH (Германия). Исследование проводилось в помещении с умеренной температурой (26°C). Участие в исследовании является добровольным и нефинансируемым [7, 8]. Исследовательская работа проводилась в условиях сохранения анонимности участников с соблюдением правил научной этики. Цитометрические исследования проводили на микроскопе BM 1800 по установленным стандартам [9]. Подсчет лейкоцитов проводили с помощью камеры Горяева и автоматических счетчиков под микроскопом Биологик BM 1800. Результаты получены с использованием программ Exsell и OriginPro2017 (OriginLab Corporation, США). Полученные результаты обрабатывали с использованием критерия Фишера, t-коэффициента Стьюдента. Определяли среднее арифметическое (M), стандартное отклонение ($\pm m$) и статистическую достоверность (p). При $p \leq 0,05$ результаты считались статистически достоверными на уровне 95%.

Участники исследования были разделены на 4 экспериментальные и 2 контрольные группы для анализа клинических характеристик в пост-COVID-19 периоде. В 1-ю группу на основании добровольного согласия были отобраны лица с тяжелым течением COVID-19, 2–3 месяца выздоровления, в возрасте до 40 лет, без хронических заболеваний (n=25). Во 2-ю группу на основе добровольного согласия были отобраны лица со среднетяжелой и нетяжелой формами COVID-19, через 2–3 месяца после выздоровления, не старше 40 лет и без хронических заболеваний (n=25). Вторую контрольную группу составили здоровые люди в возрасте 41–55 лет, не инфицированные COVID-19 (n=12). В 3-ю группу на основании добровольного согласия были отобраны лица с тяжелым течением COVID-19, через 2–3 месяца после выздоровления, не старше 41–55 лет, без хронических заболеваний (n=25). В 4-ю группу на основании добровольного согласия были отобраны лица со среднетяжелой и нетяжелой формами COVID-19, через 2–3 месяца после выздоровления, не старше 41–55 лет, без хронических заболеваний (n=25).

Результаты исследования и их обсуждение

В группах на основании опросника и стандартных методик было определено следующее: в 1-й группе по сравнению с контрольной группой результаты ЧСС были выше на 12%, ЧД на 12% и САД на 10% выше, чем в контрольной группе. Выяснилось, что у переболевших легкой формой COVID-19 наблюдалось повышение СЧЧ на 11% и 9%. Предполагалось, что это результат кислородного голодания во время болезни (таблица).

При анализе гематологических показателей в период COVID-19 и пост-COVID-19 в группе 30–40-летних участников со средним возрастом $36,64 \pm 2,13$ года количество лейкоцитов увеличилось на 26%

при тяжелых формах течения заболевания, средний возраст составил $46,1 \pm 1,87$ года, вторым по величине было установлено, что лейкоциты увеличились на 19,2% в 1-й группе и на 19,7% во 2-й группе после выздоровления, а количество моноцитов увеличилось в 4,0 раза по сравнению с периодом заболевания (рис. 1).

В ряду эозинофилов наблюдалась слабая эозинопения: $0,017 \pm 0,01 \cdot 10^9$ кл/л ($p < 0,01$) и $0,021 \pm 0,03 \cdot 10^9$ кл/л ($p < 0,01$) в 1-й и 2-й группах соответственно. В динамике после заболевания наблюдалось увеличение количества эозинофилов, на 4-й неделе они составили $0,09 \pm 0,04 \cdot 10^9$ кл/л ($p < 0,05$), $0,20 \pm 0,11 \cdot 10^9$ кл/л ($p < 0,05$) соответственно. У пациентов с тяжелым течением заболевания наблюдалась легкая эозинопения.

Анализ клинических признаков, функциональных показателей в пост-COVID-19 периоде ($M \pm m$)

Группа	Курение да / нет	Алкоголизм да / нет	Температура (°C)	ЧСС (раз. мин)	ЧД (раз. мин)	САД мм рт. ст.
К1 (n=12)	0/12	0/12	$36,4 \pm 0,01$	$73,2 \pm 0,4$	$18,8 \pm 1,2$	$113,3 \pm 8,61$
Г1 (n=25)	10/15	4/21	$36,7 \pm 0,27^*$	$85,6 \pm 0,8^*$	$24,2 \pm 2,2$	$118,4 \pm 10,17$
Г2 (n=25)	9/16	0/25	$36,4 \pm 0,24^{**}$	$82,2 \pm 0,6^*$	$18,4 \pm 1,9^*$	$116,2 \pm 12,66$
К2 (n=12)	0/12	0/12	$36,2 \pm 0,04$	$72,5 \pm 0,3$	$18,6 \pm 0,9$	$115,2 \pm 5,51$
Г3 (n=25)	5/20	2/23	$36,8 \pm 0,07^{**}$	$86,1 \pm 0,4^*$	$24,6 \pm 1,4^*$	$128,4 \pm 5,04$
Г4 (n=25)	6/19	3/22	$36,6 \pm 0,18^{**}$	$81,5 \pm 0,5^*$	$18,2 \pm 1,6^*$	$131,2 \pm 6,01$

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

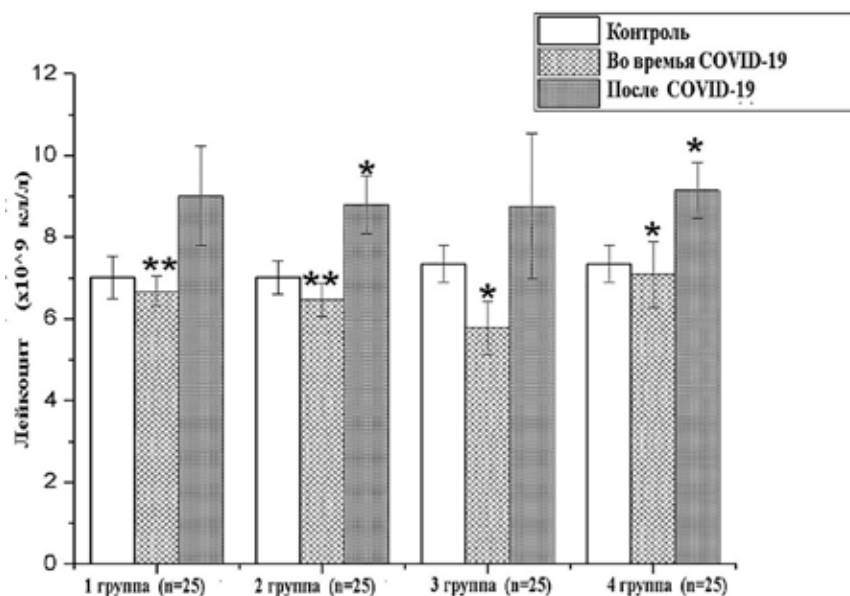


Рис. 1. Анализ лейкоцитов в период восстановления ($M \pm m$)
(единица измерения – кл/л; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

При изучении биохимических показателей обмена крови при выздоровлении от COVID-19 было установлено, что в 1-й группе, имевшей тяжелое течение заболевания, в первой большой группе в период COVID-19 уровень глюкозы повышался в 1,6 раза по сравнению с контролем, а во 2-й группе он увеличился в 1,4 раза, уровень сахара в крови после перенесенного заболевания был значительным. Установлено, что он увеличился на 10%.

Холестерин защищает клетки от активных форм кислорода. Он необходим для нормального функционирования многих рецепторов, в том числе МНС-II на иммунных клетках и иммунного ответа [10]. По этой причине мы рассмотрим изменения в иммунных клетках и уровне холестерина в период восстановления после COVID-19. Содержание общего холестерина составило $5,01 \pm 0,87$ ммоль/л ($p < 0,05$) и $4,12 \pm 0,13$ ммоль/л ($p < 0,001$)

в 1-й и 2-й группах во время заболевания и $5,32 \pm 0,21$ ммоль/л ($p < 0,001$) ($p < 0,05$) и $3,26 \pm 0,34$ ммоль/л ($p < 0,001$) после заболевания. Установлено, что у перенесших нетяжелую форму показатель снизился до нормы, а у перенесших тяжелую форму был в 1,6 раза выше, чем в контроле (рис. 2).

Также были проанализированы соответствующие липопротеины. Липопротеины высокой плотности (ХС ЛПВП) – полезный пластический элемент для организма – составили $1,12 \pm 0,018$ ммоль/л ($p < 0,01$) в период заболевания в 1-й группе и $1,03 \pm 0,032$ ммоль/л ($p < 0,01$) после заболевания. Установлено, что полезные липопротеины снизились до критического уровня в 1,5 раза по сравнению с контролем. Во 2-й группе наблюдалась обратная тенденция, до и после заболевания содержание липопротеинов составило $1,31 \pm 0,021$ ммоль/л ($p < 0,05$) и $1,40 \pm 0,054$ ммоль/л ($p < 0,01$) соответственно.

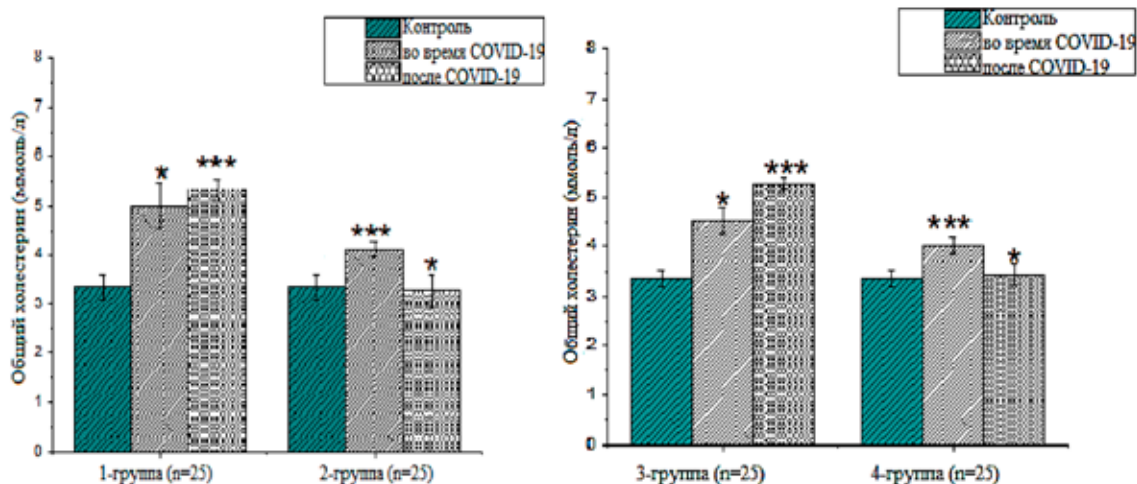


Рис. 2. Анализ общего холестерина в период восстановления (единица измерения – ммоль/л; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

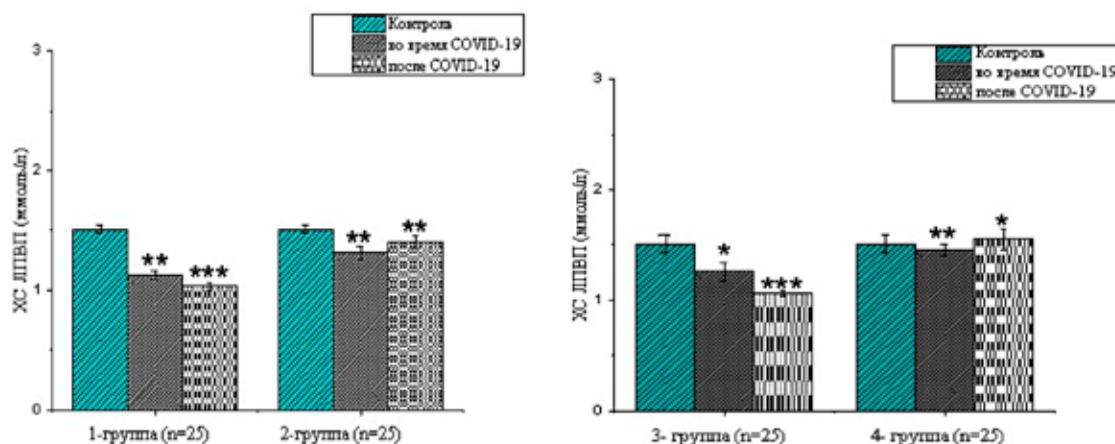


Рис. 3. Анализ количества ХС ЛПВП в крови ($M \pm m$) (единица измерения – ммоль/л; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

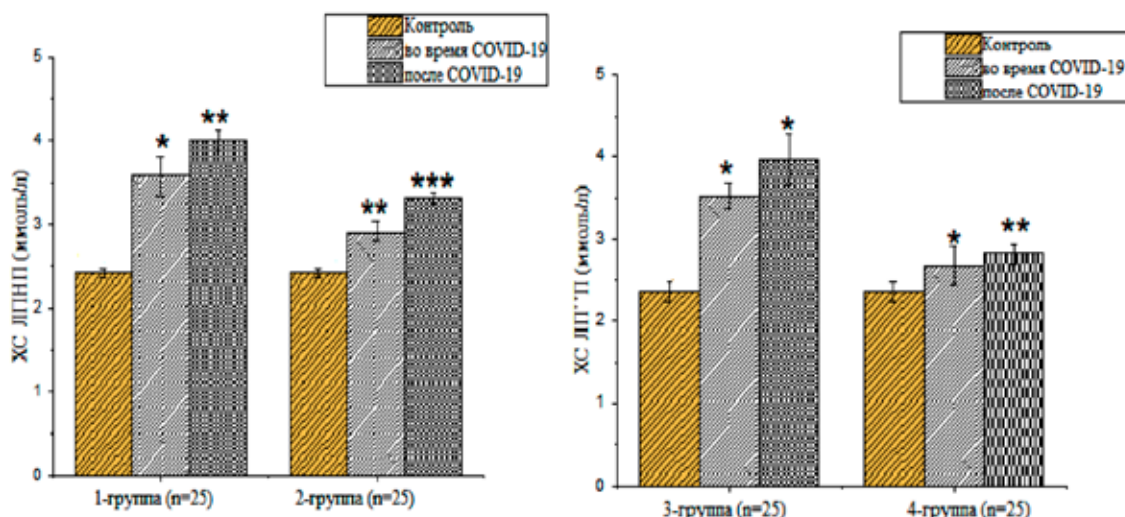


Рис. 4. Анализ количества ХС ЛПНП в крови ($M \pm m$)
(единица измерения – ммоль/л; * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$)

Показатель находится ниже контрольного уровня, но динамично восстанавливается до нормального уровня (рис. 3).

Вредные липопротеины низкой плотности – ХС ЛПНП – в 1-й и 2-й группах заболевания были $3,58 \pm 0,24$ ммоль/л ($p < 0,01$) и $2,92 \pm 0,12$ ммоль/л ($p < 0,01$) соответственно, а после заболевания – $4,01 \pm 0,03$ ммоль/л ($p < 0,01$) и $3,31 \pm 0,04$ ммоль/л ($p < 0,01$) в 1-й и 2-й группах соответственно. Установлено, что их количество увеличилось в 1,6 и 1,4 раза по сравнению с контролем (рис. 4).

Закключение

Метаболизм липидов нарушается при вирусных инфекциях. Липиды входят в состав вирусных и клеточных мембран. Вирусы должны регулировать синтез липидов в клетке-хозяине, чтобы производить липиды, необходимые для мембран и оболочек. Холестерин и жирные кислоты – факторы, необходимые для репликации вируса, являются особенно важными компонентами вирусных мембран, поэтому высокий уровень холестерина в крови делает период восстановления после COVID-19 проблематичным. COVID-19 – системное заболевание, существенно влияющее на систему кроветворения, метаболизм и гемостаз. В связи с тем, что после заболевания наблюдаются нарушения метаболизма липидов, лимфоцитопения и эозинопения, динамический контроль биохимических показателей и количества кроветворных элементов является одним из важнейших факторов выздоровления. Исходя из этого, мониторинг динамики гематологических показателей и количества лейкоцитов помогает контро-

лировать период выздоровления от заболевания и своевременно проводить профилактические мероприятия.

Список литературы

1. Статистика заболеваемости коронавирусной инфекцией COVID-19. 10.12.2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://ourworldindata.org/coronavirus-data> (дата обращения: 12.12.2022).
2. Щелканов М.Ю., Попова А.Ю., Дедков В.Г., Акимкин В.Г., Малеев В.В. История изучения и современная классификация коронавирусов (Nidovirales: Coronaviridae) // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 2. С. 221-246.
3. Cao Y., Liu X., Xiong L., Cai K. Imaging and clinical features of patients with 2019 novel coronavirus SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis. Journal of medical virology. 2020. V. 92. № 9. P. 1449-1459.
4. Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. The lancet. 2020. V. 395. № 10223. P. 497-506.
5. Huang X., Wei F., Hu L., Wen L., Chen K. Epidemiology and clinical characteristics of COVID-19. Archives of Iranian medicine. 2020. V. 23. № 4. P. 268-271.
6. Merad M., Martin J. C. Pathological inflammation in patients with COVID-19: a key role for monocytes and macrophages. Nature reviews immunology. 2020. V. 20. № 6. P. 355-362.
7. Зарипов Б. Ахмедова Г.Б. Физиологические особенности восстановительного периода после COVID-19 // Наука, инновации и образование: проблемы и перспективы: 13-я Международная научно-практическая конференция. Япония-Токио, 2022. С. 38-41.
8. Ахмедова Г.Б.К., Зарипов Б. Анализ показателей биоимпеданса и основного обмена во время выздоровления от COVID-19 // Universum: химия и биология. 2022. № 8-1 (98). С. 29-32.
9. Байдун Л.А., Зурочка А.В., Тотолян А.А., Хайдуков С.В. Стандартизованная технология Исследование субпопуляционного состава лимфоцитов периферической крови с применением проточных цитофлуориметров-анализаторов. Проект // Медицинская иммунология. 2012. Т. 14. № 3. С. 255-268.
10. Климов А. Н. Холестерин в патогенезе атеросклероза: роль «плохого» и «хорошего» холестерина // Медицинский академический журнал. 2007. Т. 7. № 1. С. 4-11.

УДК 631.4

СОЛОНЧАКИ, ОБРАЗОВАВШИЕСЯ НА ОСУШЕННОМ ДНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Каттаева Г.Н., Исмонов А.Ж.

*Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии
Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан, Ташкент,
e-mail: gulnozakattayeva@mail.ru, abduvahob60@mail.ru*

В статье изложены представления о почвенном покрове, сформировавшемся с 1950-х гг. в результате отступления вод Аральского моря, на почвенно-грунтовых участках, освободившихся от воды. Исследуемые районы характеризуются различным содержанием солей почвенного профиля, в результате отложения соды, хлора и сульфатов в верхних слоях почв образовались солончаки, и эти химические соединения негативно сказываются на развитии растений в солончаках. Виды растений, устойчивых к засолению, произрастающих в природных условиях, постепенно изменяются, им на смену приходят представители различных семейств «соленолюбивых» растений-галофитов, и постепенно формируется своеобразная по морфологически-анатомическому облику формация растений семейства соленолюбивых. Замечено, что эти галофитные растения хорошо растут даже на типичных солончаках, где содержание общих солей в почве составляет 5–8%, а некоторых их солей – до 15–20%. В засушливой части Аральского моря сложился комплекс песчано-пустынных, гидроморфных и полугидроморфных песчано-пустынных почв, остаточных приморских солончаков, полуморфных и полугидроморфных солончаков, а также песчано-пустынных и песчаных солончаков. Гидроморфные почвы исследуемой территории в настоящее время в результате истощения грунтовых вод переходят в автоморфные почвы. Литологический срез почвообразующих пород, сложенный сложнослойными аллювиальными породами Амударьинского прогиба, имеет весьма разнообразное строение. Покровы аллювиального слоя на всей территории характеризуются частым резким изменением механического состава как по сечению, так и по площади. Постоянная быстрая изменчивость почвообразовательного процесса в сочетании с грунтовыми водами и постоянное течение интенсивных солевых отложений не способствуют формированию нормального почвенного профиля.

Ключевые слова: осушенное дно Аральского моря, галофитная растительность, солончаки, опустынивание, деградация, засоленность, грунтовые воды, орошение, профиль почвы

SOLONCHARS FORMED ON THE DRY BOTTOM OF THE ARAL SEA

Kattaeva G.N., Ismonov A.Zh.

*Scientific Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, Ministry of Agriculture, Tashkent,
e-mail: gulnozakattayeva@mail.ru, abduvahob60@mail.ru*

The article deals with the issues of the soil cover, formed soils, as a result of the retreat of the Aral Sea since the 1950s. The studied areas have a different composition of salts in the soil profile; as a result of the precipitation of soda, chlorine and sulfates, solonchaks were formed in the upper layers, and these chemical compounds adversely affect the development of plants. Species of non-salt-loving plants growing in nature are gradually changing and being replaced by halophytes belonging to different families of "salt-loving" plants, and a plant formation is gradually formed that belongs to the salt-loving family of a morphological and anatomical peculiar species. It is noted that these halophytic plants grow well even on typical saline soils with a total salt content of 5-8%, and sometimes their salts up to 15-20%. In the dry part of the Aral Sea, a complex of sandy-desert, hydromorphic and semi-hydromorphic sandy-desert soils, residual coastal solonchaks, semi-automorphic and semi-hydromorphic solonchaks, as well as sandy-desert and sandy solonchaks were formed. As a result of a decrease in groundwater, the hydromorphic soils of the study area are currently turning into automorphic soils. The lithological section of soil-forming rocks consists of complex layered-silty alluvial rocks of the Amu Darya and have a very diverse structure. The layers of alluvial coatings throughout the territory are characterized by their mechanical composition, as well as their sharp changes throughout the entire area. Constant rapid variability of the soil formation process together with groundwater and a constant flow of rapid salt accumulation prevents the formation of a normal soil profile.

Keywords: dried bottom Aral Sea, halophytes, solonchaks, desertification, degradation, salinization, groundwater, irrigation, soil profile

Глобальное изменение климата на Земле также повлияло на районы Центральной Азии. В частности, это видно по тому, как Аральское море высыхает с 1950-х гг., на его месте образовалась Аральская песчаная пустыня. Солончаковые подводные отложения сложены маломощными солончатыми аллювиальными отложениями с преобладанием первичных пород различного возраста (глинистых, песчаных, суглинистых и др). Из-за сухого и жаркого

климата мы также можем найти соли, которые легко растворяются в воде, в горных породах под морем. В опустевшей под морем «пустыне Аралкум» в настоящее время можно наблюдать процессы первичного почвообразования. Было отмечено, что эти процессы начались на территориях, освободившихся от морской воды за 50–60 лет до этого, постепенно формируя первичную почву. Однако в нашем исследовании было отмечено, что формирование почв в дельте

Амударьи и на осушенном дне Аральского моря происходило в тесной связи с почвенно-климатическими, геоморфологическими, литологическими структурами территории, а также с рядом природных условий, таких как миграция речной воды в конечных участках дельты, водопотребление и просачивание ее в грунт. В современных условиях процесс почвообразования начался в тех частях моря, которые ранее были открыты.

Цель исследования – выявление морфогенетической особенности солончаков, образующихся в процессах, протекающих в почвенно-грунтовой покрове осушенного дна экологически деградированного Аральского моря.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу проведенных прикладных исследований составляют опубликованные в нашей республике исследования [1; 2], а также геохимические, сравнительно-географические, лабораторно-аналитические методы анализа. Химические анализы образцов, взятых из почвы и воды в период исследований, выполнены на основе общепринятых в республике методов, разработанных в УзНИИХ и НИИПА.

Степень изученности исследуемой территории

Исследования территории Аральского моря начались с 1846 г. В частности, по заданию царской России А. Бутаков в 1848–1849 гг. исследовал и нанес на карту Аральское море. Многие из последующих организованных военных экспедиций потерпели крах, не имея возможности выполнить работу. Их цель состояла в том, чтобы узнать, куда впадают воды Амударьи, найти путь в Индию для торговли, исследовать хивинские территории (их природные богатства). В 1908 г. академик Л.С. Берг составил карты береговой структуры и типов Аральского моря и опубликовал монографию «Аральское море» [3; 4].

В исследованиях, проведенных в последующие годы, были организованы экспедиции с целью использования для орошения земель Аральского моря и дельты Амударьи, которые изучали небольшие участки, анализировали всю «живую» дельту Амударьи, составляли почвенные, мелиоративные, гидрогеологические карты [5]. Это связано с тем, что по мере осушения Аральского моря возможности освоения вновь открытых территорий были ограничены, так как почвы были засолены, заболочены, а уровень грунтовых вод был близок к поверхности. Тем не менее начиная с 1950-х гг.

работы по освоению пригодных к освоению земель с целью крупномасштабного орошения стали набирать обороты.

Результаты исследования и их обсуждение

Накопление соли на высохшем дне Аральского моря началось с древних геологических эпох. Непрерывное поднятие гор и, следовательно, опускание островной низменности обеспечивали непрерывный поток продуктов выветривания из горной местности в сторону равнин на протяжении миллионов лет. В то же время потоки этих геологических эпох растворяли водорастворимые компоненты, образовавшиеся в меловом и третичном периодах, и в результате с годами эти растворы превращались в соленые породы и воду. Эти отложения, пришедшие в Аральскую низменность, образовали скопления отложений гипса, известняка и даже поваренной соли (толстослойные).

После 1960-х гг. в почвогрунтах, освобожденных от отступающих морских вод, стали появляться различные группы почв. В то же время в районах юго-западной части исследуемого Аральского моря на больших площадях было отмечено распространение солончаков. Почвенно-исследовательские работы были проведены в западной части территории, освобожденной от Аральского моря, и были получены почвенные разрезы. Основной целью получения почвенных разрезов является определение структуры почвенного покрова, исследование изменения свойств почвенного покрова и почв в ту или иную сторону под влиянием процессов опустынивания, геоморфологического строения, образования новых типов и видов почв.

Во время полевой экспедиции 2021 г. из этих солончаков были выкопаны почвенные разрезы, а образцы почвы из пластов были взяты для химического анализа. Данные химического анализа показывают, что из-за различной токсичности солей в почвенном профиле в верхнем 0–30-сантиметровом слое почвы засоленные почвы, содержащие более 0,6 % соды, более 0,1 % хлора, более 2,0 % сульфатов, являются солончаками, и это количество отрицательно влияет на рост и развитие растений. В осушенной части Аральского моря встречаются более галофитные растения, растительность которых развивается поодиночке, к ним относятся такие растения, как бурьян, полынь, саксаул, тамарикс, соляноколосник каспийский, камыш, лебеда, приспособленные к развитию в суровых условиях, причем эти растения имеют большую глубину

корневой системы, высокое содержание зольного вещества. Содержание золы в растениях, встречающихся на солончаковых почвах, сравнительно велико по отношению к элементам натрия, серы, хлора. Если содержание солей хлора в почве, превышающее ее «порог токсичности» ($> 0,01\%$), отрицательно сказывается на урожайности, качестве и биомассе культурных растений, то виды солеустойчивых растений, произрастающих в природных условиях, постепенно изменяются, их заменяют галофиты, представители различных семейств «солелюбивых» растений, и постепенно формируются растения, принадлежащие к семейству солевых с морфологически-анатомически специфическим внешним видом [6]. Эти галофитные растения хорошо растут даже на типичных солончаках, где содержание общих солей в почве составляет 5–8%, а некоторых их солей до 15–20%. Вредное воздействие водорастворимых солей на культурные растения разнообразно, оно варьируется в зависимости от содержания в почве и растениях соли. Степень поражения бывает различной в зависимости от устойчивости растений к солям. Выявлены процессы, происходящие под влиянием высыхания Аральского моря, изменения климата. В частности, в результате усиления антропогенного давления на почвы наблюдалась интенсификация деградационных процессов и разрежение растительного покрова [7].

Основное внимание уделялось негативному влиянию на почвенно-грунтовые покровы Аральского моря, а также почвенным процессам, характерным для его осушенной дна (рис. 1).

В осушенной части Аральского моря сложился комплекс песчано-пустынных, гидроморфных и полугидроморфных песчано-пустынных почв, остаточных приморских солончаков, полуавтоморфных и полугидроморфных солончаков, а также песчано-пустынных и песчаных солончаков. Прежние «живые» дельтовые гидроморфные почвы Амударьи сегодня эволюционируют в сторону автоморфного типа почв, обусловленного опустыниванием вследствие истощения грунтовых вод. В осушенной части Аральского моря почвы зрелого профиля не развиты. На большей части территории выделяется комплекс песчаных солончаков, глинистых солончаков [8]. Профиль разрабатываемых здесь почв не дифференцирован на генетические горизонты. Литологический разрез почвообразующих пород состоит из сложных слоистых аллювиально-глинистых пород Амударьинской впадины и имеет весьма разнообразное строение. Покровы аллювиального слоя на всей территории характеризуются частым резким изменением механического состава как по сечению, так и по площади. Постоянная быстрая изменчивость почвообразовательного процесса в сочетании с солоноватыми водами и постоянное течение интенсивных солевых отложений не способствуют формированию нормального почвенного профиля. На пути развития морских донных отложений, минуя стадию лугового почвообразования и переходя в суббореал-гидрогенную стадию, они развиваются в стадии интенсивного солеобразования (гидроморфные солончаки). В почвогрунтах в этом случае также отмечались стадии трансформации.

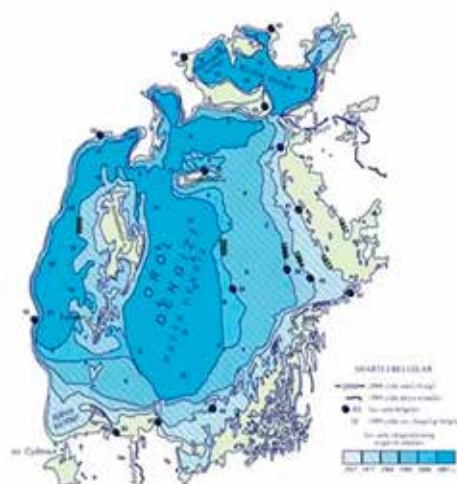


Рис. 1. Нынешний и прежний вид Аральского моря

Содержание легкорастворимых солей в воде в остаточных солончаках
на осушенном дне Аральского моря, в %

Разрез №	Глубина слоя см	Сухой остаток, %	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Засоленность	
									Тип	Стадия
17	0–2	11,540	0,018	4,396	2,100	0,4	0,225	2,978	х	солончак
	2–17	3,900	0,021	1,414	0,948	0,235	0,132	0,859	х	солончак
	17–56	1,142	0,015	0,298	0,440	0,165	0,048	0,129	х/с	солончак
	56–88	1,300	0,021	0,543	0,285	0,09	0,060	0,279	х	солончак
	88–120	0,875	0,021	0,301	0,245	0,055	0,042	0,178	с/х	сильно засолен
	120–160	1,020	0,027	0,452	0,175	0,055	0,051	0,227	х	солончак
	160–200	0,525	0,024	0,193	0,128	0,045	0,015	0,115	х	сильно засолен

Несмотря на то, что засоление почв считается состоянием, протекающим под влиянием определенных факторов, вопрос оценки почв и процессов общей засоленности по степени и типам засоленности достаточно сложен, основной причиной этого является то, что образование солей не только изменяется во времени и пространстве, но и соли или ионы, их составляющие, переходят из одной фазы почвы в другую и по-разному поддаются мелиоративным воздействиям [9].

Начиная с 1990-х гг., в результате прекращения стока в реке и уменьшения глубины грунтовых вод в дельте Амударьи, на этих почвах начались процессы засоления и опустынивания. В результате процессов, происходивших на этих почвах, было отмечено, что на больших территориях началась стадия образования автоморфных почв, и они стали превращаться в остаточнo-луговые, остаточнo-болотные и песчаные почвы. В профиле этих почв наблюдается чередование песчаных, супесчаных и супесчаных последовательно, то есть слоисто [10; 11]. Легко растворимые в воде соли, хлор и сульфат, колеблются в разных количествах в верхних слоях почв. Количество сухого остатка колеблется от 3,900% до 11,540% в пределах 0–17 см в верхних слоях, до 0,525% в пределах 160–200 см в нижних слоях в зависимости от типа почвы (таблица). Все почвы имеют разную степень засоленности, а возникновение засоления обусловлено накоплением в недрах почв соляных отложений третичного периода и сильным испарением.

Из приведенной выше таблицы видно, что основная часть остаточных солончаков исследуемой территории засолена по хлоридному типу, к низкой стороне (17–56 см) – по хлоридно-сульфатному, а в интервале

(88–120 см) – по сульфатно-хлоридному типу. В почвах основной части профиля разреза содержание водорастворимых солей находится на очень высоком уровне и является солончаками. Во всех этих слоях отмечено преобладание солей хлоридного типа. В качественном составе солей хлоридно-сульфатного и сульфатного типов засоления преобладают соли CaSO_4 , NaSO_4 , MgSO_4 . Встречаются в виде хлоридов в почве NaCl , KCl , MgCl_2 , CaCl_2 (рис. 2). Растворимость ряда солей, содержащихся в почве, также увеличивается или уменьшается под воздействием других солей, а также одна из солей может нейтрализовать другую.

По мнению В.А. Рафикова [12], основными источниками засоленности территорий дельты Амударьи являются минерализованные воды, поступающие из гораздо более древних засоленных пород, расположенных над дельтой. Однако минерализованные грунтовые воды Амударьи далеко не везде одинаково подходят к верхнему слою почвы, а грунтовые воды вокруг русла реки в большей степени рассеиваются наружу. Несмотря на то, что в условиях пустынного климата грунтовые воды залегают на значительной глубине, процессы накопления солей в почвенном покрове протекают интенсивно. Образование и режим грунтовых вод зависят от рельефа местности, особенностей ее литолого-геоморфологического строения, климата и режима грунтовых вод. Слишком малый общий уклон и быстрое и нерегулярное чередование глинистых слоев аллювиальных пород с большим содержанием в них пылевых частиц приводят к смещению грунтовых вод даже на несколько сантиметров в год. В песчаных отложениях с однородным составом суммарный сток грунтовых вод более быстрый, чем в междурусловых отложениях.

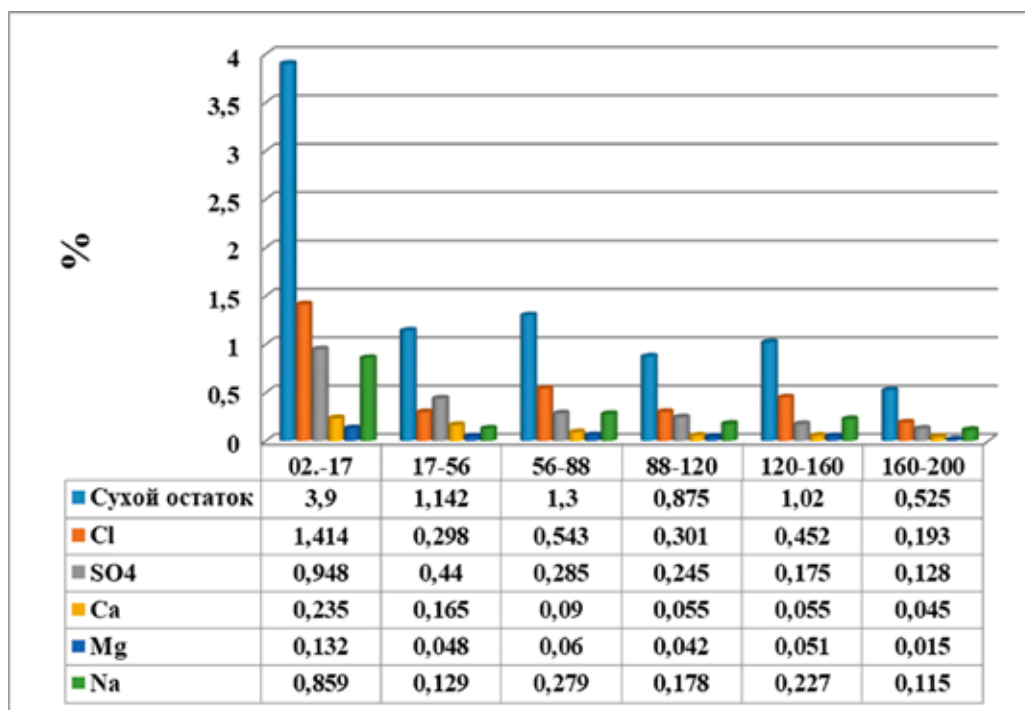


Рис. 2. Разрез-17. Содержание в солончаках ионов солей, легкорастворимых в воде, в %

По сведениям М.Э. Саидова, слоистость и структура дельтовых отложений из высоких пылевых частиц видна по фильтрации и скорости подъема грунтовых вод [13]. Как известно, по литологическому и геоморфологическому строению дельты Амударьи возвышенные участки рельефа имеют легкий механический состав (долинные холмы), обладают высокой водопроницаемостью, а водные потоки также относительно хорошие. Низинные участки (межрусловые отложения) являются разнослоистыми, имеют более глинистую структуру, плохую водопроницаемость, вследствие чего сток грунтовых вод также происходит слабо.

По данным А.Б. Мирзамбетова, А.У. Ахмедова, Ж.М. Турдалиева, Г.Т. Парпиева, химический состав солей почвогрунтов и грунтовых вод осушающегося дна моря различаются по количеству и составу солей. Грунтовые воды всюду сульфатно-хлоридного типа минерализации, почвогрунты преимущественно хлоридно-сульфатного. Очевидно, это связано с большей активностью ионов хлора по сравнению с ионами сульфата [14; 15].

Закключение

Более 90% почвогрунтов, сформировавшихся на осушенном дне исследованного Аральского моря, представляют собой почвенные покровы, подверженные различ-

ной степени засоленности, деградации. Состояние этих почвенно-грунтовых покровов определяет эколого-мелиоративное, почвенно-климатическое состояние акватории Аральского моря. Солончаковые территории, сформировавшиеся на участках, ранее удаленных от воды, в настоящее время частично покрыты солелюбивыми галофитами, но на территориях, прилегающих к поверхности почвенных вод, и на остаточных болотных почвах в отложениях сохранились влаголюбивые растения. Кроме того, солончаковые территории подвергались деградационным процессам и разрушению (эрозия и дефляция) под воздействием ветров, что в конечном итоге привело к сокращению ареалов распространения растений. В настоящее время в рамках мероприятий, направленных на смягчение эколого-мелиоративной ситуации в регионе, создание заповедных саксаульников, сокращение миграции пыльных бурь и деградационных процессов с осушенного дна Аральского моря.

Список литературы

1. Кузиев Р., Абдурахмонов Н., Омонов А., Менглиев Э. Инструкция по выполнению почвенных обследований и составлению почвенных карт для ведения государственного земельного кадастра. Ташкент, 2013. 52 с.
2. Методы изучения агрофизических, агрохимических и микробиологических свойств почв на хлопковых полях УзНИИХ. Ташкент: УзНИИХ, 1993. 37 с.

3. Берг Л.С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии, научные результаты Аральского моря // Известия Туркестанского отд. РГО.М. 1908. Вып. 9. С. 50–88.
4. Бутаков А.И. Дневник записки плавания по Аральскому морю в 1848–1849 гг. Ташкент: Издательство АН Узбекистана, 1953. С. 13–54.
5. Раззаков А.М. Почвенно-географическое районирование и земельные ресурсы Узбекистана // «Почвоведение в России: вызовы современности, основные направления развития»: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием к 85-летию Почвенного института им В.В. Докучаева Россельхоз-академии (Москва, 5–6 декабря 2012 г.). М., 2012. С. 726–729.
6. Жоллыбеков Б. Изменение почвенного покрова и ландшафтов южного Приаралья в связи с антропогенным воздействием. Нукус, 1995. 244 с.
7. Турсунов А.А. Характеристика засоленных почв низовий р. Амударья // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию Прикаспийского НИИ аридного земледелия «Современные тенденции развития аграрного комплекса». ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» (Астрахань, 11–13 мая 2016 г.). Астрахань, 2016. С. 344–348.
8. Рамазонов Б.Р. Автоморфные приморские солончаки Приаралья // Тезисы докладов международной конференции «Совершенствование агрохимической службы с целью устойчивого развития сельского хозяйства в Таджикистане» (Душанбе, 30–31 августа 2018 г.). Душанбе: Р-граф, 2018. С. 77–78.
9. Исмонов А.Ж., Каттаева Г.Н., Рамазонов Б.Р. Some issues of improving the hydro geological conditions of the soils of Karakalpakstan. ACADEMICIA an International Multidisciplinary Research Journal. 2021. Vol. 11. Is. 4. P. 968–973.
10. Хюфлер Ф., Новицкий З. Зеленый щит осушенного дна Арала. Ташкент, 2003. 76 с.
11. Монтгомери Д.Р. Почва. Эрозия цивилизаций. Анкара: ФАО, 2015. 410 с.
12. Рафиков В.А. Прогноз изменения геосистем опустынивающейся части дельты Амударьи до 2020 года // Доклады Академии наук Республики Узбекистон. 2013. № 5. С. 23–27.
13. Саидова М.Э. Биоэкологическое состояние орошаемых луговых почв Приаралья: автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук (03.00.13). Ташкент, 2019. 20 с.
14. Мирзамбетов А.Б., Ахмедов А.У., Турдалиев Ж.М., Парпиев Г.Т. Рекомендации по улучшению плодородия орошаемых почв низовья Амударьи. Ташкент: Зилол булок, С. 6–17.
15. Рамазонов Б.Р. Влияние обсыхания Аральского моря на почвенный покров. Academic Research in Educational Sciences. 2020. Vol. 1. No. 1. С. 252–261.

УДК 502:556.3

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД ГОРОДА ОМСКА С ПОМОЩЬЮ ALLIUM TEST

Кубрина Л.В.

ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», Омск,
e-mail: kubrina-lyudmila@mail.ru

С повышением антропогенной нагрузки на природную среду встает задача о предстоящем сохранении ее благосостояния. Хорошим индикатором состояния природных вод, а также почвы и атмосферы является лук репчатый Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.). Насколько устойчив данный вид растения к химическим загрязнениям, можно понять по наблюдениям за его биологическими свойствами, а именно за особенностью корневой системы. Экологическое исследование на уровне биомониторинга обеспечивает положительную оценку качества окружающей среды той или иной биологической популяции, включая и человека. При определении загрязнения природных вод с помощью биоиндикатора, было определено, что загрязнение природных вод г. Омска незначительно, несмотря на большое количество промышленных предприятий. Наиболее сильное загрязнение отмечено в образцах № 1 и 4. Процент всхожести тест-объекта в данных образцах составляет 80 и 90 % соответственно. Исходя из исследования корневой системы, в образце № 1 – максимально сдержанные показатели, таким образом, данная проба является экологически загрязненной, по сравнению с остальными образцами. В пробе № 4 также наблюдается сдержанность корневой системы, но только по средней длине корешков. Соответственно, данный образец пробы, хоть и немного, но экологически чище, чем образец № 1.

Ключевые слова: биотоксичность, токсический эффект, природные воды

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE NATURAL WATERS OF OMSK WITH THE HELP OF ALLIUM TEST

Kubrina L.V.

Omsk State Pedagogical University, Omsk, e-mail: kubrina-lyudmila@mail.ru

With the increase in anthropogenic pressure on the natural environment, the task of the upcoming preservation of its well-being arises. A good indicator of the state of natural waters, as well as soil and atmosphere is the onion Stuttgart Riesen (*Allium cepa* L.). How resistant this type of plant is to chemical contamination can be understood by observing its biological properties, namely, the peculiarity of the root system. Ecological research at the level of biomonitoring provides a positive assessment of the environmental quality of a particular biological population, including humans. When determining the pollution of natural waters using a bioindicator, it was determined that the pollution of natural waters of the city of Omsk is insignificant, despite the large number of industrial enterprises. The most severe contamination was noted in samples No. 1 and No. 4. The percentage of germination of the test object in these samples is 80 % and 90 %. Based on the study of the root system, sample No. 1 has the most restrained indicators, so this sample is environmentally contaminated compared to the rest of the samples. In sample No. 4, the restraint of the root system is also observed, but only along the average length of the roots. Accordingly, this sample, although slightly, is environmentally cleaner than sample No. 1.

Keywords: biotoxicity, toxic effect, snow cover

Вода давно считается первоисточником жизни. В современной жизни вода является сразу самым обыденным и самым распространенным веществом. Природные воды – это воды гидросферы земли, которые возникли естественным путем. Природные воды делятся на два основных класса: поверхностные воды (или водные объекты) и подземные воды.

Водные объекты – это скопления природных вод в верхних слоях земной коры, которые обладают определенным гидрологическим режимом. К водным объектам относятся водоемы, водотоки и особые водные объекты. Признаками водных объектов являются: наличие водосбора постоянное или временное наличие скоплений воды, а также наличие котловины, русла и водоемщающей среды, где происходит накопление этих природных вод [1, 2].

Водотоки – это водные объекты с поступательным движением воды в направлении уклона. Это движение воды должно быть вызвано уклоном под действием силы тяжести. Среди водотоков выделяют несколько групп: реки, ручьи и каналы.

Реки имеют чрезвычайную изменчивость, в первую очередь мы различаем их по длине и по площади водосбора. Ручьи различают по количеству воды, они сильно уступают по размерам рекам. Каналы имеют искусственное происхождение и имеют различные размеры. С повышением антропогенной нагрузки на природную среду встает задача о предстоящем сохранении ее благосостояния.

Быстро возрастающая урбанизация всевозможных регионов России влечет за собой крупное повышение антропогенной нагрузки на окружающую среду. Воздействие

человека на почву, атмосферу, а также на воду из года в год растет, вследствие этого экологическая ситуация в России становится критической [1, 2].

Актуальным остается вопрос о промышленных городах, где за контролем качества окружающей нас среды начали использовать методы биологического мониторинга, которые позволяют точно и быстро оценить состояние природной среды.

К таким методам относят биоиндикацию и биотестирование. Оба эти метода являются очень многообещающими на предмет оценки загрязнения, поскольку не все химические загрязнения нормируются и выявляются путем химического анализа [3, 4].

Административным центром Омской области является Омск. Омск разделен на 5 административных округов: Ленинский, Центральный, Октябрьский, Кировский, Советский.

Сквозь город проходит крупная река Иртыш [3, 5].

Минерально-сырьевая база Омской области представлена такими природными ресурсами, как нефть, торф, газ, рудные пески циркония и титана, сапропели, лечебные грязи, минеральные соли и болотный рухляк [6].

Омск является одним из крупнейших городов России, а также центром машиностроения и нефтепереработки. Основная масса экологической нагрузки приходится на областной центр. Именно статус областного центра определяет экологическую ситуацию в Омске [4]. В Омской области сосредоточено около 90% промышленных предприятий, кроме того, в городе большой поток автомобильного транспорта, поэтому он входит в список городов с высоким уровнем экологического загрязнения [3].

Судоходная река Иртыш является водной «артерией» Омской области. Она является самым крупным притоком р. Оби с левой стороны и имеет общую протяженность сквозь область 1132 км. Помимо р. Иртыш в Омской области есть еще судоходные реки, но гораздо меньшего размера – Ишим (214 км), Омь (295 км), Тара (238 км) и Уй (315 км). И достаточно крупные озера, такие как Салтаим (146 км²) Тенис (118 км²), Эбейты (90 км²) и Ик (71 км²).

В настоящее время, наряду с постоянно увеличивающимся числом используемых тест-объектов (например, горох *Pisum sativum* и бобы *Vicia faba*), *Allium test* продолжает оставаться одним из наилучших тест-объектов для анализа генотоксичности, митотоксичности и токсичности разнообразных факторов. Биоиндикатором являются группы видов или сообществ, по состоянию которых можно определить

естественные, а также антропогенные изменения в среде.

В естественной природе, в водоемах, биоиндикатором служит рыба форель. Данная рыба очень придирчива к химическому составу воды, а также к чистоте водоема и насыщенности его кислородом. Растениями-биоиндикаторами являются, например, рдест, элодея, ряска малая, кувшинка, тростник и хвощ [2]. Лук репчатый Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.) является отличным биоиндикатором воды, воздуха и почвы. Наблюдение за особенностями корневой системы лука может помочь выявить химические и другие загрязняющие объекты, которые могут представлять экологический риск. Общий результат численно может быть определен фиксированием сдерживания прироста развивающейся корневой системы [3].

Цель работы – изучение влияния природных вод на корневую систему лука репчатого Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.).

Объектом исследования являются природные воды г. Омска.

Предмет исследования: определение всхожести и прорастания лука репчатого Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.).

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось в 2022 г. в лаборатории ОмГПУ кафедры биологии и биологического образования аудитории № 305. Отбор проб происходил в соответствии с ГОСТ 31861-2012 и ГОСТ Р 51592-2000.

Отбор проб производился в четырех точках разных районов г. Омска: Советском, Октябрьском, Ленинском, Центральном.

Весной 2022 г. был заложен эксперимент длительностью в 15 дней, суть которого заключалась в наблюдениях за корневой системой лука репчатого Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.). Было отобрано 50 одинаковых луковиц, которые были помещены в пробирки с исследуемой водой. На каждую пробу воды было выделено 10 пробирок.

После высадки тест-объекта ежедневно измерялись следующие показатели: всхожесть, длина и количество корешков. Всхожесть оценивалась в процентах, учитывая число проросших семян из десяти помещенных в исследуемую воду.

1. Озеро «Горькое»

Озеро Горькое расположено в Омском районе, на территории пос. Иртышский (54°48'43.9"N 73°34'46.8"E), на 26 км Черлакского тракта. Протяженность озера с севера на юг составляет 1,27 км. На первый взгляд это красивый чистый водоем с большим количеством такой рыбы, как карась и карп.

Дно озера покрыто мелкой травой, а по краям растет густой камыш. Озеро разделе-

но дорогой, которая ведет к птицефабрике и граничит с озером с восточной стороны. С южной стороны к озеру прилегает Черлакский тракт с оживленным потоком автомобилей. На территории пос. Иртышский расположено ЗАО «Иртышское» (Иртышская птицефабрика). Птицефабрика была организована в 1944 г. и на данный момент является одним из самых крупных поставщиков куриного яйца и мясных пищевых продуктов в Омской области.

2. Озеро Чередовое

Озеро Чередовое расположено на территории г. Омска, в Ленинском административном округе (54.910392° 73.396703°).

Озеро Чередовое – это реликтовое озеро древней долины реки Иртыш, которое расположено в периферийной части первой надпойменной террасы реки. Данное озеро является самым величественным, площадь данного озера примерно 35 га, а максимальная глубина достигает 11,7 м. По берегу озера произрастают тростник, рогоз, камыш. В окрестностях озера растут береза, ясень, клен и ива. В 200 м к юго-западу от озера проходит железная дорога. С юго-востока расположено теплично-парниковое хозяйство. С восточной стороны расположен ОмПО «Иртыш».

С южной и западной сторон расположен рабочий поселок. На территории озера расположено песчаный пляж, где отдыхает большое количество местных жителей.

3. Озеро на территории ПКМО им. 30-летия ВЛКСМ

Озеро расположено в Омске, в Октябрьском административном округе, на территории парка культуры и отдыха им. 30-летия ВЛКСМ (54°58'11.8"N 73°25'38.3"E).

Общая протяженность озера с юго-запада на северо-восток около 400 м. По берегу озера растут камыш и рогоз, дно озера покрывает мелкая трава, тина и ил. Озеро окружено лесным массивом. Вокруг озера проходит пешеходная дорожка, с которой можно спуститься к берегу. Купание запрещено. В связи с тем, что озеро расположено на территории парка культуры и отдыха, оно является излюбленным местом для отдыха местных жителей.

Ежедневно мимо этого водоема проходят сотни людей, в связи с чем в озере можно наблюдать не только уток, но и плавающий мусор. В 2019 г. запустили прокат катамаранов. Вблизи озера проходит оживленная автомобильная дорога. Следом за дорогой находится Омское мотостроительное объединение имени П.И. Баранова. В 2017 г. на территории данного водоема происходили очистительные работы. Из озера убрали

около 2700 м³ илистых отложений и запустили 500 кг рыбы.

Данные работы происходили в пределах системы развития муниципальных парков, где одним из разделов является укрепление и восстановление эколого-рекреационного потенциала территории.

4. Озеро без названия в Советском административном округе

Озеро расположено в городе Омске, на территории Советского административного округа (55°01'35.5"N 73°18'27.4"E). С юго-запада на северо-восток озеро протянулось на 260 м. Берег озера окружен камышом и рогозом, а также различными травами. Дно озера покрыто тиной и илом. Вокруг него лесной массив из таких деревьев, как ива, клен и ясень. Вдоль озера проходит оживленная автомобильная дорога. В 7 км к северу находится крупнейший нефтеперерабатывающий завод ОАО «ОМЗ».

Результаты исследования и их обсуждение

Нами были определены процент прорастания и среднее число корешков в каждой пробе. На рис. 1 представлены данные по прорастанию лука репчатого Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.) в каждой точке отбора.

Процент прорастания лука репчатого Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.) во всех отобранных пробах был довольно высок: в образце № 1 – проба из озера Горькое составила 80 %, в образцах № 2 – проба из озера Чередовое, образец № 4 – проба из озера без названия в Советском АО и образце № 5 – контрольная проба. По 100 % у всех, в образце № 3 – проба из озера в Парке культуры и отдыха им. 30-летия ВЛКСМ – 90 %.

Образец № 1 – проба из озера Горькое. Среднее число корешков тест-объекта: 17. Критерий Стьюдента в независимой выборке равен 0,470491.

Образец № 2 – проба из озера Чередовое. Среднее число корешков у тест-объекта: 24. Критерий Стьюдента в независимой выборке равен 0,00446.

Образец № 3 – проба из озера в Парке культуры и отдыха им. 30-летия ВЛКСМ. Среднее число корешков тест-объекта: 22. Критерий Стьюдента в независимой выборке равен 0,151723.

Образец № 4 – проба из озера без названия в Советском АО. Среднее число корешков: 22. Критерий Стьюдента в независимой выборке равен 0,719602.

Образец № 5 – контрольная проба. Водопроводная вода. Среднее число корешков: 23.

На рис. 2 представлены данные длины и числа корешков в каждой пробе.



Рис. 1. Процент прорастания лука репчатого Штутгартер Ризен (*Allium cepa* L.)

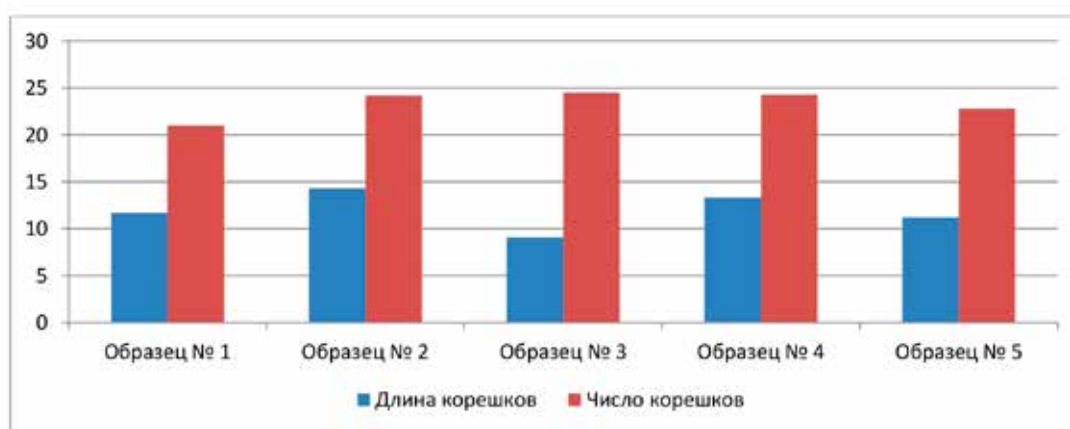


Рис. 2. Длина и число корешков

Длина корешков во всех пробах довольно высокая. Так, например, максимальная длина была у образца № 2 и № 4 составила 14,3; 13,3 соответственно; минимальная же длина у образца № 3 – 9,1. Показатель числа корешков в образце № 1 был минимальный и составил 21, а в образцах № 2, 3, 4 составил 24,2; 24,5; 24,3 соответственно.

Заключение

При определении загрязнения природных вод с помощью биоиндикатора было определено, что загрязнение природных вод г. Омска незначительно, несмотря на большое количество промышленных предприятий. Наиболее сильное загрязнение отмечено в образцах № 1 и 4. Процент всхожести тест-объекта в данных образцах составляет 80 и 90% соответственно. Исходя из исследования корневой системы, в образце № 1 – максимально сдержанные показатели, таким образом, данная проба является экологически загрязненной, по сравнению с остальными образцами.

В пробе № 4 также наблюдается сдержанность корневой системы, но только по средней длине корешков. Соответственно, данный образец пробы хоть и немного, но экологически чище, чем образец № 1.

Список литературы

1. Кубрина Л.В. Биологический мониторинг малых рек // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 4. С. 68–72.
2. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М: Московский университет леса, 2002. 220 с.
3. Ботвич А.С. Биоиндикация и биотестирование как методы контроля и оценки состояния окружающей среды // Материалы II Межрегиональной научно-практической конференции / Отв. ред. Л.В. Начева. Кемерово, 2019. С. 17–22.
4. Сапронова Ж.А., Гомес М.Ж. Проблема загрязнения природных вод // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (Белгород), 2015. С. 18–21.
5. Биологический контроль окружающей среды / Под ред. О.П. Мелеховой, Е.Е. Егоровой. М.: Академия, 2007. 287 с.
6. Кубрина Л.В. Особенности цитогенетического мониторинга техногенных территорий на примере г. Омска. Омск: Издательство ОмГПУ, 2017. С. 61–65.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 57.08:615.461

**ОБ ОТДЕЛЬНЫХ АСПЕКТАХ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ
ОБРАЗЦОВ ХИТОЗАНА В БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ****Халимов Р.И., Омелько Н.А., Русин Е.Е.***Алтайский государственный университет, Барнаул, e-mail: beholder1730@mail.ru*

Настоящий обзор рассматривает влияние, которое технологии получения хитозана и его подготовки к применению в биомедицинских исследованиях оказывают на его физико-химические и биологические свойства. Описаны основные подходы к получению хитозана из природного сырья, а также основные и эмергентные источники хитина. Подчёркнуты неодинаковые свойства хитина, содержащегося в различных источниках, и описаны теоретические основы, связывающие данные свойства со свойствами получаемого хитозана. Также в данной работе рассмотрены экспериментально подтверждённые различия в физико-химических свойствах хитозана, выделенного из различных источников. Помимо этого представлена совокупность имеющихся данных, характеризующих токсичность и биосовместимость хитозана в качестве материала для применения в регенеративной медицине и тканевой инженерии. Отдельно описана существенная проблема характеристики образцов хитозана с различным происхождением и различной молекулярной массой, которая может быть причиной низкой воспроизводимости результатов исследований хитозана. Невозможность точного определения молекулярной массы хитозана без экспериментального её измерения взаимно связана с зачастую недостаточной ясностью источника его происхождения. Подобная запутанность может стать непреодолимым препятствием на пути создания стандартизованных продуктов и медицинских изделий на основе хитозана.

Ключевые слова: хитозан, биополимер, скаффолд, регенеративная медицина, тканевая инженерия**ON INDIVIDUAL ASPECTS OF CHITOSAN SAMPLES
CHARACTERISATION IN BIOMEDICAL RESEARCH****Khalimov R.I., Omelko N.A., Rusin E.E.***Altai State University, Barnaul, e-mail: beholder1730@mail.ru*

Present review considers the influence that technologies of the chitosan procurement and its preparation to use in a biomedical research have over its physico-chemical and biological properties. Main approaches to chitosan preparation from the natural sources, as well as primary and emergent sources of chitin are described. Unequal properties of the chitin contained in different sources are emphasized and theoretical basis linking said properties to the properties of a prepared chitosan is described. Experimentally confirmed differences in physico-chemical properties of a chitosan prepared from the different sources are also reviewed in this work. Besides this, the sum of existing data characterizing toxicity and biocompatibility of the chitosan as material for the use in regenerative medicine and tissue engineering. Separately is described the substantial problem of the characterization of the chitosan samples of different origin and with different molecular mass. The inability to precisely determine molecular mass of chitosan without experimental measurement of it is mutually linked to the inadequate clarity of its source. Such complexity may become an insurmountable obstacle on the way to creating standardized chitosan-based products and medical devices.

Keywords: chitosan, biopolymer, scaffold, regenerative medicine, tissue engineering

Хитозан является природным биополимером, активно используемым в медицине для создания материалов с контролируемыми свойствами. Одним из направлений его использования является получение скаффолдов (от англ. «scaffold» – «каркас»), используемых для строго ориентированного в пространстве культивирования клеток *in vitro* и *in vivo*. При этом, значительный интерес исследователей к хитозану, как компоненту скаффолдов, выявил не только широкий спектр возможностей его применения, но и значительные проблемы при сопоставлении данных различных исследований.

Данная работа описывает трудности, возникающие при попытке сравнения результатов исследований различных образцов хитозана, а также их причины, выявленные в ходе работ ряда научных коллективов.

Получение хитозана

Хитозан является распространённым в природе соединением с молекулярной структурой, дающей значительные возможности химической модификации, представляющим собой случайный сополимер D-глюкозамина и N-ацетил-D-глюкозамина.

Хитозан получают из хитина, который является широко распространённым биополимером. В природе хитин может встречаться в трёх основных полиморфических формах – альфа-, бета- и гамма-хитина. Эти формы отличаются взаимным расположением цепочек хитина в общей массе – у альфа-хитина они расположены антипараллельно, у бета-хитина – параллельно, а гамма-хитин сформирован смесью параллельных и антипараллельных цепей [1]. Эти три формы

хитина обладают близкими, но неодинаковыми физико-химическими свойствами [2].

Хитин, в свою очередь, может быть получен из панцирей ракообразных, промысел и аквакультура которых в настоящее время являются основным источником хитозана [3-5]. Также возможно получение хитозана из биомассы грибов [6, 7]. Обе эти группы источников хорошо освещены в научной литературе и выделение хитозана может проводиться из множества разных видов-продуцентов.

Альтернативным источником хитозана являются насекомые, при этом, как и в остальных случаях, вид-продуцент может значительно отличаться – от коконов шелкопряда до взрослых особей колорадского жука [8-10]. В литературе приводятся доводы в пользу того, что такой хитозан легкодоступен в связи с простотой выращивания насекомых и высокими темпами их воспроизводства. При этом выделение хитозана из экзоскелета насекомых требует менее жестких условий и происходит с большим выходом, нежели его выделение из панцирей ракообразных [11].

Одним из наименее изученных источников хитозана являются отходы переработки моллюсков, включая рудиментарные раковины кальмаров и каракатиц [12, 13]. Пониженный интерес исследователей может быть вызван особенностями строения хитина моллюсков, представленного, в основном, бета-формой.

Следует отметить, что существуют различия в физико-химических и биологических свойствах хитозана, полученного из различных источников и с применением различных методов. Данные различия могут оказывать решающее действие на эффективность применения конечного продукта, и будут рассмотрены в данном обзоре.

Хитозан получают путём деацетилирования хитина. При традиционном подходе к химической экстракции, выделение хитозана из природного сырья проходит в три основных этапа. Первым этапом, особенно важным при переработке панцирей ракообразных и моллюсков, является деминерализация раствором кислоты. Вторым и третьим этапом являются депротеинизация сырья и деацетилирование хитина соответственно. Основным способом выполнения этих этапов является использование концентрированных растворов щелочей, при этом наиболее распространено применение раствора гидроксида натрия в концентрации 30-60%, которое, помимо всего прочего, позволяет провести депротеинизацию и деацетилирование одновременно

[14]. Следует также отметить, что некоторыми авторами предлагаются сходные протоколы, при которых депротеинизация слабым раствором щёлочи или протеолитическими ферментами производится перед деминерализацией [15, 16]. Степень деацетилирования, как правило, выражается в процентах, и от неё зависит растворимость хитозана в кислотах, а также его противомикробная активность и плотность образуемых им гелей [17-19].

Немаловажно подчеркнуть, что, наряду с другими нюансами происхождения хитозана, способ его экстракции может влиять на результаты последующих экспериментов. Вариативности в этом случае подвержены не только физико-химические свойства, такие как степень деацетилирования хитозана и его вязкость в растворе, но и биологическая активность. Так, Younes и соавторы, изучая различные способы ферментативной депротеинизации панцирей креветок, обнаружили статистически достоверные, разнонаправленные различия в противомикробной активности хитозана, полученного различными способами [16].

Гипотетически, существует возможность проводить энзиматическое деацетилирование хитина с использованием специфических ферментов, отщепляющих остатки уксусной кислоты. Ферменты с такой активностью известны, однако на практике не применяются из-за низкой эффективности [20].

Цитотоксичность хитозана

Значительный объём экспериментальных данных посвящён естественной токсичности хитозана в отношении бактериальных клеток, что делает его крайне привлекательным материалом в областях, где предотвращение постимплантационных инфекций является приоритетом. Хирургия в целом и, в особенности, трансплантация органов являются одной из таких областей медицины, чем обусловлен интерес к хитозану, как, например, компоненту шовных материалов [21, 22].

Противомикробные свойства хитозана и его производных рассматриваются в значительном количестве литературных источников и представляют собой хорошо изученное поле для исследований. К сожалению, подобный массив данных выходит за рамки данного обзора.

При этом хитозан также давно известен своим неблагоприятным воздействием на клетки эукариот [23, 24]. С одной стороны, эта особенность накладывает огра-

ничения на его использование в качестве материала для регенеративной медицины. С другой стороны, ограничение миграции клеток в область введения хитозановых продуктов может привести к неожиданным положительным эффектам. Так, например, Altinel и соавторы указывают, что снижение миграции фибробластов приводило к снижению рубцевания в хирургической ране, ушитой шовным материалом, обработанным хитозаном [25].

Таким образом, нельзя утверждать, что воздействие хитозана на клеточное микроокружение делает его однозначно подходящим или неподходящим для того или иного биомедицинского применения. Подобные выводы предпочтительно делать для каждого конкретного случая на основе данных, полученных в релевантной экспериментальной модели.

Биоразлагаемость и биосовместимость хитозана

Взаимосвязь между биоразлагаемостью и биосовместимостью имплантируемых каркасов является предметом дискуссии. После введения скаффолда в организм, излишне выраженная реакция на чужеродное тело может замедлить восстановление целостности тканей или даже не позволить ему завершиться полностью – например, приведя к фиброзу. Помимо этого, продукты деградации скаффолда могут вызвать изменения физико-химических характеристик микроокружения в ткани или спровоцировать иммунный ответ, что, в свою очередь, сказывается на высвобождении иммобилизованных в скаффолде биологически активных соединений, а также на миграции и пролиферации окружающих клеток [26]. Эти нюансы требуют глубокого понимания механизмов биodeградации используемых для создания биополимерных каркасов.

Поскольку иммунный ответ является первой реакцией организма на травму и чужеродный материал, привнесённый введением скаффолда, биосовместимость последнего играет ключевую роль в предотвращении отторжения импланта и последующей полноценной регенерации окружающих тканей. Воспалительная фаза иммунного ответа может замедлять заживление и приводить к нежелательным реакциям, однако иммунный ответ может также ускорить заживление тканей в месте имплантации и вызывать более полноценное заживление с функциональной точки зрения, например, стимулируя неогенез волосяных луковиц [27, 28]. Подобная дво-

якая роль иммунитета во взаимодействии имплантированного скаффолда и организма реципиента связана с цитокинами и клетками, участвующими в воспалительной реакции и при этом запускающими процесс регенерации, такими как TNF- α или нейтрофилы. Это указывает на необходимость поиска определённого баланса между биосовместимостью скаффолдов и их иммуногенностью, что достигается за счёт модификаций скаффолда с использованием различных соединений или даже путём простого изменения физической архитектуры [29]. На данный момент можно с уверенностью утверждать, что для эффективного использования иммунного ответа организма на имплантацию необходимо контролировать не только деградацию скаффолда и высвобождение веществ из него, но и собственную иммунную систему организма. Попытки предотвратить развитие воспалительного ответа приводят к повышению частоты осложнений при имплантации скаффолдов, используемых, например, в регенерации костной и хрящевой тканей. Так, снижение адгезивных свойств скаффолда одновременно мешает взаимодействию с ним как иммунных клеток, так и клеток заживляемой ткани, вследствие чего снижение нежелательного иммунного ответа сопровождается замедлением регенерации [30].

Необходимо принимать во внимание тот факт, что иммуногенность скаффолда, а также скорость и способ его биodeградации могут зависеть от его простых физико-химических и структурных характеристик. На способность хитозана взаимодействовать с клетками иммунной системы влияют его pH, а также жёсткость и размер пор. При этом данные характеристики у скаффолдов на основе хитозана могут существенно различаться [31, 19].

Рассматривая биodeградацию хитозана, следует в первую очередь ориентироваться на его полигликозидную структуру. Организм человека не содержит специфических ферментов, разрушающих хитозан, однако он может быть гидролизован рядом неспецифических ферментов, включая лизоцим. Распад хитозана приводит к образованию нетоксичных олигосахаридов с различной длиной цепи, которые могут выводиться из организма или включаться в метаболические пути в виде свободно-го глюкозамина.

Существуют данные, свидетельствующие о связи между скоростью биodeградации хитозана и его характеристиками, а именно молекулярной массой, степенью

деацетилирования и распределением ацетилированных глюкозаминовых остатков в молекуле. Все эти характеристики связаны со степенью кристаллизации хитозана, который в чистом виде представляет собой полукристаллический полимер. Степень кристаллизации максимальна в чистом хитине (100% остатков ацетилированы) и в полностью деацетилированном хитозане (0% остатков ацетилированы). В промежуточных формах степень кристаллизации снижается и становится минимальной при степени деацетилирования около 60% (40% остатков ацетилированы). Скорость биodeградации обратно пропорциональна степени кристаллизации и, таким образом, максимальна при степени деацетилирования около 60% [32]. Равномерность распределения ацетилированных остатков хитозана в молекуле не только влияет на равномерность кристаллизации, но и может напрямую сказываться на биологической активности [33]. Тем не менее, следует отметить, что распределение ацетилированных остатков – случайный процесс и получить неравномерно ацетилированные молекулы хитозана можно лишь путём целенаправленного синтеза [34]. Также биodeградация хитозана ускоряется с уменьшением его молекулярной массы за счёт повышения растворимости. Подробнее вопрос определения молекулярной массы хитозана будет рассмотрен в соответствующем разделе данного обзора.

При этом значительное влияние на биodeградацию хитозана оказывается непосредственное микроокружение [35]. Данные различия могут быть связаны как со степенью выраженности иммунного ответа в месте имплантации, так и с непосредственными характеристиками окружающих тканей, таких как уровень кровоснабжения и экспрессии гидролитических ферментов.

Различия по определению молекулярной массы

Многие исследования описывают анти-микробное действие хитозана и/или его биологическую активность в многоклеточных организмах. Однако, несмотря на объём доступной литературы, практически невозможно сравнивать между собой изложенные в ней результаты исследований, поскольку использованные авторами образцы хитозана чаще всего охарактеризованы в ненадлежащей степени. Так, уже были приведены данные, свидетельствующие о различной скорости биodeградации хитозана различной молекулярной массы. Эти данные до-

полняются также большим набором свидетельств о различном ответе живых систем на хитозан различной молекулярной массы [36]. Хитозан по длине своей молекулярной цепи может быть условно разделён на олиго-хитозан, а также хитозан малой, средней и высокой молекулярной массы. Многообразие структур в различных образцах хитозана чрезвычайно затрудняет сравнение результатов различных исследований, поскольку не в каждом исследовании образцы надлежащим образом характеризуются.

Одна из базовых проблем – неопределённость категорий молекулярной массы хитозана. Границы категорий малой, средней и высокой молекулярной массы размыты, например, один производитель может называть выпускаемый им хитозан хитозаном малой молекулярной массы, в то время, как другой производитель называет аналогичное вещество хитозаном средней молекулярной массы. Для олигосахаридов в химии существует относительно устоявшееся правило, по которому олигомерами называются соединения, включающие от двух до десяти мономеров, а вещества, включающие свыше десяти мономеров, называются полимерами. Однако, для хитозана это правило зачастую не соблюдается и можно увидеть работы, в которых к олигохитозану причисляют соединения с куда большим числом мономеров. В целях унификации обозначений, в данном обзоре предполагается, что олигохитозанами будут называться соединения с молекулярной массой не более 16 кДа. Это соответствует примерно 100 мономерным единицам 100% деацетилированного хитозана. Второе обычно используемое различие – хитозан с высокой, средней и низкой молекулярной массой. В данном обзоре за низкомолекулярный хитозан будут приниматься молекулы с массой от 16 до 190 кДа, за хитозан средней молекулярной массы – от 190 кДа до 300 кДа, а молекулы с массой выше 300 кДа будут обозначаться, как высокомолекулярные хитозаны.

Следует принимать во внимание, что данное деление хитозана и его производных по молекулярной массе не носит исчерпывающего характера и не претендует на экспериментальное обоснование. Данные границы молекулярного веса дублируют таковые в работе Verlee и соавторов, посвящённой химическим производным хитозана, выбранные исключительно с учётом обозначения молекулярных масс, используемых в цитируемых публикациях, и используются для удобства изложения материала [37].

Для сравнения различных образцов хитозана отклонение молекулярных масс должно быть минимальным, особенно при работе с низкомолекулярным хитозаном. Также и разница в степени деацетилирования не должна превышать 1–5%, поскольку это может привести к различным показателям биологической активности. Данные литературы подтверждают вариабельность биологической активности хитозана в зависимости от молекулярной массы.

Так, в работе Поповой и соавторов сравнивалась противомикробная активность хитозана со степенью деацетилирования 85% и молекулярной массой от 3 до 150 кДа в отношении грамположительных (*B. polymyxa*) и грамотрицательных (*P. syringae*, *E. carotovora*) бактерий, а также грибковых (*F. oxysporum*, *S. sclerotiorum* и *P. recondita*) патогенов растений. Оценка противомикробной активности проводилась диффузионным методом. В результате исследования было установлено, что наибольшей активностью обладали образцы с низкой молекулярной массой (10 и 50 кДа), а при повышении и понижении молекулярной массы активность хитозана снижалась. При этом оценка противогрибковой активности в отношении *P. recondita* проводилась не диффузионным методом, а в модели заражения растений в грунте, однако тенденция к снижению активности при повышении молекулярной массы более чем до 50 кДа сохранялась. Это позволяет исключить вклад малой скорости диффузии высокомолекулярных образцов в снижение их активности, по крайней мере, в отношении данного патогена [38].

Помимо собственных данных, авторы вышеописанной работы во введении приводят чрезвычайно ценные примеры исследований, показывающих противоположные выводы двух групп исследователей о том, высокая или низкая молекулярная масса хитозана обеспечивают большую противомикробную активность против грамположительных бактерий. В первой работе показано, что антимикробный эффект хитозана в отношении усиливался в ряду от олигосахаридов до образцов с молекулярной массой 628 кДа. Биоцидное действие высокомолекулярного хитозана объясняется тем, что увеличение количества аминокислот способствует более прочному связыванию полимера с поверхностными структурами клетки, что может уменьшить скорость диффузии питательных веществ, в которых нуждается микробная клетка [39]. Авторы второй работы описывают противопо-

ложный эффект, а именно, более высокую антибактериальную активность образцов с массой менее 10 кДа. Биоцидное действие олигохитозана авторы работы связывают с тем, что он обладает большей проникающей способностью через клеточную стенку бактерий, нарушает их функционирование, влияя на физиологические внутриклеточные процессы, что приводит клетку к гибели [40]. Опираясь на уже рассмотренные в данном обзоре нюансы получения хитозана, можно предположить, что различная активность в описанных работах могла быть также связана с другими особенностями, такими как его источник.

Также существуют данные, указывающие на различную тропность наночастиц, полученных из хитозана с различной молекулярной массой, к тканям почки у лабораторных животных. При этом наибольшую тропность демонстрировали образцы с наименьшей молекулярной массой [41]. Следует обратить внимание на то, что авторы данной работы предпочли не определять молекулярную массу хитозана в единицах массы, а указали только показатели вязкости, которые имеют, как было продемонстрировано ранее, лишь частичную связь с реальным размером молекулы хитозана.

В работе Hattori и Ishihara приводятся данные по агрегации форменных элементов крови при помощи хитозана с различной молекулярной массой и степенью деацетилирования. При этом олигомеры не способны вызвать агрегацию крови, а среди полимерных соединений наилучшие результаты были получены при применении хитозана с молекулярной массой 8,6 кДа и выше [42]. Также авторами было отмечено, что слишком высокие концентрации, напротив, препятствуют агрегации форменных элементов, а также что хитозан с достаточно высокой молекулярной массой и степенью деацетилирования способен вызывать агрегацию не только форменных элементов, но и протеинов в тромбоцитарной плазме.

Тап и соавторы в своей работе проанализировали связь между молекулярной массой хитозана и его противоопухолевой активностью в отношении клеток линий A549 и WiDr. В ходе исследования было установлено, что цитотоксические дозы хитозана низкой и средней молекулярной массы, а также хитозана из кутикулы подёнок для опухолевых клеток вдвое ниже, нежели для фибробластов линии L929. Вместе с тем, для хитозана высокой молекулярной массы такой терапевтический ин-

тервал не был подтверждён [43]. В данной работе авторами была охарактеризована молекулярная масса хитозана из подёнок, который был самостоятельно получен авторами. Однако границы молекулярной массы коммерчески полученного хитозана из панцирей креветок, который был использован для сравнения, не указаны.

В работе Niu и соавторов было изучено влияние перорального применения хитозана различной массы (от 3 до 200 кДа) на гистопатологические изменения в модели колита у мышей. Было продемонстрировано, что эффективность хитозана в предотвращении повреждений тканей кишечника увеличивается с повышением молекулярной массы [44].

Проблема неполной характеристики образцов наносит серьёзный ущерб возможности практического медицинского применения результатов исследований хитозана, что было подчёркнуто, например, в работе Ю.М. Васильева, посвящённой возможности включения хитозана в состав вакцин [45].

Различия по источникам получения

Поскольку, как уже было сказано ранее, хитозан можно выделять из очень большого числа источников, определение его происхождения является важным для дальнейшего анализа результатов. В этом разделе данного обзора будут рассмотрены примеры сравнения свойств хитозана, полученного из различных источников. При этом рассмотрены будут только работы, авторы которых перед сравнением биологической активности либо самостоятельно заготавливали хитозан из различных источников, либо полноценно охарактеризовали его происхождение.

Луо и соавторы проводили исследование, в котором сравнивали физико-химические, морфологические и реологические свойства хитозана, полученного из панцирей креветок, а также их четырёх различных видов насекомых [46]. Источниками выступили сброшенные при линьке панцири цикад, коконы шелкопряда, мучные черви и кузнечики. Экстракция хитозана из материала проводилась одинаково для всех образцов и включала обеззараживание спиртом, декальцификацию и депротеинизацию 1М растворами соляной кислоты и гидроксида натрия соответственно. Депротеинизированные образцы обесцвечивали 2% раствором перманганата калия, после чего деацетилювали хитин, выдерживая его в 60% растворе гидроксида натрия в течение 8 часов.

В ходе исследования были получены следующие результаты. Способность к связыванию воды и полярных растворителей у хитозана, выделенного из насекомых, изменялась не однонаправленно. Так, у хитозана, полученного из панцирей цикад, оба этих показателя были достоверно выше, а у хитозана, полученного из кузнечиков – ниже, нежели у хитозана из панцирей креветок. Вязкость хитозана, полученного из всех образцов насекомых, была значительно (до четырёх раз) ниже хитозана из панцирей креветок. Степень кристаллизации, определённая методом рентгенодифракционного анализа, у всех образцов также была ниже, чем у хитозана из панцирей креветок, причём в случае хитозана из коконов шелкопряда снижение достигало более чем 20%.

Подобные данные о различных свойствах хитозана, выделенного из различных источников, были получены и другими авторами.

Так, Ghormade et al., описывая в своей работе выгоды использования хитозана, полученного из различных видов грибов, также представляют сводные данные о степени его деацетилюрования. Эти данные свидетельствуют, что возможности деацетилюрования хитозана из различных источников неодинаковы, и для различных видов грибов этот показатель может варьироваться от 70 до 94% [47]. Поскольку физико-химические свойства хитозана напрямую способны отражаться на его биологической активности, можно небезосновательно предположить, что биологическая активность продуктов, описанных в упомянутой работе, также неодинакова.

В обзоре Jones et al. авторы также приводят доводы за и против использования хитозана, полученного из грибов, равно как и его комплекса с бета-глюканом, который также является компонентом клеточной стенки. Среди прочего, авторами приводятся данные исследования, в котором проводилась сравнительная оценка хитозана из панцирей ракообразных (один вид креветок, омаров и langoustes, а также два вида крабов) и хитозана из мицелия трёх видов плесневых грибов. Исследование проводилось в модели раны у крыс и выявило существенные (более чем в два раза) различия в эффективности заживления ран под воздействием покрытия на основе хитозана ракообразных. Различия в эффективности хитозана грибов также были достоверными, хотя и не такими яркими. При этом в обеих группах присутствовали образцы, значительно превосходившие контрольный метод лечения [48].

Найжи и соавторы проводили сравнительное исследование хитозана, полученного из панцирей креветок и крабов, а также раковин каракатицы [49]. Уже на этапе получения хитина были обнаружены различия в степени ацетилирования и кристаллизации, при этом оба показателя были ниже у образцов бета-хитина, полученных из кости каракатицы. После окончательного получения хитозана было продемонстрировано, что низкая степень деацетилирования у образцов, полученных из каракатиц, сохраняется, но при этом их степень кристаллизации оказывается выше таковой у образцов, полученных из ракообразных. Это свидетельствует о том, что различия в физико-химических свойствах различных форм хитина носят не только количественный, но и качественный характер. Вязкость хитозана также значительно варьировала, и разница в вязкости между хитозаном из каракатиц и хитозаном из креветок достигала семнадцати раз.

Полученные авторами вышеприведённых исследований результаты убедительно свидетельствуют о различиях в физико-химических свойствах хитозана, выделенного из различных источников. Различия в физико-химических свойствах, в свою очередь, согласно данным литературы, могут влиять на биологическую активность и, например, скорость биодegradации хитозана. Таким образом, некоторые различия в биологических свойствах хитозана, представленные в различных публикациях, могут быть обусловлены его различным происхождением.

К сожалению, существует не слишком много работ, непосредственно посвящённых сравнительному анализу хитозана из различных источников, и некоторые из них являются компиляциями исследований, проведённых в различных лабораториях другими авторами, что ставит под сомнение уже другие нюансы происхождения хитозана – такие как, например, метод экстракции.

Заключение

Хитозан – эффективный во многих отношениях и чрезвычайно перспективный материал, полный потенциал которого научному сообществу ещё только предстоит оценить. Тем не менее, уже имеющийся существенный массив экспериментальных данных вскрывает проблемы, возникающие при сравнении результатов исследований, которые вызваны вариативностью свойств хитозана, зависящих от таких параметров, как источник и технология его получения, а также от его физико-химических свойств. Несмотря на это, можно с уверенностью за-

явить, что подобная гибкость свойств материала с биомедицинским применением является не недостатком, а достоинством, и при должном подходе её можно использовать для решения широкого спектра проблем.

Авторы работы выражают надежду, что представленные в настоящем обзоре сведения об особенностях получения и характеристики хитозана мотивируют будущих исследователей в данной области более подробно охарактеризовывать объекты своих исследований и тем самым повысить воспроизводимость их результатов.

Партнёр проекта – ООО Диазм.

Работа выполнена в рамках гранта Губернатора Алтайского края в форме субсидий для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации по теме «Разработка технологии получения биологически активного культурального клеточного матрикса» (соглашение №5 от 12 апреля 2022 года).

Список литературы

1. Kaya M., Lelešius E., Nagrockaitė R., Sargin I., Arslan G., Mol A., Baran T., Can E., Bitim B. Differentiations of chitin content and surface morphologies of chitins extracted from male and female grasshopper species. *PloS one*. 2015. V. 10. No. 1. P. e0115531. DOI: 10.1371/journal.pone.0115531.
2. Jang M.K., Kong B.G., Jeong Y.I., Lee C.H., Nah J.W. Physicochemical characterization of α -chitin, β -chitin, and γ -chitin separated from natural resources. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. 2004. V. 42. No. 14. P. 3423-3432. DOI: 10.1002/pola.20176.
3. Gortari M.C., Hours R.A. Biotechnological processes for chitin recovery out of crustacean waste: a mini-review. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2013. V. 16. No. 3. P. 14-14. DOI: 10.2225/vol16-issue3-fulltext-10.
4. Kandra P., Challa M.M., Kalangi Padma Jyothi H. Efficient use of shrimp waste: present and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2012. V. 93. No. 1. P. 17-29. DOI: 10.1007/s00253-011-3651-2.
5. Younes I., Rinaudo M. Chitin and chitosan preparation from marine sources. Structure, properties and applications. *Marine drugs*. 2015. V. 13. No. 3. P. 1133-1174. DOI: 10.3390/md13031133.
6. Минаков Д.В., Верещагин А.Л., Мороженко Ю.В., Базарнова Н.Г. Хитозан-глюкановые комплексы высших грибов: выделение, идентификация и определение некоторых свойств // *Химия растительного сырья*. 2019. №. 1. С. 251-257. DOI: 10.14258/jcprm.2019014368.
7. Dhillon G.S., Kaur S., Brar S.K., Verma M. Green synthesis approach: extraction of chitosan from fungus mycelia. *Critical reviews in biotechnology*. 2013. V. 33. No. 4. P. 379-403. DOI:10.3109/07388551.2012.717217.
8. Zhang Y., Zhou X., Ji L., Du X., Sang Q., Chen F. Preparation and biological activities of chitosan from the larvae of housefly, *Musca domestica*. *Carbohydrate polymers*. 2008. V. 72. No. 3. P. 419-423. DOI:10.1016/j.carbpol.2007.09.010.

9. Nemtsev S.V., Zueva O.Y., Khismatullin M.R., Albulov A.I., Varlamov V.P. Isolation of chitin and chitosan from honeybees. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2004. V. 40. No. 1. P. 39-43. DOI:10.1023/B:ABIM.0000010349.62620.49.
10. Khayrova A., Lopatin S., Varlamov V. Obtaining chitin, chitosan and their melanin complexes from insects. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. V. 167. P. 1319-1328. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2020.11.086.
11. Mohan K., Ganesan A. R., Muralisankar T., Jayakumar R., Sathishkumar P., Uthayakumar V., Chandrasekar R., Revathi N. Recent insights into the extraction, characterization, and bioactivities of chitin and chitosan from insects. *Trends in food science & technology*. 2020. V. 105. P. 17-42. DOI:10.1016/j.tifs.2020.08.016.
12. Krishnan S., Chakraborty K., Dhara S. Biomedical potential of β -chitosan from cuttlebone of cephalopods. *Carbohydrate Polymers*. 2021. V. 273. P. 118591. DOI: 0.1016/j.carbpol.2021.118591.
13. Yang T., Jia Z., Chen H., Deng Z., Liu W., Chen L., Li L. Mechanical design of the highly porous cuttlebone: A bioceramic hard buoyancy tank for cuttlefish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. V. 117. No. 38. P. 23450-23459. DOI: 10.1073/pnas.2009531117.
14. Sebastian J., Rouissi T., Brar S. K., Hegde K., Verma M. Microwave-assisted extraction of chitosan from *Rhizopus oryzae* NRRL 1526 biomass. *Carbohydrate polymers*. 2019. V. 219. P. 431-440. DOI:10.1016/j.carbpol.2019.05.047.
15. Boudouaia N., Bengharez Z., Jellali S. Preparation and characterization of chitosan extracted from shrimp shells waste and chitosan film: application for Eriochrome black T removal from aqueous solutions. *Applied Water Science*. 2019. V. 9. No. 4. P. 1-12. DOI: 10.1007/s13201-019-0967-z.
16. Younes I., Hajji, S., Frachet V., Rinaudo M., Jeloulouli K., Nasri M. Chitin extraction from shrimp shell using enzymatic treatment. Antitumor, antioxidant and antimicrobial activities of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2014. V. 69. P. 489-498. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2014.06.013.
17. Kong M., Chen X. G., Xing K., Park H. J. Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *International journal of food microbiology*. 2010. V. 144. No. 1. P. 51-63. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.09.012.
18. Hamdine M., Heuzey M. C., Bégin A. Effect of organic and inorganic acids on concentrated chitosan solutions and gels. *International journal of biological macromolecules*. 2005. V. 37. No. 3. P. 134-142. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2005.09.009.
19. Malaise S., Rami L., Montembault A., Alcouffe P., Burdin B., Bordenave L., Delmond S., David L. Bioresorption mechanisms of chitosan physical hydrogels: a scanning electron microscopy study. *Materials Science and Engineering: C*. 2014. V. 42. P. 374-384. DOI: 10.1016/j.msec.2014.04.060.
20. Harmsen R.A.G., Tuveng T.R., Antonsen S.G., Eijsink V.G.H., Sørli M. Can we make chitosan by enzymatic deacetylation of chitin? *Molecules*. 2019. V. 24. No. 21. P. 3862. DOI: 10.3390/molecules24213862.
21. Notario-Pérez F., Martín-Illana A., Cazorla-Luna R., Ruiz-Caro, R., Veiga M.D. Applications of Chitosan in Surgical and Post-Surgical Materials. *Marine Drugs*. 2022. V. 20. No. 6. P. 396. DOI: 10.3390/md20060396.
22. Willbold E., Wellmann M., Welke B., Angrisani N., Gniesmer S., Kampmann A., Hoffmann A., de Cassan D., Menzel H., Hoheisel A.L., Glasmacher B., Reifenrath J. Possibilities and limitations of electrospun chitosan-coated polycaprolactone grafts for rotator cuff tear repair. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 2020. V. 14. No. 1. P. 186-197. DOI: 10.1002/term.2985.
23. Lv Y., Chen X., Wang Q., Wang Y., Zhang J., Liu C., Yu L. Synthesis and characterization of chitosan-based biomaterials modified with different active groups and their relationship with cytotoxicity. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.* 2007. V. 22. No. 4. P. 695-700. DOI: 10.1007/s11595-006-4695-5.
24. Narvaez-Flores J. J., Vilar-Pineda G., Acosta-Torres L.S., Garcia-Contreras R. Cytotoxic and anti-inflammatory effects of chitosan and hemostatic gelatin in oral cell culture. *Acta Odontol. Latinoam*. 2021. V. 99. P. 98-103. DOI: 10.54589/aol.34/2/098.
25. Altinel Y., Chung S.S., Okay G., Uğraş N., Işık A.F., Öztürk E., Özgüç H. Effect of chitosan coating on surgical sutures to strengthen the colonic anastomosis. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2018. V. 24. No. 5. P. 405-411. DOI: 10.5505/tjtes.2018.59280.
26. Farhadihosseinabadi B., Zarebkohan A., Eftekhary M., Heiat M., Moosazadeh Moghaddam M., Gholipourmalekabadi M. Crosstalk between chitosan and cell signaling pathways. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2019. V. 76. No. 14. P. 2697-2718. DOI: 10.1007/s00018-019-03107-3
27. Loi F., Córdova L.A., Pajarinen J., Lin T. H., Yao Z., Goodman S. B. Inflammation, fracture and bone repair. *Bone*. 2016. V. 86. P. 119-130. DOI: 10.1016/j.bone.2016.02.020.
28. Griffin D.R., Archang M.M., Kuan C.H., Weaver W.M., Weinstein J.S., Feng A.C., Ruccia A., Sideris E., Ragkousis V., Koh J., Plikus M.V., Di Carlo D., Segura T., Scumpia P. O. Activating an adaptive immune response from a hydrogel scaffold imparts regenerative wound healing. *Nature materials*. 2021. V. 20. No. 4. P. 560-569. DOI: 10.1038/s41563-020-00844-w.
29. Chung L., Maestas D.R., Jr, Housseau F., Elisseff J.H. Key players in the immune response to biomaterial scaffolds for regenerative medicine. *Advanced drug delivery reviews*. 2017. V. 114. P. 184-192. DOI: 10.1016/j.addr.2017.07.006.
30. Yang D., Xiao J., Wang B., Li L., Kong X., Liao J. The immune reaction and degradation fate of scaffold in cartilage/bone tissue engineering. *Materials Science and Engineering: C*. 2019. V. 104. P. 109927. DOI: 10.1016/j.msec.2019.109927.
31. Echeverria Molina M.I., Malollari K.G., Komvopoulos K. Design challenges in polymeric scaffolds for tissue engineering. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021. P. 231. DOI:10.3389/fbioe.2021.617141.
32. Matica A., Menghiu G., Ostafe V. Biodegradability of chitosan based products. *New Frontiers in Chemistry*. 2017. V. 26. No. 1.
33. Basa S., Nampally M., Honorato T., Das S.N., Podile A.R., El Gueddari N.E., Moerschbacher B.M. The pattern of acetylation defines the priming activity of chitosan tetramers. *Journal of the American Chemical Society*. 2020. V. 142. No. 4. P. 1975-1986. DOI: 10.1021/jacs.9b11466.
34. Weinhold M.X., Sauvageau J.C., Kumirska J., Thöming J. Studies on acetylation patterns of different chitosan preparations. *Carbohydrate polymers*. 2009. V. 78. No. 4. P. 678-684. DOI:10.1016/j.carbpol.2009.06.001.
35. Dobrovolskaya I.P., Popryaduhin P.V., Yudin V.E., Ivanova E.M., Yukina G.U., Yudenko A.N., Smirnova N.V. Biore-sorbable properties of chitosan fibers in endomysium and perimysium muscle tissue. *Tsitologiya*. 2016. V. 58. No. 6. P. 460-466.
36. Ratanavaraporn J., Kanokpanont S., Tabata Y., Damrongsakkul S. Modulation of in vitro attachment, proliferation and osteogenic differentiation of rat bone-marrow-derived stem cells using different molecular mass chitosans and their blends with gelatin. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*. 2010. V. 21. No. 8-9. P. 979-996. DOI: 10.1163/156856209X461043.
37. Verlee A., Mincke S., Stevens C. V. Recent developments in antibacterial and antifungal chitosan and its derivatives. *Carbohydrate polymers*. 2017. V. 164. P. 268-283. DOI:10.1016/j.carbpol.2017.02.001.
38. Попова Э.В., Коваленко Н.М., Тютюрев С.Л., Домнина Н.С., Колесников Л.Е., Борисова Е.А. Биологическая активность хитозана с разной молекулярной массой // Вестник защиты растений. 2017. № 3 (93). С. 28-33.
39. Fernandes J.C., Eaton P., Gomes A.M., Pintado M.E., Malcata F.X. Study of the antibacterial effects of chitosans on *Bacillus cereus* (and its spores) by atomic force microscopy imaging and nanoindentation. *Ultramicroscopy*. 2009. V. 109. No. 8. P. 854-860. DOI: 10.1016/j.ultramicroscopy.2009.03.015.

40. Vishu Kumar A.B., Varadaraj M.C., Gowda L.R., Tharanathan R.N. Low molecular weight chitosans – Preparation with the aid of pronase, characterization and their bactericidal activity towards *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*. 2007. V. 1770. No. 4. P. 495-505. DOI: 10.1016/j.bbagen.2006.12.003.
41. Kandav G., Bhatt D. C., Singh S. K. Effect of Different Molecular Weights of Chitosan on Formulation and Evaluation of Allopurinol-Loaded Nanoparticles for Kidney Targeting and in Management of Hyperuricemic Nephrolithiasis. *AAPS PharmSciTech*. 2022. V. 23. No. 5. P. 1-12. DOI: 10.1208/s12249-022-02297-7.
42. Hattori H., Ishihara M. Changes in blood aggregation with differences in molecular weight and degree of deacetylation of chitosan. *Biomedical materials*. 2015. V. 10. No. 1. P. 015014. DOI: 10.1088/1748-6041/10/1/015014.
43. Tan G., Kaya M., Tevlek A., Sargin I., Baran T. Antitumor activity of chitosan from mayfly with comparison to commercially available low, medium and high molecular weight chitosans. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*. 2018. V. 54. No. 5. P. 366-374. DOI: 10.1007/s11626-018-0244-8.
44. Niu W., Dong Y., Fu Z., Lv J., Wang L., Zhang, Z., Huo J., Ju J. Effects of molecular weight of chitosan on anti-inflammatory activity and modulation of intestinal microflora in an ulcerative colitis model. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021. V. 193. P. 1927-1936. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.11.024.
45. Vasiliev Y. M. Chitosan-based vaccine adjuvants: incomplete characterization complicates preclinical and clinical evaluation. *Expert review of vaccines*. 2015. V. 14. No. 1. P. 37-53. DOI: 10.1586/14760584.2015.956729.
46. Luo Q., Wang Y., Han Q., Ji L., Zhang H., Fei Z., Wang Y. Comparison of the physicochemical, rheological, and morphologic properties of chitosan from four insects. *Carbohydrate Polymers*. 2019. V. 209. P. 266-275. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.01.030.
47. Ghormade V., Pathan E.K., Deshpande M.V. Can fungi compete with marine sources for chitosan production? *International journal of biological macromolecules*. 2017. V. 104. P. 1415-1421. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.01.112.
48. Jones M., Kujundzic M., John S., Bismarck A. Crab vs. Mushroom: A review of crustacean and fungal chitin in wound treatment. *Marine Drugs*. 2020. V. 18. No. 1. P. 64. DOI: 10.3390/md18010064.
49. Hajji S., Younes I., Ghorbel-Bellaaj O., Hajji R., Ri-naudo M., Nasri M., Jellouli K. Structural differences between chitin and chitosan extracted from three different marine sources. *International journal of biological macromolecules*. 2014. V. 65. P. 298-306. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2014.01.045.