



ISSN 2414-4738

Научный журнал

Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

ЭКОСИСТЕМЫ



Флора и фауна
Биоценология
Биология и экология
видов
Охрана природы

29 ◦ 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО

ЭКОСИСТЕМЫ

2022

ВЫПУСК 29

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

V. I. VERNADSKY CRIMEAN FEDERAL UNIVERSITY

EKOSISTEMY

2022

ISSUE 29

SCIENTIFIC JOURNAL • FOUNDED IN 1979 • PUBLISHED 4 TIMES PER YEAR • SIMFEROPOL

ISSN 2414-4738

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС77-61820 от 18 мая 2015 г. Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Печатается по решению Научно-технического совета Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, протокол № 29, НТС №3 от 20.05.22.

Журнал включен в перечень ВАК по специальностям и соответствующим им отраслям науки: 1.5.9. Ботаника (биологические науки); 1.5.15. Экология (биологические науки)

Адрес редакции: Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологии, пр. Академика Вернадского, 4, Симферополь, 295007
E-mail: ekotmu@list.ru

Полнотекстовые версии статей последних выпусков журнала в формате PDF и правила для авторов размещены на официальном сайте журнала по адресу: <http://ekosystems.cfuv.ru/>

Оригинал-макет: С. В. Леонов.

На обложке: бабочка боярышница (*Aporia crataegi* Linnaeus, 1758). Урочище Аян. Крым (фото С. П. Иванова).

Подписано в печать _____. Формат 60×84/8. Усл. п. л. _____. Печать цифровая. Тираж 50 экз.
Бесплатно
Заказ № _____. Дата выхода в свет _____

Отпечатано в Издательском доме ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

Главный редактор

Иванов С. П., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Заместитель главного редактора

Котов С. Ф., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Технический редактор

Леонов С. В., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Редактор текстов на английском и немецком языках

Шестакова Е. С., к. п. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Ответственный секретарь

Петришина Н. Н., к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Секретарь-референт

Омельченко А. В., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Контент-менеджер сайта

Николенко В. В., к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Члены редакционной коллегии

Багрикова Н. А., д. б. н., Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Бескаравайный М. М., к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

Будашкин Ю. И., к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

Воронин Л. В., д. б. н., доцент, Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского

Довгаль И. В., д. б. н., профессор, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

Егоров В. Н., д. б. н., профессор, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

Ена А. В., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Ермаков Н. Б., д. б. н., Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Захаренко Г. С., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Ивашов А. В., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Коба В. П., д. б. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Корженевский В. В., д. б. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Мацюра А. В., д. б. н., профессор, Алтайский государственный университет

Назаров В. В., к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Оберемок В. В., д. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Пешич В., доктор наук, профессор, Университет Черногории (University of Montenegro), Черногория

Плугатарь Ю. В., д. с.-х. н., чл.-корр. РАН, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Репецкая А. И., к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Свольнский А. Д., к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Фатерыга А. В., к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

Чатгерджи Т., доктор наук (зоологии), Международная школа Хесент (Crescent), Индия

Чуян Е. Н., д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

УДК 57.04:574.9:502.4(470.620)

Хорологические закономерности в экотоне Восточно-Средиземноморской и Колхидской биогеографических провинций на территории Сочинского национального парка

Туниев Б. С.¹, Рыбак Е. А.^{2,1}, Тимухин И. Н.¹, Алиев Х. У.^{3,1}

¹ Сочинский национальный парк

Сочи, Россия

btuniyev@mail.ru; timukhin77@mail.ru

² Субтропический научный центр РАН

Сочи, Россия

elena.rybak@gmail.com

³ Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН

Махачкала, Россия

alievxi@mail.ru

Приведен обзор 11 точек исследования биоты и микроклимата в предгорной полосе территории Сочинского национального парка (СНП). В дополнение к субсредиземноморским прибрежным ландшафтам, в СНП на расстоянии до 10 км от моря прослежена цепочка территорий, контрастирующих с окружающими фито-ландшафтами, с высокой представленностью средиземноморских видов. Непосредственный контакт биот разного состава и происхождения, их мозаичное распространение на удалении от морского побережья ставит закономерный вопрос о причинах формирования и сохранения экотона двух биогеографических провинций на относительно ограниченной территории СНП. Целью исследований явилась попытка определить особенности развития восточно-средиземноморской и колхидской биот в экотоне двух одноименных биогеографических хорионов на территории СНП с позиций микроклиматических характеристик различных фито-ландшафтов. На формирование экотона двух биогеографических провинций на территории СНП оказывают определенное влияние изменения по количеству осадков, значениям минимальных (средних и абсолютных) температур, средняя амплитуда относительной влажности воздуха, зона воздействия вторжения зимних холодных северо-восточных воздушных масс (бора), в свою очередь определяемые гипсометрической высотой Главного Кавказского хребта, резко понижающегося к западу от поселка Лазаревское. Исследование показало, что для средиземноморских видов приоритетное значение имеет влажность воздуха. В свете приведенных фактов изменения климатических показателей и кружева ареалов колхидских и восточно-средиземноморских видов флоры и фауны авторы предполагают, что в дальнейшем произойдет смещение к востоку условной линии, разделяющей Колхидскую и Восточно-Средиземноморскую биогеографические провинции.

Ключевые слова: Колхида, Восточное Средиземноморье, экотон, Сочинский национальный парк, хорология, микроклиматические особенности.

ВВЕДЕНИЕ

Территория Сочинского национального парка (СНП), площадью 208 599.85 га (~2086 км²), расположена между 40°30'44"15' с. ш. и 43°30'44"05' в. д. от Гринвича между рекой Магри на северо-западе и рекой Псоу на юго-востоке (рис. 1). Одной из определяющих особенностей территории СНП является прохождение здесь границы биохорионов высокого порядка. Подавляющая часть территории СНП относится к Колхидской биогеографической провинции, северо-западная оконечность парка входит в состав Восточно-Средиземноморской провинции. Граница между биохорионами на территории СНП проходит от берега Черного моря по водоразделу рек Аше и Псезуапсе до гребня Главного хребта, а затем продолжается за пределами СНП (Tuniyev, 1997).

При неизменной северной границе Колхиды, проводимой по Главному Кавказскому хребту, западную границу различные авторы проводили (с запада на восток) по реке Джубга (Зернов, 2000), по реке Шапсухо (Зернов, 2006), по водоразделу между реками Шапсухо и Нечепсухо (Соколов, 1931), по реке Туапсе (Меницкий, 1991), южнее Туапсе (Сатунин, 1912). Западные границы Колхиды, проведенные вышеперечисленными авторами севернее междуречья Псезуапсе – Аше, базировались на границах ареалов отдельных мезофильных широколиственных пород и, в первую очередь, *Castanea sativa* Miller. Однако, если брать за основу секторальный многопоясный подход, очевидна северо-западная граница развития полночленных колонок высотных поясов, характерных для Колхиды, от бассейна реки Псезуапсе и восточнее. Здесь, в истоках реки Псезуапсе на горе Аутль расположены наиболее западные субальпийские луга и расположены западные пределы ареалов для большинства высокогорных видов на Большом Кавказе (Тимухин, Туниев, 2016; Тиимухин, 2019). Исходя из этих особенностей, западная граница Колхиды и флористического Туапсе-Адлерского района по Ю. Л. Меницкому (1991), или Сочинского подрайона Северо-Колхидского района (Тимухин, Туниев, 2016), нами проведена по водоразделу рек Аше и Псезуапсе (рис. 1), соответственно увеличивая протяженность на восток Пшадско-Джубгинского (Меницкий, 1991), или Пшадско-Туапсинского (Тимухин, Туниев, 2016) района Северо-Западного Закавказья. При этом Бело-Лабинский и Туапсе-Адлерский (Сочинский) районы могут рассматриваться не более, чем подрайонами единого Северо-Колхидского района Западного Закавказья.

В приморской полосе СНП эксклавами сохраняется субсредиземноморская растительность, особенно ярко представленная в Макопсинском, Лыготском и Лазаревском участковых лесничествах. В этих же лесничествах достигает максимального развития пояс гемиксерофильных дубняков и грабниковых шибляков при резком сокращении верхне-лесных поясов букняков и, особенно, пихтарников.

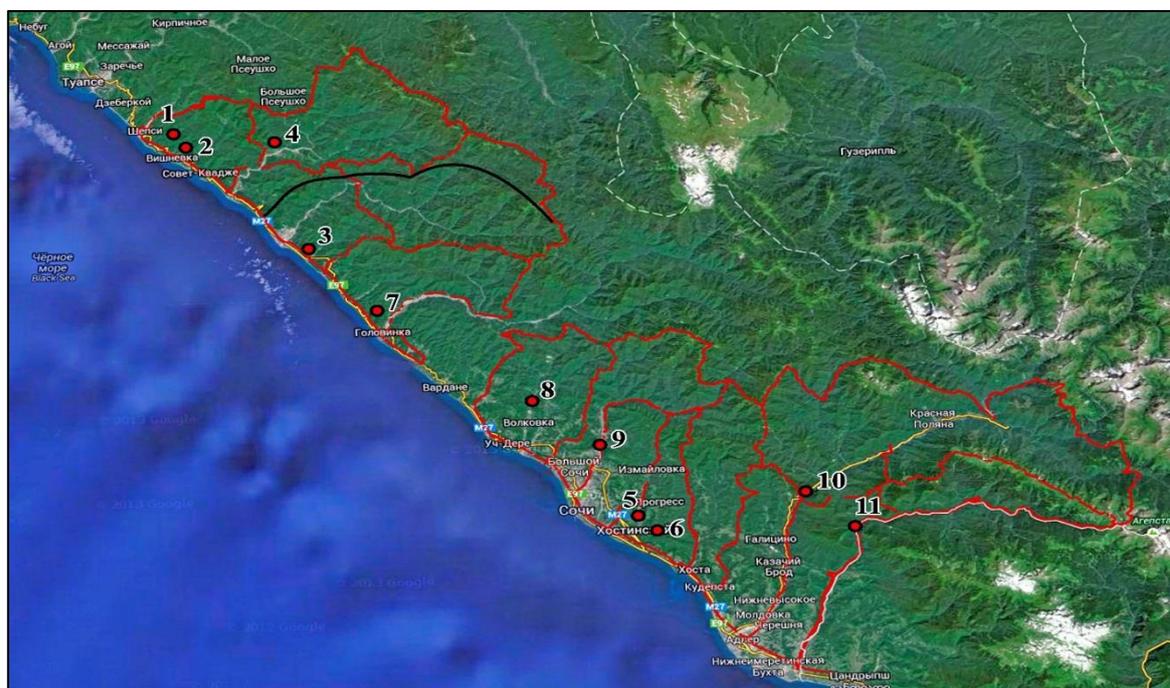


Рис. 1. Границы Сочинского национального парка и точки изучения биоты и микроклимата. Условные обозначения: красные линии – границы участковых лесничеств СНП, черная линия – граница Колхидской и Восточно-Средиземноморской биогеографических провинций. Названия локалитетов приведены в таблице 1 в соответствии с нумерацией.

Помимо субсредиземноморских приморских ландшафтов, в СНП, в удалении до 10 км от моря прослеживается цепочка участков, контрастирующих с окружающими фито-ландшафтами высоким представительством средиземноморских видов. В пределах СНП с запада на восток – это вершины Большой Псеушхо – Хакукай – Бозтепе – ущелье среднего течения реки Чимит (Зубова Щель) – ущелье среднего течения реки Западный Дагомыс – Орлиные скалы – гора Большой Ахун – окрестности поселка Веселое (Туниев и др., 2014).

Непосредственный контакт различных по составу и происхождению биот, их мозаичное расположение на удалении от морского берега вызывает закономерный вопрос о причинах формирования и сохранения экотона двух биогеографических провинций на сравнительно ограниченной территории СНП.

Цель исследования – попытка определить особенности развития восточно-средиземноморской и колхидской биот в экотоне двух одноименных биогеографических хорионов на территории СНП, с позиций микроклиматических характеристик различных фито-ландшафтов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран по общепринятым методикам флористических и фаунистических исследований в период 1998–2020 годов, в ходе экспедиционных, стационарных и полустационарных исследований в СНП на отрезке Черноморского побережья, протяженностью около 105 км от междуречья рек Магри и Шесси до государственной границы РФ и Республики Абхазия – реки Псоу в приморской и предгорной зонах в диапазоне высот от 0 до 600 м н. у. м. Основой фиксации флористической информации явились гербарные сборы, которые хранятся в научном отделе СНП (зарегистрирован в Index Herbariorum – SNP). Ботаническая номенклатура дается по «Конспекту флоры Кавказа» (2003, 2006, 2008, 2012), в случае отсутствия в Конспекте, – по С. К. Черепанову (1995) и А. С. Зернову (2000, 2006).

Основой герпетофаунистических исследований являлся маршрутный метод, охватывающий однородные фито-ландшафты по всему предгорному поясу и, конкретно, в районах изучения микроклимата. На маршрутах и площадках фиксировались встречи всех представителей амфибий и рептилий. Биогеографические группы амфибий и рептилий даны по классификации Б. С. Туниева (1990).

Изучение микроклимата проводили с использованием автоматических датчиков климата (комплекс измерений IBDL с регистрацией температуры и влажности DS1923-F5) в 11 точках, в том числе 6 в средиземноморских фито-ландшафтах: приморских – 3 (окрестности поселка Вишнёвка, река Неожиданная, окрестности поселка Солоники), удаленных локальных – 3 (г. Хакукай, Орлиные скалы, г. Большой Ахун); 5 в колхидских фито-ландшафтах: на западной границе хориона – 2 (р. Глубокая Щель, ущелье реки Западный Дагомыс), в типичных – 3 (ущелье р. Сочи, ущелье Ахцу на реке Мзымта и ущелье Шахгинское на реке Псоу) (рис. 1, табл. 1). Дискретность измерения метеорологических параметров составляла 3 часа и соответствовала срокам наблюдения на сетевых метеорологических станциях. Статистическая обработка полученных метеоданных проведена после экспорта результатов, накопленных регистраторами DS1923-F5, в MS Excel через программу OneWireViewer (НТЛ «ЭлИн», Rus.).

Для сравнительной климатической характеристики исследуемой территории использовались данные гидрометеорологических станций первой категории: Анапа, Туапсе и Сочи, ряды наблюдений которых насчитывают до 130 значений за период с 1885 года, с небольшими перерывами во время первой и второй мировых войн. Кроме того, использованы данные станций: Новороссийск, Адлер (как самая южная точка). Для определения тенденций в регионе использовались климатические нормы, установленные ВМО (осредненные характеристики за период 1960–1990 годов) (<http://meteo.infospace.ru/win/>). По значениям температуры воздуха (средние, максимальные, минимальные) и количеству выпавших

Таблица 1

Районы изучения микроклимата на территории Сочинского национального парка

№	Местоположение (локалитеты)	Биохорион Фитоландшафт	Координаты WGS84		Высота н. у. м., м
			широта	долгота	
1	Окрестности поселка Вишнёвка	Восточно-Средиземноморский Пушистодубово- можжевеловый сугрудок, субтропический пинарий	44,014361	39,191878	96
2	Ущелье реки Неожиданная	Восточно-Средиземноморский Широколиств. лес ущелья	43,984583	39,2432	58
3	Окрестности поселка Солоники	Восточно-Средиземноморский Субтропический пинарий	43,877361	39,372486	33
4	Гора Хакукай	Восточно-Средиземноморский Можжевеловое редколесье	44,024283	39,305131	599
5	Орлиные скалы	Восточно-Средиземноморский Скальный субтропический пинарий	43,558842	39,821489	358
6	Гора Большой Ахун	Восточно-Средиземноморский Субтропический пинарий	43,545469	39,850922	591
7	Ущелье реки Глубокая Щель	Колхидский Лапинник	43,817017	39,447281	29
8	Ущелье реки Западный Дагомыс	Колхидский Полидоминантный колхидский лес	43,763167	39,702353	336
9	Ущелье реки Сочи	Колхидский Полидоминантный колхидский лес	43,713883	39,774869	234
10	Ущелье Ахцу (р. Мзымта)	Колхидский Скально-лесной комплекс известняков Колхиды	43,601292	40,02825	462
11	Ущелье Шахгинское (р. Псоу)	Колхидский Скально-лесной комплекс известняков Колхиды	43,531814	40,095003	190

атмосферных осадков были уточнены границы различных типов климата, а также климатических зон в пределах одного типа. Кроме того, определены современные тенденции изменения климатических характеристик в регионе исследования в XXI веке.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ранее были выполнены более масштабные климатические исследования на территории от Анапы до села Гячрыпш (быв. Леселидзе, Республика Абхазия) для определения условий произрастания сосны пицундской на Черноморском побережье (Джангиров, Шевцов, 2014). Климат исследуемого региона изменяется от умеренно-континентального, степного (Анапа), до влажного субтропического (Гячрыпш).

Большая часть территории российского побережья Кавказа характеризуется типично средиземноморским климатом (табл. 2). Подавляющая часть территории СНП лежит в зоне влажных субтропиков (табл. 2). Однако выполненные микроклиматические исследования показали её неоднородность. Полученные результаты по температуре и относительной влажности воздуха на изученных объектах приведены на рисунках 2 (а, б) и 3 (а, б). Кроме среднемесячных значений были рассчитаны среднедекадные.

Таблица 2

Климатическая характеристика Черноморского побережья российского Кавказа

Температура, °С и осадки, мм	Зона сухих субтропиков средиземноморского типа				Зона влажных субтропиков		
	Анапа	Новороссийск	Геленджик	Туапсе*	Лазаревское	Сочи	Адлер
Средняя максимальная	16,4	16,9	16,4	17,6	18	18,2	18,2
Среднегодовая	12,4**	13,1 (13,6)***	13,7	13,2 (13,9)	13,8	14,1	13,5 (13,8)
Средняя минимальная	9	11,1	10	9,7	10,3	10,8	9,4
Минимальная	-23,9	-20,2	-17,2	-19	-15	-13,4	-15
Максимальная	38,2	41	37,6	41,1	39	39,4	39
Осадки	560 (563)	758 (825)	716 (756)	1371 (1436)	1541	1571,1	1341 (1371)

Примечание к таблице. * Район южнее Туапсе расположен в зоне влажных субтропиков, что сильно отличает этот регион от более северного участка побережья от Анапы до Туапсе, где господствует типичный полусухой средиземноморский климат. Об этом свидетельствуют, прежде всего данные по количеству выпавших осадков, а также по значениям минимальных (средних и абсолютных) температур. ** Для Анапы, Туапсе и Сочи использованы климатические нормы; для остальных пунктов – осредненные данные из литературных и интернет-источников (<http://meteo.ru/pogoda-i-klimat>). *** В скобках для сравнения даны динамические климатические нормы – период осреднения 1981–2010 года (<https://meteoinfo.ru/climatcities>).

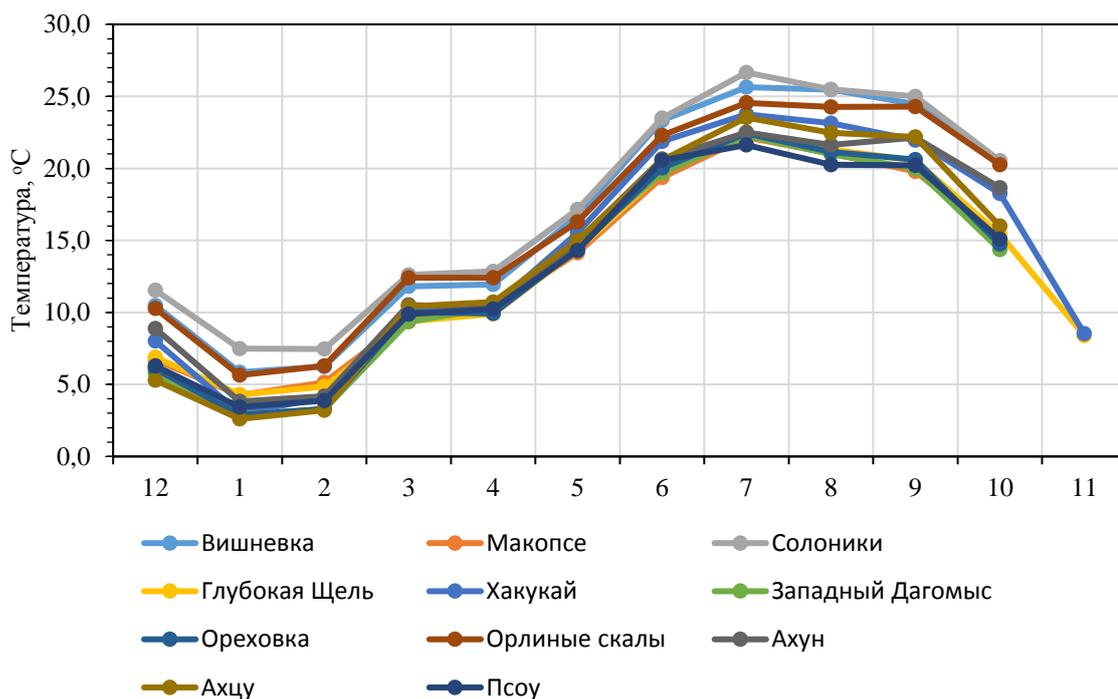
Ниже приведены геоботанические и герпетофаунистические описания участков в местах изучения микроклимата.

Приморские ценозы восточно-средиземноморского типа описаны в Макопсинском участковом лесничестве СНП в окрестностях поселка Вишнёвка и в нижнем створе ущелья реки Неожиданная, а также в Лазаревском участковом лесничестве СНП – в окрестностях поселка Солоники.

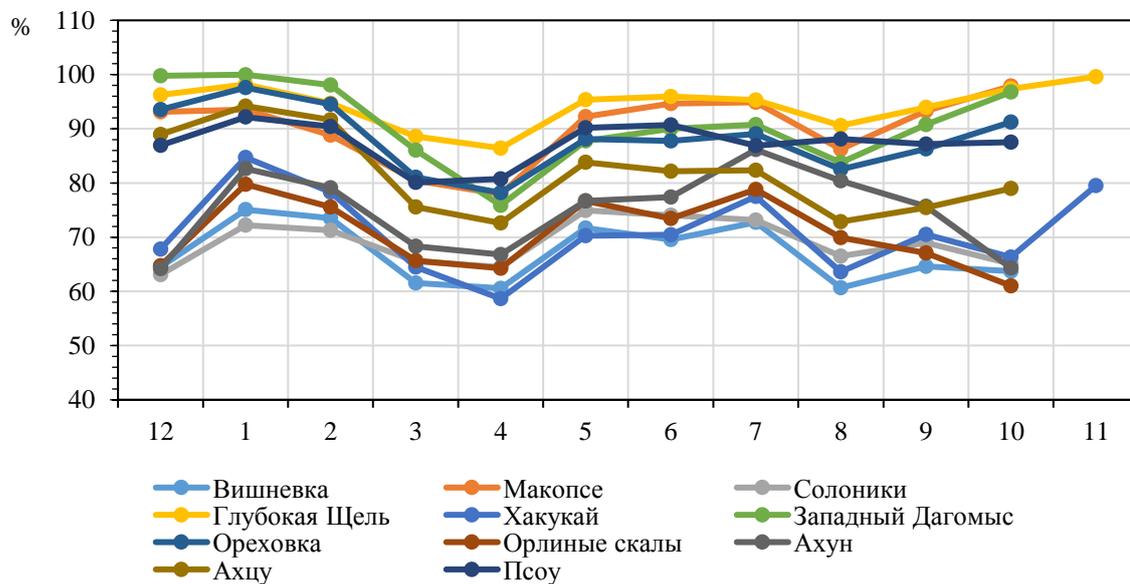
Участок 1. В окрестностях поселка Вишнёвка (рис. 4а) представлены естественные и искусственные субтропические пинарии с *Pinus pityusa* Steven и *P. pallasiana* D. Don [Pinetum fruticosum], пушистодубово-можжевеловые сугрудки [Querceto pub. – Juniperetum fruticosum] с доминированием *Juniperus deltoides* R. P. Adams, субдоминантом выступает *Quercus pubescens* Willd., при единичном участии *Pinus pityusa*, *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus orientalis* Mill. Во втором ярусе доминирует *Cotinus coggygia* Scop., субдоминант – *Ligustrum vulgare* L. Здесь же развиты вторичные шибляки в местах бывшего культивирования садов, с *Juniperus deltoides*, *Paliurus spina-christi* Miller, *Swida australis* (C.A. Mey.) Pojark. ex Grossh., *Cotinus coggygia*, *Carpinus orientalis*, *Crataegus pentagyna* Waldst. & Kit. ex Willd., *C. microphylla* C. Koch, *Pyracantha coccinea* M. Roem, *Mespilus germanica* L., *Ligustrum vulgare*. Внеярусная растительность составлена *Periploca graeca* L., *Clematis vitalba* L. и редко встречающимся *Vitis sylvestris* Gmel.

В травяном ярусе отмечено высокое представительство восточно-средиземноморских видов: *Orchis punctulata* Steven ex Lindl., *O. militaris* L., *O. purpurea* Huds., *O. tridentata* Scop., *Ophrys oestriifera* Bieb., *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., *Psoralea bituminosa* ssp. *pontica* (A. P. Khokhr.) Zernov, *Dorycnium herbaceum* Vill., *Astragalus circassicus* Grossh., *Scabiosa bipinnata* K. Koch, *S. columbaria* L. и другие.

Для герпетофауны участка характерно преобладание восточно-средиземноморских видов (Tuniyev, 1995), в том числе *Hyla orientalis* Bedriaga 1890, *Testudo graeca nikolskii* Chkhikvadze et Tuniyev 1986, *Pseudopus apodus* (Pallas, 1775), *Darevskia pontica* (Lants et Cyren, 1919), *Platycephalus*

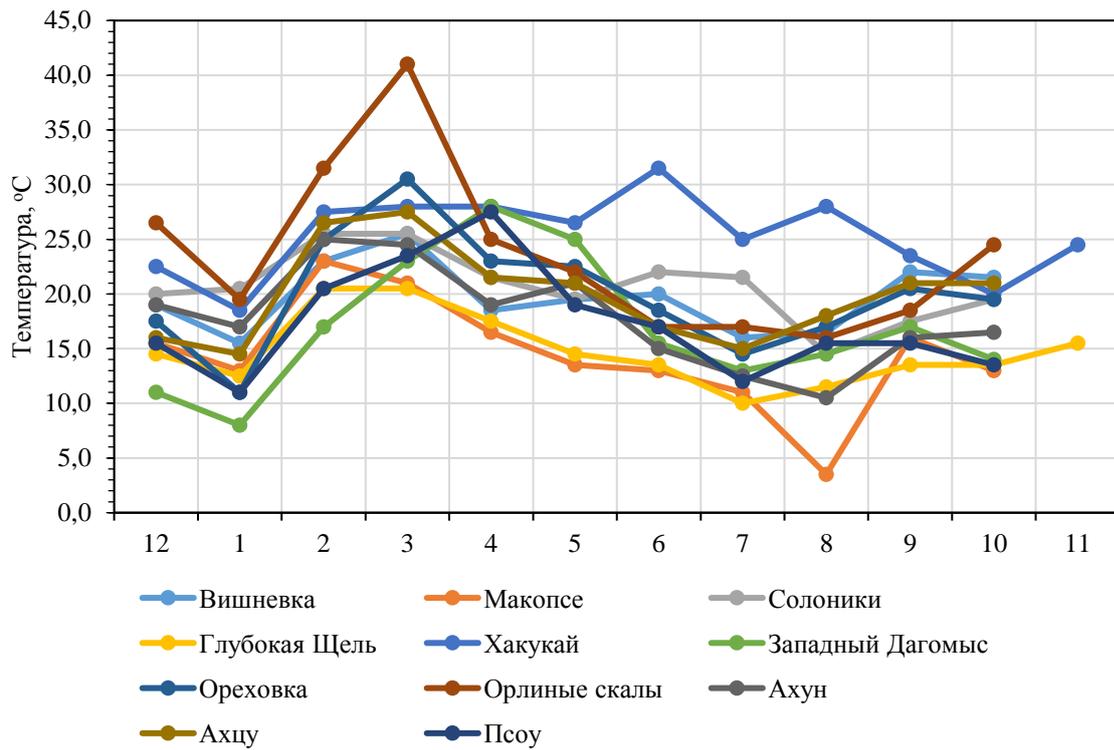


a

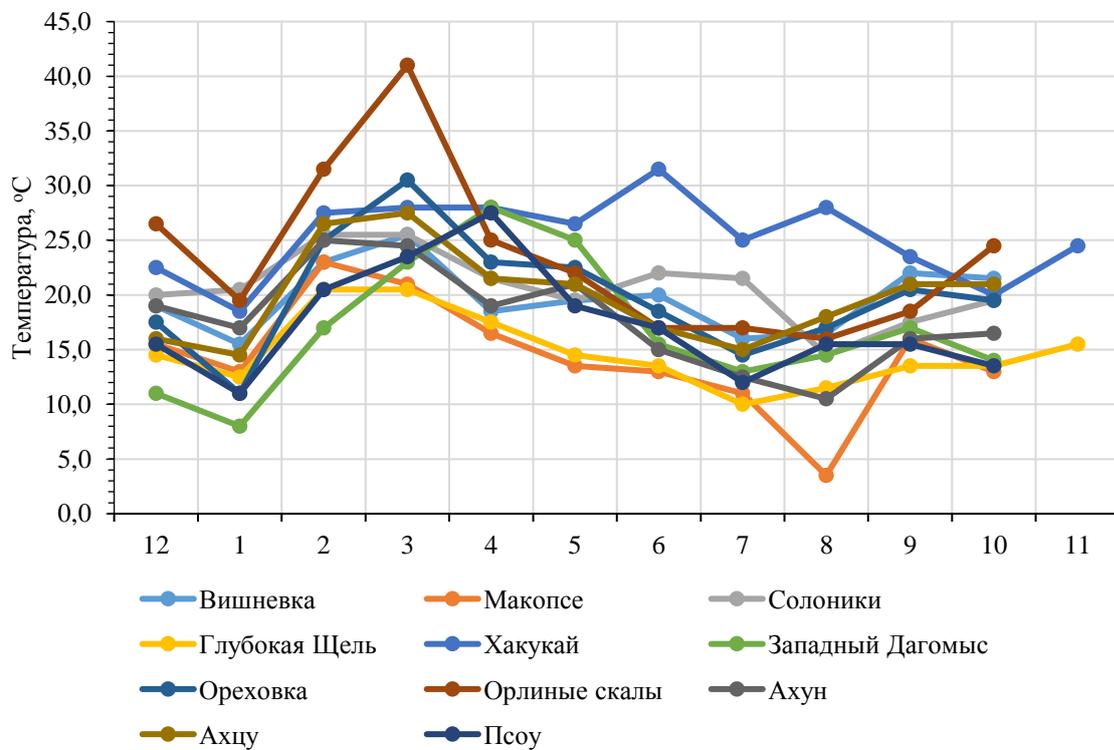


b

Рис. 2. Среднемесячная температура (a) и относительная влажность воздуха (b) в местах наблюдения за микроклиматом в СНП



a



b

Рис. 3. Амплитуда температуры (a) и относительной влажности воздуха (b) в местах наблюдения за микроклиматом СНП

najadum (Eihwald, 1831), *Dolichophis caspius* (Gmelin, 1789). Из колхидских видов однократно отмечен *Natrix megalcephala* Orlov et Tuniyev, 1987.

Участок 2. Нижний створ ущелья реки Неожиданная (рис. 4b) занят грабинником грабовым тисово-плющовым [Carpineto – Carpinetum orien. taxoso-hederosum] на склоне юго-восточной экспозиции, крутизной 25°. Доминантом выступает *Carpinus orientalis*, субдоминант – *Carpinus betulus* L. Единично в древостое присутствуют *Taxus baccata* L., *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre* L., *A. cappadocicum* Gled., *Ulmus glabra* Hudson, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz, *Cerasus avium* (L.) Moench. Подлесок рассеянный, преимущественно образованный *Ligustrum vulgare*, *Ilex colchica* Pojark., при участии *Crataegus microphylla*, *Staphylea colchica* Steven, *Swida australis*, *Euonymus leiophloea* Steven, *E. latifolius* (L.) Mill. Травяно-кустарничковый ярус покрывает 85 %. В напочвенном покрове доминантом выступает *Hedera helix* L. – 60 %, отмечены *Trachystemon orientalis* (L.) G.Don. fil., *Ruscus aculeatus* L., *Helleborus caucasicus* A. Braun, *Sanicula europaea* L., *Rubus caucasicus* Focke, *Potentilla micrantha* Ramond ex DC., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv., *Tamus communis* L., *Campanula rapunculoides* L., *Serratula quinquefolia* M. Bied. ex Willd., *Galebdolon luteum* (L.) L., *Aegonychon purpureocaeruleum* (L.) Holub, *Lathyrus laxiflorus* (Desf.) O. Kuntze.

В ущелье имеется скальный участок с типичными представителями средиземноморской флоры: *Colutea cilicica* Boiss. et Balansa, *Dianthus acantholimonoides* Schischk., *Teucrium chamaedrys* L., *Melampyrum arvense* L., *Seseli ponticum* Lipsky, *Aegonychon purpureocaeruleum* и другими, но основу растительности участка представляют широколиственные леса, развитие которых определяется узким ущельем и константным водотоком.

Герпетофауна участка представлена восточно-средиземноморскими (*Hyla orientalis*, *Platyceps najadum*, *Dolichophis caspius*), европейскими (*Natrix natrix* L., 1758), кавказскими (*Rana macrocnemis* Boul. 1885), и колхидскими (*Darevskia brauneri* (Méhely, 1909)) видами.

Участок 3. Приморский склон в окрестностях поселка Солоники (рис. 4c) занят одной из самых крупных старовозрастных рощ *Pinus pityusa*. Небольшие группы *P. pityusa* имеются и выше поселка Солоники, до 7 км уходящие вглубь по ориентированным на восток гребням хребтов правобережья реки Цухвадж. В древостое практически по всей площади абсолютным доминантом, чаще монодоминантом, выступает *Pinus pityusa*. В верхней части сосняка местами субдоминантом выступает *Quercus petraea* L. ex Liebl., крайне редко, единичными деревьями, встречаются *Cerasus avium*, *Carpinus betulus*.

Рассматриваемый сосняк неоднороден, в зависимости от мощности почвенного слоя, выхода известняков на дневную поверхность, особенностей микрорельефа формируются парцеллы сосняка мертвопокровного [Pinetum nudum] и различных вариантов сосняка кустарничкового [Pinetum fruticosum], с попеременным доминированием на более влажных участках и в балках – *Staphylea colchica*, *Corylus avellana* L., а на сухих участках – *Rhus coriaria* L., *Cotinus coggygia*. Все остальные древесно-кустарниковые породы либо встречаются рассеяно, либо формируют группировки на незначительных площадях, в том числе *Ostrya carpinifolia* Scop., *Carpinus orientalis*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus microphylla*, *Paliurus spina-christi*, *Swida australis*, *Sorbus torminalis*, *Rubus caesius* L., *R. ibericus* Juz., *R. anatolicus* (Focke) Focke ex Hausskn., *Frangula alnus* Mill., *Rosa canina* L., *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link. Внеярусная растительность развита в понижениях рельефа и представлена *Hedera helix*, *Clematis vitalba*, *Smilax excelsa* L., *Periploca graeca*, *Vitis sylvestris*, *Lonicera caprifolium* L.

В кустарничково-травяном ярусе доминируют *Ruscus aculeatus*, *Brachypodium rupestre* (Host) Roem. et Schult., субдоминантом в нижней части сосняка выступает *Dorycnium herbaceum*, в верхней части – *Pteridium tauricum* V.I. Krecz. В травяном ярусе отмечены восточно-средиземноморские гемиксерофитные виды: *Linum corymbulosum* Reichenb., *L. bienne* Miller, *L. tenuifolium* L., *Coronilla orientalis* Miller, *Sesleria alba* Sm., *Briza elatior* Sibth. et Smith, *Polygala major* Jacquin, *Jurinea arachnoidea* Bunge, *Muscari armeniacum* Leichtlin ex Baker, *Poterium polygamum* Waldst. & Kit., *Orchis punctulata*, *Anacamptis pyramidalis*, *Ophrys oestrifera*, *Psoralea bituminosa* ssp. *pontica*, *Dictamnus albus* L., *Stachys recta* L. subsp. *atherocalyx* (C.Koch) Derviz-Sokolova, *Peucedanum tauricum* M. Bieb.,

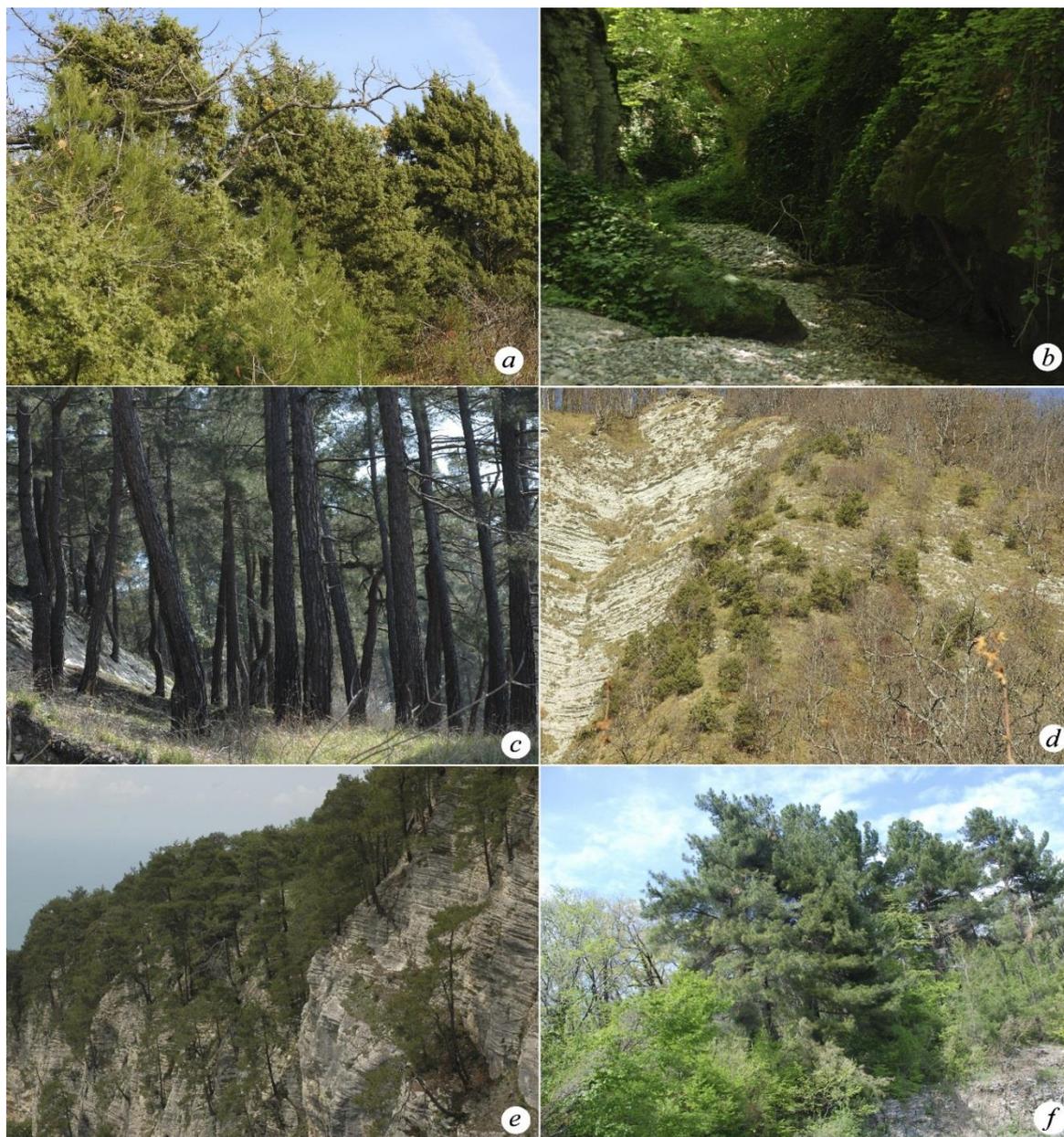


Рис. 4. Ценозы восточно-средиземноморского типа на территории Сочинского национального парка

Приморские ценозы: *a* – пушистодубово-можжевеловый сугрудок в окрестностях поселка Вишнёвка; *b* – грабниково-грабовый лес в нижнем створе реки Неожиданная; *c* – сосняк коротконожковый в окрестностях поселка Солоники; Удаленные от приморской полосы локальные ценозы: *d* – можжевеловое редколесье на горе Хакукай; *e* – сосняк скальный в урочище Орлиные скалы; *f* – сосняк кустарниковый на горе Большой Ахун.

Seseli ponticum, *Hieracium cymosum* L., *Scorzonera stricta* Hornem., *Blackstonia perfoliata* (L.) Huds., *Laser trilobum* (L.) Borkh., *Silene italica* (L.) Pers., *Cirsium euxinum* Kharadze, *Tamus communis*, *Dorycnium graecum* (L.) Ser., *Anthemis cotula* L., *Helianthemum nummularium* (L.) Mill., *Heracleum scabrum* Albov, *Teucrium chamaedrys*, *Aegonychon purpleocaeruleum*, *Erianthus ravennae* (L.) P. Beauv., *Convolvulus cantabrica* L., *Linaria genistifolia* (L.) Mill., *Verbascum gnaphalodes* M. Bieb. и другие.

Герпетофауна участка представлена восточно-средиземноморскими видами *Pseudopus apodus*, *Darevskia pontica*, *Platyceps najadum*, *Dolichophis caspius*, *Natrix tessellata* Laurenti, 1768. Колхидские (*Ommatotriton ophryticus* (Berthold, 1846) и кавказские (*Rana macrocnemis* Boulenger, 1885) виды присутствуют на участке в небольшой балке с ручьем, расположенной в центре лесного массива.

Удаленные от приморской полосы локальные восточно-средиземноморские ценозы описаны в Лыготхском участковом лесничестве СНП на горе Хакукай, а также в Мацестинском участковом лесничестве СНП – в урочище Орлиные скалы и на горе Большой Ахун.

Участок 4. На крутосклонных скальных обнажениях восточной экспозиции горы Хакукай (рис. 4d) сохранилось можжевельниковое редколесье [*Juniperetum saxatile*] из *Juniperus deltoides* в окружении широколиственных, преимущественно дубовых лесов. Среди можжевельников встречается *Carpinus orientalis*, *Swida koenigii* (С.К. Schneid.) Pojark. ex Grossh., *Cotinus coggygia*, *Ligustrum vulgare*, *Amelanchier ovalis* Medik., *Paliurus spina-christi*, *Jasminum fruticans* L. Разреженный кустарничково-травяной покров составлен *Ruscus aculeatus*, *Salvia ringens* Sm., *Teucrium chamaedrys*, *Laser trilobum*, *Peucedanum tauricum*, *Alyssum murale* Waldst. & Kit., *Helianthemum grandiflorum* (Scop.) DC., *Dianthus acantholimonooides*, *Asphodeline lutea* (L.) Reichb.), *Thymus helendzhicus* Klokov & Des.-Shost., *Sedum maximum* (L.) Hoffm. subsp. *caucasicum* Grossh., *Psephellus barbeyi* Albov, *Ceterach officinarum* Willd., *Asplenium ruta-muraria* L., *Anemone blanda* Schott & Kotschy, *Seseli ponticum*, *Scabiosa olgae* Albov, *Asperula abchasica* V.I. Krecz., *Aegonychon purpureocaeruleum*, *Carex cuspidata* Host. и другие.

Для герпетофауны участка также характерно преобладание восточно-средиземноморских видов, в том числе *Hyla orientalis*, *Testudo graeca nikolskii*, *Pseudopus apodus*, *Darevskia pontica*, *Platyceps najadum*, *Dolichophis caspius*. Из колхидских и европейских видов, за пределами можжевельникового редколесья, отмечены *Anguis colchica* (Nordmann, 1840), *Natrix megaloccephala*, *Zamenis longissimus* Laurenti, 1768, *Pelias kaznakovi* (Nikolsky, 1909).

Участок № 5. В урочище Орлиные скалы (рис. 4e) сохранился сосняк скальный [*Pinetum saxatile*] естественного происхождения на скалах восточной экспозиции. В I ярусе доминирует *Pinus pityusa*, единично – *Quercus petraea*. Во II ярусе разреженно доминирует *Cotinus coggygia*, субдоминантом выступает *Carpinus orientalis*. Единично на участке отмечен в подросте *Q. petraea*, кустарники – *Paliurus spina-christi*, *Rosa canina*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus microphylla*, *Juniperus deltoides*, *Cistus creticus* L., *Jasminum fruticans*, *Ficus carica* L., имеющий здесь кустовую форму. В кустарничково-травяном покрове преобладает *Brachypodium rupestre*, реже встречается *Peucedanum tauricum*, *Ruscus aculeatus*, *Dictamnus albus*, *Dorycnium graecum*, *D. herbaceum*, *Dianthus imereticus* (Rupr.) Schischkin, *Psoralea bituminosa* L. subs. *pontica*, *Psephellus barbeyi*, *Inula ensifolia* L., *I. salicina* L. subsp. *aspera* (Poiret) Jav., *Polygala major*, *Laser trilobum*, *Teucrium chamaedrys*, *Teucrium polium* L., *Convolvulus cantabrica*, *Sedum gracile* С.А. Meyer, *Asplenium ruta-muraria*, *Asphodelina lutea*, *Briza elatior*, *Euphorbia myrsinites* L. и другие.

Герпетофауна участка представлена восточно-средиземноморскими видами – *Hyla orientalis*, *Pseudopus apodus*, *Darevskia pontica*, *Platyceps najadum*, *Dolichophis caspius*. За пределами участка, в лесных мезофильных биотопах обитают представители колхидских и европейских видов: *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814), *Rana macrocnemis*, *Darevskia brauneri*, *Coronella austriaca* Laurenti, 1768, *Zamenis longissimus*, *Pelias kaznakovi*.

Участок № 6. В верхней трети горы Большой Ахун (рис. 4f) сохранился сосняк кустарничковый [*Pinetum fruticosum*] естественного происхождения с подсадкой лесных культур на склоне южной экспозиции, крутизной 10°. Древостой формирует *Pinus pityusa*, единично встречается *Quercus iberica* Steven. В подлеске содоминируют *Cotinus coggygia*, *Crataegus microphylla*, *Swida australis*, *Carpinus orientalis*, при участии *Ligusticum vulgare*, *Cistus creticus*, *Rubus caucasicus*, *R. anatolicus*, и в подросте – *Sorbus torminalis*, *Tilia begoniifolia* Stev. и *Ulmus glabra*. Внеярусная растительность представлена *Smilax excelsa*, *Clematis vitalba*, *Periploca graeca*, *Lonicera caprifolium*. В напочвенном травяном покрове

доминирует *Epimedium pinnatum* subsp. *colchicum*, субдоминантом выступает *Trachystemon orientalis*. Также встречаются *Ruscus aculeatus*, *Pteridium tauricum*, *Platantera chloranta* (Cust.) Reichend., *Cephalanthera damasomium* (Mill.) Druce, *Brachypodium rupestre*, *Dictamnus albus*, *Iris colchica* Kem.-Nath., *Tamus communis*, *Euphorbia amygdaloides* L., *E. squamosa* Willd., *Thalictrum minus* L., *Lathyrus laxiflorus*, *L. vernus* (L.) Bernh., *Colchicum umbrosum* Steven, *Viola dehnhardtii* Ten., *Carex cuspidata*, *Aristolochia steupii* Woronow, *Psoralea bituminosa* ssp. *pontica*, *Galega officinalis* L., *Veronica umbrosa* M. Bieb. и другие.

Герпетофауна участка представлена средиземноморскими (*Hyla orientalis*, *Pseudopus apodus*, *Platyceps najadum*, до конца XX века на участке единично попадалась *Testudo graeca nikolskii*) и европейскими (*Anguis fragilis*, *Coronella austriaca*) видами. За пределами участка встречаются колхидские виды – *Darevskia derjugini* (Nikolsky, 1898), *Zamenis longissimus*.

Колхидские ценозы на западной границе хориона описаны в Головинском участковом лесничестве СНП в нижней части ущелья реки Глубокая Щель и в Дагомыском участковом лесничестве СНП в ущелье реки Западный Дагомыс.

Участок № 7. В нижней части ущелья реки Глубокая Щель (рис. 5a) развит лапник разнотравный [Pterocarietum variaherbosum]. Сомкнутость древесного яруса 95 %. Доминантом выступает *Pterocarya fraxinifolia* (Lam.) Spach, единично присутствуют *Acer campestre*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Ficus carica*. В подросте отмечены *Pterocarya fraxinifolia*, *Fraxinus excelsior*, *Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *A. pseudoplatanus* L., *Ficus carica*, *Dyospiros lotus* L. Подлесок составлен *Corylus avellana*, *Swida australis*, *Sambucus nigra*, *Euonymus europaeus* L., *Staphylea colchica*, *Crataegus microphylla*. Внеярусная растительность представлена *Hedera helix*, *Smilax excelsa*.

Кустарничково-травяной ярус занимает 50 % площади, явные доминанты отсутствуют. Отмечено произрастание *Rubus caucasicus*, *Rubus caesius*, *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauv., *Galeobdolon luteum*, *Pimpinella* sp., *Symphytum grandiflorum*, *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman, *Polystichum setiferum* (Forssk.) Moore ex Woyn., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Trachystemon orientalis*, *Carex pendula* Huds., *Helleborus caucasicus*, *Sanicula europaea*, *Circaea lutetiana* L., *Potentilla micrantha*, *Primula vulgaris*, *Carpesium cernuum* L., *Tamus communis*, *Arum orientale*, *Aristolochia steupii*, *Sium sisarum* L. Близость автомобильных дорог и поселка Глубокая Щель определяют наличие сорных и чужеродных видов – *Geum urbanum* L., *Urtica dioica* L., *Duchesnea indica* (Andrews) Focke, *Bidens tripartita* L.

Герпетофауна участка представлена колхидскими и кавказскими видами – *Bufo verrucosissimus*, *Rana macrocnemis*, *Darevskia brauneri*, *Natrix megalcephala*, *Zamenis longissimus*, при наличии европейских и европейско-средиземноморских видов – *Hyla orientalis*, *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771), *Anguis colchica*.

Участок 8. В узком ущелье среднего течения реки Западный Дагомыс (рис. 5b) развит полидоминантный колхидский лес с вечнозеленым подлеском. Микроклимат записывался на склоне восточной экспозиции, на участке грабо-букняка самшитового [Fagetum carpinosobuxosum]. Доминантом в I ярусе является *Fagus orientalis*, субдоминант – *Carpinus betulus*, при участии *Tilia begoniifolia*, *Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*, *A. campestre*, *Alnus barbata*. Во втором ярусе доминируют *Buxus colchica*, присутствуют *Taxus baccata*, *Ostrya carpinifolia*, *Ficus carica*, *Acer laetum* C.A. Mey., в кустарничковом ярусе – *Swida australis*, *Daphne pontica* L., *Ilex colchica*, *Euonymus latifolia*, *Philadelphus caucasicus* Koehne, *Laurocerasus officinalis* M. Roem., *Staphylea colchica*, *Sambucus nigra*, *Rhododendron ponticum* L., *Rh. luteum*. Внеярусная растительность составлена *Periploca graeca*, *Hedera colchica*, *Clematis vitalba*, *Vitis sylvestris*, *Lonicera caprifolium*.

В кустарничково-травяном ярусе представлены *Ruscus colchicus*, *Epimedium pinnatum* subsp. *colchicum*, *Omphalodes cappadocia* (Willd.) DC., *Lilium martagon* L. subsp. *caucasicum* Miscz. ex Grossh., *Paeonia caucasica* (Schipcz.) Schipcz., *P. wittmanniana* Hartwiss ex Lindl., *Galanthus woronowii*, *Cyclamen coum*, *Ophioglossum vulgatum* L., *Asplenium adiantum-nigrum* L., *A. trichomanes*, *Phyllitis scolopendrium*, *Pteris cretica* L., *Adiantum capillus-veneris* L., *Orchis mascula*, *Dactylorhiza urvilleana*, *Helleborus caucasicus*, *Scilla bifolia*, *Vinca pubescens* D'Urville, *V. minor* L., *Aristolochia steupii*, *Arum orientale*, *Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande,

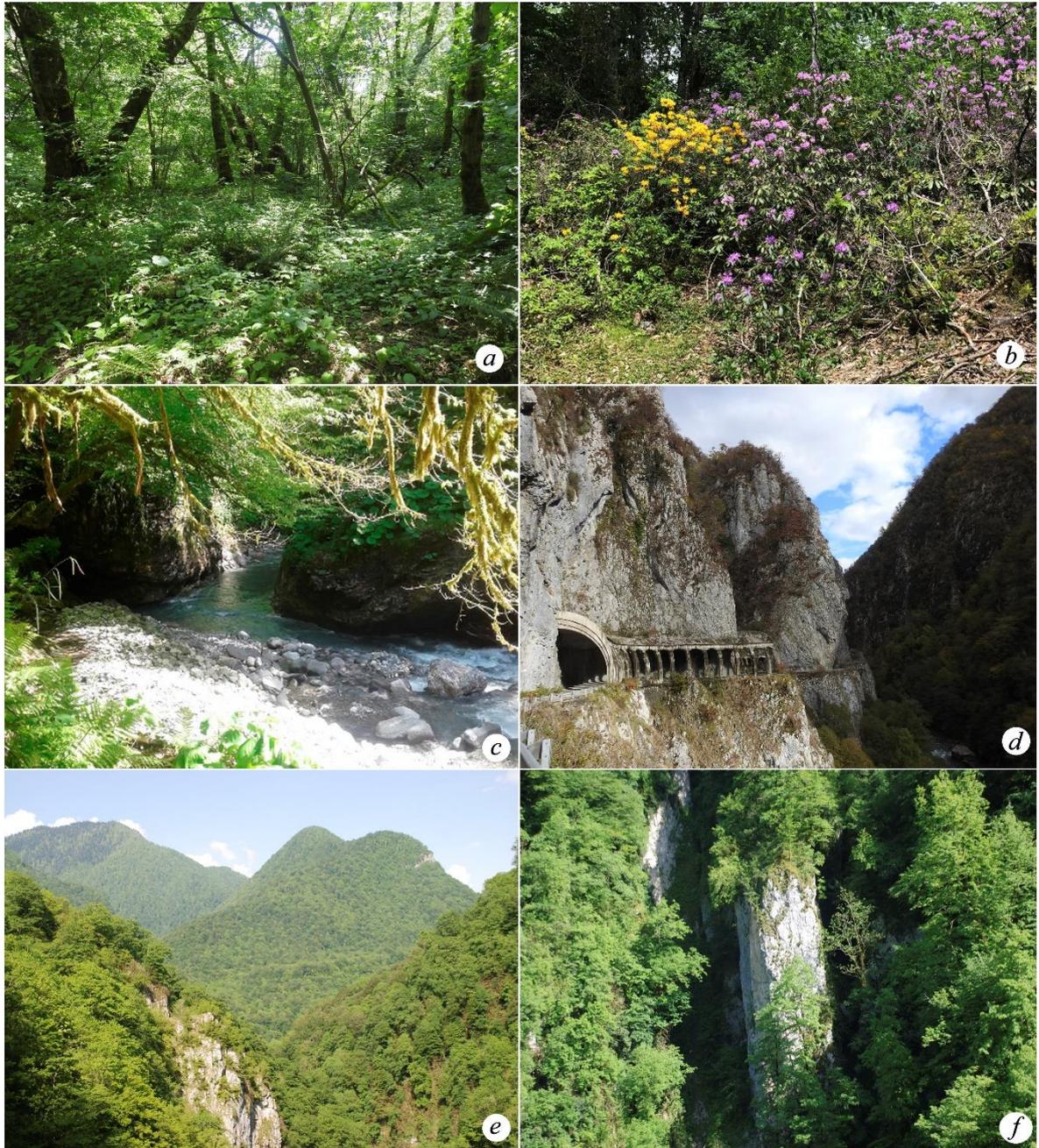


Рис. 5. Колхидские ценозы на территории Сочинского национального парка

Ценозы на западной границе хориона: *a* – лапник в нижнем створе ущелья Глубокая Щель; *b* – широколиственный лес с вечнозеленым подлеском в ущелье реки Западный Дагомыс; Типичные колхидские ценозы центральной части Колхидского биохориона: *c* – ущелье реки Сочи; *d* – ущелье Ахцу на реке Мзымта; *e, f* – Шахгинское ущелье на реке Псоу.

Colchicum umbrosum, *C. speciosum*, *Paris incompleta* M. Bieb., *Arabis nordmanniana* Rupr., *Polygonatum orientale* Desf., *P. glaberrimum* K. Koch, *Corydalis caucasica*, *Umbilicus oppositifolius* Ledeb., *Scopolia carniolica* Jacq., *Atropa caucasica* Kreyer и другие.

В составе герпетофауны преобладают колхидские виды – *Ommatotriton ophryticus*, *Bufo berrucosissimus*, *Rana macrocnemis*, *Pelodytes caucasicus* Boul., 1896, *Darevskia brauneri*, *Natrix megalcephala*, *Zamenis longissimus*, *Pelias kaznakovi*, присутствуют европейские и

европейско-средиземноморские виды – *Hyla orientalis*, *Pelophylax ridibundus*, *Anguis colchica*, *Coronella austriaca*, *Natrix tessellata*.

Типичные колхидские ценозы центральной части Колхидского биохориона описаны в Верхне-Сочинском участковом лесничестве в ущелье реки Сочи в окрестностях села Ореховка, в Кепшинском участковом лесничестве – в ущелье Ахцу на реке Мзымта и в Весёловском участковом лесничестве в ущелье Шахгинское на реке Псоу.

Участок 9. Ущелье реки Сочи в окрестностях села Ореховка покрыто богатыми по составу широколиственными лесами колхидского типа с вечнозеленым подлеском (рис. 5с). На отдельных участках можно выделить дубняк кустарниково-зверобойный [*Quercetum hypericosum xylost.*], буко-каштанник понтийско-рододендроновый [*Fageto-Castanetum rododendrosom pont.*], грабо-букняк самшитовый [*Carpineto-Fagetum buxosum*]. Микроклимат участка изучен по правому борту ущелья, на склоне 25° восточной и юго-восточной экспозиций. В древесном ярусе, в зависимости от локальных условий, доминантами выступают *Fagus orientalis*, *Quercus iberica*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*. В I ярусе присутствуют *Fraxinus excelsior*, *Tilia begoniifolia*, *Diospyros lotus*, *Alnus barbata*, *Acer pseudoplatanus*, *A. campestre*, *A. laetum*, *Cerasus avium*. В кустарниковом ярусе в дубняке доминирует *Hypericum xylosteifolium* (Spach) N. Robson, субдоминантом является *Rhododendron luteum*; в букняках – попеременно *Rhododendron ponticum* и *Buxus colchica*, при значительном участии *Laurocerasus officinalis*, *Ilex colchica*, *Staphylea colchica*, *Corylus avellana*, *Sambucus nigra*, *Ruscus colchicus* и спорадичной встречаемости *Euonymus latifolia*, *E. leiophloea*, *E. europaeus*, *Daphne pontica*, *Hypericum androsaemum* L., *Leptopus colchicus* (Fischer et C.A.Meyer ex Boiss.) Pojark. (западная граница ареала вида).

В травяном покрове отмечены *Ophioglossum vulgatum*, *Pteris cretica*, *Blechnum spicant* (L.), *Adiantum capillus-veneris*, *Asplenium adiantum-nigrum*, *A. trichomanes*, *Phyllitis scolopendrium*, *Woodsia fragilis* (Trev.) Moore, *Epimedium pinnatum* subsp. *colchicum*, *Omphalodes cappadocia*, *Paonia caucasica*, *Galanthus woronowii*, *Cyclamen coum*, *Orchis mascula*, *Helleborus caucasicus*, *Scilla bifolia*, *Vinca pubescens*, *V. minor*, *Aristolochia steupii*, *Symphitum grandiflorum*, *Arum orientale*, *Colchicum umbrosum*, *Carex pendula*, *Paris incompleta*, *Potentilla micrantha*, *Tamus communis*, *Arabis nordmanniana*, *Corydalis caucasica*, *Umbilicus oppositifolius*, *Scopolia carniolica*, *Euphorbia amygdaloides*, *Trachystemon orientalis*, *Lathyrus vernus* и другие.

В составе герпетофауны преобладают колхидские виды – *Ommatotriton ophryticus*, *Bufo berrucosissimus*, *Rana macrocnemis*, *Pelodytes caucasicus*, *Darevskia brauneri*, *D. derjugini*, *Natrix megalcephala*, *Zamenis longissimus*, присутствуют европейские и европейско-средиземноморские виды – *Hyla orientalis*, *Pelophylax ridibundus*, *Anguis colchica*, *Coronella austriaca*, *Natrix tessellata*.

Участок 10. Ущелье Ахцу – уникальный рефугиум скально-лесной флоры и растительности известняковой Колхиды, являющийся частью Абхазского флористического района (Тимухин, Туниев, 2016) (рис. 5d). Богатая флора включает типичные колхидские и общекавказские виды с достаточно высоким представительством высокогорных видов (*Asplenium woronowii* H. Christ, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Poa alpina* L., *Anthemis triumfetti* (L.) All., *Cirsium ciliatum* (Murray) Moench., *Psephellus hypoleucus* (DC) Boiss., *Onosma caucasica* Levin ex M.Pop., *Campanula dzyschrica* Kolak., *Lonicera steveniana*, *Cerastium ponticum* Albov и другие) и узких северо-колхидских (абхазских) эндемов (*Campanula sclerophylla* (Kolak.) Oganessian, *Bupleurum rischawii* Albov, *Seseli rupicola* Woronow, *Kemulariella abchasica* (Kem.-Nath.) Tamamsch., *Muscari dolychanthum* Woronow et Tron., *Leptopus colchicus*, *Genista kolakowskyi* Sachok., *Dioscorea caucasica* Lipsky и другие) (Тимухин, Туниев, 2018).

Древесные виды скальной растительности представлены аборигенными *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Acer sosnowskyi* Doluch., *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Castanea sativa*, *Fagus orientalis*, *Quercus petraea*, *Cerasus avium*, *Populus alba* L., *Ostrya carpinifolia*, *Diospyros lotus*, *Taxus baccata*, *Tilia begoniifolia* и чужеземными – *Morus alba* L., *Paulownia tomentosa* (Thun.) Steud. и другими; кустарники – *Corylus avellana*, *Buxus colchicus*, *Euonymus leiophloea*, *Cornus mas*, *Swida koengii*, *S. australis*, *Juniperus communis* L. ssp. *oblonga* (Bieb.) Galushko, *Leptopus colchicus*, *Philadelphus caucasicus*, *Ligusticum vulgare*, *Cotoneaster*

integerrimus Medicus, *Pyracantha coccinea*, *Staphylea colchica*, *Daphne pontica* и другими. Внеарусная растительность составлена характерными для региона лианами: *Periploca graeca*, *Hedera colchica*, *H. helix*, *Clematis vitalba*, *Smilax exelsa*, *Lonicera caprifolium*. Особенности травяного покрова охарактеризованы выше.

Герпетофауна участка представлена типичными колхидскими и кавказскими видами *Darevskia brauneri*, *Zamenis longissimus*, *Natrix megalcephala*, *Pelias kaznakovi*, а также европейскими видами – *Anguis colchica*, *Coronella austriaca*. Из средиземноморских видов в нижней части ущелья отмечен *Natrix tessellata*.

Участок 11. Шахгинское ущелье реки Псоу – это наиболее представительный в СНП и России участок колхидской флоры и растительности, расположенный на границе с Республикой Абхазия (рис. 5e). Восточные склоны хребтов Дзыхра и Ахцу формируют правый (российский) борт ущелья с лесными и скально-лесными комплексами, идентичными по составу с ущельем Ахцу, но с менее развитыми открытыми скальными ландшафтами. По днищу ущелья развит полидоминантный лес с вечнозеленым подлеском: буко-каштанник самшитовый [Fageto-Castanetum buxosum], грабо-букняк самшитовый [Carpineto-Fagetum buxosum]. В древесном ярусе, в зависимости от локальных условий, доминантами выступают *Fagus orientalis*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*. В I ярусе присутствуют *Fraxinus excelsior*, *Tilia begoniifolia*, *Alnus barbata*, *Acer pseudoplatanus*, *A. campestre*, *A. laetum*, *Cerasus avium*, *Ostrya carpinifolia*. В подлеске доминирует *Buxus colchica*, при значительном участии *Laurocerasus officinalis*, *Ilex colchica*, *Staphylea colchica*, *Corylus avellana*, *Sambucus nigra*, *Ruscus colchicus* и спорадичной встречаемости *Euonymus latifolia*, *E. leiophloea*, *E. europaeus*, *Daphne pontica*, *Hypericum androsaemum*, *Ruscus colchicus*. В травяном ярусе – *Cyclamen coum*, *Helleborus caucasicus*, *Lusula forsteri*, *Limodorum abortivum*, *Platanthera chlorantha*, *Listera ovata*, *Orchis mascula*, *Colchicum umbrosum*, *C. speciosum*, *Oplismenus undulatifolius*, *Saxifraga cymbalaria* L., *Aristolochia steupii*, *A. iberica* и другие.

В сложении скальной флоры принимают участие *Acer sosnowskyi*, *Taxus baccata*, *Ostrya carpinifolia*, *Buxus colchica*, *Staphylea colchica*, *Ficus carica*, *Swida koenigii*, *Leptopus colchicus*, *Genista kolakowskyi*, *Tamus communis*, *Seseli petraeum*, *Skabiosa olgae*, *Blackstonia perfoliata*, *Gentiana paradoxa*, *Mycelis muralis*, *Asplenium adiantum-nigrum*, *A. ruta-muraria*, *A. trichomanes*, *Ceterach officinarum*, *Pteris cretica*, *Campanula alliariifolia*, *C. pendula*, *Arabis caucasica*, *Ranunculus suukensis* и другие. По всему ущелью отмечены реликтовые участки произрастания *Dioscorea caucasica*, характерна частая встречаемость *Vitis sylvestris*. Это единственное на территории РФ место произрастания *Potentilla kamilae* Kolak. и второе, после ущелья Ахцу, место произрастания в РФ *Vupleurum rischawii*.

Герпетофауна участка представлена типичными колхидскими и кавказскими видами *Ommatotriton ophryticus*, *Bufo berrucosissimus*, *Rana macrocnemis*, *Pelodytes caucasicus*, *Darevskia brauneri*, *D. derjugini*, *Natrix megalcephala*, *Zamenis longissimus*, *Pelias kaznakovi*, присутствуют европейские и европейско-средиземноморские виды – *Hyla orientalis*, *Pelophylax ridibundus*, *Anguis colchica*, *Coronella austriaca*.

ОБСУЖДЕНИЕ

О наличии средиземноморских видов в Западном Закавказье известно давно, начиная с классической работы Н. И. Кузнецова (1891). Описанные нами в СНП восточно-средиземноморские фито-ландшафты и фауна населяющих их представителей амфибий и рептилий отличаются высоким сходством, независимо от географического расположения. Для большинства исследованных участков характерны такие представители древесно-кустарниковых видов, как *Pinus pitysa*, *Juniperus deltoides*, *Ostrya carpinifolia*, *Paliurus spina-christi*, *Cotinus coggygria*, *Rhus coriaria*, *Carpinus orientalis*, *Pyracantha coccinea*, *Ligustrum vulgare*, *Jasminum fruticans*. Во флоре кустарничково-травянистого яруса также характерны восточно-средиземноморские представители, практически отсутствующие в окружающих ценозах колхидского типа: *Ruscus aculeatus*, *Asphodeline lutea*, *Orchis purpurea*, *O. tridentata*, *Ophrys oestriifera*, *Anacamptis pyramidalis*, *Psoralea bituminosa* ssp. *pontica*, *Dorycnium herbaceum*, *D. graecum*, *Scabiosa bipinnata*, *Linum*

corymbulosum, *L. bienne*, *L. tenuifolium*, *Coronilla orientalis*, *Brachypodium rupestre*, *Briza elatior*, *Sesleria alba*, *Stachys recta* subsp. *atherocalyx*, *Peucedanum tauricum*, *Laser trilobum*, *Anthemis cotula*, *Helianthemum nummularium*, *Teucrium chamaedrys*, *Aegonychon purpureocaeruleum*, *Convolvulus cantabrica*, *Linaria genistifolia* и другие. В составе герпетофауны этих участков также преобладают восточно-средиземноморские виды: *Hyla orientalis*, *Testudo graeca nikolskii*, *Pseudopus apodus*, *Darevskia pontica*, *Platyceps najadum*, *Dolichophis caspius*.

Некоторые различия в составе флоры восточно-средиземноморских видов наблюдаются в западной и восточной частях СНП, одним из таких стыков биохорионов в СНП является гора Бозтепе на водоразделе рек Псецуапсе и Аше (Тимухин, 2008). Практически не выходят за пределы Восточно-Средиземноморской биогеографической провинции такие виды, как *Quercus pubescens*, *Colutea cilicica*, *Dianthus acantholimonooides*, *Astragalus circassicus*, *Thymus gelendzhicus*, *Salvia ringens*, *Scabiosa columbaria*, *Scorzonera stricta*, *Stypa pulcherima* К.Коч, *Orchis punctulata*, *O. militaris*, и сегодня определяющие границу этого биохорона. В восточной части СНП в составе восточно-средиземноморских ценозов встречаются термофильные виды, отсутствующие в условиях воздействия холодных зимних воздушных масс в западной части СНП. К последним относятся *Cistus creticus* L., *C. salviifolius* L., *Cytisus monspessulanus* L., *Euphorbia myrsinites* и, встречавшийся до недавнего времени в СНП (Алиев и др., 2020), *Arbutus andrachne* L.

Как на востоке, так и на западе СНП к восточно-средиземноморским ценозам приурочены виды герпетофауны средиземноморского корня, часть которых может незначительно проникать в соседние колхидские ценозы, но колхидские виды амфибий и рептилий практически отсутствуют в гемиксерофильных биотопах. При этом, только в восточной части ареала, начиная с горы Большой Ахун и далее до Абхазии, встречается меланистическая форма *Platyceps najadum* (Tuniyev et al., 2019).

Представляет интерес определение факторов среды, способствующих сохранению восточно-средиземноморской биоты в целом и её спорадично вписанных в окружающие колхидские ценозы эксклавов в пределах Колхидской биогеографической провинции. Анализ полученных данных по микроклимату изученных 11 участков территории СНП показал, что при общих трендах изменения температуры и влажности воздуха для всей территории СНП, участки, корреспондирующие условиям восточно-средиземноморских ландшафтов, отличаются по ходу показателей температуры и влажности воздуха.

Основными климатообразующими факторами рассматриваемого региона являются солнечная радиация, циркуляция атмосферы и характер подстилающей поверхности (Рыбак, 2009). В формировании климата важную роль играет рельеф, под влиянием которого видоизменяется циркуляция воздушных масс. Особенно большое влияние на климат оказывает Большой Кавказ, заслоняющий территорию в широтном направлении, препятствуя свободному переносу воздушных масс с севера на юг, и, до бассейна реки Псецуапсе, служит практически непреодолимым барьером для вторжений холодных воздушных масс с севера и северо-востока. Западнее, в бассейне реки Аше, хребет понижается и осенне-зимние холодные северо-восточные воздушные массы (бора) прорываются в среднем 4 дня в году. Уже этого непродолжительного периода холодного фронта становится достаточно для выпадения наиболее теплолюбивых колхидских видов растений и животных.

Открытость влажным южным и западным ветрам с Черного моря и защищенность района Сочи горными хребтами с трех сторон создает благоприятные условия для стационарирования поступающих воздушных масс, главным образом, с запада, которые способствуют интенсивному формированию кучево-дождевых облаков, дающих обильные осадки и сохранению относительно высоких температур воздуха, характерных для подавляющей части территории СНП.

Представляется, что механизм влияния глобального потепления на количество осадков в масштабе относительно небольшой территории связан с изменениями в режиме атмосферной циркуляции. Исследуемый регион находится под влиянием Североатлантического колебания, обладающего собственной квазициклической изменчивостью (Рыбак, Рыбак, 2009). По всей видимости, в настоящее время изменчивость годовых сумм осадков в регионе Черного моря

обусловлена собственной изменчивостью циркуляции атмосферы над Европой, на которую накладываются локальные факторы, и в гораздо меньшей степени связана с текущими изменениями глобальной температуры воздуха.

Было высказано не подкрепленное инструментально мнение (Скворцов, Рогова, 2020), что на высотное распространение термофильных видов в Колхиде влияет не только уменьшение температуры с подъемом в горы, но и другие факторы, позволяющие при наличии равновысоких участков, сохранение более теплого и мягкого климата на расположенных ближе к побережью участках. При одинаковых климатических параметрах локальные склоны, обращенные к югу, имеют более благоприятные температурные условия, благодаря которым термофильная растительность поднимается выше.

В целом, можно согласиться с этим очевидным фактом, однако наше исследование показало, что для средиземноморских видов большее значение имеет влажность воздуха. Анализ среднемесячных значений температуры и относительной влажности воздуха в 11 точках наблюдения за микроклиматом, несмотря на синхронный ход в течение года, отчетливо показал наличие в СНП двух совершенно различных микроклиматических групп (рис. 2 и 3). Особенно это проявляется в распределении относительной влажности воздуха. В таблице 3 представлены обобщенные характеристики этих двух микроклиматических групп.

Таблица 3

Среднемесячные показатели в двух микроклиматических группах

Группа	Температура воздуха, °С				Относительная влажность воздуха, %			
	Средняя за период наблюдения	Макс.	Мин.	Средняя амплитуда	Среднемесячная	Макс.	Мин.	Средняя амплитуда
1	15,4	43,5	-9,5	19,2	73,7	100	7,6	71,1
2	13,4	34,5	-8,5	17,8	81,7	100	13,5	54,1

При этом, в границах Восточно-Средиземноморской биогеографической провинции, узкие лесные ущелья (например, р. Неожиданная) в границах зонального Средиземноморья имеют ход температуры и влажности воздуха, слабо отличающийся от таковых в Колхиде. А изолированные реликтовые восточно-средиземноморские ценозы внутри Колхиды, сохраняющиеся в условиях эдафической сухости на скалах восточной экспозиции (г. Хакукай, Орлиные скалы, г. Большой Ахун), по ходу температуры и влажности воздуха практически не отличаются от приморских участков зонального Средиземноморья.

Кроме микроклиматических наблюдений в двух выявленных группах СНП, для реализации поставленной цели нами были проанализированы длительность периодов без осадков, а также выявлены периоды, когда количество выпавших атмосферных осадков было меньше климатической нормы (табл. 4). Отметим, что период наблюдений за микроклиматом (с декабря 2019 по ноябрь 2020 года) выдался очень засушливым.

Известно, что известняки обладают высокой термоёмкостью и фильтрующей влагу способностью. Эти особенности позволяют сохранение небольших по площади, но типичных по составу флоры и фауны участков восточно-средиземноморской биоты в окружении колхидской биоты. Аналогичные участки наблюдаются и восточнее, вплоть до территории Абхазии, где в центре известняковой Колхиды (бассейн р. Бзыбь) также наблюдается высокое представительство восточно-средиземноморских видов флоры и их сообщества, главным образом в скальных биотопах (Алиев и др., 2020). Современная сохранность этих реликтовых участков позволяют судить о былых размерах Черноморского ксерофильного рефугиума (Tuniyev, 1995).

Сопоставимые материалы получены в Западном Средиземноморье на примере финикийского можжевельника (*Juniperus phoenicea* L.) (Salvà-Catarineu, 2021), где его

Таблица 4

Длительность периодов без осадков и с осадками меньше климатической нормы

Метеостанции	Осадки, мм		Дни без осадков, шт	
	за период наблюдений	за теплый период наблюдений	за период наблюдений	за теплый период наблюдений
Туапсе	997	444 (275*)	132 (37 %)	80 (37 %)
Сочи	1120	364 (468*)	135 (30 %)	80 (37 %)

Примечание к таблице. * дефицит осадков (от среднего за 2000–2020 годы).

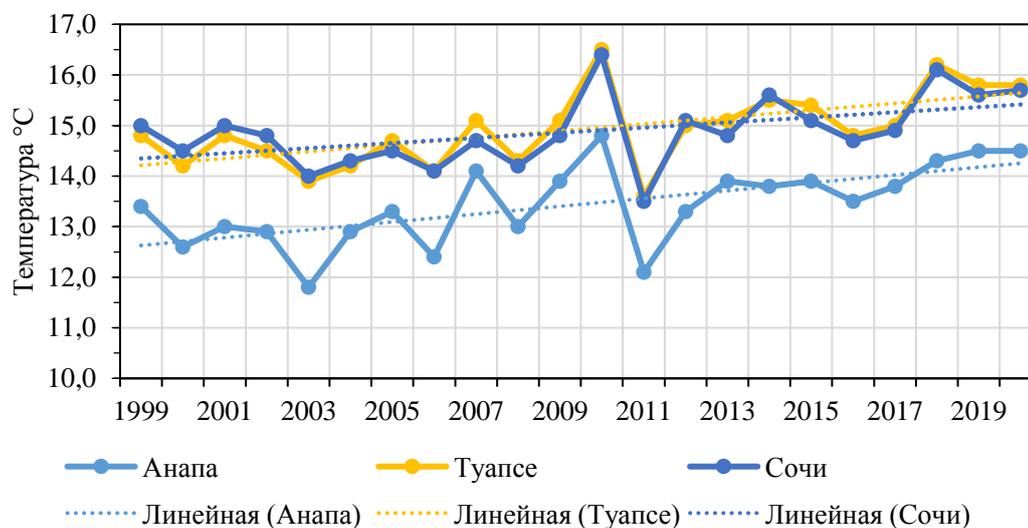
распространение на Пиренейском полуострове связано со средиземноморским типом биоклимата, ксеро-океаническим и полисезонно-океаническим подтипом, мезо- и надсредиземноморским термотипом и полусасушливыми, от сухих до субгумидных омбротипов (Rivas-Martínez et al., 2017). При этом, на юге Франции и севере Италии *J. phoenicea* встречается в климатических условиях, аналогичных средиземноморскому региону, но также растет в регионах с умеренным климатом на определенных участках, таких как крутые каменистые склоны гор, обращенные на юг (Mandin, 2005). Вид адаптирован к средиземноморскому климату и к широкому спектру биоклиматов, от субаридных до субгумидных или даже влажных, в мезо-средиземноморской, надсубсредиземноморской и оро-субсредиземноморской зонах (Mazur et al., 2016; Rivas-Martínez et al., 2004 г.).

Давая оценку возможным перспективам расширения ареалов средиземноморских видов в существующем экотоне Средиземноморья и Колхиды отметим, что с 1970-х годов наблюдается монотонный рост глобальной и полушарной температур. Линейный тренд среднегодовой температуры за период 1976–2020 годов составил для Земного шара + 0,18 °C / 10 лет (объясненная трендом доля дисперсии ряда – 87 %), для Северного полушария: + 0,34 °C / 10 лет (86 %). Для России в целом среднегодовая аномалия температуры составила + 3,47 °C – максимальная величина в ранжированном по убыванию ряду наблюдений (предыдущий рекорд 2007: это на целый градус выше предыдущего максимума, зафиксированного в 2007 году) (Доклад об особенностях..., 2021). На уровне регионов обнаруживается серьезная пространственная и временная неоднородность в тенденциях изменений климата, при этом, как правило, с уменьшением масштаба пространственного осреднения заметно увеличивается как масштаб величины аномалий температуры воздуха, так и их межгодовая изменчивость (Груза, Ранькова, 2014). Кроме того, на фоне роста глобально-осредненной температуры может наблюдаться и ее снижение в отдельных регионах (Rybak, Rybak, 2017). Аналогичные тенденции выявлены и на всей территории СНГ, а также по всему побережью Краснодарского края.

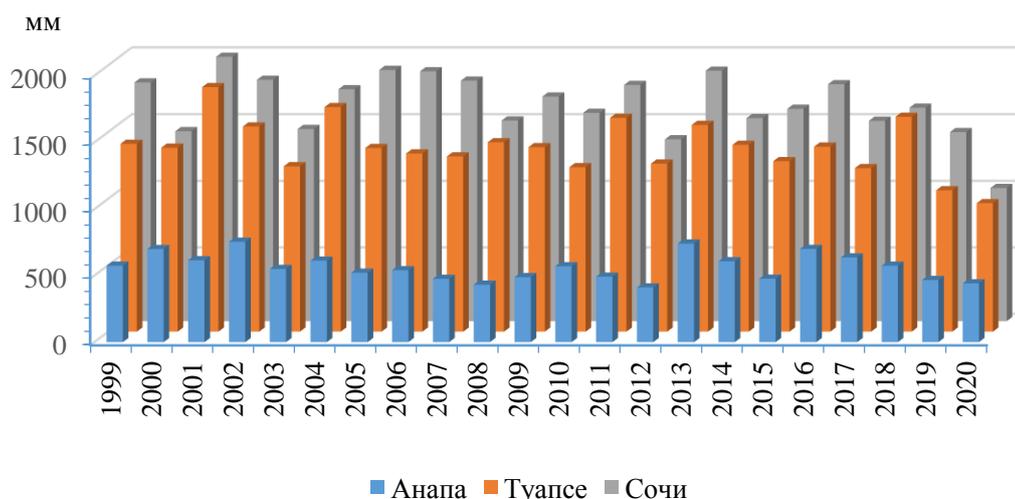
На рисунке 6 представлено распределение среднегодовой температуры воздуха (а) и годовая сумма атмосферных осадков (б) с 1999 по 2020 год на трех основных станциях.

На первый взгляд, в изменениях метеорологических характеристик на вышеуказанных станциях нет ничего экстраординарного. Выделенные тенденции хорошо согласуются с результатами других исследователей (Пестерева, 2011; Рыбак, Рыбак, 2013; Алешина и др., 2019 и др.), эксперты по всему миру признают факт глобального потепления. Однако, отметим две особенности: четко выделяются станции, расположенные в различных климатических зонах; среднегодовые температуры растут и растут практически синхронно. На фоне увеличения годовых сумм осадков на территории России в целом (Доклад об особенностях..., 2021), в Анапе их годовая сумма практически не изменяется; а в районе Туапсе и Сочи – отчетливая синхронная тенденция их уменьшения. Если в случае температуры воздуха анализ рядов позволяет выделить однозначный вывод об изменениях термического режима

(потепления) в регионе, то в случае с атмосферными осадками картина более сложна. Обусловлено это, прежде всего, более сильной межгодовой изменчивостью годовых сумм осадков на каждой отдельной метеостанции региона.



a



b

Рис. 6. Распределение среднегодовых температур воздуха (a) и годовых сумм атмосферных осадков (b) за период 1999–2020 годов

На пространственную структуру поля осадков оказывают влияние помимо особенностей крупномасштабных синоптических процессов также и локальные факторы, например, рельеф местности (Rybak et al., 1994). Совокупное влияние локальных и нелокальных факторов приводит не только к систематическим изменениям в структуре поля осадков, но и к пространственным изменениям его вариаций.

Результаты прогностического моделирования (Егошин, 2021) указывают на повышение среднегодовой температуры в Сочинском регионе к 2050 году от 1,5 до 2,6 °С, а к 2070 году от 1,6 до 3,6 °С. При этом рост максимальной температуры самого тёплого месяца года к 2050 году составит от 2,3 °С до 3,6 °С, а к 2070 году составит 2 °С и 5 °С, соответственно, и годовая

сумма осадков будет сокращаться, максимально от – 42 мм к 2050 году до – 36 мм к 2070 году.

С этими данными согласуются наши материалы по пространственному изменению ареалов и численности представителей колхидской и восточно-средиземноморской эколого-географических групп амфибий и рептилий. Так, *Testudo graeca nikolskii* отмечена в ряде районов на удалении от приморской полосы (на хребте Бачко, на водоразделе бассейнов рек Цухважд и Чухукт, на склонах горы Жемси, в урочище Сиревань – выше поселка Дубровка и других), что может служить косвенным подтверждением расширения ареала вида. Находки *Dolichophis caspius* и *Platyceps najadum* в долинах нижнего течения рек Неожиданная, Шуук, Джималта, окрестностях поселков Верхняя Шиловка, Голицино, Сергей-Поле, Барановка и многих других свидетельствуют о тенденции увеличения встречаемости этих видов в регионе, а находка *P. najadum* в 2021 году в тисовом букняке лавровишневом в среднем течении реки Восточная Хоста, на удалении более 10 км от берега моря, является прямым свидетельством расширения ареала этого средиземноморского вида.

Изменения погодных условий последнего десятилетия отражаются на фенологии и распространении рептилий. Наблюдается расширение ареалов вглубь континента и увеличение гипсометрических отметок находок у представителей средиземноморской эколого-географической группы (*Testudo graeca nikolskii*, *Dolichophis caspius* и *Platyceps najadum*, *Natrix tessellata*), а также увеличение периода активности ряда видов до декабря, включительно.

Факт современного изменения как глобального, так и регионального климата не вызывает сомнений. Климат на территории Западного Кавказа является составной частью глобальной климатической системы и его условия в рассматриваемом регионе важны своим влиянием как на сохранение биоразнообразия, так и на природопользование человека. Отмечающиеся с последней декады XX столетия изменения климата на Западном Кавказе привели к перестройкам ареалов наиболее чувствительных видов растений и животных. На Западном Кавказе в числе 9 видов ящериц имеется два узкоэндемичных вида, принадлежащих к различным биогеографическим комплексам. Первый – *Darevskia derjugini* – колхидский вид, распространенный в предгорьях северного макросклона Западного Кавказа в междуречье Белая – Малая Лаба и по Черноморскому побережью от горы Семашхо (Туниев, 2004, 2007) до границы с Республикой Абхазия и далее на восток до Лагодехи (Грузия) и Лазистана (Турция) на юго-востоке. Второй вид, *Darevskia szczyrbaki* (Lukina, 1963), является угнетенным реликтом восточно-средиземноморских ценозов, до недавнего времени известный с береговых обрывов к югу от Анапы и мысов Большой и Малый Утриши. Исследования последних лет позволили сделать заключение о прогрессирующем расширении ареала *Darevskia szczyrbaki* на более чем 120 км (Tuniyev, Tuniyev, 2012) и заметном сокращении ареала *Darevskia derjugini* (Туниев, 2003; Tuniyev, 2003). Предположить, что на стокилометровом участке интенсивно посещаемого побережья Черного моря ящерицы оставались просмотренными, казалось мало вероятным, и была выдвинута версия о расширении ареала *Darevskia szczyrbaki* вдоль береговых обрывов в юго-восточном направлении. Также предполагалось, что в случае сохранения этой тенденции, *Darevskia szczyrbaki* сможет колонизовать берег моря до Туапсе на юге, то есть на участке с подходящими биотопами, что подтвердилось позже, в связи с находкой вида в окрестностях поселка Сосновое в Туапсинском районе (Tuniyev, Tuniyev, 2012), а в 2011 году на мысе Кадош у Туапсе (Туниев, 2012а).

Обратная картина наблюдается с ареалом *Darevskia derjugini*. В 80–90-х годах XX века вид встречался от бассейна верхнего течения реки Аше на западе до государственной границы с Абхазией на востоке и от ущелья нижнего течения реки Сочи – горы Большой Ахун на юге до окрестностей поселка Сахрай – села Никитино на севере. Обследования последних лет показали, что вид исчез с ряда западных вершин Главного Кавказского хребта, из долины среднего течения реки Шахе и из ущелья нижнего течения реки Сочи на Черноморском побережье, а на северном склоне Западного Кавказа вид исчез из большинства периферийных

локалитетов (Туниев, 2003; Tuniyev, 2003). Таким образом, произошло сокращение ареала *Darevskia derjugini* в России не менее, чем на 200 тыс. га.

По-видимому, оба наблюдаемых процесса изменения ареалов указанных видов в основе своей имеют общее происхождение. Экстремально засушливые летние сезоны 1999–2000, 2010–2012 годов негативно повлияли на всю мезофильную биоту Западного Кавказа. На кардинальную перестройку фенологических циклов живых организмов оказало влияние и общее запаздывание сезонов года, примерно на 20–25 суток, наблюдаемое с началом нового тысячелетия. К примеру, в тисо-самшитовой роще Кавказского заповедника в 2000 году произошло усыхание самшитников в возрасте более 150 лет, произрастающих в условиях маломощных почв на скальных обнажениях. Аналогичные процессы локального усыхания самшита в 1999–2000 годах наблюдались по всему Черноморскому побережью России. Не менее драматичная картина наблюдалась в 2000 году и в высокогорье: к примеру, на Лагонакском нагорье засуха приводила к образованию в почве трещин до 0,6 м глубиной. Необычно высокий и продолжительный фон летних температур последних двух десятилетий в совокупности с продолжительным засушливым периодом отрицательно сказались на мезофильном виде – *Darevskia derjugini* (Туниев, 2012б). По этим же причинам, предположительно, вдоль приморской полосы Краснодарского края произошла экспансия ксерофильной восточно-средиземноморской *Darevskia szczyrbaki* и других выше перечисленных восточно-средиземноморских видов рептилий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На Черноморском побережье российского Кавказа, включая территорию СНП, существующая кардинальная схема распространения средиземноморских ценозов вдоль приморской полосы соответствует сухим предгорьям с годовой суммой температур свыше 5000° и до 200–300 м н. у. м. (Тунйев, 1995). Существование экотона двух биогеографических провинций на территории СНП в большей мере определяется изменением количества осадков, значениями минимальных (средних и абсолютных) температур, средней амплитудой относительной влажности воздуха, зоной воздействия вторжения зимних холодных северо-восточных воздушных масс (бора), в свою очередь определяемых гипсометрической высотой Главного Кавказского хребта, резко понижающегося к западу от поселка Лазаревское.

За пределами зонального Средиземноморья, на высотах до 600 м н. у. м., возрастающее количество осадков и уменьшающийся фон температуры позволяет сохраниться осколкам средиземноморских группировок внутри Колхиды исключительно в условиях локальной эдафической сухости, свойственной скалистым биотопам, термический режим которых и дефицит влажностей тому незначительно превышают окружающие мезофитные условия на обращенных к югу и востоку крутых, преимущественно известняковых, склонах.

Исследование показало, что для средиземноморских видов приоритетное значение имеет влажность воздуха. В свете приведенных фактов изменения климатических показателей и кружева ареалов колхидских и восточно-средиземноморских видов флоры и фауны можно предположить в дальнейшем смещение к востоку условной линии, разделяющей Колхидскую и Восточно-Средиземноморскую биогеографические провинции.

Список литературы

- Алешина М. А., Семенов В. А., Чернокульский А. В. Исследование роли Глобальных и региональных факторов в изменении летних осадков на Черноморском побережье Кавказа по результатам экспериментов с моделью климата // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2019. – Т. 3. – С. 59–75.
- Алиев Х. У., Туниев Б. С., Тимухин И. Н., Тания И. В. Геоботаническая и популяционная характеристики земляничника мелкоплодного (*Arbutus andrachne* L.) в Абхазии // Бюллетень ГНБС. – 2020. – Вып. 135. – С. 24–38.
- Груза Г., Ранькова Э. Изменение климатических условий Европейской части России во второй половине XX века // Русский архипелаг [Электронный ресурс]. – URL <http://www.archipelag.ru/agenda/geoklimat/history/change/>
- Джангиров М. Ю., Шевцов Б. П. Бонитетные шкалы для сосны пицундской (*Pinus pityusa* Steven) в Сочинском национальном парке // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 5. – С. 199–204.
- Доклад об особенностях климата на территории России за 2020 год. – 2021. – М. – 96 с. <https://meteoinfo.ru>

Егошин А. В. Прогнозирование влияния климатических изменений на пространственное распределение чужеродного компонента флоры юга черноморского побережья Краснодарского края // Экосистемы. – 2021. – № 26. – С. 23–32.

Зернов А. С. Растения Северо-Западного Закавказья. – М.: Изд-во МПГУ. – 2000. – 129 с.

Зернов А. С. Флора Северо-Западного Кавказа / [Ред. А. Г. Еленевский]. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2006. – 664 с.

Изменения климата. Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / [Ред. Пачаури Р. К., Райзингер А. и основная группа авторов]. – МГЭИК, Женева, Швейцария. – 2007. – 104 с.

Конспект флоры Кавказа: В 3 томах / [Отв. ред. Акад. А. Л. Тахтаджян]. – Т. 1 / [Ред. Ю. Л. Меницкий, Т. Н. Попова]. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2003. – 204 с.

Конспект флоры Кавказа: В 3 томах / [Отв. ред. Акад. А. Л. Тахтаджян]. – Т. 2 / [Ред. Ю. Л. Меницкий, Т. Н. Попова]. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 467 с.

Конспект флоры Кавказа: В 3 томах / [Отв. ред. Акад. А. Л. Тахтаджян]. Т. 3, ч. 1 / [Ред. Ю. Л. Меницкий, Т. Н. Попова, Г. Л. Кудряшова, И. В. Татанов]. – СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 469 с.

Конспект флоры Кавказа: в 3 томах / [Отв. ред. акад. А. Л. Тахтаджян]. Т. 3, ч. 2 / [Ред. Г. Л. Кудряшова, И. В. Татанов]. – СПб.; М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2012. – 623 с.

Кузнецов Н. И. Элементы Средиземноморской области в Западном Закавказье // Записки русского географического общества. – СПб. – 1891. – Т. 23, № 3. – 190 с.

Меницкий Ю. Л. Проект «Конспект флоры Кавказа». Карта районов флоры // Ботанический журнал. – 1991. – Т. 76, № 11. – С. 1513–4521.

Оценочный доклад Росгидромета: Изменения климата и их последствия на территории Российской Федерации / [Ред. А. И. Бедрицкий и др.]. – Т. 1. [Электронный ресурс] URL <http://www.voeikovmgo.ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>

Пестерева Н. М. Комплексное исследование окружающей среды Черноморского побережья Кавказа, включая региональное изменение климата, для разработки рекомендаций устойчивого развития туристско-рекреационных кластеров исследуемого региона на период до 2020 года. – 2011. – Отчет о НИР № 5.3798.2011 от 23.11.2011 (Министерство образования и науки РФ).

Рыбак О. О., Рыбак Е. А. Чередование режимов в изменчивости североатлантического колебания // Известия ВУЗов. Естественные науки. – 2009. – № 2. – С. 60–65.

Рыбак О. О., Рыбак Е. А. Изменение температуры воздуха и количества осадков в Черноморском регионе в 20-м веке // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 90. – С. 15–35. <http://meteo.infospace.ru/win/> (дата обращения 20.02.2014). <http://meteo.ru/pogoda-i-klimat> (дата обращения 20.03.2014).

Сатунин К. А. О зоогеографических округах Кавказского края // Известия Кавказского музея. – 1912. – Т. 7, вып. 1. – С. 7–106.

Соколов С. Я. Общий естественноисторический и лесоводственный очерк Сочинского района. – Л., 1931. – С. 7–96.

Тимухин И. Н. О биогеографическом статусе горы Бозтепе Лазаревского района города Сочи // Проблемы устойчивого развития регионов рекреационной специализации. – 2008. – Сочи. – С. 205–208.

Тимухин И. Н. Высокогорная флора массива горы Аугль и её анализ // Естественные и технические науки. – 2019. – № 11 (137). – С. 89–97.

Тимухин И. Н., Туниев Б. С. О границах Бело-Лабинского, Туапсе-Адлерского и Абхазского флористических районов Кавказа // Вестник Удмурдского университета. Биология. Науки о земле. – 2016. – Т. 26, вып. 2. – С. 91–97.

Туниев Б. С. Современная пульсация ареалов ящериц на Северо-Западном Кавказе // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: Материалы XVI межреспубликанской научно-практической конференции. – 2012а. – Краснодар: Кубанский госуниверситет. – С. 86–88.

Туниев Б. С. Первые последствия изменения климата и природопользования в биоте Западного Кавказа // Материалы Международной научной конференции Глобальные экологические процессы. – 2012б. – М.: Академия. – С. 438–443.

Туниев Б. С., Тимухин И. Н., Джангиров М. Ю. Об эксклавах средиземноморской флоры в горной Северо-Западной Колхиде // Сравнительная флористика: Анализ видового разнообразия растений. Проблемы. Перспективы. «Толмачевские чтения»: материалы X Международной школы-семинара / [Ред. С. А. Литвинская и О. Г. Баранова]. – 2014. – Краснодар: Кубанский госуниверситет. – С. 158–161.

Туниев С. Б. О распространении арвинской ящерицы – *Darevskia derjugini* (Nikolsky, 1898) (Reptilia: Sauria) в Российской Федерации // Проблемы устойчивого развития регионов рекреационной специализации. – Сочи. – 2004. – С. 80–94.

Туниев С. Б. О нахождении арвинской ящерицы – *Darevskia derjugini* (Nikolsky, 1898) (Reptilia: Sauria) в Туапсинском районе Краснодарского края // Проблемы устойчивого развития регионов рекреационной специализации. – Сочи. – 2007. – С. 274–275.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья - 95, 1995. – 992 с.

Mandin J. P. Découverte de très vieux genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.) dans les gorges de l'Ardèche (France) // Le Journal De Botanique De La Société De Bontanique De France. – 2005. – Fasc. 29. – S. 53–62.

Mazur M., Minissale P., Sciandrello S., & Boratyński A. Morphological and ecological comparison of populations of *Juniperus turbinata* Guss. and *J. phoenicea* L. from the Mediterranean region // Plant Biosystems. – 2016. – Vol. 150. – P. 313–322. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.994579>

Rivas-Martínez S., Peñas Á., & Díaz González T. E. 2004. Bioclimatic Map of Europe – Thermoclimatic belts. Cartographic Service, University of León. http://www.globaIbioclimat.ics.org/form/tb_med.htm

Rivas-Martínez S., Peñas Á., del Río S., Díaz T. E., & Rivas-Sáenz S. Bioclimatology of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands // The vegetation of the Iberian Peninsula / [Ed. J. Loidi]. Plant and Vegetation. – 2017. – P. 29–80.

Rybak E. A., Rybak O. O., Zasedatelev Y. V. Complex Geographical Analysis of the Greater Sochi Region on the Black Sea Coast // GeoJournal. – 1994. – Vol. 34. – P. 507–513.

Rybak E. A., Rybak O. O. Regional effects of the global climate change: a case study: the Sochi National park area (Russia) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2017. – Т. 2, N 3. – С. 61–67.

Salvà-Catarineu M, Romo A, Mazur M. Past, present, and future geographic range of the relict Mediterranean and Macaronesian *Juniperus phoenicea* complex // Ecology and Evolution. – 2021. – P. 1–21. <https://doi.org/10.1002/ece3.7395>

Tuniyev B. S. On the Independence of the Colchis Center of Amphibian and Reptile Speciation // Asiatic Herpetological Reseaches. – 1990. – Vol. 3. – P. 67–84.

Tuniyev B. S. On the Mediterranean influence on the formation of herpetofauna of the Caucasian Isthmus and main xerophylous refugia // Russian Journal of Herpetology. – 1995. – Vol. 6, N 2. – P. 95–119.

Tuniyev B. S. Pulsation of lizard's areas on North-West Caucasus // 12th Ordinary General Meeting Societas Europea Herpetologica. St.-Petersburg. – 2003. – P. 164.

Tuniyev B. S., Orlov N. L., Ananjeva N. B., Aghasyan A. L. Snakes of the Caucasus: taxonomic diversity, distribution, conservation. – St. Petersburg, Moscow: KMK Scientific Press, 2019. – 276 p.

Tuniyev B. S., Tuniyev S. B. On distribution and taxonomic status of rock lizard *Darevskia braueri szczerbaki* (Lukina, 1963) and *D. b. darevskii* (Szczerbak, 1962) // Russian Journal of Herpetology. – Vol. 19, N 1. – 2012. – P. 10–22.

Tuniyev B. S., Rybak E. A., Timukhin I. N., Aliev Kh. U. Horological patterns in the ecotone of the Eastern Mediterranean and Colchis biogeographic provinces on the territory of the Sochi National Park // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 5–26.

The article gives an overview of 11 points of study of biota and microclimate in the foothill zone of the territory of the Sochi National Park (SNP). Moreover, the researchers studied a chain of territories contrasted with the surrounding phytolandscapes with a high abundance of Mediterranean species in the SNP at a distance of up to 10 km from the sea in addition to the sub-Mediterranean coastal landscapes. The direct contact of biotas of different composition and origin, their mosaic distribution at a distance from the seacoast raises a logical question about the reasons for the formation and preservation of the ecotone of two biogeographic provinces in the relatively limited territory of the SNP. The aim of the research was to determine the features of the development of the Eastern Mediterranean and Colchis biota in the ecotone of two biogeographic eponymous chorions in the territory of the SNP from the standpoint of the microclimatic characteristics of various phyto-landscapes. The formation of the ecotone of two biogeographic provinces on the territory of the SNP is influenced by the change in the amount of precipitation, the values of the minimum (average and absolute) temperatures, the average amplitude of the relative humidity, the impact zone of the invasion of winter cold northeastern air masses (bora), which in turn are determined by hypsometric height of the Main Caucasian ridge, sharply decreasing to the west of the village of Lazarevskoye. The study showed that air humidity has the most significant impact on Mediterranean species. According to the above mentioned facts of changes in climatic indicators and the curves of the habitats of Colchis and Eastern Mediterranean species of flora and fauna, the authors assume that in the future the conditional borderline dividing the Colchis and Eastern Mediterranean biogeographic provinces will a shift to the east.

Key words: Colchis, Eastern Mediterranean, ecotone, Sochi National Park, chorology, microclimatic features.

Поступила в редакцию 23.11.21

Принята к печати 25.12.21

УДК 581.93:582.475.4(470.67)

Ботанико-географический анализ ценофлоры сосновых лесов (*Pineta kochiana*) Дагестана

Абдурахманова З. И.

Горный ботанический сад Дагестанского федерального исследовательского центра РАН

Махачкала, Россия

zagidat.abdurahmanova88@mail.ru

Проведен географический анализ ценофлоры сосновых лесов Дагестана, насчитывающий 590 видов сосудистых растений. Приводятся сведения о хронологическом составе ценофлоры сосновых лесов республики Дагестан, даётся характеристика геоэлементов, а также соотношение флороценоэлементов среди геоэлементов исследуемой флоры. Анализ географических элементов показал гетерогенность ценофлоры сосновых лесов, в формировании которой принимают участие 26 географических элементов. Наибольшее количество видов в исследуемой ценофлоре относится к бореальной группе - 257 видов (43,5 %). В группу широко распространенных видов вошло 182 вида (30,8 %), древнесредиземноморского происхождения 64 вида (10,8 %), связующих – 86 видов (14,7 %) и адвентивных – 1 вид (0,3 %). Преобладает бореальная группа геоэлементов, среди которой большинство занимают кавказские (122 вида) и дагестанские (28 видов) геоэлементы, где значительно возрастает роль эндемизма. Значительное количество субкавказских видов (69 видов) указывает на переходный характер флоры сосновых лесов, а также подчеркивает связи кавказских видов с флорами средиземноморья и лесной европейской флорой. Важную роль в составе ценофлоры сосновых лесов Дагестана играют палеарктический (128 видов), голарктический и (43 вида) и средиземноморские геоэлементы (46 видов). Преобладание в ценофлоре бореальной группы видов Кавказского геоэлемента, из которых 28 видов являются Дагестанскими, свидетельствует о высокой степени автохтонности в развитии и становлении ценофлоры сосновых лесов Дагестана.

Ключевые слова: *Pinus kochiana*, леса Дагестана, географический анализ, флороценотип, бореальная флора.

ВВЕДЕНИЕ

Географический анализ можно рассматривать как метод классификации ареалов видов или сообществ. Установлена зависимость современных ареалов от естественно исторических процессов прошлого, что нашло отражение в большом числе публикаций. Дизъюнкция ареалов, их форма, величина и географическое положение часто повторяются у тех или иных совокупностей видов. Это положение легло в основу географического метода анализа флоры, который обсуждается в работах многих авторов (Вульф, 1941; Толмачев, 1958, 1958а, 1960, 1986; Walter, Straka, 1970; Гроссгейм, 1936, 1948; Федоров, 1952; Харадзе, 1960, 1969, 1974; Гагидзе, Иванишли, 1975; Галушко, 1976; Тумаджанов, 1971; Портениер, 2000, 2012; Иванов, 2019 и др.). Выделение географических элементов, т.е. подразделение исследуемой флоры на группы видов, имеющих сходное распространение, является неотъемлемой составляющей анализа флоры. При этом выделение географических элементов флоры и разработка их системы не являются самоцелью, а направлены на создание инструмента, позволяющего не только выявить собственно географические закономерности распространения видов, характерные фитогеографические особенности той или иной флоры, но и высветить некоторые моменты ее истории (Портениер, 2000, 2012). Большое влияние на формирование состава географических элементов Дагестана оказала история развития его флоры, пути миграции видов и автохтонность их развития (Лепехина, 1988, 2002).

Наиболее известной и классической является система географических ареалов видов Кавказа, разработанная А. А. Гроссгеймом (1936). Им выделено 7 типов ареалов (древний, бореальный, ксерофильный, степной, пустынный, адвентивный), которые подразделены на 18 классов и 74 группы ареалов. По мнению А. А. Гроссгейма, основные подразделения ареалов отражают не только географическую, но и историческую сущность ареалов и являются отражением генезиса флоры. На данный момент у фитогеографов не существует единого

подхода к классификации и выделению географических элементов. Одни исследователи рассматривают географические элементы как группы видов со сходным типом ареала (Е. В. Вульф, А. И. Толмачев и др.), другие (Й. Браун-Бланке, М. Г. Попов, А. Л. Тахтаджян, Н. Н. Портениер и др.) принимают концепцию фитогеографических регионов или фитохорионов (Портениер, 2012).

Сосна Коха (*Pinus kochiana* Klotzsch. ex C. Koch; syn.: *P. hamata* (Stev.) Sosn. In Grossh. et al. *P. sosnowskyi* Nakai) является одним из важнейших лесообразователей Дагестана. (Гроссгейм, 1939; Меницкий, 2003) Распространены сосновые леса Дагестана от предгорий (300 м над ур. моря) до высокогорий (2600 м), их общая площадь – около 75 тысяч га (Расулов, Адамов, 2007). Сосняки встречаются в виде небольших насаждений или значительных массивов. Они занимают обширные площади в бассейнах рек Андийское и Аварское Койсу. Наибольшие площади сосновых лесов в Дагестане сосредоточены в Центральном и Диклосмта-Дюльтыдагском флористических районах (Муртазалиев, 2009). Островки сосняков встречаются в высокогорном и южном Дагестане (в окр. сел Рутул, Лучек, Катрух). По сравнению с другими районами Кавказа, сосняки Горного Дагестана представляют исключительное явление по уровню видового богатства и ценоотическому разнообразию.

Исследования флористического и ценоотического разнообразия лесов Дагестана ведутся уже на протяжении столетия. Несмотря на большое количество работ, посвященных лесам Дагестана, оставался пробел в изучении флоры этих лесов. В связи с чем целью исследования было выявление полного флористического списка этих лесов, изучение географических элементов в ценофлоре сосновых лесов Дагестана и познание их генезиса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы легли полевые материалы, собранные в ходе экспедиционных исследований в 2012–2019 годы в трех физико-географических районах Дагестана: Предгорный, Внутригорный, Высокогорный (Акаев и др, 1996). Основная часть флористических данных (гербарный материал и маршрутные наблюдения) была получена в ходе экспедиционных маршрутных исследований продолжительностью от 3 до 7 дней.

Для определения видовой принадлежности растений использованы сводки: «Флора Кавказа» (Гроссгейм, 1939–1967), «Флора Северного Кавказа» (Галушко, 1978–1980), «Определитель растений Кавказа» (Гроссгейм, 1949). Номенклатура видов приводится по «Конспекту флоры Дагестана» (Муртазалиев, 2004, 2009) и «Конспекту флоры Кавказа» (2003, 2006, 2008, 2012).

Ареалы устанавливались по системе, разработанной Н. Н. Портениером (1993, 2000, 2000a) и дополненной А. Л. Ивановым (1996, 2004, 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного анализа ценофлоры сосновых лесов Дагестана насчитывает 590 видов сосудистых растений, представленных 281 родом и 85 семействами. В ценофлоре сосновых лесов насчитываются 83 реликтовых вида разного происхождения, 115 эндемиков и 22 вида занесенные в красные книги Российской Федерации и Республики Дагестан.

Согласно системе Н. Н. Портениера, нами выделено 26 географических элементов, объединённых в 5 групп: широко распространённые виды, Бореальные, Древнесредиземноморские, Связующие и Адвентивные.

Наибольшее количество видов в исследуемой ценофлоре относится к бореальной группе 257 видов (43,5 %). В группу широко распространённых видов вошло 182 (30,8 %), древнесредиземноморского происхождения 64 вида (10,8 %), связующих – 86 видов (14,7 %) и адвентивных – 1 вид (0,3 %) (табл. 1). Преобладание в ценофлоре сосняков бореального элемента вполне закономерно, так как Дагестан, находясь длительное время в изоляции от окружающих территорий сохранил условия для существования четвертичной флоры, и

бореальные «пришельцы» получили широкое развитие (Кузнецов, 1910; Гроссгейм, 1936). Кроме того, изолированное положение флористических районов, окруженного ущельями и долинами крупных рек, препятствовало проникновению в сообщества сосны Коха других флористических элементов (Абдурахманова и др., 2015).

Таблица 1

Географические элементы в ценофлоре сосновых лесов Дагестана

Группа географических элементов Геоэлемент		Число видов	Доля от общего числа видов
Широко распространённые		182	30,8
1	Палеарктический	80	13,6
2	Западно-палеарктический	48	8,1
3	Голарктический	43	7,3
4	Плюрирегиональный	11	1,8
Бореальные		257	43,5
1	Кавказский	121	20,5
2	Дагестанский	28	4,7
3	Евро-кавказский	28	4,7
4	Европейский	26	4,4
5	Евро-сибирский	16	2,7
6	Понтически-южносибирский	11	1,9
7	Кавказско-эвксинский	9	1,5
8	Понтический	8	1,4
9	Панбореальный	7	1,2
10	Эвксинский	2	0,3
11	Крымско-новороссийский	1	0,2
Древнесредиземноморские		64	10,8
1	Восточнесредиземноморский	20	3,4
2	Средиземноморский	16	2,7
3	Общедревнесредиземноморский	10	1,7
4	Ирано-туранский	9	1,5
5	Армяно-иранский	7	1,2
6	Туранский	2	0,3
Связующие		86	14,7
1	Субкавказский	69	11,8
2	Европейско-древнесредиземноморский	5	0,8
3	Субсредиземноморский	5	0,8
4	Субтуранский	5	0,8
5	Субпонтический	2	0,3
Адвентивный		2	0,3
Всего		590	100

Группа широко распространенных видов – 182 вида (30,8 %). В составе этой группы преобладают виды *Палеарктического* элемента, их 80 (13,6 %). Это виды, ареалы которых охватывают умеренные и субтропические области Голарктического царства, без определённой приуроченности к какому-либо из подцарств. Большинство из них – луговые виды – 33 вида: *Calamagrostis epigeios*, *Campanula glomerata*, *Carum carvi*, *Dactylis glomerata*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Epilobium hirsutum*, *Epilobium montanum*, *Galium vaillantii*, *G. verum*

и др.; 10 видов – типичные представители лесной неморальной флоры: *Anthriscus nemorosa*, *Brachypodium pinnatum*, *B. sylvaticum*, *Cardamine impatiens*, *Corylus avellana*, *Epipactis helleborine*, *Galium odoratum*, *Padus avium*, *Populus tremula*, *Rhamnus cathartica*, *Viola mirabilis*; 6 видов – представители лесной бореальной флоры: *Calamagrostis arundinacea*, *Carex alba*, *C. contigua*, *Cystopteris fragilis*, *Platanthera bifolia*, *Selaginella helvetica*, 2 вида – обитатели скально-щебнистых местообитаний *Cotoneaster melanocarpus*, *Festuca rupicola*. Синатропных видов – 14: *Artemisia absinthium*, *Cichorium intybus*, *Cynoglossum officinale*, *Lactuca serriola*, *Lactuca tatarica*, *Lamium album*, *Lapsana communis*, *Melandrium album*, *Melilotus officinalis*, *Polygonum convolvulus*, *Senecio vernalis*, *Taraxacum officinale*, *Thlaspi arvense*, *Urtica dioica*; 10 видов – преимущественно степного распространения: *Carex caryophyllea*, *Elytrigia repens*, *Festuca valesiaca*, *Hieracium echiodes*, *Medicago romanica*, *Phleum phleoides*, *Phlomis tuberosa*, *Rosa pimpinellifolia*, *Stipa capillata*, *Veronica arvensis*. Псаммофитных видов всего 4: *Artemisia annua*, *Helichrysum arenarium*, *Poa bulbosa*, *Scleranthus annuus*.

К *Западнопалеарктическому* элементу относятся 48 видов (8,1 %). Это виды, распространение которых ограничено западной частью Палеарктики. Значительно число луговых видов, их 16: *Aster alpinus*, *Barbarea stricta*, *Clinopodium vulgare*, *Rhinanthus vernalis*, *Seseli libanotis*, *Trifolium aureum*, *T. medium*, *T. pratense* и др. Неморальных лесных видов – 13: *Anthriscus sylvestris*, *Betula pendula*, *Carex digitata*, *Daphne mezereum*, *Geranium robertianum*, *Neottia nidus-avis*, *Paris quadrifolia*. Бореальных лесных видов – 3: *Salix caprea*, *S. cinerea*, *Veronica officinalis*; 8 видов – степные: *Carex humilis*, *Falcaria vulgaris*, *Festuca ovina*, *Inula germanica*, *Thesium ramosum*, *Trifolium arvense*, *Veronica verna*, *Vicia tenuifolia*. Синантропных видов и видов скально-щебнистых местообитаний – по 2.

Голарктический элемент включает виды, которые встречаются во всех (или почти во всех) областях Голарктического царства. Таких видов в ценофлоре сосновых лесов 43 (7,3 %). Из них 16 видов – типичные представители бореальной флоры: *Asplenium ruta-muraria*, *A. septentrionale*, *Dryopteris filix-mas*, *Goodyera repens*, *Gymnocarpium dryopteris*, *G. robertianum*, *Hypopitys monotropa*, *Linnaea borealis*, *Moneses uniflora*, *Oxalis acetosella*, *Pyrola chlorantha*, *P. minor*, *P. rotundifolia*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*. Неморальных лесных видов – 6: *Allium victorialis*, *Circaea alpina*, *Corallorhiza trifida*, *Listera cordata*, *Milium effusum*, *Myosotis alpestris*. Луговых видов – 13: *Artemisia vulgaris*, *Avenella flexuosa*, *Carex pallescens*, *Deschampsia caespitosa*, *Fragaria vesca*, *Hierochloa arctica*, *Phleum alpinum*, *Poa alpina*, *P. pratensis*, *Polygonum viviparum*, *Rumex acetosa*, *Sanguisorba officinalis*, *Thalictrum minus*. Двумя или тремя видами представлены обитатели скальных выходов, синантропные и степные виды.

Плюрирегиональный элемент объединяет виды, ареалы которых выходят за пределы Голарктического царства, и широко распространены в 2-х и более царствах. Таких видов в ценофлоре сосновых лесов 11 (1,8 %), среди них – 4 вида бореальные лесные: *Athyrium filix-femina*, *Chamerion angustifolium*, *Polypodium vulgare*, *Pteridium aquilinum*. Один вид – неморальный лесной (*Asplenium trichomanes*); один вид – луговой: *Silene vulgaris*, 4 вида – синантропные: *Chenopodium album*, *Echinochloa caudata*, *Plantago major*, *Sonchus arvensis*; один вид – степной: *Plantago lanceolata*. Среди видов плюрирегионального элемента нет деревьев и кустарников.

Группа бореальных видов – 257 видов (43,5 %). Бореальные виды являются основными компонентами обширной таежной зоны, протянувшейся через всю Северную Европу и Сибирь, они частично заходят в тундру, в смешанные и широколиственные леса. Их роль в сложении сообществ средней полосы намного больше, чем представителей предыдущего флороэлемента (Тайсумов и др., 2011)

Кавказский элемент – виды, основной ареал которых ограничен Кавказом, но нередко они распространены и в сопредельных районах. Группа видов, относящихся к кавказскому элементу, самая многочисленная. Сюда относятся 122 вида (20,7 %).

По принадлежности к флороценотипам здесь преобладают луговые виды, их 42: *Aconitum nasutum*, виды родов *Alchemilla*, *Campanula*, *Galium*, *Rosa*, *Geranium*, *Primula*, *Senecio*, *Trifolium* и др. Возрастает роль видов, произрастающих на скально-щебнистых участках, – их

35: *Achillea ptarmicifolia*, *Antennaria caucasica*, *Anthemis marschalliana*, *A. sosnovskyana*, *Arenaria lychnidea*, *Plantago saxatilis*, виды родов *Asperula*, *Campanula*, *Dianthus*, *Scutellaria* и другие.

Фриганоидных видов – 14: *Astragalus captiosus*, *Campanula petrophila*, *Dianthus fragrans*, *Gypsophila capitata*, *Onobrychis petraea*, *Minuartia biebersteinii*, *Salvia canescens*, *Thymus collinus*.

Лесных неморальных – 17 видов: *Acer trautvetteri*, *Betula raddeana*, *Campanula collina*, *Carpinus betulus*, *Carum alpinum*, *Crepis caucasica*, *Euphorbia macroceras*, *Galega orientalis*, *Gentiana schistocalyx*, *Hesperis voronovii*, *Lonicera caucasica*, *L. iberica*, *L. xylosteum*, *Polygonatum glaberrimum*, *Ribes caasicum*, *Senecio jacquinianus*, *Tilia begoniifolia*. Лесных бореальных – 5 видов: *Calamagrostis caucasica*, *Pinus kochiana*, *Pyrus caucasica*, *Vicia truncatula*, *Woodsia fragilis*. Нагорно-степных видов – 4: *Alchemilla sericata*, *Orobanche gamosepala*, *Potentilla recta*, *Rosa elasmacantha*. Псаммофитных – 3: *Asperula diminuta*, *Dianthus schemachensis*, *Scabiosa ucrainica*; один вид – сегетальный: *Cirsium echinus*.

Широкая представленность в ценофлоре кавказского элемента говорит об автохтонном характере её происхождения, и здесь высока доля эндемизма. Из выявленных в ценофлоре сосновых лесов 105 эндемичных видов, 40 представлены кавказским элементом. 16 видов Кавказского элемента являются реликтами третичного периода. Из выявленных 22 видов занесённых в красные книги Российской Федерации и Республики Дагестан 7 представлены Кавказским элементом: *Woodsia fragilis*, *Betula raddeana*, *Arctostaphylos caucasica*, *Dentaria bipinnata*, *Gentiana lagodechiana*, *Fritillaria caucasica*, *Polygonatum glaberrimum*.

Дагестанский элемент – особый географический элемент, объединяющий эндемичные виды, распространённые только на территории Республики Дагестан, и не выходящие за её границы. Эндемичные таксоны составляют специфическую часть флоры района и абсолютно отличны от всех других флор. К Дагестанскому элементу отнесены 28 видов, которые являются типичными эндемиками Дагестана и Восточного Кавказа, некоторые узколокальны и представлены низкой численностью. Из них 9 видов фриганоидных: *Astragalus alexandri*, *A. fissuralis*, *Convolvulus ruprechtii*, *Gentiana grossheimii*, *Matthiola daghestanica*, *Psephellus boissieri*, *Satureja subdentata*, *Silene chloropetala*, *Tanacetum akinfiewii*; 5 видов луговых: *Barbarea grandiflora*, *Delphinium crispulum*, *D. Fedorovii*, *Psephellus paucilobus*, *Scabiosa caucasica*. Видов, приуроченных к выходам скальных пород – 11: *Allium gunibicum*, *Artemisia daghestanica*, *Campanula czerepanovii*, *C. daghestanica*, *Cirsium argillosum*, *Dianthus awaricus*, *Jurinea ruprechtii*, *Kemulariella rosea*, *Melica minor*, *Psephellus daghestanicus*, *Scorzonera filifolia*; степных видов – 2: *Alyssum daghestanicum*, *Seseli alexeenkoi*. Область произрастания этих видов связана, в основном, с известняковой частью Внутригорного Дагестана. По мнению А. А. Гроссгейма (1936), количество видов дагестанского ареала указывает на то, что Нагорный Дагестан уже давно обособлен от других районов Кавказа и может рассматриваться как самостоятельный флористический центр. Все виды Дагестанского элемента являются эндемиками Восточного Кавказа в том числе 14 только эндемиками Дагестана. Виды *Silene chloropetala*, *Astragalus fissuralis*, *Tanacetum akinfiewii*, *Gentiana grossheimii*, *Convolvulus ruprechtii*, *Allium gunibicum* занесены в красные книги Российской Федерации и Дагестана.

Кавказско-европейский элемент – это виды, распространённые в Кавказской, Эвксинской и Европейской провинциях Евро-Сибирской флористической области (Портениер, 1993). Видов данного элемента – 28 (4,7%), из них луговых видов – 17: *Agrimonia eupatoria*, *Chaerophyllum roseum (millefolium)*, *Coronilla coronata*, *Dianthus armeria*, *Dracocephalum austriacum*, *Geranium sanguineum*, *Gladiolus tenuis*, *Hieracium exotericum*, *Hieracium pilosella*, *Iris furcata*, *Leontodon danubialis*, *Leontodon hispidus*, *Luzula stenophylla*, *Phleum montanum*, *Ranunculus meyerianus*, *R. oreophilus*, *Salvia verticillata*. Бореальный лесной вид – *Platanthera chlorantha*, неморальные лесные виды – *Festuca drymeja*, *Laser trilobum*, *Melica picta*, *Salvia glutinosa*, *Taxus baccata*, *Ulmus glabra*, *Viola odorata*. По одному виду растений, произрастающих на выходах скальных пород, (*Quercus petraea*) и на степных участках (*Alyssum calycinum*). Виды кавказско-европейского геоэлемента преимущественно являются мезофитами.

Европейский элемент объединяет 26 видов – это виды, распространенные, в основном, в умеренных частях Европейских провинций А. Л. Тахтаджяна (1978) – *Атлантическо-Европейской*, *Северо-Европейской*, *Центрально-Европейской* и *Восточно-Европейской*, частично проникая в *Кавказскую* провинцию. Включает виды лесного неморального ценотипа – 8: *Acer platanoides*, *Sorbus aucuparia*, *Euonymus verrucosus*, *Fraxinus excelsior*, *Ligustrum vulgare*, *Allium ursinum*, *Aruncus vulgaris*, *Polygonatum verticillatum*; лесного бореального – 3: *Hieracium piloselloides*, *Pyrola media*, *Rubus idaeus*; луговых видов – 12: *Bromus commutatus*, *Carex huetiana*, *Galium rubioides*, *Linum catharticum*, *Luzula taurica*, *Melampyrum arvense*, *Myosotis sylvatica*, *Orchis ustulata*, *Rhinanthus minor*, *Rumex alpinus*. Один вид фриганоидный – *Taraxacum erythrospermum*, один – распространенный на выходах скальных пород – *Cotoneaster integerrimus*.

Евро-Сибирский элемент – виды, распространенные в евроазиатской части Циркумбореальной области (Тахтаджян, 1978); евросибирские виды – это, прежде всего, лесные виды. К ним относятся 16 видов. Из них 3 вида неморальной лесной флоры: *Actaea spicata*, *Geranium sylvaticum*, *Melica nutans*, видов луговых местообитаний – 12: *Achillea millefolium*, *Agrostis capillaris*, *Anthoxanthum alpinum*, *Asparagus officinalis*, *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis*, *Helictotrichon pubescens*, *Leucanthemum vulgare*, *Luzula multiflora*, *Primula macracalyx*, *Solidago virgaurea*, *Vicia sepium* и один вид синантропной флоры *Viola arvensis*.

Понтичско-Южносибирский элемент – включает виды, распространенные в *Понтической* провинции А. Л. Тахтаджяна (1970) и в южных частях *Восточно-Европейской* и *Западно-Сибирской* провинций А. Л. Тахтаджяна (1978) или *Евразийской* степной области Е. М. Лавренко (1950, 1970). Является переходным, связующим бореальные и древнесредиземноморские флоры. Сюда отнесены 11 видов (1,9 %): 2 вида фриганоидной растительности *Artemisia salsoloides*, *Jurinea arachnoidea*; 5 луговых видов: *Galium ruthenicum*, *Echinops sphaerocephalus*, *Linum nervosum*, *Peucedanum ruthenicum*, *Senecio grandidentatus*, а также 4 степных вида: *Bromopsis riparia*, *Lappula heteracantha*, *Scorzonera stricta*, *Verbascum phoeniceum*.

Кавказско-эвксинский элемент. Связующие виды, достоверное отнесение к этому элементу требует дальнейшего изучения. К этому элементу относятся 9 видов, из них 3 – лесные неморальные – *Cerastium davuricum*, *Chaerophyllum aureum*, *Vicia balansae*, 1 – лесной бореальный – *Rhododendron caucasicum*, один – фриганоидный: *Thymus caucasicus*. Видов скально-щебнистых субстратов – 2: *Cerastium glutinosum*, *Veronica peduncularis*; луговых видов 1: *Cephalaria gigantea*, 1 вид синантропный – *Symphytum asperum*.

Понтический элемент – объединяет виды, приуроченные к степным и лесостепным районам *Восточноевропейской* флористической провинции; их восточные границы ареалов ограничены Поволжьем, реже доходят до Урала. Небольшая часть видов ограничена в своём распространении Крымом и Предкавказьем. Понтических видов – 8 (1,5 %), из них 4 вида степного флороценотипа: *Artemisia taurica*, *Anthemis ruthenica*, *Aster amelloides*, *Silene wolgensis*; два псаммофитных вида – *Artemisia tschernieviana*, *Linaria odora* и один вид фриганоидный *Scabiosa gumbetica* и один луговой вид.

Панбореальный элемент – 7 видов. Объединяет виды, распространенные во всех областях *Бореального* подцарства, включая Западное и Восточное полушарие, включает 2 бореальных лесных вида: *Orthilia secunda*, *Rubus saxatilis*, 2 вида – лесных неморальных – *Luzula pilosa*, *Poa nemoralis*, и 3 луговых вида: *Draba nemorosa*, *Geranium sibiricum*, *Potentilla erecta*.

Эвксинский элемент – 2 вида. Объединяет виды, ареал которых ограничен *Эвксинской* провинцией *Циркумбореальной* области (Тахтаджян, 1978), большинство из них являются третичными реликтами, обитавших здесь с плиоцена. Представлены видами лесной неморальной флоры: *Myosotis amoena* и *Valeriana alliarifolia*, произрастающая также в сырых местообитаниях на выходах скально-щебнистых пород.

Крымско-Новороссийский элемент – виды, распространенные в Крымско-Новороссийской провинции, иррадиирующие на территорию Предкавказья, Элемент представлен видом лесной бореальной флоры *Pteridium tauricum*.

Высока доля эндемизма в группе бореальных видов: из 115 выявленных в ценофлоре сосновых лесов, здесь представлены 105 (91 %) эндемичных кавказских вида разного масштаба эндемизма – от общекавказских до региональных. Из 22 краснокнижных видов выявленных в ценофлоре сосновых лесов, к бореальной группе относятся 16.

Группа древнесредиземноморских видов – 64 вида (10,8 %). *Восточно-средиземноморский* элемент – виды, распространённые в *Переднеазиатской* и *Центральноазиатской* подобластях Ирано-Туранской флористической области. Количество таких видов – 20 (3,4 %), из них луговых видов – 8: *Anthemis triumphettii*, *Briza elatior*, *Centaurea phrygia*, *Fritillaria collina*, *Lapsana intermedia*, *Lilium monadelphum*, *Medicago polychroa*, *Pedicularis sibthorpii*, 5 видов степного флороценопита: *Artemisia chamaemelifolia*, *Camelina rumelica*, *Gagea bulbifera*, *Galium humifusum*, *Melica taurica*; лесных неморальных видов – 3: *Fagus orientalis*, *Prunus divaricata*, *Rhododendron luteum*; 3 вида скально-щебнистых субстратов: *Parietaria judaica*, *Swida australis*, *Linum tauricum* и один степной вид – *Aegilops triuncialis*. 3 вида восточносредиземноморского элемента являются эндемиками Кавказа, 1 эндемиком Большого Кавказа.

Средиземноморский элемент – виды, ареалы которых охватывают две и более провинции *Средиземноморской* области с преобладанием видов *Переднеазиатского* класса ареалов – 16 видов (2,7 %). Здесь присутствуют виды различных флороценопитов: 5 луговых видов: *Cruciata laevipes*, *Gladiolus italicum*, *Orchis coriophora*, *Ornithogalum ponticum*, *Trifolium phleoides*; 4 вида песчаных местообитаний: *Aira notarisiana*, *Elytrigia obtusiflora*, *Lolium rigidum*, *Tragus racemosus*; 2 вида петрофитов: *Astrodaucus orientalis*, *Sedum hispanicum*; по одному виду лесного бореального (*Adiantum capillus-veneris*) и лесного неморального (*Calamintha menthifolia*) флороценопитов; два вида фриганоидных: – *Fumana procumbens*, *Ononis pusilla*, один вид нагорно-степной – *Orobanche caryophyllacea*.

Общедревнесредиземноморский элемент – виды, распространённые в *Средиземноморской* и *Ирано-Туранской* флористических областях *Древнесредиземноморского* подцарства (Тахтаджян, 1978). В составе ценофлоры представлено 10 видов (1,7 %), из них 3 вида песчаных местообитаний – *Conringia orientalis*, *Silene conica*, *Trisetaria loeflingiana*; 2 вида скально-щебнистых субстратов – *Cotinus coggygria*, *Linum tenuifolium*, 3 вида синантропных – *Carthamus lanatus*, *Rubia tinctorum*, *Veronica persica*, 2 вида степных – *Bothriochloa ishaemum*, *Teucrium polium*.

Ирано-Туранский элемент (9 видов (1,5 %) – виды, характерные для *Ирано-Туранской* флористической области, распространённые в *Переднеазиатской* подобласти. Здесь представлены 4 вида скально-щебнистых местообитаний: *Cotoneaster racemiflorus*, *Ephedra procera*, *Rhamnus pallasii*, *Stipa caucasica*; один вид степной – *Bothriochloa caucasica*, один луговой (*Bromopsis variegata*), один псаммофитный (*Senecio noeanus*), один вид синантропный (*Rostraria cristata*). Виды *Bromopsis variegata* и *Stipa caucasica* являются эндемиками Кавказа.

Армено-Иранский элемент (7 видов (1,2 %) – ареалы видов этого элемента приурочены к *Армено-Иранской* провинции, одному из основных центров *Ирано-Туранской* флористической области. Из представленных видов 5 видов приурочены к скально-щебнистым субстратам (*Myosotis heteropoda*, *Berberis vulgaris*, *Cerasus incana*, *Leontodon asperimus*, *Trisetum rigidum*, *Armeniaca vulgaris*); 2 вида фриганоидных (*Euphorbia virgata*, *Onobrychis cornuta*).

К *Туранскому* элементу отнесены 2 вида (0,3 %): степной вид *Medicago caerulea* и *Spiraea hypericifolia*, произрастающая на скально-щебнистых субстратах.

Группа связующих видов – 86 видов (14,7 %). К *Субкавказскому* элементу относятся связующие виды, ареал которых охватывает *Кавказскую* провинцию, а также часто *Эвксинскую* провинцию *Евро-Сибирской* флористической области, а также *Армено-Иранскую* провинцию *Ирано-Туранской* области. Из 69 (11,7 %) видов данного элемента 35 представлены видами лугового флороценопита (*Aconitum orientale*, *Agrostis planifolia*, *Astrantia maxima*, *Betonica macrantha*, *Campanula rapunculoides*, *C. stevenii*, *Centaurea scabiosa*, *Pedicularis condensata*, *Pimpinella rhodantha*, *Tanacetum coccineum* и др.); 15 видов – каменисто-щебнистых скальных местообитаний (*Alchemilla retinervis*, *A. sericea*, *Scrophularia*

variegata, *Silene saxatilis*, *Teucrium orientale*, виды рода *Sedum* и др.). К лесным неморальным относятся 8 видов: *Aquilegia olympica*, *Betula litwinowii*, *Dactylorhiza flavescens*, *Geranium pyrenaicum* subsp. *depilatum*, *Malus orientalis*, *Polygonatum orientale*, *Quercus macranthera*, *Ribes orientale*; один вид – к лесным бореальным (*Veronica magna*); пять видов – степного флороценопита: *Cachrys microcarpa*, *Centaurea cheiranthifolia* subsp. *wildelnowii*, *Eleutherospermum cicutarium*, *Erigeron orientalis*, *Stachys atherocalyx*; три вида синатропных (*Pastinaca armena*, *Polygonum alpestre*, *P. ammanioides*); и один вид, характерный для фриганоидных сообществ (*Gypsophila elegans*). 16 видов Субкавказского элемента являются эндемиками Кавказа, среди них три реликтовых вида третичного периода.

Европейско-древнесредиземноморский элемент – 5 видов (0,8 %) – включает связующие виды между *Циркумбореальной* и *Средиземноморской* областями. Сюда отнесены лесной бореальный вид *Cruciata glabra*, луговой вид *Vicia dasycarpa*, а также 3 вида, произрастающие на скально-щебнистых и каменистых субстратах: *Erigeron uniflorus*, *Teucrium chamaedrys*, *Viburnum lantana*.

Субсредиземноморский элемент – 5 видов (0,8 %) – связующие виды, приуроченные к *Циркумбореальной* и *Средиземноморской* областям, без явного предпочтения одной из них. К ним отнесены неморальный лесной вид *Quercus pubescens*, луговой вид *Hieracium prenanthoides*, синатропный *Polygonum arenastrum*, а также *Helianthemum grandiflorum*, *H. nummularium*, произрастающие на выходах скальных пород.

К *Субтуранскому* элементу относятся 5 видов (0,8 %), ареалы которых охватывают лесостепную и степную часть Восточно-Европейской и Западно-Сибирской провинций Евро-Сибирской области и Туранскую провинцию Ирано-Туранской области (преимущественно северную часть). Сюда отнесены 4 вида степного флороценопита (*Centaurea squarrosa*, *Echium russicum*, *Euphorbia seguieriana*, *Salvia tesquicola*) и луговой вид *Cerastium holosteoides*.

Субпонтический элемент в ценофлоре представлен 2 луговыми видами (*Allium rotundum*, *Trifolium ambiguum*) ареалы которых находятся в степных и лесостепных районах *Восточно-Европейской* и преимущественно западных районах *Эвксинской* провинции Евро-Сибирской флористической области и в восточных районах Иллирийской, а также в *Центрально-Анатолийской* и *Восточно-Средиземноморской* провинциях Средиземноморской области.

К *Адвентивному* элементу отнесен инвазивный вид, завезённый из Северной Америки в Европу – *Erigeron canadensis* (рис. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ ценофлоры расширил существующие представления об истории формирования сосновых лесов Дагестана, выявил пути миграции видов и подчеркнул взаимосвязи сосновых лесов с другими типами растительности, что позволило выявить характерные черты коренных и производных сообществ.

Анализ географических элементов показал гетерогенность ценофлоры сосновых лесов, в формировании которой принимают участие 26 географических элементов. Наибольшее количество видов в исследуемой ценофлоре относится к бореальной группе 257 видов (43,5 %). В группу широкораспространенных видов вошло 182 вида (30,8 %), древнесредиземноморского происхождения 64 вида (10,8%), связующих – 86 видов (14,7 %) и адвентивных – 1 вид (0,3 %). Преобладает бореальная группа геоэлементов, среди которой большинство занимают кавказские (122 вида) и дагестанские (28 видов) геоэлементы, где значительно возрастает роль эндемизма и количество редких охраняемых видов. Значительное количество субкавказских видов (69 видов) указывает на переходный характер флоры сосновых лесов, а также подчеркивает связи кавказских видов с флорами средиземноморья и лесной европейской флорой. Важную роль в составе ценофлоры сосновых лесов Дагестана играют палеарктический (128 видов), голарктический и (43 вида) и средиземноморские геоэлементы (46 видов) (рис. 1).

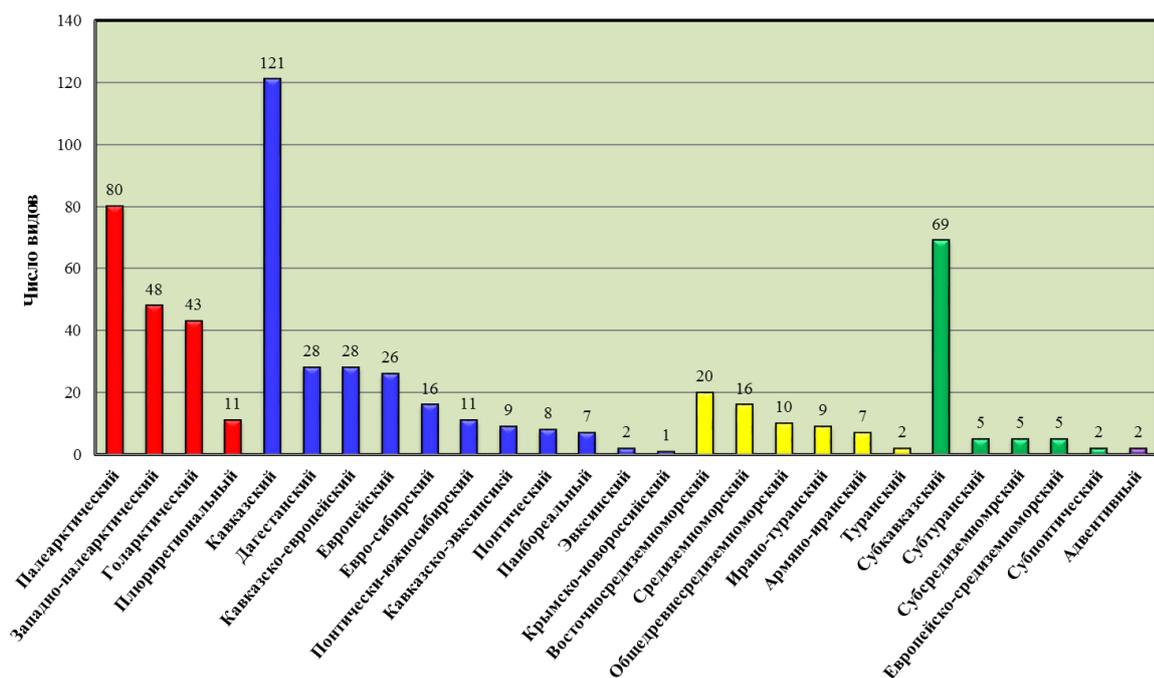


Рис. 1. Соотношение географических элементов в ценофлоре сосновых лесов Дагестана
 Цветом выделены группы элементов: (0) – широко распространенные; (0) – бореальные; (0) – древнесредиземноморские; (0) – связующие; (0) – адвентивные.

Таким образом, анализ ценофлоры сосновых лесов Дагестана позволил получить сведения о её систематическом и экологическом составе, истории формирования, происхождении ряда видов, наличии эндемиков и реликтов; уточнить данные о распространении редких и охраняемых, видов. Ценофлора сосновых лесов имеет выраженную бореальную природу и является переходной от палеарктических флор Голарктического царства к Древнесредиземноморским. Преобладание в ценофлоре бореальной группы видов Кавказского геоэлемента, из которых 28 видов являются Дагестанскими, свидетельствует о высокой степени автохтонности в развитии и становлении ценофлоры сосновых лесов Дагестана.

Список литературы

Абдурахманова З. И., Садыкова Г. А. Ценофлористический анализ сообществ с доминированием *Pinus kochiana* Гунибского плато (Внутригорный Дагестан) // Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2015. – Т. 9, № 2. – С. 112–122.

Акаев Б. А., Атаев З. В., Гаджиев Б. С., Гаджиева З. Х., Ганиев М. И., Гасангусейнов М. Г., Залибеков З. М., Исмаилов Ш. И., Каспаров С. А., Лепехина А. А., Мусаев В. О., Рабаданов Р. М., Соловьев Д. В., Сурмачевский В. И., Тагиров Б. Д., Эльдаров Э. М. Физическая география Дагестана. – Москва: Школа, 1996. – 396 с.

Вульф Е. В. Понятие «элемент флоры» в ботанической географии // Известия Всесоюзного географического общества. – 1941. – Т. 73, вып. 2. – С. 155–168.

Гагидзе Р. И., Иванишвили М. А. Об элементе флоры и некоторых принципах классификации ареалов // Известия Академии наук грузинской ССР. Серия биология. – 1975. – Т. 1, № 3. – С. 201–209.

Галушко А. И. Анализ флоры западной части Центрального Кавказа // Флора Северного Кавказа и вопросы её истории. – 1976. – Вып. 1. – С. 5–130.

Галушко А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 1. – Ростов на Дону: Изд-во РГУ, 1978. – 317 с.

Галушко А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 2. – Ростов на Дону: Изд-во РГУ, 1980. – 352 с.

Галушко А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 3. – Ростов на Дону: Изд-во РГУ, 1980. – 328 с.

Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. I. – Баку: Изд-во Азерб. фил. АН СССР, 1939. — 365 с.

Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. II. – Баку: Изд-во Азерб. фил. АН СССР, 1940. – 284 с.

Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. III. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1945. – 321 с.

- Гроссгейм А. А. Растительный покров Кавказа. – М.: Московское общество испытателей природы, 1948. – 240 с.
- Гроссгейм А. А. Анализ флоры Кавказа // Труды Ботанического института Азербайджанского филиала академии наук СССР. – 1936. – Вып. 1. – 260 с.
- Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. IV. – Баку: Изд-во АзФАН СССР, 1950. – 314 с.
- Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. VI. – Л.: Наука, 1962. – 256 с.
- Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. VII. – Л.: Наука, 1967. – 894 с.
- Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Т. V. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 453 с.
- Иванов А. Л. Анализ флоры Ставрополя // Вестник Ставропольского государственного университета – 1996. – Вып. 6. – С. 47–57.
- Иванов А. Л. Конспект флоры Российского Кавказа (сосудистые растения). – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2019. – 341 с.
- Иванов А. Л. Флора Ставропольских высот и ее анализ: автореф. дис... канд. биол. наук. – Ставрополь, 2004. – 24 с.
- Конспект флоры Кавказа в 3 томах. Т. 1. / [Под ред. Ю. Л. Меницкого, Т. Н. Поповой]. – СПб, 2003. – 204 с.
- Конспект флоры Кавказа в 3 томах. Т. 2. / [Под ред. Ю. Л. Меницкого, Т. Н. Поповой]. – СПб, 2006. – 467 с.
- Конспект флоры Кавказа в 3 томах / [Отв. ред. акад. А. Л. Тахтаджян]. – СПб; М.: Т-во науч. изданий КМК, 2008 – Т. 3 (1). – 469 с.; 2012. – Т. 3 (2). – 624 с.
- Кузнецов Н. И. Нагорный Дагестан и значение его в истории развития флоры Кавказа // Известия Императорского Русского географического общества. – 1910. – Т. 46, вып. 6–7. – С. 213–260.
- Лавренко Е. М. Основные черты ботанико-географического разделения СССР и сопредельных стран // Проблемы ботаники. – 1950. – Вып. 1. – С. 530–548.
- Лавренко Е. М. Провинциальное разделение Причерноморско-Казахстанской подобласти Степной области Евразии // Ботанический журнал. – 1970. – Т. 55, № 5. – С. 609–625.
- Лепехина А. А. Флора Дагестана и ее охрана. – Махачкала: ДГУ, 1988. – 80 с.
- Лепехина А. А. Флора и растительность Дагестана. – Махачкала: Изд-во Даггосуниверситет, 2002. – 350 с.
- Меницкий Ю. Л. *Pinus*, sect. *Pinus* // Конспект флоры Кавказа. – 2003. – Т. 1. – С. 178–179.
- Муртазалиев Р. А. Карта флористических районов Дагестана // Биологическое разнообразие Кавказа: материалы VI Междунар. конф. – 2004. – С. 187–188.
- Муртазалиев Р. А. Конспект флоры Дагестана. Т. 1. – Махачкала: Изд. дом «Эпоха», 2009. – 320 с.
- Муртазалиев Р. А. Конспект флоры Дагестана. Т. 2. – Махачкала: Изд. дом «Эпоха», 2009. – 248 с.
- Муртазалиев Р. А. Конспект флоры Дагестана. Т. 3. – Махачкала: Изд. дом «Эпоха», 2009. – 304 с.
- Муртазалиев Р. А. Конспект флоры Дагестана. Т. 4. – Махачкала: Изд. дом «Эпоха», 2009. – 232 с.
- Портениер Н. Н. Географический анализ флоры бассейна реки Черек Безенгийский (Центральный Кавказ). I. Природные условия района и общая характеристика его флоры и растительности // Ботанический журнал. – 1993. – Т. 78, № 10. – С. 16–22.
- Портениер Н. Н. Методические вопросы выделения географических элементов флоры Кавказа // Ботанический журнал. – 2000а. – Т. 85, № 6. – С. 76–84.
- Портениер Н. Н. Система географических элементов флоры Кавказа // Ботанический журнал. – 2000б. – Т. 85, № 9. – С. 26–33.
- Портениер Н. Н. Флора и ботаническая география Северного Кавказа. – М.: Товарищество научных изданий КМК., 2012. – 294 с.
- Расулов А. Б., Адамов М. Г. Лесные ресурсы Дагестана. – Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2007. – 106 с.
- Тайсумов М. А., Абдурзакова А. С., Астамирова М. А.-М., Израилова С. А., Ханаева Х. Р. Анализ географических элементов петрофильных видов восточной части скалистого хребта // Вестник красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 8 (59). – С. 128–135.
- Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли. – Л.: Наука, 1978. – 248 с.
- Тахтаджян А. Л. Происхождение и расселение цветковых растений. – Л.: Наука, 1970. – 148 с.
- Толмачев А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. – Новосибирск: Наука, 1986. – 196 с.
- Толмачев А. И. О происхождении некоторых основных элементов высокогорных флор земного шара // Материалы по истории флоры и растительности СССР. – 1958. – Вып. 3. – С. 316–360.
- Толмачев А. И. Роль миграции и автохтонного развития в формировании высокогорных флор земного шара // Проблемы ботаники: Материалы по изучению флоры и растительности высокогорий. – 1960. – Т. 5. – С. 18–31.
- Тумаджанов И. И. Ботанико-географические особенности высокогорного Дагестана в связи с палеогеографией плейстоцена и голоцена // Ботанический журнал. – 1971. – Т. 56, № 9 – С. 1239–1251.
- Федоров А. А. История высокогорной флоры Кавказа в четвертичное время как пример автохтонного развития третичной флористической основы // Материалы по четвертичному периоду СССР. – 1952. – Вып. 3. – С. 49–86.
- Харадзе А. Л. Географические расы и их таксономический ранг в связи с некоторыми вопросами истории флоры Кавказа // Заметки по систематике и географии растений. – 1969. – Вып. 27. – С. 114–127.
- Харадзе А. Л. О некоторых флорогенетических группах эндемов Большого Кавказа // Проблемы ботаники: Растительный мир высокогорий и его освоение. – 1974. – Т. 12. – С. 70–76.

Харадзе А. Л. Эндемичный гемиксерофильный элемент высокогорий Большого Кавказа // Проблемы ботаники: Материалы по изучению флоры и растительности высокогорий. – 1960. – Т. 5. – С. 115–126.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб: Мир и семья, 1995. – 990 с.
Walter H., Straka H. Arealkunde. Floristisch Historische Geobotanik. – Stuttgart, 1970. – 478 p.

Abdurakhmanova Z.I. Phytogeographical analysis of the cenoflora of pine forests (*Pineta kochiana*) of Dagestan // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 27–37.

The researchers carried out the geographical analysis of the cenoflora of the pine forests of Dagestan, numbering 590 species of vascular plant. The article provides information on the chorological composition of the cenoflora of pine forests in the Republic of Dagestan and gives characteristics of geoelements as well as the ratio of florocenoelements among the geoelements of the studied flora. The analysis of geographical elements proves the heterogeneity of the cenoflora of pine forests formed by 26 geographical elements. The largest number of species (257 species (43.5 %)) in the studied cenoflora belongs to the boreal group. The group of widespread species includes 182 species (30.8 %), the group of species of ancient Mediterranean origin consists of 64 species (10.8 %), a group of binder species has 86 species (14.7 %) and adventive group includes 1 species (0.3 %). The boreal group of geoelements predominates, among which the majority are Caucasian (122 species) and Dagestan (28 species) geoelements, where the role of endemism is significantly increasing. A substantial number of Subcaucasian species (69 species) indicates the transitional nature of the flora of pine forests, and also emphasizes the connection of Caucasian species with the flora of the Mediterranean and European forest flora. The Palearctic (128 species), Holarctic (43 species) and Mediterranean geoelements (46 species) play an important role in the composition of the cenoflora of the pine forests of Dagestan. The predominance of the boreal group of species of the Caucasian geoelement in the cenoflora, 28 species of which are of Dagestan origin, indicates a high degree of autochthonicity in the development and formation of the cenoflora of the pine forests of Dagestan.

Key words: *Pinus kochiana*, forests of Dagestan, geographical analysis, florocenotype, boreal flora.

Поступила в редакцию 02.12.21

Принята к печати 03.02.22

УДК: 581.9(292.471)

Географическая репрезентативность гербария CSAU института Агротехнологическая академия Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского

Ена А. В., Копылец Д. С.

*Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, Республика Крым, Россия
an.yena@gmail.com*

Гербарий CSAU – крупная научная коллекция растений флоры Крыма, насчитывающая более 80.000 гербарных листов. В значительной степени она прирастает за счет научно курируемых сборов, осуществляемых студентами, которые собирают растения прямо по месту жительства в рамках программы освоения дисциплины «Ботаника». Такой подход позволяет рассчитывать, в частности, на значительное расширение разнообразия местонахождений образцов. Спустя 20 лет после первой пробы оценить географическую репрезентативность гербария был проведён новый анализ, который продемонстрировал определённое выравнивание степени представленности флор административных единиц, существующих на Крымском полуострове. Это должно способствовать повышению хронологической объективности научных исследований, проводимых с использованием гербария CSAU.

Ключевые слова: гербарий, география растений, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

При сравнительном анализе флор можно выявить территории, которые отличаются не столько таксономическим богатством, сколько степенью его изученности. В таких случаях мы можем говорить о территориях, на которых произрастают в разной степени изученные флоры, или, соответственно, о территориях, характеризующихся неодинаковой представленностью флор в гербариях. Выявление подобных территорий приносит неоценимую пользу, позволяя делать поправки к пониманию конфигураций ареалов конкретных таксонов и в целом картины распределения фиторазнообразия, а также обосновать перераспределение исследовательских усилий в пользу менее исследованных регионов.

Принимая во внимание хронологические аспекты научной ценности гербария, важно организовать управление развитием гербарной коллекции таким образом, чтобы обеспечить не только её таксономическую, но и географическую репрезентативность. Такая работа на протяжении длительного времени проводится куратором гербария CSAU проф. А. В. Еной.

Цель настоящего исследования – выявить изменения в географической репрезентативности гербарной коллекции CSAU за 20 лет.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Гербарий, зарегистрированный в международной базе данных Index Herbariorum в 2000 году под акронимом CSAU (сокращение тогдашнего названия аграрного вуза на английском языке – Crimean State Agrarian University), основан ещё в 1970-е годы в Крымском сельскохозяйственном институте проф. Н. Е. Воробьёвым, но стал активно развиваться только с 1990-х годов. Он является теперь одной из богатейших научных лабораторий Института «Агротехнологическая академия» КФУ им. В. И. Вернадского. Если два десятилетия назад он насчитывал 15.000 гербарных листов (г. л.), то сегодня в нём хранится более 80.000 г. л. (Thiers, 2022). Это единственная гербарная коллекция, прирастающая в основном за счет научно курируемых сборов, осуществляемых студентами вуза, которые

собирают растения по месту их жительства в рамках освоения дисциплины «Ботаника» (Ена, 2002). Такая методика, по мысли куратора гербария, должна обеспечить максимально высокую таксономическую и в особенности географическую репрезентативность коллекции.

В течение многих лет куратор гербария CSAU вёл целенаправленную индивидуальную работу со студентами, обсуждая с ними маршруты сборов на карте, давая рекомендации и направляя по возможности в места, откуда сборы отсутствовали или они были малочисленны. В ряде случаев были предприняты совместные экспедиции для проведения массовых сборов там, где это требовали интересы науки. Так, мы совершали специальные выезды вместе со студентами в Черноморский, Раздольненский, Красноперекоский, Нижнегорский районы и городской округ Судак Республики Крым. Вместе с тем, студентам из Симферополя и Симферопольского района преднамеренно не рекомендовалось собирать гербарий в местах, флора которых в избытке представлена в коллекции CSAU.

Мы поставили задачу оценить географическую репрезентативности гербария CSAU в разрезе представленности в нём флор различных административно-территориальных единиц Крымского полуострова. В такой постановке проблемы в мире проведено очень мало исследований (см., например, Morat, 1997; Moerman, Estabrook, 2006). Двадцать лет назад для осуществления такой цели студенты аграрного вуза (Дударев и др., 2002) под руководством куратора гербария CSAU впервые провели тотальный подсчёт количества гербарных листов, собранных в каждой из таких единиц и составили оригинальную карту (рис. 1а).

В 2022 году авторами настоящей статьи проведён новый анализ гербарных этикеток с целью пересчёта данных о местах сбора образцов, хранящихся в CSAU и получения картины изменений, касающихся географической репрезентативности коллекции. Поскольку общая численность гербарных образцов за двадцать лет возросла почти в шесть раз, мы решили ограничиться подсчётом данных по двум семействам, занимающим первые места по видовому разнообразию в рейтинге семейств флоры Крыма – *Asteraceae* и *Poaceae* (Ена, 2012). Важно отметить, что эти же семейства лидируют по объёму сборов в гербарии CSAU. По этим причинам *Asteraceae* и *Poaceae* выбраны модельными для оценки общего уровня географической репрезентативности коллекции.

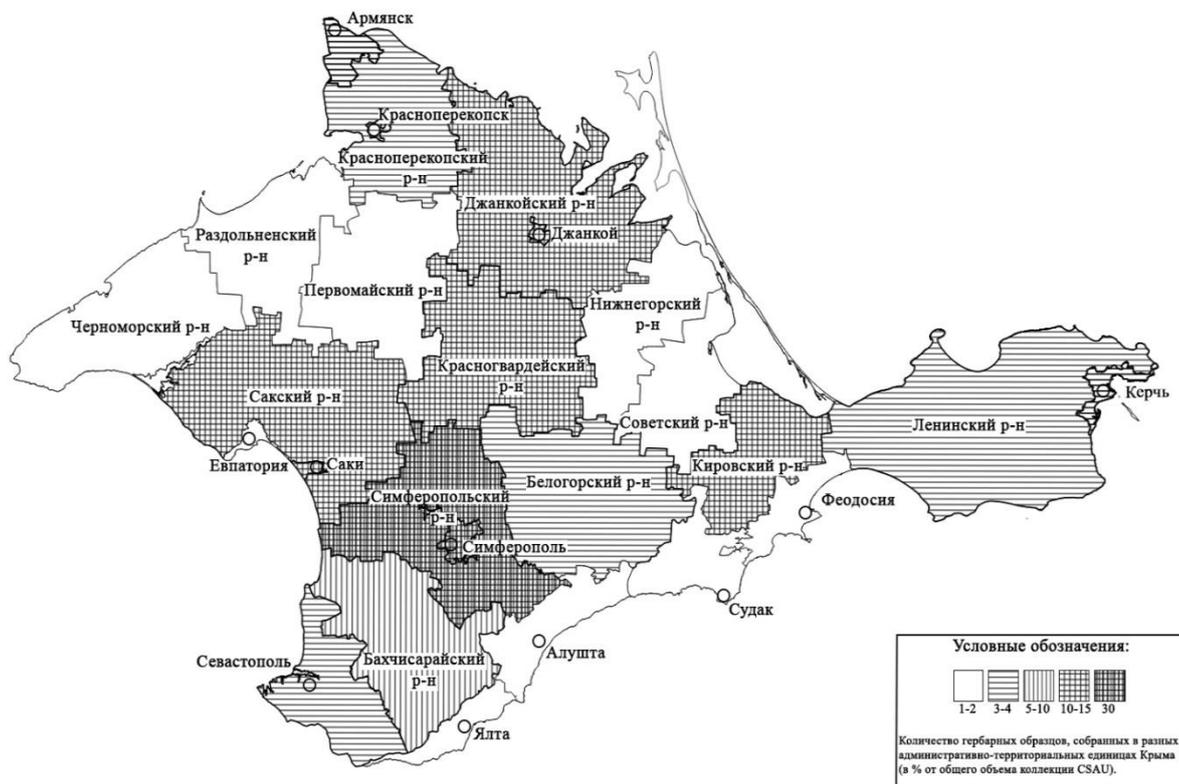
Карта географической репрезентативности гербария CSAU, основанная на данных по двум модельным семействам флоры Крыма, представлена на рисунке 1б.

Данные о местах сборов образцов были выписаны из гербарных этикеток, уточнены по справочникам (Административно-территориальные..., 1999; Ена и др., 2011) и сверены по физико-географической карте, а затем распределены по административно-территориальным единицам Республики Крым и Севастополя (Республика Крым..., 2015). Результаты работы визуализированы на карте путём различной заливки.

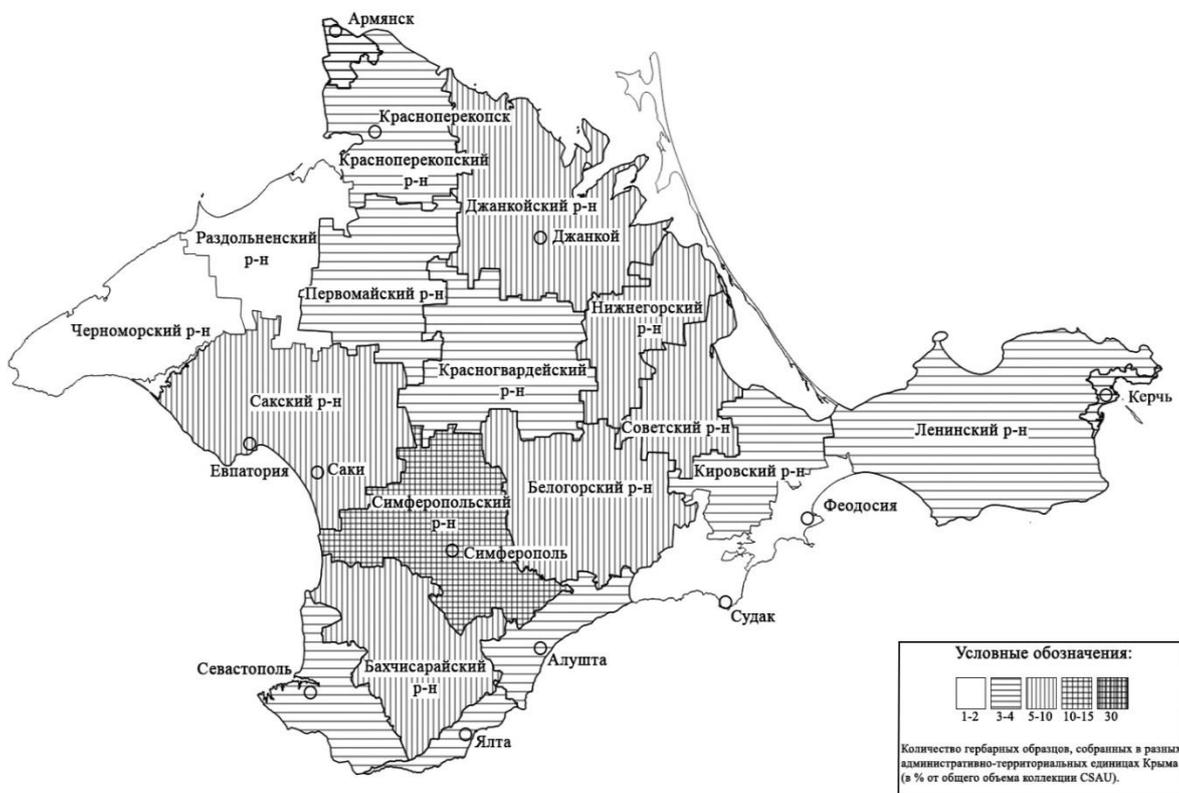
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как и двадцать лет назад, лучше всего в гербарии CSAU представлен Симферопольский район, а заметно слабее – районы, расположенные вокруг него. Превалирование в гербарных коллекциях образцов из окрестностей университетских центров наблюдается также и в столичных регионах нашей страны. Это заметно даже на ряде карт «Атласа флоры Европы», выполненного в методике сеточного картирования. Бросаются в глаза сгущения ячеек, приходящиеся по преимуществу на северо-западные и центральные области Российской Федерации – так сказать, «зоны влияния» БИН РАН и МГУ (Ена, 2004). Сравнительное исследование изученности флор административных округов в США показало, что в тех округах, где имеются университеты, практически всегда насчитывается больше видов растений, чем в соседних округах, где университетов нет (Moerman, Estabrook, 2006). Причина диспропорции кроется тут, разумеется, в большем числе ботаников «на единицу площади». Подобное явление получило название “botanist effect” – «эффект ботаника».

В 2002 году почти треть гербарных образцов коллекции CSAU была собрана в Симферополе и Симферопольском районе, а теперь их относительная доля сократилась до



a



b

Рис. 1. Карты географической репрезентативности гербария CSAU (*a* – 2002 г., *b* – 2022 г.)

10–15 %. Образцов из Белогорского района стало несколько больше (с 3–4 % до 5–10 %). Бывшие «белые пятна» на карте репрезентативности 2002 года (1–2 %) ныне заметно лучше представлены в коллекции: Первомайский район, городские округа Ялта и Алушта – 3–4 %, Нижнегорский и Советский районы – по 5–10 %. У ряда районов относительное число образцов снизилось с 10–15 % до 5–10 % (Сакский и Джанкойский) и до 3–4 % (Красногвардейский и Кировский). Земли города Севастополя, Бахчисарайский и Ленинский районы сохранили прежний уровень представленности в коллекции. Наиболее слабо представленными в гербарии CSAU остаются северо-западная и юго-восточная части Крымского полуострова, то есть Черноморский, Раздольненский районы и городские округа Судак и Феодосия.

В целом карты наглядно демонстрируют, что за 20-летний период произошли ощутимые изменения в картине географической репрезентативности гербария CSAU. Прежде всего, эта картина стала менее контрастной, более выровненной в долевом отношении, что следует признать главным достижением проводившейся гербарной политики.

Более широкая интерпретация полученных данных не входила в цели данной публикации. Мы отдаём себе отчет в том, что на количество образцов, собранных в той или иной административно-территориальной единице, оказывают влияние многие факторы, например, уровень антропогенной модифицированности территории, в особенности степень распаханности земель, число обучающихся из разных населённых пунктов, выбор ими полевых маршрутов и даже их прилежание при выполнении задания. Вместе с тем, ведущая роль постоянного целенаправленного руководства выполнением индивидуальных заданий по сбору гербария обучающимися не вызывает сомнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетней работы по управлению формированием географически ориентированных индивидуальных гербарных коллекций обучающихся оказалось возможным значительно повысить уровень пространственной репрезентативности гербария CSAU.

Поскольку гербарные образцы являются основой при документировании рецентного регионального фитообразия и ареалов конкретных таксонов, выявление территорий, отличающихся неодинаковой представленностью флор в гербарии, важно для повышения объективности данных, используемых при проведении ботанико-географических исследований, при написании определителей, региональных и национальных «Флор».

Периодический анализ изменений в географической репрезентативности гербарной коллекции позволяет научно обосновать перераспределение исследовательских усилий коллекторов в пользу менее исследованных регионов.

Список литературы

- Административно-территориальные преобразования в Крыму. 1783–1998 гг. – Симферополь: Таврия-Плюс, 1999. – 464 с.
- Дударев Д., Попов А., Черкашин М. Географическая репрезентативность гербария Крымского государственного аграрного университета // Студенческий вестник аграрных наук. – Симферополь: КГАУ. – 2002. – № 2. – С. 8–9.
- Ена А. В. Гербарий Крымского государственного аграрного университета (CSAU) // Природа. – Симферополь, 2002. – № 2. – С. 18–20.
- Ена А. В. Тринадцатое путешествие с «Атласом флоры Европы» // Украинский ботанический журнал. – 2004. – 61, № 6. – С. 117–120.
- Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова. – Симферополь: Н. Орианда, 2012. – 232 с.
- Ена В. Г., Ена Ал. В., Ена Ан. В. Краткий географический словарь Крыма. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2011. – 264 с.
- Республика Крым. Севастополь [Карта]. Масштаб 1 : 300 000. – Ростов-на-Дону: ГеоДом, 2015.
- Morat P. Floristic richness in the Africa-Madagascar region: a brief history and prospective // Adansonia. Ser. 3. – 1997. – Vol. 19, N 1. – P. 101–115.

Moerman D. E., Estabrook G. F. The botanist effect: counties with maximal species richness tend to be home to universities and botanists // Journal of Biogeography. – 2006. – Vol. 33, N 11. – P. 1969–1974.

Thiers B. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. [Electronic resource]. – 2022. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (Accessed 31.03.2022).

Yena A. V., Kopylets D. S. Geographical representativeness of the herbarium CSAU at the institute Agrotechnological academy of V. I. Vernadsky Crimean federal university // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 38–42.

The CSAU Herbarium is a large scientific collection of plants of the Crimean flora, numbering more than 80,000 herbarium sheets. To a large extent, it grows due to scientifically supervised collections carried out by students who collect plants right at their place of residence as a part of the program of studying Botany discipline. This approach makes it possible to expect a significant increase of diversity of sample localities. A repeat analysis was carried out 20 years after the first attempt to assess the geographical representativeness of the herbarium. It demonstrated a certain leveling of the degree of representation of the floras of the administrative units existing on the Crimean Peninsula. This should help to increase the chorological objectivity of scientific research conducted using the CSAU herbarium.

Key words: herbarium, plant geography, the Crimea.

Поступила в редакцию 15.03.22

Принята к печати 08.04.22

УДК 582.3/99:632.15:502/504

Исследования содержания тяжелых металлов в почве и растениях каперса колючего (*Capparis spinosa* L.) и полыни горкой (*Artemisia absinthium* L.) методом рентгенофлуоресцентного анализа

Умаров Н. Н.

Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова
Худжанд, Таджикистан
nasimchon-74@mail.ru

В статье приводятся результаты исследований по выявлению содержания тяжелых металлов (ТМ) в растениях каперса колючего (*Capparis spinosa* L.) и полыни горкой (*Artemisia absinthium* L.), отобранных с хвостохранилища Дегмай, расположенного в Бабаджангафуровском районе Согдийской области, методом рентгенофлуоресцентного анализа. Выявлено, что стронций (Sr), цинк (Zn), никель (Ni), хром (Cr) и оксид марганца (MnO) и другие ТМ больше содержатся в составных частях всех исследуемых растений, чем в пробах почвы в местах их произрастания. Свинца (Pb) больше всего поглощено корнями каперса колючего в одном из пунктов произрастания и стеблями – во втором. Ванадий (V) активно поглощается всеми составными частями каперса колючего и полыни горкой, произрастающих в втором пункте, а также листьями и корням полыни горкой – в первом пункте. Zn, Ni и MnO интенсивно переходят из почвы в корневища растений, что, возможно, связано с дефицитом этих элементов в почве в местах произрастания растений, а так же о неблагоприятном экологическом состоянием среды. Отмечен переход из корневища в стебель Pb (коэффициент поглощения 2,23) и V (1,38) у каперса колючего (первый пункт) и Zn (1,35), Co (1,18) для полыни горкой (первый пункт). Интенсивность перехода As, Ni, MnO из стебля в листья для каперса колючего и Pb, Zn, MnO для полыни горкой составляет величину больше единицы, что, возможно, связано с поступлением этих элементов из воздуха или аэрозоля в его составе. Коэффициент биологического поглощения Sr, Cr, MnO и Ni для каперса колючего в первом пункте превышает единицу (>1), а по Zn – значение пять (>5), для каперса колючего из второго пункта по Sr, Cr, MnO, Co и V значение коэффициента превышает единицу (>1), а по Zn так же превышает значение пять (>5); для полыни горкой по Sr, Cr, Ni, MnO, Co, V значение коэффициента превышает единицу (>1), а для Zn – значение пять (>5), что свидетельствует об интенсивном переносе из почвы в растения этих элементов, при этом для других элементов наблюдался менее интенсивный перенос. Коэффициент интенсивности перехода химических элементов для всех исследованных растений из почвы в корневище колебался от 0,23 до 24,6, а переход элементов из корневища в стебли – от 0,06 до 2,23, переход элементов из стебля в листья – от 0,06 до 11,0. Полученные данные свидетельствуют о том, что каперс колючий и полынь горкую можно использовать для реабилитации почв с высоким содержанием Sr, Cr, MnO, Zn и Ni – наиболее опасных по классификации вредности элементов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, рентгенофлуоресцентный анализ, каперс колючий, полынь горкая, почва.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что неблагоприятные экологические условия обусловлены резким возрастанием техногенной нагрузки на биосферу. В зависимости от степени загрязнения окружающей среды техногенные экотоксиканты могут приводить к экологическому напряжению среды, в результате чего очевидно нарушается цикл производства экологически безопасной продукции. Одним из элементов является техногенная деятельность человека, потом почва, которая аккумулирует в себе экотоксиканты, которое, могут мигрировать в растения и животных (Ильин и др., 2000; Соколов и др., 2008).

Общеизвестно, что тяжелые металлы занимают одно их первых мест среди всех загрязнителей биосферы. Загрязнение территории тяжелыми металлами (ТМ) носит локальный характер. В основном максимальное загрязнение почв наблюдается вблизи крупных автомагистралей, на территориях и вблизи тепловых электростанций, хвостохранилищ и других источников ТМ.

По литературным данным (Титов и др., 2014; Абдуллаев и др., 2019) определение коэффициента биологического поглощения металлов позволяет исследовать систему «почва – растение» на основе оценки степени накопления ТМ в период вегетации различными частями растения в зависимости от их содержания в почве.

Цель настоящей работы – изучить поведение тяжелых металлов в системе почва – растение, на основании оценки концентрации некоторых тяжелых металлов в почвах и органах растений: корнях, стеблях и листьях, а также выявить подходящие виды растений для реабилитации загрязненных почв тяжелыми металлами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для выяснения влияния места произрастания и почв на содержание некоторых микроэлементов в растениях были выбраны тяжелые металлы (ТМ). Относительное количество ТМ в составных частях растений анализировали с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра марки Спектроскан Макс-G, предназначенного для анализа различных образцов (Ширкин, 2009; Абдуллаев и др., 2019). Для оценки точности результатов количественный анализ исследуемых образцов проведен в двух повторностях. В качестве результатов оценки параметров использовались средние арифметические значения измерений. При выполнении измерений соблюдались все необходимые требования для обеспечения точности результатов согласно методике (Ширкин, 2009; Абдуллаев и др., 2019; Умаров и др., 2020).

Образцы растений каперса колючего (КК) (*Capparis spinosa* L.) и полыни горькой (ПГ) (*Artemisia absinthium* L.), а также пробы почв отбирали одновременно из хвостохранилища Дегмай в двух пунктах с координатами: С 40°13'35.1", В 69°38'9.58" (далее первый пункт), и С 40°12'35.16", В 69°38'21.3" (далее второй пункт). Виды растений, идентифицированы специалистами лаборатории физиологии растений Худжанского госуниверситета. В лаборатории образцы КК и ПГ сушили при комнатной температуре.

Для характеристики физико-химических и биологических процессов в системе «почва – растение» в данной работе применен метод, с использованием коэффициента биологического поглощения элементов растений (Абдуллаев и др., 2019; Умаров и др., 2020). Согласно (Титов и др., 2014; Умаров и др. 2021) коэффициент биологического поглощения ($K_i^{бп}$) определялся по формуле:

$$K_i^{бп} = \frac{C_i^p}{C_i^{почв}}$$

где: C_i^p – содержание i -го тяжелого металла в растении, мг/кг; $C_i^{почв}$ – содержание i -го тяжелого металла в почве, мг/кг.

Если $K_i^{бп} > 1$ можно сделать вывод о высоком накоплении тяжелых металлов, если $K_i^{бп} < 1$ – о низком.

Оценка состояния окружающей среды в месте произрастания растений проводилась по коэффициенту биологического поглощения и коэффициенту интенсивности перехода тяжелых металлов из почвы в растения по методике (Ефремов и др., 2015; Головин и др., 2021).

Для детального исследование влияния экологических условий место произрастания на транслокации ТМ по растениям вычислялся коэффициент интенсивности перехода тяжелых металлов в системе почва – корень – стебель – листья согласно (Ефремов и др., 2015; Головин и др., 2021).

Для определения интенсивности перехода ($I_{почва-корень}$) микроэлемента из почвы в корень растений применяли следующую формулу:

$$I_{почва-корень} = \frac{C(\text{Э})_{корень}}{C(\text{Э})_{почва}}$$

где: $C(\text{Э})_{\text{корень}}$ и $C(\text{Э})_{\text{почва}}$ – концентрации микроэлемента в корне растений и пробы почв с места произрастания.

Переход микроэлемента из корня в стебель определили согласно формуле:

$$I_{\text{корень-стебель}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{стебель}}}{C(\text{Э})_{\text{корень}}}$$

где: $I_{\text{корень-стебель}}$ – интенсивность перехода микроэлементов из корня в стебель растений; $C(\text{Э})_{\text{стебель}}$ и $C(\text{Э})_{\text{корень}}$ – концентрации химического элемента в стебле и корне исследуемых растений.

Также интенсивность перехода ($I_{\text{стебель-листья}}$) тяжёлых металлов из стебля в листья растений рассчитали согласно следующей формуле:

$$I_{\text{стебель-листья}} = \frac{C(\text{Э})_{\text{листья}}}{C(\text{Э})_{\text{стебель}}}$$

где: $C(\text{Э})_{\text{листья}}$ и $C(\text{Э})_{\text{стебель}}$ – концентрации микроэлементов в листьях и стеблях растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблицах 1 и 2 приведены данные по концентрации ТМ в почвах и составных частях каперса колючего и полыни горкой.

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов в почве и составных частях каперса колючего и полыни горкой (мг/кг воздушно-сухой массы) в двух пунктах исследования

Номер пункта -вид растения /часть растения	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni
1-КК/листья	95,6	0,8	19,3	352,4	51,4	7,1
1-КК/стебель	94,8	13,1	7,7	375,2	49,2	6,2
1-КК/корень	94,9	5,9	17,4	393,4	47,9	10,8
1-ПГ/листья	95,0	3,8	22,8	374,8	47,1	16,3
1-ПГ/стебель	95,5	0,3	17,9	330,2	46,7	16,8
1-ПГ/корень	94,9	5,7	17,3	243,7	47,3	18,3
1-Почва	85,4	12,3	27,6	15,9	58,1	1,94
2-КК/листья	115,	1,1	179,1	103,1	38,3	18,0
2-КК/стебель	108,4	4,1	68,4	117,5	38,3	12,5
2-КК/корень	109,6	30,4	65,3	192,5	36,7	13,4
2-ПГ/листья	96,8	3,5	18,6	165,4	47,8	8,28
2-ПГ/стебель	97,5	1,9	28,9	132,4	46,8	14,3
2-ПГ/корень	99,4	2,9	52,2	129,7	45,4	16,2
2-Почва	85,9	12,6	50,2	20,3	58,8	3,23

Примечание к таблице: 1-КК – каперс колючий из первого пункта; 2-КК – каперс колючий из второго пункта; 1-ПГ – полынь горкая из первого пункта; 2-ПГ – полынь горкая из второго пункта; 1-Почва – почва из первого пункта; 2-Почва – почва из второго пункта.

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов и их окислов в почве и составных частях каперса колючего и полыни горькой (мг/кг воздушно-сухой массы или %) в двух пунктах исследования

Номер пункта -вид растения /часть растения	Co	Fe ₂ O ₃ , %	MnO	Cr	V	TiO ₂
1-КК/листья	5,2	1,1	522,1	72,3	10,7	0,33
1-КК/стебель	15,2	1,1	226,0	77,0	17,2	0,33
1-КК/корень	18,1	1,2	228,5	80,5	12,4	0,33
1-ПГ/листья	13,6	1,6	175,9	86,3	21,7	0,33
1-ПГ/стебель	19,8	1,6	144,2	86,7	15,3	0,33
1-ПГ/корень	16,7	1,4	152,2	105,1	23,9	0,33
1-Почва	17,8	1,8	86,8	64,4	19,2	0,33
2-КК/листья	54,9	1,2	318,9	100,2	20,5	0,33
2-КК/стебель	55,6	1,2	145,0	99,0	35,6	0,33
2-КК/корень	58,3	1,3	151,4	101,6	40,2	0,33
2-ПГ/листья	22,3	1,3	254,5	83,6	32,9	0,34
2-ПГ/стебель	22,7	1,5	229,3	90,7	43,7	0,35
2-ПГ/корень	25,8	1,5	285,0	91,4	50,2	0,35
2-Почва	18,3	1,5	87,7	64,1	18,0	0,34

Примечание к таблице: 1-КК – каперс колючий из первого пункта; 2-КК – каперс колючий из второго пункта; 1-ПГ – полынь горькая из первого пункта; 2-ПГ – полынь горькая из второго пункта; 1-Почва – почва из первого пункта; 2-Почва – почва из второго пункта.

Из данных таблиц видно, что количество некоторых микроэлементов (Sr, Zn, Ni, MnO, Cr) в составных частях растений больше чем в пробах почвы. Можно предположить, что это, во-первых, связано с неблагоприятным состоянием окружающей среды в месте произрастания растений. Во-вторых, со способностью растений этих двух видов к поглощению ТМ и концентрации их в корнях, стеблях и листьях. Для подтверждения этого факта нами было проведено определение значений коэффициента биологического поглощения и коэффициента интенсивности перехода тяжёлых металлов из почвы в растение.

На рисунке 1 приведены коэффициенты биологического поглощения металлов и их оксидов составными частями растений из пункта 1.

Для всех составных частей растений, произрастающих в этом пункте, коэффициент биологического поглощения стронция, оксида марганца и хрома больше единицы. А также $K_i^{бп}$, для стебля КК свинец, для стебля и корня ПГ кобальт и для листьев и корня ПГ ванадий больше единицы, это говорит о высоком накоплении этих микроэлементов составными частями исследованных растений.

Из данных рисунка 2 видно, что для всех частей растений, произрастающих в пункте 2, $K_i^{бп}$ для стронция, оксида марганца, кобальта, хрома и ванадия – больше единицы. Свинец в корнях КК и мышьяк во всех составных частях КК и корнях ПГ так же накапливается интенсивно – $K_i^{бп} > 1$.

На рисунке 3 приведено коэффициент биологического поглощения никеля и цинка различными частями каперса колючего и полыни горькой. Видно, что эти элементы больше всего накапливаются составными частями исследованных растений.

Никель активно поглощается составными частями растений, и он активно взаимодействует с другими металлами как в почвах, так и в растениях. Цинк в отличие других

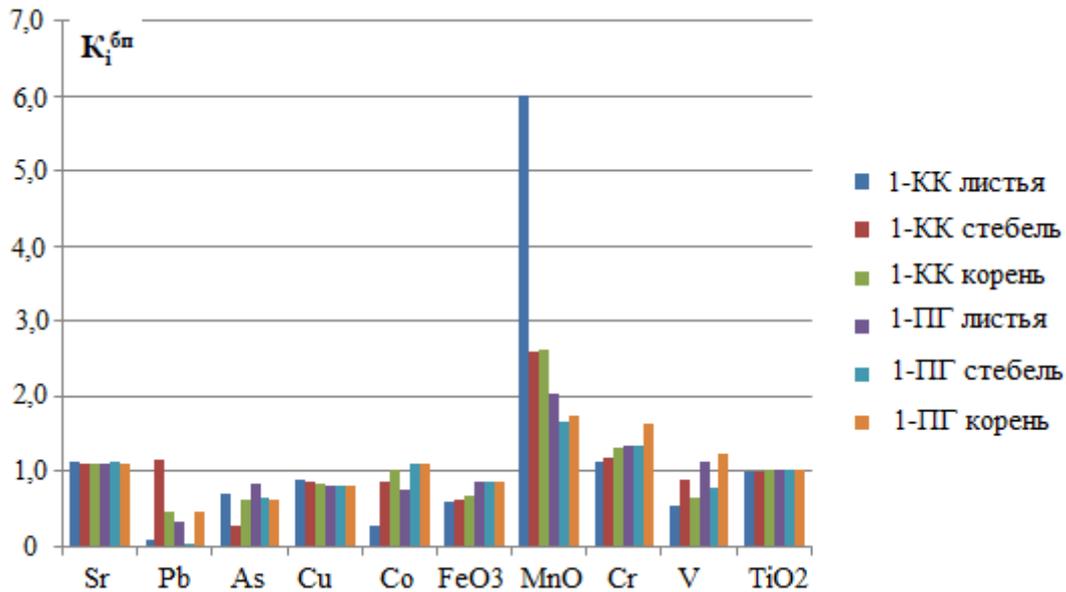


Рис. 1. Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов различными частями каперса колючего и полыни горькой в пункте 1

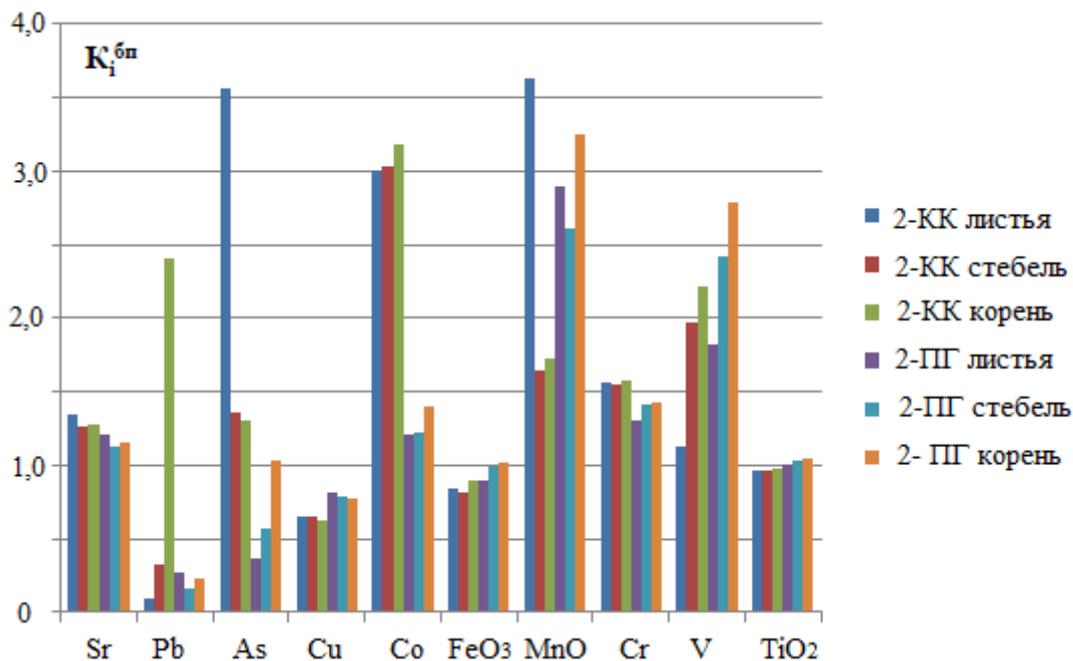


Рис. 2. Коэффициент биологического поглощения металлов и оксидов металлов различными частями каперса колючего и полыни горькой в пункте 2

элементов, в частности, никеля большую роль играет для целостности мембран, гормональной регуляции и других функций растительных организмах. Наблюдается взаимодействие никеля и цинка, когда каждый из этих металлов в результате конкуренции может ингибировать поглощение другой корневой системой (Garland, Wilkins, 1981; Панин, Бирюкова, 2008).

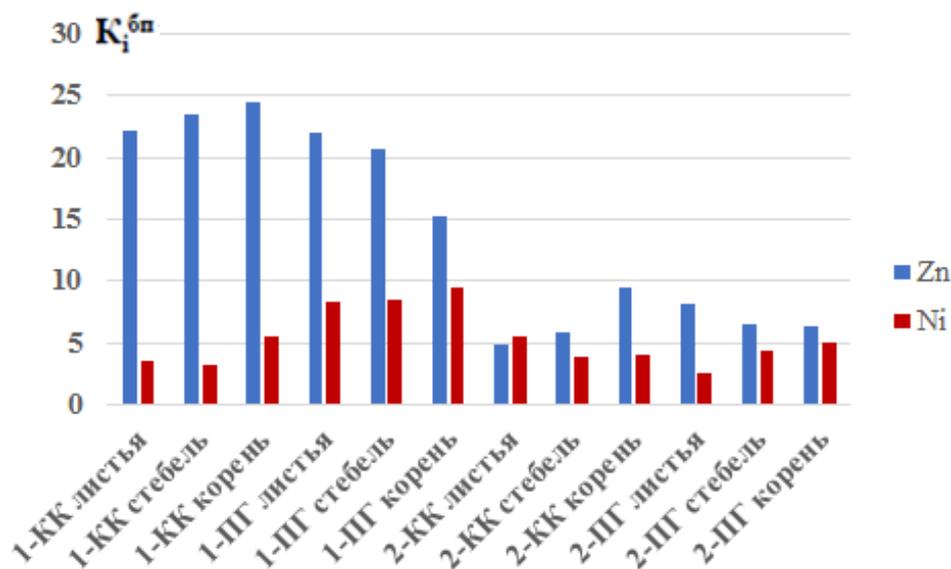


Рис. 3. Коэффициент биологического поглощения никеля и цинка различными частями каперса колючего и полыни горькой

В таблице 3 приведены результаты оценки интенсивности перехода тяжёлых металлов из почвы в корни и другие части растений.

Таблица 3

Интенсивность перехода тяжёлых металлов в системе почва – корень – стебель – листья для двух видов растений из двух пунктов исследования

ТМ	Каперс колючий						Полынь горькая					
	Пункт 1			Пункт 2			Пункт 1			Пункт 2		
	П-К	К-С	С-Л	П-К	К-С	С-Л	П-К	К-С	С-Л	П-К	К-С	С-Л
Sr	1,11	0,99	1,04	1,27	0,98	1,06	1,11	1,01	0,99	1,15	0,98	0,99
Pb	0,47	2,23	0,06	2,40	0,13	0,27	0,46	0,06	11,0	0,23	0,67	1,76
As	0,63	0,44	2,51	1,30	1,04	2,62	0,62	0,99	1,27	1,05	0,55	0,64
Zn	24,6	0,95	0,94	9,47	0,61	0,87	15,3	1,35	1,13	6,38	1,02	1,25
Cu	0,82	1,03	1,01	0,62	1,04	0,84	0,81	0,98	1,01	0,77	1,02	1,02
Ni	5,56	0,57	1,14	4,14	0,93	1,44	9,43	0,91	0,97	5,01	0,88	0,58
Co	1,02	0,84	0,34	3,18	0,95	0,98	0,93	1,18	0,68	1,41	0,88	0,98
Fe ₂ O ₃	0,66	0,94	0,98	0,89	0,91	1,03	0,95	0,91	0,99	1,03	0,96	0,90
MnO	2,64	0,98	2,31	1,72	0,96	2,19	1,75	0,94	1,22	3,25	0,80	1,11
Cr	1,24	0,96	0,94	1,58	0,97	1,01	1,63	0,82	0,99	1,42	0,99	0,92
V	0,64	1,38	0,62	2,22	0,88	0,57	1,24	0,64	1,42	2,78	0,87	0,75
TiO ₂	1,01	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99	1,05	0,99	1,01	1,04	0,99	0,96

Примечание к таблице. ТМ – тяжелые металлы; П-К – переход из почвы в корень; К-С – переход из корня в стебель; П-К – переход из стебля в листья.

Согласно данным таблицы 3 для всех исследованных образцов коэффициент перехода для: Sr, Zn, Ni, MnO, Cr и Co из почвы в корень больше единицы. Это, возможно, связано с дефицитом этих микроэлементов в составе почв или о неблагоприятном экологическом состоянии окружающей среды.

Коэффициент интенсивности перехода ТМ из корневища в стебель для КК в пункте 1 больше единицы для Pb, Cu и V, а в пункте 2 для As и Cu. Для ПГ из пункта 1 коэффициент интенсивности перехода ТМ из корневища в стебель больше единицы отмечен для Sr, Zn и

Со. Для ПГ из пункта 2 коэффициент интенсивности перехода ТМ больше единицы отмечен для Zn и Cu.

У КК из стебля в листья наблюдается активный переход микроэлементов Sr, As, Ni и MnO у КК в обоих пунктах исследования. Для ПГ коэффициент перехода из стебля в листья более единицы отмечен для Pb, As, Zn, Cu, MnO и V из пункта 1, а для Pb, Zn, Cu, MnO из пункта 2. Высокое содержания этих элементов в листьях растений, возможно, связано с поглощением этих элементов из воздуха в виде аэрозолей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ полученных данных показывает, что отдельные части каперса колючего и полыни горкой по-разному поглощают тяжёлые металлы. Определено, что такие тяжёлые металлы как стронций, цинк, никель, хром и оксид марганца накапливаются не одинаково в разных частях исследованных растений.

В зависимости от вида растений коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов для Sr, Co, Cr, Mn, V колебался от 0,1 до 6, а для Zn, Ni – от 2 до 24. Интенсивность перехода перечисленных тяжёлых металлов из почвы в корневища также оказался больше единицы. Интенсивность перехода Pb, Cu и V из корневища в стебли для каперса колючего из пункта 1, и As и Cu из пункта 2 больше единицы. Для полыни горкой интенсивность перехода Sr, Zn и Co в пункте 1, а также Zn и Cu в пункте 2 соответственно больше единицы. Переход микроэлементов Sr, Pb, As, Zn, Cu, Ni и MnO из стебля в листья для исследованных растений заметно увеличивается что, возможно, связано с неблагоприятным состоянием окружающей среды.

Выявленные величины коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов и интенсивности перехода микроэлементов из почвы в различные части растений в условиях техногенной нагрузки показывают, что каперс колючий и полынь горкую можно использовать в качестве растений-фиторе медиантов для реабилитации почв, загрязненных такими тяжёлыми металлами как стронций, цинк, никель, хром, марганец, кобальт и ванадий. Поэтому мы полагаем, что требуется новый подход для нормирования загрязняющих веществ окружающей среды и защиты экосистем от тяжёлых металлов.

Благодарности. Автор выражает признательность директору ФТИ имени С. У. Умарова НАНТ кандидату физико-математических наук Фархому Шокиру за всестороннюю поддержку в проведении исследований.

Список литературы

Абдуллаев С. Ф., Сафаралиев Н. М., Партоев К. Исследование биологического поглощения тяжелых металлов растением-фиторе медиантом – топинамбуром (*Helianthus tuberosus* L.) // Химическая безопасность. – 2019. – Т. 3, № 1. – С. 110–117.

Головин А. В., Скрыпник Л. Н., Масютин Я. А. Особенности накопления цинка и никеля некоторыми лекарственными растениями, произрастающими на территориях с различной степенью техногенной нагрузки // Экосистемы. – 2021. – Вып. 26. – С. 67–77.

Ефремов И. В., Горшенина Е. Л., Солопова В. А., Рахимова Н. Н., Рябых Е. И., Чернова О. Н. Комплексная оценка миграционной способности и риска загрязнения тяжелыми металлами компонентов почвенно-растительных систем // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 13 (188). – С. 133–137.

Ильин В. Б., Байдина Н. Л., Конарбаева Г. А., Черевко А. С. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска // Агрохимия. – 2000. – № 1. – С. 66–73.

Соколов Э. М., Панарин В. М., Рылеева Е. М. Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Экология и промышленность России. – 2008. – № 11. – С. 102–106.

Панин М. С., Бирюкова Е. Н. Закономерности аккумуляции меди и цинка в ризосфере растений. Агрохимия. – 2005. – № 1. – С. 53–59.

Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Институт биологии Кар НЦ РАН. – 2014. – 194 с.

Умаров Н. Н., Шукуров Т., Абдуллаев С. Ф. Влияние пестицидов на содержание тяжёлых металлов и молекулярную динамику растительных природных соединений // Экосистемы. – 2020. – Вып. 24. – С. 152–157.

Умаров Н. Н., Абдуманонов А., Шукуров Т., Абдуллаев С. Ф. Влияние содержания тяжёлых металлов на молекулярную динамику функциональных групп структуры хвойных деревьев // Экосистемы. – 2021. – Вып. 26. – С. 78–157.

Ширкин Л. А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды. – Владимир: Издательство Владимирского государственного университета, 2009. – 65 с.

Garland C. J., Wilkins D. A. Effect of cadmium on the uptake and toxicity of lead in *Nordeum vulgare* L. and *Festuca ovina* L. // New Phytologist. – 1981. – Vol. 87, N 3. – P. 581–593.

Umarov N. N. Studies of the content of heavy metals in soil and plants of caper bush (*Capparis spinosa* L.) and wormwood (*Artemisia absinthium* L.) by Roentgen fluorescence analysis // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 43–50.

The article presents the results of studies aimed at identification of content of heavy metals (HM) in plants of caper bush (*Capparis spinosa* L.) and wormwood (*Artemisia absinthium* L.), by method of X-ray fluorescence analysis. The plant samples were taken from Dekhmay repository located in Bobojohn Gafurov district of Sughd region. It was revealed that parts of all studied plants contained more strontium (Sr), zinc (Zn), nickel (Ni), chromium (Cr) and oxide of manganese (MnO) than samples of soil taken from of the places of plants growth. It was found out that in one trial site more lead (Pb) is absorbed by roots and in the second trial site - by stems of caper bush. Vanadium (V) was absorbed actively by leaves and roots of wormwood in the first trial site; in the second site it was absorbed by all parts of caper bush and wormwood. Zn, Ni and MnO got from the soil to rhizomes of plants intensively, which was possibly due to the deficiency of those elements in soil in the places where plants grew, as well as to the unfavorable environmental situation. In the first trial site the researchers registered the transition from roots to stems of Pb (absorption coefficient – 2.23) and V (1.38) for caper bush and Zn (1.35), Co (1.18) for wormwood. Intensiveness of As, Ni, MnO transition from stem to leaves for caper bush and Pb, Zn, MnO for wormwood was higher than 1. Probably, it was due to the intake of elements from aerial masses or atmospheric aerosole. The coefficient of biological absorption of Sr, Cr, MnO and Ni for caper bush in first trial site exceeded one (>1), and for Zn – a value of five (>5); for caper bush from the second trial site for Sr, Cr, MnO, Co and V the value of the coefficient exceeded one (>1), and for Zn it also exceeded the value of five (>5); for wormwood in Sr, Cr, Ni, MnO, Co, V, the coefficient value exceeded one (>1), and for Zn – a value of five (>5), which indicated an intensive transfer of these elements from soil to plants, while for other elements were less intensively transported. The coefficient of the intensity of the transition of chemical elements for all studied plants from the soil to the rhizome ranged from 0.23 to 24.6, and the transition of elements from the rhizome to the stems – from 0.06 to 2.23, the transition of elements from the stem to the leaves – from 0.06 to 11.0. The data obtained indicate that caper bush and wormwood can be used for the rehabilitation of soils with a high content of Sr, Cr, MnO, Zn and Ni which are the most dangerous elements according to the classification of harmfulness.

Key words: heavy metals, Roentgen fluorescence analysis, caper bush, wormwood, soil.

Поступила в редакцию 04.01.22

Принята к печати 20.02.22

УДК 574.522

Содержание микроэлементов в высших водных растениях дельты Волги и Северного Каспия

Имантаев А. Б.

Астраханский государственный технический университет

Астрахань, Россия

asetkz.ru@yandex.ru

Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Они выступают идеальными индикаторами для проведения сравнения микроэлементного состава между различными водоемами. В данной статье проводится сравнение содержания тяжелых металлов в высшей водной растительности (*Potamogeton lucens* и *Potamogeton perfoliatus*, *Zostera marina*, *Myriophyllum spicatum* и *Polysiphonia*) в дельте Волги и в Северном Каспии. Для определения концентрации тяжелых металлов (медь, цинк, марганец, свинец, кобальт, никель, железо, хром, кадмий) использовался метод атомно-абсорбционной спектроскопии, согласно методике, ГОСТ 30178-96. В результате исследования были получены данные по концентрациям микроэлементов в рассматриваемых водных организмах, проанализировано их содержание, выявлены закономерности в накоплении микроэлементов водными растениями. Были составлены убывающие ряды концентраций тяжелых металлов для дельты Волги и Северного Каспия, определены металлы, аккумулирующиеся в водных растениях больше, чем другие, а именно железо, марганец и цинк. Сделан вывод, что микроэлементный состав *Myriophyllum spicatum* в большей степени концентрирует тяжелые металлы, чем другие высшие водные растения, что связано с особенностями накопления микроэлементов в данном водном растении. Проведено сравнение микроэлементного состава высших водных растений, а именно *Zostera marina* и *Myriophyllum spicatum* произрастающих как в дельте Волги, так и в Северном Каспии. В ходе исследования установлено, что морские растения, в отличие от произрастающих в дельте, накапливают больше цинка, меди, кадмия и кобальта. Речные гидрофиты концентрируют больше марганца, а специфика накопления таких элементов как хром и свинец связана с видовыми особенностями рассматриваемых растений.

Ключевые слова: тяжелые металлы, высшие водные растения, микроэлементы, концентрация, дельта Волги, Северный Каспий, видовые особенности.

ВВЕДЕНИЕ

Высшие водные растения играют важную роль среди биотических составляющих водных экосистем. Накапливая химические элементы, в тканях и органах, тяжелые металлы удерживают их в течение всего вегетационного периода и тем самым исключают их из круговорота в водоеме до своего отмирания и разложения (Дайнеко и др., 2015).

Северный Каспий является зоной смешения речных и морских вод поэтому большинство элементов поступают в него с речным стоком, морскими водами из Среднего Каспия, атмосферными осадками и выбросами воды из оросительных систем. Так же часть элементов может поступать с газовыми и жидкими выделениями со дна моря (Загрязняющие вещества..., 2017).

Цель исследования – изучить особенности накопления тяжелых металлов в высших водных растениях Северного Каспия и дельты Волги.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

По минеральному составу дельта реки Волги является пресноводным водоемом. Природные воды низовьев реки Волги относятся к трем классам: нейтральные слабощелочные окислительные, нейтральные слабощелочные глеевые (переувлажненные), нейтральные слабощелочные сероводородные (Перельман, 1979). Весной в верхней части дельты водородный показатель (рН) природных вод изменяется от 6,5–7,0 до 8,5–8,8 – в нижней части.

Согласно данным В. В. Громова (2010) и Б. М. Насибулиной (2012), низовье Волги заселено отдельными видами высшей водной растительности: прибрежно-водной растительностью (камыш трехгранный (*Scirpus lacustris* L.), тростник обыкновенный (*Phragmites communis* L.), рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.) и погруженной растительностью (роголистник темнозеленый (*Ceratophyllum demersum* L.), рдест курчавый (*Potamogeton crispus* L.), рдест блестящий (*P. lucens* L.), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* L.).

Каспийское море представляет собой солоноватый водоем со своеобразным солевым режимом. По минеральному составу он отличается от мирового океана меньшим количеством хлоридов и повышенным содержанием карбонатов в воде. Воды Северного Каспия характеризуются значительным опреснением водоема, особенно в летний период, в результате развития в период половодья продолжительного и обильного притока волжской воды в море (Катунин и др., 2002).

Разнообразные виды зеленых, сине-зеленых, красных и бурых водорослей, а также цветковых растений составляют основу фитобентосных сообществ Северного Каспия. Совокупность видов составляет более 350, из них цветковых растений – 5 видов. Наибольшее их распространение зафиксировано в нейтральной части Северного Каспия, что объясняется слабой заиленностью песчаного грунта. В фитобентосе Северного Каспия из цветковых растений богатое развитие имеют взморник морской, рупия, рдест (Громов, 2009).

В работе изучались макрофиты дельты Волги и Северного Каспия, сбор которых осуществлялся в 2020 году, а именно: рдест блестящий (*Potamogeton lucens* (Linnaeus 1753)) и пронзеннолистный (*Potamogeton perfoliatus* (Linnaeus 1753)), взморник морской (*Zostera marina* (Linnaeus 1753)), уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum* (Linnaeus 1753)) и красная водоросль полисифония (*Polysiphonia* (Greville 1823)).

Определение металлов проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии (Брицке, 1982) согласно методике ГОСТ 30178-96. Биогенная классификация химических элементов определена согласно А. В. Бгатову (1999). В ходе исследования определялось содержание микроэлементов: медь, цинк, марганец, свинец, кобальт, никель, железо, хром, кадмий.

Результаты исследования обрабатывались статистически при помощи программного продукта Microsoft Office Excel 2010, согласно общепринятым методикам биометрии (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате определения концентраций тяжелых металлов с помощью атомно-абсорбционного спектрометра были получены следующие данные (табл. 1).

На основе вышеуказанных данных (табл. 1) можно отметить, что микроэлементный состав *Myriophyllum spicatum* в большей степени концентрирует тяжелые металлы, чем *Zostera marina* и *Polysiphonia*. Данная закономерность может являться следствием видовых особенностей данного растения. Для определения особенностей накопления тяжелых металлов в выбранных растениях можно составить убывающие ряды концентраций элементов в Северном Каспии:

Fe>Mn>Zn>Cu>Ni>Pb>Co>Cd=Cr – *Zostera marina*;

Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Pb>Cr>Co>Cd – *Polysiphonia*;

Fe>Zn>Mn>Cu>Ni>Pb>Cr>Co>Cd – *Myriophyllum spicatum*.

Следует отметить, что особенно интенсивно в организмах макрофитов Северного Каспия аккумулируется железо, которое является важным микроэлементом, катализируя процессы обмена кислорода у водных растений. Его повышенное содержание в водных растениях исходит из того, что оно поступает в водные экосистемы благодаря его выносу с водосборных площадей и проникновению из подземных вод. Данные концентрации подтверждаются и в других исследованиях (Виноградов, 2001; Загрязняющие вещества..., 2017; Махлун, 2017).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в водных растениях Северного Каспия

Элемент	Вид растения и содержание микроэлемента (мг/кг сухого вещества)		
	<i>Zostera marina</i>	<i>Polysiphonia</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>
Fe	348,42±11,2	320,15±14,3	573,36±18
Zn	34,59±3,4	38,70±3,9	68,80±6,4
Mn	152,17±6,8	28,86±3,5	58,22±7,4
Cu	4,31±0,5	5,94±0,6	12,13±1,2
Ni	2,51±0,8	4,91±1,1	9,18±1,6
Pb	2,30±0,4	3,12±0,5	7,99±0,7
Cr	0,28±0,05	2,66±0,6	4,54±1,1
Cd	0,28±0,1	0,68±0,1	1,29±0,2
Co	0,77±0,1	1,82±0,3	2,45±0,2

Примечание к таблице. Приведены среднее значение ± стандартное отклонение.

Такой жизненно важный элемент, как марганец влияет на рост и развитие растений. П. Н. Линник (1986) в своих работах утверждал, что пониженное содержание кобальта ведет к повышению количества марганца в организмах растений, т.к. между ионами кобальта и марганца существует такое явление, как антагонизм. Данный факт можно наблюдать в представленных выше рядах концентраций элементов (табл. 1), в которых содержание марганца (152,17 мг/кг; 28,86 мг/кг; 58,22 мг/кг) преобладает над содержанием кобальта (0,77 мг/кг; 1,82 мг/кг; 2,45 мг/кг) более чем в 20 раз у всех рассмотренных растений в морской среде. Способность марганца и цинка избирательно накапливаться в морских макрофитах возможно связана с участием этих элементов в обмене веществ, при увеличении концентрации марганца происходит повышение интенсивности фотосинтеза. Без марганца (и железа) ассимиляция азота растениями не имеет места, так как марганец играет существенную роль в этих явлениях, участвуя в ферментативных процессах восстановления нитратов. Под влиянием марганца повышается солеустойчивость некоторых растений (Войнар, 1960). В водных растениях роль цинка определяется его влиянием на ключевые реакции фотосинтеза, на превращение соединений (Войнар, 1960). При совместном действии цинка и кадмия, а также цинка и меди характерен синергизм (Персикова, Решецкий, 2015). Эту закономерность можно проследить на меди, пропорционально увеличение которого приводит к повышению показателей цинка.

Также было изучено содержание микроэлементов у представителей высших водных растений в дельте Волге: *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus*, *Zostera marina*, *Myriophyllum spicatum* (табл. 2).

В ходе исследований можно составить убывающие ряды концентраций элементов в водных растениях в дельте Волги:

Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Ni>Cr>Co>Cd – *Zostera marina*;

Fe>Mn>Pb>Zn>Cu>Cd>Cr>Co>Ni – *Potamogeton lucens*;

Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Co>Cd>Cr> – *Potamogeton perfoliatus*;

Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cr>Ni>Co>Cd – *Myriophyllum spicatum*.

Исходя из таблицы, можно говорить о том, что в водных растениях дельты Волги, как и в растениях Северного Каспия активно накапливается железо и марганец, что связано с особенностями накопления этих элементов в водных растениях (Линник, Набиванец, 1986).

Таблица 2

Содержание микроэлементов в высших водных растениях дельты Волги

Элемент	Вид растения и содержание микроэлемента (мг/кг сухого вещества)			
	<i>Zostera marina</i>	<i>Potamogeton lucens</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>
Fe	363,16±16,5	10,84±0,6	199,43±9,1	409,64±17,8
Mn	229,95±10,4	4,01±0,6	48,03±2,6	249,14±11,2
Zn	11,88±1,1	0,16±0,01	3,94±0,5	11,34±0,6
Pb	3,27±0,2	1,49±0,1	1,28±0,1	3,96±0,4
Cu	2,77±0,3	0,15±0,05	0,89±0,1	2,71±0,3
Ni	2,52±0,3	0,01±0,001	0,01±0,002	2,04±0,3
Cr	0,63±0,1	0,09±0,01	0,06±0,01	2,16±0,6
Co	0,54±0,1	0,01±0,01	0,32±0,05	1,09±0,2
Cd	0,06±0,01	0,09±0,01	0,09±0,01	0,05±0,01

Примечание к таблице. Приведены среднее значение ± стандартное отклонение..

Во многом убывающие ряды концентраций тяжелых металлов в дельте Волги повторяют ряды концентраций Северного Каспия, только в гораздо меньших значениях, за исключением марганца. Это также подтверждено в работе А. В. Махлун (2017), в которой говорится, что у речных макрофитов элементом с высоким значением КБП является марганец.

Проведено сравнение микроэлементного состава высших водных растений, ими являются *Zostera marina* и *Myriophyllum spicatum*, произрастающих в дельте Волги и Северном Каспии (табл. 3).

Таблица 3

Содержание микроэлементов в высших водных растениях в дельте Волге и Северном Каспии

Элемент	Вид растения и содержание микроэлемента (мг/кг сухого вещества)			
	<i>Zostera marina</i> (дельта)	<i>Zostera marina</i> (Северный Каспий)	<i>Myriophyllum spicatum</i> (дельта)	<i>Myriophyllum spicatum</i> (Северный Каспий)
Fe	363,16±16,5	348,42±11,2	409,64±17,8	573,36±18
Mn	229,95±10,4	152,17±3,8	249,14±11,2	58,22±7,4
Zn	11,88±1,1	34,59±3,4	11,34±0,6	68,80±6,4
Cu	2,77±0,3	4,31±0,5	2,71±0,3	12,13±1,2
Ni	2,52±0,3	2,51±0,8	2,04±0,3	9,18±1,6
Pb	3,27±0,2	2,30±0,4	3,96±0,4	7,99±0,7
Cr	0,63±0,1	0,28±0,05	2,16±0,6	4,54±1,1
Co	0,54±0,1	0,77±0,1	1,09±0,2	2,45±0,2
Cd	0,06±0,01	0,28±0,1	0,05±0,01	1,29±0,2

Примечание к таблице. Приведены среднее значение ± стандартное отклонение..

В *Zostera marina* наблюдается превышение показателей в Северном Каспии над дельтой по таким элементам: Cu, Zn, Cd, Co. В дельте преобладают Pb, Mn, Fe, Cr. Концентрация Ni осталась на том же уровне. Превышение концентраций в Северном Каспии над дельтой Волги по таким элементам, как кобальт было в 1,4 раза, медь в 1,6 раза, цинк в 2,9 раза, кадмия в 4,6 раза. В дельте Волги отмечается концентрирование свинца в 1,4 раза, марганца в 1,5 раза, хрома в 2,2 раза.

В *Myriophyllum spicatum* в Северном Каспии преобладают все металлы, за исключением марганца. Аккумуляция железа превышала аналогичный показатель в дельте в 1,4 раза, свинца в 2 раза, хрома в 2,1 раза, кобальта в 2,2 раза, меди и никеля в 4,5 раза, цинка в 6,1 раза, кадмия в 25,8 раза. Единственным элементом, который активнее накапливался в дельте стал марганец, концентрация которого была в 4,3 раза выше морского аналога.

В водных экосистемах с уменьшением pH среды происходит десорбция катионных форм металлов с поверхности твердых частиц взвешенного вещества или донных отложений и поступление их в воду. При увеличении pH среды до определенной величины растворенные катионные формы металлов адсорбируются на твердых частицах взвеси или осаждаются в их составе (Fassa et al., 2011). В отличие от катионных форм растворимость и миграция в воду анионных форм металлов имеет противоположно направленную зависимость от изменения pH среды – при увеличении pH происходит растворимость, а в кислой среде анионные формы металлов активно сорбируются или осаждаются в донных отложениях (Fassa et al., 2011).

Используя данные Каспийского морского научно-исследовательского центра (Бюллетень..., 2020; Ежегодный бюллетень..., 2020) можно провести сравнение pH морской среды Северного Каспия и пресноводных водотоков реки Волги. Среднее значение кислотности в Северном Каспии составило 8,43, а в вершине дельты, где проходил отбор пресноводных проб 8,1.

Проанализировав представленные данные, можно предположить, что тяжелые металлы такие, как Cu, Zn, Cd, Co являются катионами, а марганец анионом. Из этого следует, что Cu, Zn, Cd, Co в морских водах (более щелочных) активно сорбируются и осаждаются в донных отложениях, в более кислотных пресных водах происходит обратная реакция, повышается растворимость данных металлов. Марганец осаждается в донных отложениях более кислотной среды дельты Волги и растворяется в щелочной окружающей среде Северного Каспия. Следует отметить, что в представителях пресноводных высших водных растений (*Myriophyllum spicatum*, *Zostera marina*) концентрирование марганца происходит в 4,3 и 7,1 раза (соответственно) больше, чем в морских растениях, что соответствует динамике этого элемента в грунтах моря и реки (Виноградов, 2001). Также одной из причин повышенных значений марганца в пресноводных растениях, произрастающих на небольших глубинах в активном фотическом слое, по сравнению с морскими более глубоководными растениями, является различная интенсивность фотосинтетических процессов у растений, произрастающих на различных глубинах водоемов. Можно сделать предположение, что свою специфику накопления имеет хром и свинец, заключающуюся в видовых особенностях накопления микроэлементов, представленных высших водных растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Живые организмы, обладая свойством к обмену веществ, создают свой химический элементарный состав, являющийся видоспецифичным признаком и остающимся неизменным в определённых пределах. Организмы могут концентрировать одни элементы, причем иногда в количествах, превышающих их содержание в окружающей среде, в разы больше (организмы-концентраторы). Другие организмы строго контролируют накопление элементов в своем организме и, таким образом, создают свою внутреннюю среду, которая обеспечивает оптимальный уровень для жизнедеятельности.

В результате было выяснено, что микроэлементный состав *Myriophyllum spicatum* в большей степени концентрирует тяжелые металлы, чем *Zostera marina*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus* и *Polysiphonia*, что связано с особенностями накопления

микроэлементов в данном водном растении. Исходя из построенных убывающих рядов концентрации тяжелых металлов и имеющихся данных, было выяснено, что все рассмотренные макрофиты отмечаются высокими концентрациями железа, как в дельте Волги, так и в Северном Каспии, что связано с особенностью накопления данного микроэлемента в грунтах водоемов. Во многом убывающие ряды концентраций тяжелых металлов в дельте Волги повторяют ряды концентраций Северного Каспия, только в гораздо меньших значениях, за исключением марганца. Проведено сравнение микроэлементного состава высших водных растений, ими являются *Zostera marina* и *Myriophyllum spicatum*, произрастающих в дельте Волги и Северном Каспии. Морские растения, в отличие от произрастающих в дельте, накапливают больше цинка, меди, кадмия и кобальта. Речные гидрофиты концентрируют больше марганца, жизненно важного для роста и процесса фотосинтеза. Помимо рН среды на повышенные значения марганца в пресноводных растениях влияет глубина произрастания, так в дельте Волги максимальная глубина сбора составляет в среднем не более метра, в активном фотическом слое. Сбор морских растений осуществляется на различных глубинах Северного Каспия, в диапазоне 4–12 метров. Специфика накопления таких элементов, как хром и свинец связана с видовыми особенностями рассматриваемых растений.

Список литературы

- Бгатов А. В. Биогенная классификация химических элементов // Философия науки. – 1999. – № 2 (6). – С. 23–34.
- Брицке М. Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ. – М.: Химия, 1982. – 223 с.
- Бюллетень о состоянии и загрязнении устьевой области р. Волги за 2020 г. [Электронный ресурс]. – Каспийский морской научно-исследовательский центр. – 2019. – Режим доступа: <http://www.caspianmonitoring.ru/wp-content/uploads/2021/11/НТО-Бюллетень-УО-2020-для-сайта.pdf> (просмотрено 17.01.2022 г.).
- Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря: монография. – Москва: Наука, 2001. – 620 с.
- Войнар А. И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – Москва: Высшая школа, 1960. – 240 с.
- ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартформ, 2010. – 8 с.
- Громов В. В. Водная и прибрежно-водная растительность авандельты Северного Каспия: авандельта р. Волги, калмыцкое и казахское побережье // Journal of Siberian Federal University. – Biology. – 2010. – № 3. – С. 250–266.
- Громов В. В. Водная и прибрежно-водная растительность авандельты р. Волги и Северного Каспия // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2009. – №3. – С. 250–266.
- Дайнеко Н. М., Тимофеев С. Ф., Жадько С. В. Содержание тяжелых металлов в различных экологических группах прибрежно-водной растительности Мозырского района // Ученый XXI века. – 2015. – № 12 (13). – С. 12–17.
- Ежегодный бюллетень о состоянии и загрязнении морской среды российского сектора Каспийского моря за 2020 г. [Электронный ресурс]. - Каспийский морской научно-исследовательский центр. – 2019. – Режим доступа: http://www.caspianmonitoring.ru/wp-content/uploads/2021/06/Бюллетень-море-за-2020_редакция_на-сайт.pdf (просмотрено 17.01.2022 г.).
- Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна / [Отв. ред. В. Ф. Бреховских, Е. В. Островская]. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 408 с.
- Катунин Д. Н., Курочкина Т. Ф., Попова О. В. и др. Содержание загрязняющих веществ в водоемах Волго-Каспийского бассейна // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. – Результаты НИР за 2001 год. – Астрахань: КаспНИРХ, 2002. – С. 5–13.
- Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.
- Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Ленинград: Гидрометеоздт, 1986. – 272 с.
- Махлун, А. В. Микроэлементный состав донных сообществ авандельты Волги и западной части Северного Каспия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 2017. – 24 с.
- Насибулина Б. М., Курочкина Т. Ф., Шаплыгина Ю. Н. Основные биотопы экотонного сообщества // Ecologia. – 2012. – № 2. – С. 57–61.
- Перельман А. И. Геохимия ландшафта. – Москва: Высшая Школа, 1979. – 341 с.
- Персикова, Т. Ф., Рещецкий Н. П. Тяжелые металлы и окружающая среда: лекция для студентов сельхозвузов. – Горки: Бел. с/х академия, 2015. – 40 с.

Facca C., Pellegrino N., Ceoldo S., Tibaldo M., Sfriso A. Trophic Conditions in the Waters of the Venice Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy) // The Open Oceanography Journal. – 2011. – N 5. – P. 1–13.

Imantaev A. B. The content of trace elements in higher aquatic plants of the Volga Delta and the Northern Caspian // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 51–57.

Higher aquatic plants play an important role among the biotic components of aquatic ecosystems. They act as ideal indicators for comparing the trace element composition between different reservoirs. This article compares the content of heavy metals in higher aquatic vegetation (*Potamogeton lucens* and *Potamogeton perfoliatus*, *Zostera marina*, *Myriophyllum spicatum* and *Polysiphonia*) in the Volga Delta and in the Northern Caspian. The method of atomic absorption spectrometry was used, according to the methodology, GOST 30178-96 to determine the concentration of heavy metals (copper, zinc, manganese, lead, cobalt, nickel, iron, chromium, cadmium). As a result of the study, the data were obtained on the concentrations of trace elements in the aquatic organisms under consideration, their content was analyzed, patterns in the accumulation of trace elements by aquatic plants were revealed. Decreasing series of heavy metal concentrations were compiled for the Volga Delta and the Northern Caspian. Moreover, the author determined the metals accumulating in aquatic plants more than others, namely iron, manganese and zinc. It is concluded that the trace element composition of *Myriophyllum spicatum* concentrates heavy metals to a greater extent than other higher aquatic plants which is due to its specific features. The comparison of the trace element composition of higher aquatic plants, namely *Zostera marina* and *Myriophyllum spicatum*, growing both in the Volga Delta and in the Northern Caspian Sea was made. The study found that marine plants, unlike those growing in the delta, accumulate more zinc, copper, cadmium and cobalt. River hydrophytes concentrate more manganese. The peculiarities of the accumulation of such elements as chromium and lead are related to the specific features of the plants under consideration.

Key words: heavy metals, higher aquatic plants, trace elements, concentration, Volga delta, Northern Caspian Sea, species features.

Поступила в редакцию 18.02.22
Принята к печати 25.02.22

УДК 576.89:599.22(292.471)

Эндопаразиты зайца-русака (*Lepus europaeus*) в Крыму: аннотированный список видов и показатели инвазии

Стрюков А. А., Леонов С. В., Созири Д. А.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Симферополь, Республика Крым, Россия

zoostr@mail.ru, leo-zoology@yandex.ru

Приведён аннотированный список из 13 видов эндопаразитов зайца-русака *Lepus europaeus* с показателями инвазии в Крыму: 12 видов гельминтов – трематоды (1 вид) – *Dicrocoelium dendriticum*, цестоды (5 видов) – *Andrya rhopaloccephala*, *Mosgovoyia pectinata*, *Cittotaenia denticulata*, *Taenia pisiformis*, *Taenia serialis* и нематоды (6 видов) – *Trichuris leporis*, *Trichostrongylus retortaeformis*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Rictularia sp.*, *Passalurus ambiguus*, *Protostrongylus tauricus*, а также 1 вид членистоногих – *Linguatula serrata*. По результатам исследования 89 экземпляров зайца-русака из разных районов Крыма обнаружено 8 из указанных видов эндопаразитов. По результатам 45 полных гельминтологических вскрытий полностью свободными от паразитов оказалось 3 особи (6,7%), заражёнными 1 видом паразита – 19 (42,2%), 2 видами – 9 (20%), 3 видами – также 9 (20%), 4 видами – 3 (6,7%), 5 и 6 видами паразитов было заражено всего по одному зайцу (по 2,2%, соответственно). Наиболее массовым паразитом зайца-русака в Крыму является лёгочная нематода *P. tauricus*. Она обнаружена во всех исследованных районах Крыма. Авторы считают именно этот вид наиболее опасным для зайца в Крыму. Также к значимым видам можно отнести трематоду *D. dendriticum* и цестоду *T. pisiformis*, в большом количестве обнаруженных в печени зайцев из некоторых районов Крыма. К числу часто и в большом числе встречающихся паразитов относится кишечная нематода *T. retortaeformis*, однако заметных изменений органа (кишечника) она не вызывает. Остальные виды встречаются гораздо реже и не имеют существенного эпизоотологического значения.

Ключевые слова: *Lepus europaeus*, Trematoda, Cestoda, Nematoda, Pentastomida, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Заяц-русак *Lepus europaeus* Pallas, 1778 является важным элементом экосистем Крыма – участником трофических цепей, промежуточным и окончательным хозяином паразитов. С другой стороны, заяц – важный традиционный охотничий объект в Крыму (Яковенко, Шафиев, 2013), причём традиция охоты на него уходит корнями в глубокое прошлое, во времена палеолита (Markova, 2005; Lanoë et al., 2015). Разумеется, паразитофауна охотничьих животных представляет наряду с теоретическим и большой прикладной интерес.

История изучения гельминтофауны домашних и диких животных Крыма относительно недолгая. Первые опубликованные работы появились в советское время: И. М. Исайчиков (1925а, 1925б) исследовал гельминтов домашних плотоядных животных и грызунов. В своих статьях автор впервые отметил на территории Крыма (г. Керчь) многих возбудителей гельминтозов (эхинококкоза, метагонимоза и др.), однако информация по зайцу в этих работах отсутствует. Плановое комплексное изучение гельминтофауны животных Крыма началось только после организации в 1939 г. гельминтологического отдела Крымской научно-исследовательской ветеринарной станции (Каденации, 1957).

В 40-х годах прошлого века в свет вышли статьи А. Н. Каденации (1941, 1947) по гельминтам млекопитающих Крыма. Особо следует отметить работу этого же автора – «Гельминтофауна млекопитающих Крыма и опыт оздоровления домашних животных от основных гельминтозов», опубликованную в 1957 году (Каденации, 1957), в которой автор анализирует большой материал, собранный им путём полных паразитологических вскрытий 2365 животных и парциальных вскрытий органов более чем от 21500 голов убойного скота. В итоге было зарегистрировано 204 представителя гельминтофауны зверей Крыма и описано в том числе 10 новых для науки видов. В этой работе автор вскрыл целый ряд закономерностей, обрисовывающих пути формирования гельминтофауны животных Крыма. Установлены

многочисленные эндемичные виды гельминтов, реликтовые формы. Доказана многовековая роль человека в формировании у домашних животных чрезвычайно разнообразного, смешанного характера фауны гельминтов, а также значение деятельности человека во взаимном обмене гельминтами между домашними и дикими животными. Изучение фауны паразитических червей домашних и диких животных позволило А. Н. Каденации выявить гельминтозно-эпизоотологическую ситуацию Крыма и на основе этого разработать комплекс эффективных мероприятий против основных гельминтозов крупного рогатого скота и овец. Впервые в этой работе приводятся и данные о гельминтах зайца-русака в Крыму. Автору (Каденации, 1957) удалось обнаружить 12 видов, которые подробно обсуждаются нами в разделе «Результаты и обсуждение». Изучению гельминтов разных групп животных Крыма посвящены также работы Д. П. Рухлядева (1964), Д. Д. Завалеевой (1969), И. С. Коваленко и А. А. Стрюкова (2013). Лишь в работе Д. Д. Завалеевой (1969) содержатся сведения о находке двух видов гельминтов у зайца-русака, которые уже были отмечены до этого А. Н. Каденации (1957).

Первые после А. Н. Каденации (1957) и Д. Д. Завалеевой (1969) работы, посвящённые эндопаразитам зайца-русака, появились в последние несколько лет и содержат информацию о современных находках (Стрюков и др., 2019; Стрюков, Юрченко, 2019; Семёхина, Стрюков, 2020). В настоящей работе отражены результаты исследования фауны внутренностных паразитов зайца-русака в Крыму.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В течение 2017–2021 годов собран и обработан материал от 89 особей зайца-русака, добытых в основном в охотничьи сезоны (ноябрь–январь) из разных районов Крыма или подобранных у обочин автомобильных дорог в другое время года. Путём полных гельминтологических вскрытий изучено 45 экземпляров зайца из охотничьих угодий разных районов Крыма (Белогорского – 26 экземпляров, Раздольненского – 5, Бахчисарайского – 4, Симферопольского – 4, Черноморского – 2, Сакского – 2 и Нижнегорского – 1) и города Феодосии (1 экземпляр). Отдельно изучены лёгкие от 44 экземпляров зайца, в том числе из угодий Белогорского – 13 экземпляров, Красногвардейского – 11, Ленинского – 11, Сакского – 6 и Симферопольского района – 3 экземпляра. Для определения гельминтов использован определитель Е. В. Гвоздева с соавторами (1970). При камеральной обработке использованы: стереоскопический микроскоп МБС-1 и микроскоп МБИ-3; макро- и микрофотосъёмка натуральных объектов произведена на смартфон iPhone 7 (микросъёмка – через окуляры оптических приборов).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время известно, что у зайца-русака в Крыму паразитирует 13 видов эндопаразитов (12 видов гельминтов – трематод, цестод и нематод – и 1 вид членистоногих – язычковый червь) (Каденации, 1957; Завалеева, 1969; Гвоздев и др., 1970, Семёхина, Стрюков, 2020). Ниже мы приводим аннотированный список видов внутренностных паразитов и основные показатели инвазии по результатам проведённого исследования.

Тип *Platyhelminthes* Minot, 1876

Класс *Trematoda* Rudolphi, 1808

Отряд *Plagiorchiida* La Rue, 1957

Семейство *Dicrocoeliidae* Odhner, 1911

I. Dicrocoelium dendriticum (Rudolphi, 1819) (ланцетовидная двуустка)

Этот сосальщик использует зайца в качестве окончательного хозяина. Кроме этого, по данным А. Н. Каденации (1957) дефинитивными хозяевами этого гельминта в Крыму могут

быть крупный рогатый скот, овца, коза, лошадь, собака, олень, косуля, муфлон, лисица, суслик, кролик, человек. Трематода *D. dendriticum*, имеющая широкий круг окончательных хозяев, в основном паразитирует у домашних животных. «Контактируя с ними на лесных и луговых пастбищах, зайцы имеют возможность обмениваться заразным началом, и таким образом создаются очаги этих гельминтозов в дикой природе» (Контримавичус, 1959, стр. 134). Первыми промежуточными хозяевами являются сухопутные моллюски рода *Helicella*, вторыми – муравьи рода *Formica* (Гвоздев и др., 1970). Моллюски рода *Helicella sensu strictu* в Крыму не обитают, а *Helicella sensu lato* представлены двумя современными родами – *Xeropicta* и *Helicopsis* (Леонов, 2009). В работе Э. Н. Король (1990) приведены более полные и точные сведения о моллюсках – промежуточных хозяевах гельминта – это *Brephulopsis bidens*, *B. cylindrica*, *Xeropicta derbentina* и *Helcopsis retowskii*, в настоящее время название последнего рассматривается в качестве синонима *H. filimargo* (Balashov et al., 2020). Н. Н. Акрамовский (1970), рассматривая участие моллюсков Армении в биогеоценотических связях, указывает 17 видов наземных моллюсков в качестве первых промежуточных хозяев для ланцетовидной двуустки.

D. dendriticum обнаружен нами у зайцев в Белогорском, Симферопольском, Бахчисарайском и Раздольненском районах и в окрестностях Феодосии (табл. 1). Однако мы предполагаем, что распространён этот вид шире. Локализуется червь в жёлчных протоках печени и жёлчном пузыре, но иногда обнаруживается и в других органах - в тонкой и двенадцатиперстной кишке. При значительной инвазии (около 500 экземпляров на печень) жёлчь выглядит как черная жидкость от обилия яиц (рис. 1).

Из 45 зверьков, исследованных методом полных гельминтологических вскрытий, 17 (37,8 %) были заражены данным сосальщиком. Показатели инвазии отдельно по каждому району даны в таблице 2. Учитывая мобильность зайцев и высокие показатели инвазии, нельзя недооценивать значение этих зверьков в эпизоотологии гельминтозов сельскохозяйственных, а также охотничьих животных Крыма. Однако о паразитологической ситуации в Крыму в целом судить по этим данным преждевременно, так как не все имеющиеся выборки достаточно репрезентативны, а некоторые районы остались вообще не исследованными. По данным А. Н. Каденации (1957) трематод других видов у зайца в Крыму нет.

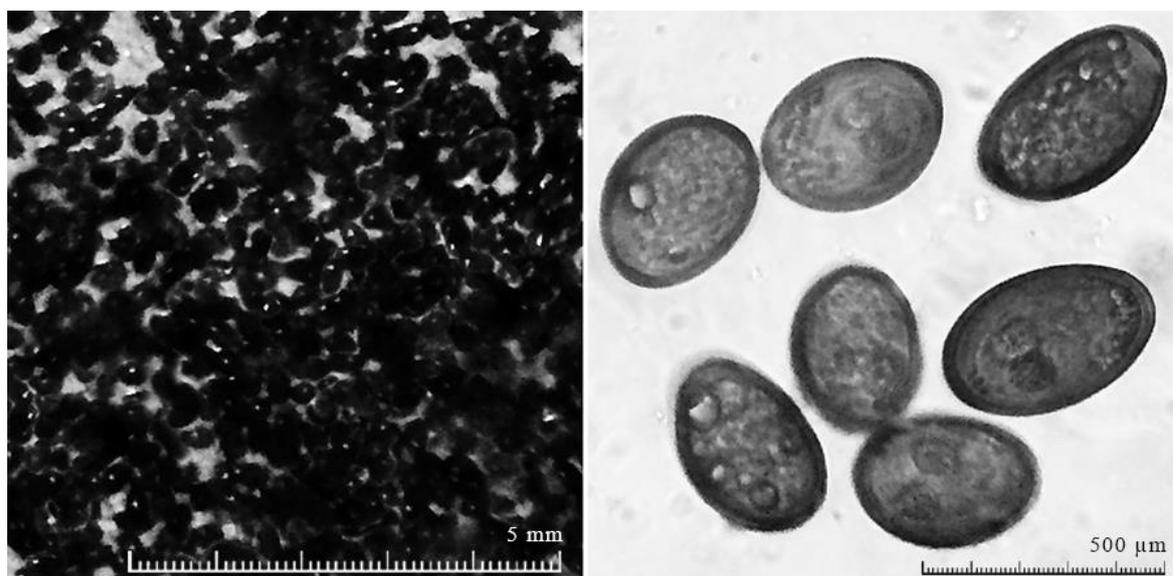


Рис. 1. Яйца *Dicrocoelium dendriticum* из жёлчного пузыря зайца-русака (*Lepus europaeus*)

Класс Cestoda Rudolphi, 1808
Отряд Cyclophyllidea van Beneden in Braun, 1900
Семейство Anoplocephalidae Cholodkowsky, 1902

2. *Andrya rhopalocephala* (Riehm, 1881)

Взрослая стадия цестоды *A. rhopalocephala* паразитирует у зайца в тонкой кишке. Нами она обнаружена у зайца, добытого в окрестностях села Насыпное (Феодосия) в количестве двух экземпляров (2 сколекса и несколько фрагментов стробилы) и у зайца из Белогорского района (два фрагмента стробилы с зрелыми члениками) (табл. 1). Таким образом лишь 4,4 % крымских зайцев заражены этой цестодой. Низкие показатели инвазии отмечены и другими авторами. По А. Н. Каденации (1957) экстенсивность инвазии достигает 3% при интенсивности 1–5 экземпляров. На данный момент промежуточные хозяева этой цестоды неизвестны. У других млекопитающих Крыма она не зарегистрирована А. Н. Каденации (1957).

3. *Mosgovoyia pectinata* (Goeze, 1782)

Нами вид не обнаружен, ранее был отмечен в тонком отделе кишечника зайца-русака на всей территории Крыма, экстенсивность инвазии – от 1,2 до 58 %, интенсивность инвазии – 1–12 экземпляров (Каденации, 1957).

4. *Cittotaenia denticulata* (Rudolphi, 1804)

Нами вид не обнаружен, отмечен в литературе (Каденации, 1957; Гвоздев и др., 1970). Хозяева – заяц-русак, кролик, паразитирует в тонком отделе кишечника. Отмечен упомянутыми авторами на всей территории Крыма. Экстенсивность инвазии – от 1,85 до 40 %, интенсивность инвазии – 2–12 экземпляров (Каденации, 1957).

Семейство Taeniidae Ludwig, 1886

5. *Taenia pisiformis* (Bloch, 1780), larvae (цепень гороховидный)

Данный вид ленточных червей в качестве дефинитивных хозяев использует разные виды собачьих: в Крыму обнаружена взрослая стадия в тонкой кишке у собак и лисиц (Каденации, 1957). Заяц же, наряду с кроликами и грызунами, является промежуточным хозяином; у него этот цепень находится на личиночной стадии (larvae, цистицерк, *Cysticercus pisiformis*) и локализуется на сальнике брыжейки, на кишке и печени (рис. 2). А. Н. Каденации (1957) регистрировал *T. pisiformis* на всей территории полуострова, нами этот цепень обнаружен у зайцев из Симферопольского, Бахчисарайского района и Феодосии (табл. 1). Стоит отметить, что из 26 исследованных зайцев из угодий Белогорского района ни один не был заражён этой цестодой. Таким образом, общая экстенсивность инвазии невысокая (табл. 2). Из 45 исследованных нами зайцев лишь у трёх (6,7 %) нами обнаружен данный вид цестод (табл. 2), интенсивность же инвазии гораздо внушительнее: только у зайца из Симферопольского района обнаружено всего 19 экземпляров, у зайца же из Бахчисарайского района – 233, а из Феодосии у одного зверька – 306 экземпляров.

6. *Taenia serialis* (Gervais, 1847), larvae

Нами вид не обнаружен, ранее был отмечен (Каденации, 1957) в предгорной зоне Крыма, экстенсивность инвазии зайцев составляла 0,2%. Окончательные хозяева – собака и лисица, промежуточные – заяц-русак, кролик; у окончательных хозяев паразитирует в тонком отделе кишечника, у промежуточных – в подкожной клетчатке и скелетной мускулатуре.

Таблица 1

Случаи обнаружения эндопаразитов зайца-русака из разных районов Крыма

Вид эндопаразита	Районы Крыма									
	Белогорский (39)	Сакский (8)	Симферопольский (7)	Раздольненский (5)	Бахчисарайский (4)	Черноморский (2)	Нижнегорский (1)	Феодосия (1)	Ленинский (*11)	Красногвардейский (*11)
<i>Dicrocoelium dendriticum</i>	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-
<i>Taenia pisiformis</i>	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>Andrya rhopalcephala</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Trichuris leporis</i>	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Protostrongylus tauricus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trichostrongylus retortaeformis</i>	+	+	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>Passalurus ambiguus</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Linguatula serrata</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Всего	6	2	6	2	4	1	1	6	1	2

Примечание к таблице. В скобках – число исследованных особей хозяина; * у зайцев из Красногвардейского и Ленинского районов исследованы только органы дыхания (лёгкие, бронхи, трахея).

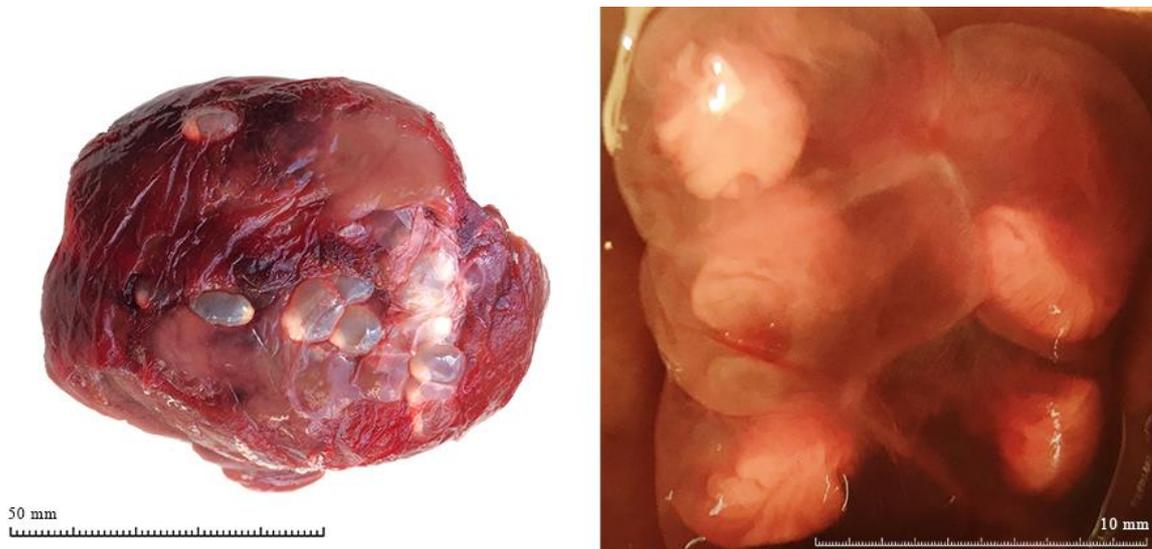


Рис. 2. Поражённая цистицерками печень зайца *Lepus europaeus* (слева) и цистицерки *Taenia pisiformis* крупным планом (справа)

Таблица 2

Показатели инвазии эндопаразитами зайца-русака из разных районов Крыма
(полное гельминтологическое вскрытие)

Районы	N	Виды паразитов															
		<i>D. dendriticum</i>		<i>A. rhopaloccephala</i>		<i>T. pisiformis</i>		<i>T. leporis</i>		<i>P. tauricus</i> *	<i>T. retortaeformis</i>		<i>P. ambiguus</i>		<i>L. serrata</i>		
		Е, %	I, экз.	Е, %	I, экз.	Е, %	I, экз.	Е, %	I, экз.		Е, %	I, экз.	Е, %	I, экз.	Е, %	I, экз.	
Белогорский	26	42,3	150,6 (3–468)	3,9	?	–	–	50,0	8,0 (1–38)	+	30,8	46,3 (1–157)	–	–	19,2	0,3 (1–3)	
Раздольненский	5	20,0	6	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	
Бахчисарайский	4	25,0	107	–	–	25,0	233	–	–	+	50,0	1 и 1257	–	–	–	–	
Симферопольский	4	75,0	37,7 (1–91)	–	–	25,0	19	25,0	6	+	50,0	169 и 421	33,3	1	–	–	
Черноморский	2	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	
Сакский	2	–	–	–	–	–	–	–	–	+	50,0	1	–	–	–	–	
Нижнегорский	1	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	
Феодосия	1	+	23	+	2	+	306	+	38	+	+	896	–	–	–	–	

Примечание к таблице. N – число исследованных особей зайца; Е – экстенсивность инвазии; I – интенсивность инвазии: средняя (min-max); * данные по *P. tauricus* представлены отдельно в таблице 3.

Тип Nematoda Rudolphi, 1808

Класс Adenophorea Linstow, 1905

Отряд Enoplida Filipjev, 1929

Семейство Trichuridae Ransom, 1911

7. *Trichuris leporis* (Frölich, 1789) (власоглав)

T. leporis использует зайца в качестве окончательного хозяина (Каденации, 1957). Промежуточных хозяев нет. Личинки развиваются в яйцах, выделенных во внешнюю среду. По данным А. Н. Каденации (1957) этот вид встречается на всей территории Крыма и имеет следующие показатели инвазии: экстенсивность – до 65,6 %; интенсивность – до 24 экз. Из 45 исследованных нами зайцев 15 (33,3 %) были заражены власоглавом. Заражённые этой нематодой зайцы обитали только в охотугодьях Белогорского и Симферопольского районов и Феодосии (табл. 1). Интенсивность инвазии обычно невысока – от 1 до 8 экземпляров, но в двух случаях у зайцев из Белогорского района и Феодосии констатируется по 38 экземпляров власоглава (табл. 2). Локализуется *T. leporis* в слепой кишке и реже – в червеобразном отростке кишечника хозяина.

Класс Chromadorea Inglis, 1983
Отряд Rhabditida Chitwood, 1933
Семейство Trichostrongylidae Leiper, 1912

8. *Trichostrongylus retortaeformis* (Zeder, 1800)

Окончательным хозяином для *T. retortaeformis* в Крыму является заяц-русак, реже кролик и тушканчик (Каденации, 1957). Выделенные во внешнюю среду личинки вылупляются из яйца и перорально попадают в новых хозяев. Нами этот характерный для зайцев вид гельминта найден в двенадцатиперстной и тонкой кишках (а также в небольшом количестве в слепой кишке и желудке) у зайцев из Белогорского, Симферопольского и Бахчисарайского районов и Феодосии (табл. 1). Общие по Крыму показатели инвазии зайца: из 26 исследованных зверей 12 были заражены этим гельминтом (46,2%). Интенсивность инвазии достигает 1257 экземпляра на одну особь хозяина. По данным А. Н. Каденации (1957) этот паразит распространён по всей территории Крыма и показатели инвазии следующие: экстенсивность – 25–100%, интенсивность – 7–158 экземпляров.

9. *Trichostrongylus colubriformis* (Giles, 1892)

Нами вид не обнаружен, ранее был отмечен (Каденации, 1957; Гвоздев и др., 1970) на всей территории Крыма. Хозяева – крупный рогатый скот, овца, коза, олень, косуля, муфлон, заяц-русак, кролик, тушканчик, локализуется в сычуге и тонком отделе кишечника. Экстенсивность инвазии у зайца – 50% (Каденации, 1957).

Семейство Rictulariidae (Hall, 1915)

10. *Rictularia* sp.

Этот гельминт нами не обнаружен. Ранее был известен в горно-лесной зоне Крыма (Каденации, 1957; Гвоздев и др., 1970). Хозяева – заяц-русак и кролик, паразитирует в тонком отделе кишечника.

Семейство Oxyuridae Cobbold, 1864

11. *Passalurus ambiguus* (Rudolphi, 1819)

P. ambiguus – паразит зайцеобразных, преимущественно кроликов (Каденации, 1957). Развитие происходит без промежуточного хозяина. Это вид гельминта для зайцев (и кроликов) Крыма отмечался А. Н. Каденации (1957) и Д. Д. Завалеевой (1969). Причём, по данным первого автора, он распространён по всей территории полуострова, а интенсивность инвазии иногда довольно высока – до 511 экземпляров у одной особи. В нашем исследовании лишь однажды был обнаружен один экземпляр этой нематоды в червеобразном отростке слепой кишки зайца из Симферопольского района (табл. 1).

Класс Secernentea Linstow, 1905
Отряд Strongylida Molin, 1861
Семейство Protostrongylidae Leiper, 1926

12. *Protostrongylus tauricus* Schulz et Kadenazii, 1949

Лёгочная нематода *P. tauricus* массово паразитирует у крымских зайцев, которые являются окончательными хозяевами для данного паразита (Каденации, 1957).

Промежуточными являются наземные моллюски *Xeropicta krynickii*, *Helix sp.*, *Succinea sp.* и другие (Гвоздев и др., 1970). В организме этих улиток личинки нематоды достигают инвазионной стадии. Э. Н. Король (1990), при исследовании паразитов наземных моллюсков Крыма, *P. tauricus* удалось обнаружить только у *Helix albescens*. Современные исследования показывают, что потенциально счёт видов моллюсков, в том числе обитающих в Крыму, которые могут служить промежуточными хозяевами для *P. tauricus*, может идти на десятки (Мовсеян и др., 2010).

По нашим данным *P. tauricus* широко распространена по полуострову: во всех без исключения исследованных районах Крыма нами обнаружена эта нематода (табл. 1). А. Н. Каденации (1957) сообщал, что *P. tauricus* характерна только для горно-лесной и предгорной зон Крыма. Наши же исследования показывают, что этот вид гельминта распространён и в таких типично степных районах как Красногвардейский, Черноморский, Нижнегорский, Ленинский, Сакский, Раздольненский и в Феодосии. Общая по полуострову экстенсивность инвазии по нашим данным составила 71,9 %. Удивительно велика интенсивность инвазии этой нематодой (табл. 3). Например, у зайцев из охотугодий Красногвардейского района нами отмечено 4480 взрослых экземпляров в лёгких одного зайца. По данным А. Н. Каденации (1957) максимальная интенсивность достигает 8250 экземпляров. Учитывая, что эта нематода массово локализуется в лёгких животного (рис. 3) и приводит к патологическим изменениям этого органа – травматической эрозии сосудов и альвеол, уменьшению поверхности газообмена, можно с уверенностью сказать, что она наносит существенный ущерб здоровью зайца, и, соответственно, отрицательно влияет на численность этого зверя в Крыму. «Наиболее опасными паразитами зайцев» называет *P. tauricus* В. Л. Контримавичус (1959, стр. 138).

Стоит также добавить, что личинки *P. tauricus*, вылупляющиеся из яйца здесь же, в лёгких зайца, необыкновенно жизнестойки. Так, в экспериментах, проведённых нами, личинки оставались живыми после влияния на них температуры в -25 С° в течение трёх лет, а в фекалиях зайца выдерживали полное высыхание до полугода и сохраняли активность после помещения в воду до 90 дней (Стрюков и др., 2019). *P. tauricus* – специфичный паразит зайца и данные о паразитировании его у других животных отсутствуют (Каденации, 1957).

Таблица 3
Заражённость зайца-русака лёгочной нематодой *Protostrongylus tauricus* в Крыму

Районы исследования	Число исследованных органов (лёгких)	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, средняя (min-max), экз.
Белогорский	39	74,4	95,0 (1–850)
Красногвардейский	11	81,8	671,9 (108–4480)
Ленинский	11	63,6	43,4 (9–180)
Сакский	8	87,5	57,0 (6–210)
Симферопольский	7	57,1	21,0 (3–34)
Раздольненский	5	60,0	126,7 (3–372)
Бахчисарайский	4	25,0	?
Черноморский	2	100	33–41
Нижнегорский	1	100	9
Феодосия	1	100	71

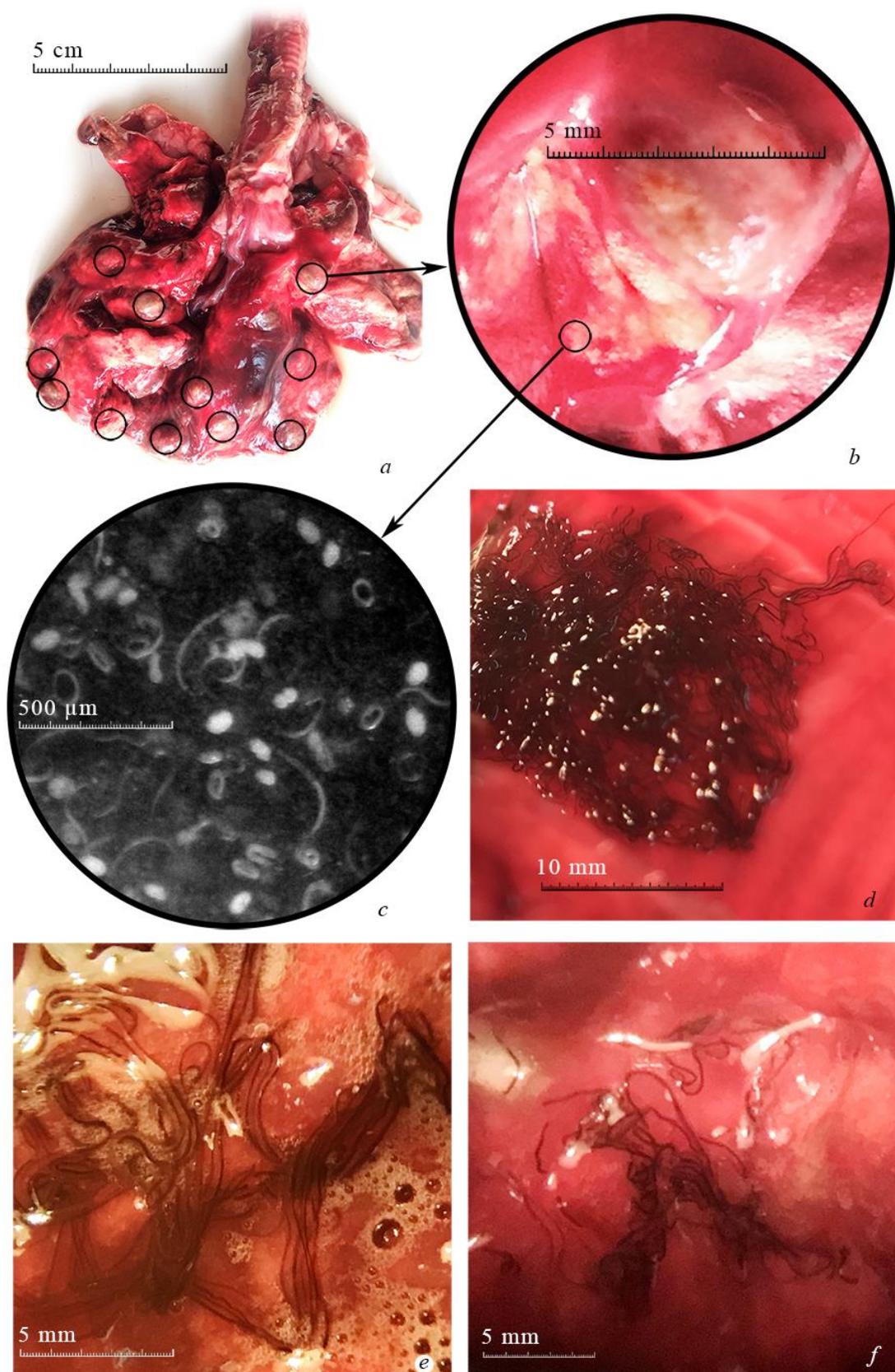


Рис. 3. Поражённые нематодой *Protostrongylus tauricus* лёгкие зайца *Lepus europaeus* (a,b), личинки и яйца *P. tauricus* из лёгких зайца (c) и взрослые черви в трахее (d) и лёгких (e, f)

Тип Arthropoda Latreille 1829

Класс Maxillopoda Dahl 1956

Подкласс Pentastomida Diesing, 1836

Отряд Porocephalida Heymons, 1935

Семейство Linguatulidae Heymons, 1935

13. *Linguatula serrata* Frölich, 1789, larvae (язычковый червь)

Язычковый червь – эндопаразит с широким кругом хозяев: окончательными могут быть собаки, волки, лисы; промежуточными – коровы, овцы, козы, косули, кролики, зайцы (Павловский, 1948). У дефинитивных хозяев этот паразит локализуется в носовых ходах и лобных пазухах. Яйца попадают во внешнюю среду (в том числе и на траву) при выделении слизи (чихание). Заражённую траву поедают промежуточные хозяева. После этого из яйца выходит личинка (рис. 4), которая пробуравливает стенку кишки и через лимфатическую систему попадает в лёгкие или по кровеносным сосудам в печень. Здесь личинка растёт, линяет и достигает инвазионной стадии и мигрирует в грудную и брюшную полость промежуточного хозяина. В окончательного хозяина личинка попадает со съеденным мясом промежуточного. Из желудка она проникает в полость носа и превращается во взрослого паразита. Важно то, что человек может быть хозяином этого паразита, причём в редких случаях окончательным, а чаще – промежуточным (Павловский, 1948).

Впервые для Крыма этот язычковый червь (1 экземпляр) был отмечен в 2018 году в лёгких зайца из Красногвардейского района (Семёхина, Стрюков, 2020). Позже у пяти зайцев из Белогорского района нами были обнаружены данные эндопаразиты (табл. 1). У двух из пяти зайцев *L. serrata* найдена в лёгких, у трёх зверьков – в разных отделах кишечника (двенадцатиперстная, тощая, слепая) (рис. 4). Интенсивность заражения низкая, обычно по одному экземпляру на хозяина. Лишь у одного зайца обнаружено сразу 3 экземпляра пятиустки. Наличие этого паразита в нашей фауне представляет потенциальную опасность не только для диких и домашних животных, но и для человека.

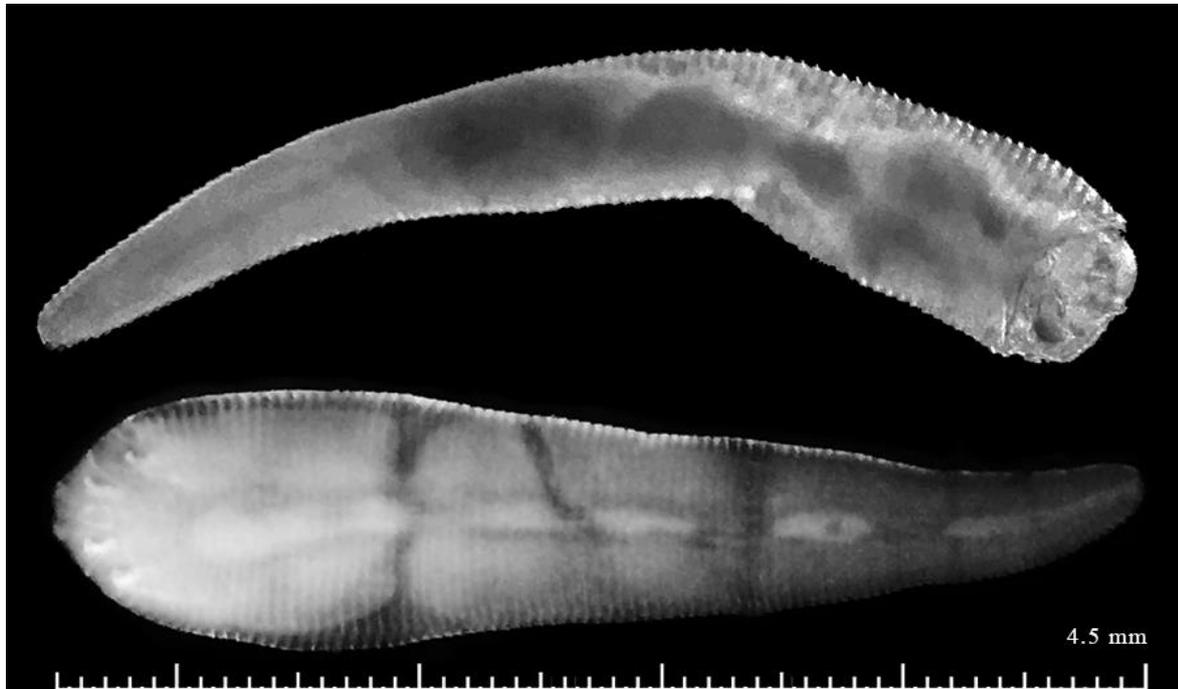


Рис. 4. Личинка *Linguatula serrata* из слепой кишки зайца *Lepus europaeus*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полное гельминтологическое обследование 45 особей крымских зайцев показало, что большинство из них заражено тем или иным видом паразита. Полностью свободными от паразитов оказалось лишь 3 особи (6,7 %) из Бахчисарайского, Симферопольского и Раздольненского районов, причём зайцы из первых двух районов были молодыми (сеголетки) и добыты (подобраны на дороге) в июне и сентябре. Заражёнными одним видом паразита оказалось 19 зайцев (42,2 %), двумя видами – 9 (20 %), тремя – также 9 особей (20 %), четырьмя – 3 особи (6,7 %), пятью и шестью видами паразитов было заражено всего по одному зайцу (по 2,2 %, соответственно). Заяц, заражённый максимальным числом паразитов, был добыт в селе Насыпное (возле Феодосии) 23 декабря 2020 года. У него были отмечены все виды из числа обнаруженных нами в процессе данного исследования эндопаразитов кроме *P. ambiguus* и *L. serrata*.

Наиболее массовым паразитом зайца-русака в Крыму является лёгочная нематода *P. tauricus*. Она обнаружена во всех исследованных районах Крыма. Учитывая высокие показатели инвазии (табл. 3), а также заметные патологические изменения в лёгких (рис. 3), мы считаем именно этот вид паразита наиболее опасным для зайца в Крыму. Также к значимым видам можно отнести трематоду *D. dendriticum* и цестоду *T. pisiformis*, в большом количестве обнаруженных в печени зайцев из некоторых районов Крыма. К числу часто и в большом числе встречающихся паразитов можно отнести и кишечную нематоду *T. retortaeformis*, однако заметных изменений органа (кишечника) она не вызывает. Остальные виды встречаются гораздо реже и не имеют существенного эпизоотологического значения.

Благодарности. Авторы выражают благодарность А. Б. Гринченко за помощь в сборе материала.

Список литературы

- Акрамовский Н. Н. Биоценотические связи моллюсков Армении и роль этих животных в круговороте вещества и энергии // Академия наук Армянской ССР. Зоологический сборник. – 1970. – Вып. XV. – С. 150–214.
- Гвоздев Е. В., Контримавичус В. Л., Рыжиков К. М., Шалдыбин Л. С. Определитель гельминтов зайцеобразных. – Москва: «Наука», 1970. – 232 с.
- Завалеева Д. Д. К изучению гельминтофауны грызунов Крыма // Материалы обл. конф. молод. учёных Крыма. – Симферополь. – 1969. – С. 43–45.
- Исайчиков И. М. К фауне паразитических червей домашних плотоядных Крыма. I. Паразитические черви собак // Ученые труды Сибирского ветеринарного института. – 1925а. – Вып. 6. – С. 47–106.
- Исайчиков И. М. К фауне паразитических червей домашних грызунов Крыма. II. Паразитические черви кошек // Ученые труды Сибирского ветеринарного института. – 1925б. – Вып. 6. – С. 107–125.
- Каденации А. Н. К фауне паразитических червей муфлона в Крыму // Научно-методические записки. – Вып. 8. – 1941. – С. 87–88.
- Каденации А. Н., Амелина О.А. Неоаскаридоз телят в Крыму // Ветеринария. – № 3. – 1947. – С. 19.
- Каденации А. Н. Гельминтофауна млекопитающих Крыма и опыт оздоровления домашних животных от основных гельминтозов. – Труды ГЕЛАН. – 1957. – 109 с.
- Коваленко И. С., Стрюков А. А. Видовой состав гельминтов серой крысы (*Rattus norvegicus*) в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2013. – Вып. 9. – С. 177–184.
- Контримавичус В. Л. Гельминтофауна зайцев СССР и опыт её зоогеографического анализа // Труды Гельминтологической лаборатории. – 1959. – Т. IX. – С. 133–144.
- Король Э. Н. Паразиты наземных моллюсков Крыма: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – М., 1990. – 18 с.
- Леонов С. В. Наземные моллюски (Mollusca; Gastropoda) Крыма: список видов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 14–19.
- Мовсесян С. О., Бояхчян Г. А., Чубарян Ф. А. и др. Роль моллюсков в формировании биологического разнообразия нематод легких (Protostrongylidae) у животных // Российский паразитологический журнал. – 2010. – № 3. – С. 43–60.
- Павловский Е. Н. Руководство по паразитологии человека. – Москва–Ленинград, изд-во: АН СССР, 1948. – Т. II. – 1022 с.
- Рухлядев Д. П. Гельминтофауна диких парнокопытных животных Крыма и Кавказа в эколого-зоогеографическом освещении. – Саратов: изд-во Саратовского университета, 1964. – 449 с.

Семёхина М. И., Стрюков А. А. Случай обнаружения *Linguatula serrata* у зайца-русака в Крыму // Студенческий: электрон. научн. журн. 2020. № 9 (95). URL: <https://sibac.info/journal/student/95/172321> (дата обращения: 09.02.2022).

Стрюков А. А., Юрченко К. А., Гринченко А. Б. О заражённости зайца-русака *Lepus europaeus* лёгочной нематодой *Protostrongylus tauricus* Schulz et Kadenazii, 1949 в Крыму // Крымский гуманитарный вестник. – 2019. – № 3. – 169–172.

Стрюков А. А., Юрченко К. А. К изучению гельминтофауны зайца-русака в Крыму // Устойчивое ноосферное развитие. Научная межвузовская конференция, посвящённая 156-летию со дня рождения В. И. Вернадского. – 2019. – С. 70–71.

Яковенко И. М., Шафиев Р. М. Географические аспекты развития охотничьего хозяйства Крыма // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «География». – 2013. – Т. 26 (65). – № 4. – С. 183–193.

Balashov I. A., Neiber M. T., Hausdorf B. Phylogeny, species delimitation and population structure of the steppe-inhabiting land snail genus *Helicopsis* in Eastern Europe // Zoological Journal of the Linnean Society. – 2020. – Vol. XX. – P. 1–18.

Lanoë F. B., Péana S., Yanevich A. Saiga antelope hunting in Crimea at the Pleistocene–Holocene transition: the site of Buran-Kaya III Layer 4 // Journal of Archaeological Science. – 2015. – Vol. 54. – P. 270–278.

Markova A. K. Small Mammals from the Palaeolithic Site of Kabazi II, Western Crimea // Kabazi II: Last Interglacial occupation, Environment & Subsistence. Edited by: V. Chabai, J. Richter, Th. Uthmeier. – The Palaeolithic Sites of Crimea, vol. 1. – Simferopol–Cologne. – 2005. – P. 51–65.

Stryukov A. A., Leonov S. V., Sogrin D. A. Endoparasites of the brown hare (*Lepus europaeus*) in the Crimea: an annotated checklist and invasion indicators // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 58–69.

An annotated list of 13 species of brown hare *Lepus europaeus* endoparasites with indicators of invasion in the Crimea is given: 12 species of helminths – trematodes (1 species) – *Dicrocoelium dendriticum*, cestodes (5 species) – *Andrya rhopalocephala*, *Mosgovoyia pectinata*, *Cittotaenia denticulata*, *Taenia pisiformis*, *Taenia serialis* and nematodes (6 species) – *Trichuris leporis*, *Trichostrongylus retortaeformis*, *Trichostrongylus colubriformis*, *Rictularia sp.*, *Passalurus ambiguus*, *Protostrongylus tauricus*, as well as 1 arthropod species – *Linguatula serrata*. After investigation of 89 hare specimens from different regions of the Crimea, 8 of the indicated species of endoparasites were registered. According to the results of 45 complete helminthological dissections, 3 hare individuals (6.7 %) were completely free from parasites, 19 (42.2 %) were infected with 1 parasite species, 9 (20 %) – with 2 species, 9 (20 %) – with 3 species, 3 (6.7 %) – with 4 species, 1 (2.2 %) – with 5 species, and 1 (2.2 %) – with 6 species. The most widespread hare parasite in the Crimea is the lung nematode *P. tauricus*. It was found in all the studied regions of the Crimea. The authors consider this species to be the most dangerous for a hare in the Crimea. Other relevant species are trematode *D. reticulatum* and cestode *T. pisiformis*, found in a large number in the liver of hares from some regions of the Crimea. The intestinal nematode *T. retortaeformis* is one of the frequent and numerous parasites, but it does not cause noticeable changes in the organ (intestine). Other species are much rarer and have no significant epizootological significance.

Key words: *Lepus europaeus*, Trematoda, Cestoda, Nematoda, Pentastomida, Crimea.

Поступила в редакцию 17.02.22

Принята к печати 15.03.22

УДК 599:614.449(292.471)

Результаты эколого-топологического мониторинга мелких млекопитающих Крыма с учётом их природно-очаговой зоонозности

Владычак В. В.¹, Кобечинская В. Г.², Коваленко И. С.¹,
Абибулаев Д. Э.¹, Якунин С.Н.¹, Тихонов С. Н.¹

¹ Противочумная станция Республики Крым
Симферополь, Республика Крым, Россия
vladychak.victor@mail.ru

² Институт биохимических технологий, экологии и фармации Крымского федерального университета
имени В. И. Вернадского,
Симферополь, Республика Крым, Россия
valekohome@mail.ru

Изложены результаты анализа многолетней динамики распространения мелких млекопитающих на территории Крыма. Определены доминирующие виды в различных ландшафтных зонах полуострова. Обозначена роль отдельных видов мелких млекопитающих в функционировании природных очагов различных видов инфекций, возбудители которых циркулируют на территории Крыма. Из всех природно-очаговых зоонозных инфекций лептоспироз регистрируется наиболее часто во всех природных зонах с наибольшим количеством выявлений у видов, обитающих в горной зоне (69,6 %). Положительные находки на туляремию выявляются во всех природных зонах практически с одинаковой частотой (22,9–26,1 %). Главными носителями, содержащими возбудитель туляремии по данным исследованиям, являются малая белозубка (*Crocidura suaveolens*), общественная полевка (*Microtus socialis*), степная мышь (*Sylvaeemus witherbyi*) и домовая мышь (*Mus musculus*). Возбудитель хантавирусной инфекции зарегистрирован с наибольшей частотой в степной зоне (66,7 %). Положительные находки возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ) зарегистрированы на территории степной зоны (19,6 %). В горной и предгорной зонах полуострова возбудители этой инфекции в мелких млекопитающих не отмечены.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, зоонозность, природно-очаговые инфекции, мониторинг, фоновый вид, Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросу изучения экологии, биологии и территориальной приуроченности мелких млекопитающих, имеющих большое экономическое и эпидемиологическое значение, посвящено много работ как в Российской Федерации (Бондаренко и др., 1977; Алексеев и др., 1989; Кучерук, Карасева, 1992; Дулицкий, 2001; Бондаренко, Утенкова, 2009; Леман, 2020 и др.), так и за рубежом (Schmaljohn, Hjelle, 1997; Adler et al, 2002; Ellis et al., 2002; Красавцев и др., 2013; Foley, Piovia-Scott, 2014; Алымкулова и др., 2019; Combs, 2022 и др.). Это обусловлено тем, что они занимают ведущее положение в циркуляции возбудителей многих зоонозных инфекций и часто являются главными прокормителями разнообразных кровососущих членистоногих, которые, в свою очередь, обеспечивают циркуляцию опасных трансмиссивных заболеваний (Товпинец и др., 1988; Маркешин, 1994; Костин, Дулицкий, 1999; Кучерук, 2006; Кравцов и др., 2013; Тарасов, 2016).

Несмотря на островную обедненность фауны мелких млекопитающих Крымского полуострова – всего 21 вид, относящийся к двум отрядам: насекомоядные (Insectivora) и грызуны (Rodentia) – они играют существенную роль в поддержании активности природных очагов ряда зоонозов (Алексеев и др., 1989).

Активное преобразование территорий обитания мелких млекопитающих (вырубка леса после пожаров, распашка степей, осушение и освоение русел малых рек, развитие сферы активного туризма) привело к резкому увеличению антропогенной нагрузки на природные

экосистемы полуострова и уменьшению их зон естественного обитания. Становится важным фактором и изменение климатических показателей на территории Крыма в рамках глобального потепления. По данным исследований климата Крыма В. П. Нестеренко (2016) отмечено, что за последние 20 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась на $1,24 \pm 0,06^\circ\text{C}$, осадки в зимний период в среднем увеличились на 62 ± 15 мм. Мягкие зимние температурные показатели благоприятно влияют на увеличение численности мелких млекопитающих, и как следствие, это ведет к увеличению частоты возможного контакта их с человеком. Также изменение климата в сторону более теплых показателей создает предпосылки для расселения и укоренения завезенных новых возбудителей, а также видов резервуаров и переносчиков, которые могут стать недостающим звеном в развитии той или иной новой нозологии (Кучерук, Карасева, 1992).

Таким образом, влияние экологических факторов на территорию Крыма как природного, так и антропогенного происхождения существенно повышает риски осложнения эпидемической ситуации и возникновения вспышек зоонозных инфекций. Поэтому основной задачей при изучении мелких млекопитающих Крыма является необходимость проведения мониторинга территории полуострова по уточнению современных реально существующих границ природных очагов инфекций с выявлением доминирующих видов в различных ландшафтных зонах, для последующего учета этих данных при планировании преобразования территории и разработке новых туристических маршрутов.

Цель наших исследований – анализ многолетней динамики распространения мелких млекопитающих на территории Крыма, с учётом их природно-очаговой зоонозности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе Федерального государственного казенного учреждения здравоохранения «Противочумная станция Республики Крым» Роспотребнадзора, согласно методическим рекомендациям «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекционных болезней. МР 3.1. 0211-20 (2020) и с соблюдением требований СанПин 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» (2021) Все работы выполнялись в соответствии с законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, действующими в сфере эпидемиологии и экологии, основ трудового законодательства. Все латинские наименования животных приводятся по А. А. Лисовскому (2019).

Для отлова мелких млекопитающих (грызунов, насекомоядных) применяли плашки (давилки Геро) с трапом или без него. Минимальной учетной единицей для каждой станции обитания видов считали 100 ловушко-ночей (ловушко-суток). Основным показателем численности – число зверьков (общее и по видам), попавших в такое количество ловушек. Орудия лова расставлялись в 2 или 4 линии (не ближе 50 метров одна от другой) соответственно, по 50 и 25 ловушек согласно принятым методикам учета (Карасева и др., 2008; Шефтель, 2018). Для каждого вида вычислялся индекс доминирования (далее ИД), отображающий отношение числа особей какого-либо вида к общему числу видов в биоценозе, согласно МУ 3.1.3012-12 (2012):

$$Di = \frac{n_i}{N} * 100,$$

где: Di – индекс доминирования, n_i – число особей вида, N – число видов.

Собранный материал снабжался этикеткой, в которой указывались: вид материала, адрес сбора, биотоп (станцию), дату отлова, общее количество отловленных животных, в том числе по видам, после чего материал помещали в контейнер для транспортировки в лабораторию, где специалисты проводили детальный анализ по выявлению на инфицированность позвоночных животных с установлением их спектра. Все полученные результаты обрабатывались стандартными методами математической статистики (Шмойлова, 2002).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За весь период нашего обследования территории полуострова (2015–2020 годов) было отработано 19671 ловушко/суток, отловлено 2231 экземпляров мелких млекопитающих в различных станциях в трех ландшафтно-климатических зонах Крыма – горной, предгорной и степной. Наиболее часто встречающиеся в отловах виды представлены в таблице 1.

Таблица 1
Виды мелких млекопитающих, встречавшихся наиболее часто в отловах (2015–2020 годов) по территории полуострова

Отряд	Вид	Русское название
Rodentia	<i>Sylvaemus witherbyi</i> , Thomas, 1902	Степная мышь
	<i>Sylvaemus flavicollis (tauricus)</i> , Melchior, 1834	Желтогорлая мышь
	<i>Sylvaemus uralensis</i> , Pallas, 1811	Малая лесная мышь
	<i>Mus musculus</i> , Linnaeus, 1758	Домовая мышь
	<i>Mus spicilegus</i> , Petenyi, 1882	Курганчиковая мышь
	<i>Microtus socialis</i> , Pallas, 1773	Общественная полевка
	<i>Microtus arvalis (obscurus)</i> , Pallas, 1778	Алтайская полевка
	<i>Cricetus cricetus</i> , Linnaeus, 1758	Хомяк обыкновенный
	<i>Cricetulus migratorius</i> , Pallas, 1773	Серый хомячок
	<i>Rattus norvegicus</i> , Berkenhout, 1769	Серая крыса
	<i>Sicista lorigera</i> , Nathusius, 1840	Южная мышовка
Insectivora	<i>Crocidura suaveolens</i> , Pallas, 1811	Малая белозубка
	<i>Crocidura leucodon</i> , Hermann, 1780	Белобрюхая белозубка

Горная зона занимает приблизительно 10 % территории полуострова. Здесь было выставлено 2005 ловушек и отловлено 175 экземпляров мелких млекопитающих (средняя численность 8,7 экз. на 100 ловушко/суток) (табл. 2). Доминирующими видами мелких млекопитающих в этой природной зоне является степная мышь (*S. witherbyi*) – ИД 41,8 %, обыкновенная полевка (*M. arvalis (obscurus)*) – ИД 30,8 %, желтогорлая мышь (*S. flavicollis (tauricus)*) – ИД 21,7 %. Фаунистический спектр наиболее узкий по сравнению с остальными ландшафтно-климатическими зонами. Встречаемость в отловах *M. musculus* и *S. uralensis* минимальна.

Таблица 2
Результаты отлова мелких млекопитающих в горной зоне Крыма с 2015 по 2020 год

Вид	Количество экземпляров	Индекс доминирования, %	Количество на 100 ловушек/суток
<i>Microtus arvalis (obscurus)</i>	54	30,8	3,0
<i>Sylvaemus flavicollis (tauricus)</i>	38	21,7	2,1
<i>Sylvaemus witherbyi</i>	73	41,8	4,1
<i>Mus musculus</i>	9	5,1	0,5
<i>Sylvaemus uralensis</i>	1	0,6	0,05

В предгорной зоне, занимающей приблизительно 20 % территории полуострова, накоплено 4799 ловушко/суток и отловлено 533 экземпляра мелких млекопитающих (средняя численность 11,1 экз. на 100 ловушко/суток). Результаты отлова мелких млекопитающих в предгорной зоне Крыма за период с 2015 по 2020 годы представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты отлова мелких млекопитающих в предгорной зоне Крыма с 2015 по 2020 год

Вид	Количество экземпляров	Индекс доминирования, %	Количество на 100 ловушек/ суток
<i>Microtus socialis</i>	193	36,2	4,1
<i>Mus spicilegus</i>	11	2,0	0,2
<i>Sylvaemus flavicollis (tauricus)</i>	13	2,4	0,3
<i>Sylvaemus witherbyi</i>	190	35,6	4,0
<i>Cricetulus migratorius</i>	4	0,75	0,1
<i>Crocidura suaveolens</i>	22	4,1	0,5
<i>Microtus arvalis (obscurus)</i>	40	7,5	0,9
<i>Mus musculus</i>	42	7,8	0,9
<i>Sylvaemus uralensis</i>	14	2,6	0,3
<i>Rattus norvegicus</i>	4	0,7	0,1

Доминирующими видами мелких млекопитающих предгорной зоны является общественная полевка (*M. socialis*) – ИД 36,2 % и степная мышь (*S. witherbyi*) ИД 35,6 % (190–193 экз.). Ко второй группе по численности особей, которые встречались в ловушках, можно отнести: обыкновенную полевку (*M. arvalis (obscurus)*), домовую мышь (*M. musculus*), малую белозубку (*C. suaveolens*) – 22–42 экз. Самая низкая встречаемость в отловах серого хомячка (*C. migratorius*) и серой крысы (*R. norvegicus*).

Наиболее широкий спектр видов выявлен за годы исследований в степной части полуострова, который занимает 70% территории Крыма (таблица 4). За весь период исследования накоплено 12867 ловушко/суток и отловлено 1523 экземпляров мелких млекопитающих (здесь самая высокая средняя численность – 11,8 экземпляра на 100 ловушко/суток).

Таблица 4

Результаты отлова мелких млекопитающих в степной зоне Крыма с 2015 по 2020 год

Вид	Количество экземпляров	Индекс доминирования, %	Количество на 100 ловушек/ суток
<i>Cricetulus migratorius</i>	9	0,6	0,06
<i>Cricetus cricetus</i>	4	0,2	0,03
<i>Crocidura leucodon</i>	10	0,7	0,07
<i>Crocidura suaveolens</i>	258	17,2	2,0
<i>Microtus arvalis (obscurus)</i>	21	1,4	0,16
<i>Microtus socialis</i>	314	19,1	2,2
<i>Mus musculus</i>	349	23,3	2,7
<i>Mus spicilegus</i>	44	2,9	0,3
<i>Rattus norvegicus</i>	17	1,1	0,1
<i>Sicista lorigera</i>	3	0,2	0,02
<i>Sylvaemus witherbyi</i>	489	32,6	3,8
<i>Sylvaemus flavicollis (tauricus)</i>	2	0,1	0,01
<i>Microtus levis (rossiaemeridionalis)</i>	3	0,2	0,02

Доминирующими видами на этой территории Крымского полуострова являются степная мышь (*S. witherbyi*) – ИД 32,6 %, домовая мышь (*M. musculus*) – ИД 23,3 %, общественная полевка (*M. socialis*) – ИД 19,1 %, малая белозубка (*C. suaveolens*) – ИД 17,2 %. В отловах встретились в сумме за 5 лет особи данных видов от 489 до 258 экземпляров. К видам со средней численностью особей в отловах можно отнести курганчиковую мышь (*Mus spicilegus*) и обыкновенную полевку (*Microtus arvalis (obscurus)*) – 17–21 экземпляров. Наиболее редко (не по причине редкости видов как таковых (за исключением южной мышовки – действительно редкого вида), а в связи с неравномерным распределением точек отлова по разным зонам полуострова) встречались виды: желтогорлая мышь (*S. flavicollis (tauricus)*), восточноевропейская полевка (*M. rossiaemeridionalis (levis)*), южная (степная) мышовка (*S. lorigera*), обыкновенный хомяк (*C. cricetus*) – 2–4 экземпляра.

Представляет интерес более детально рассмотреть динамику численности популяций видов отрядов Грызунов и Насекомоядных по годам исследований в этих трех климатических зонах (рис. 1–3).

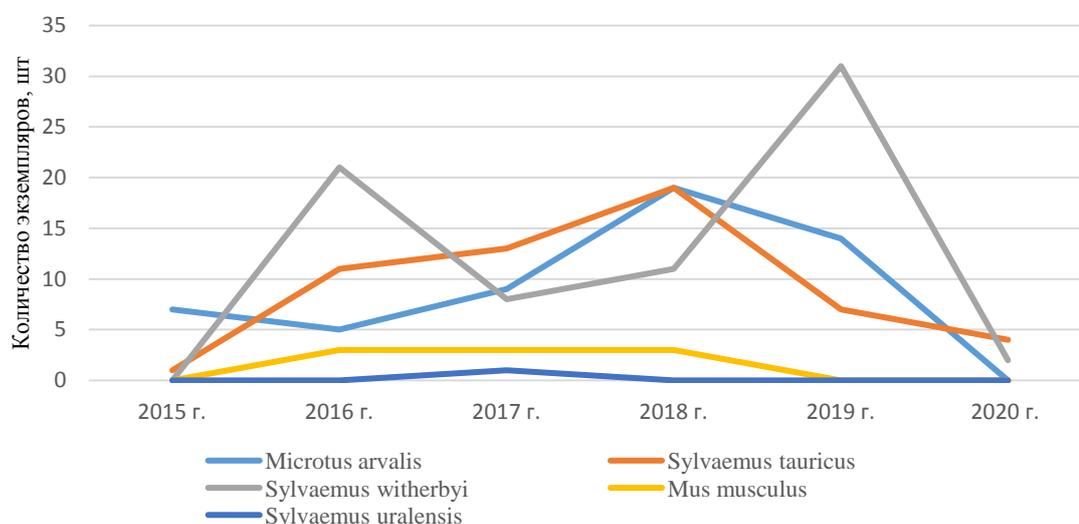


Рис. 1. Динамика численности основных видов мелких млекопитающих на территории горной зоны Крыма (2015–2020 годов)

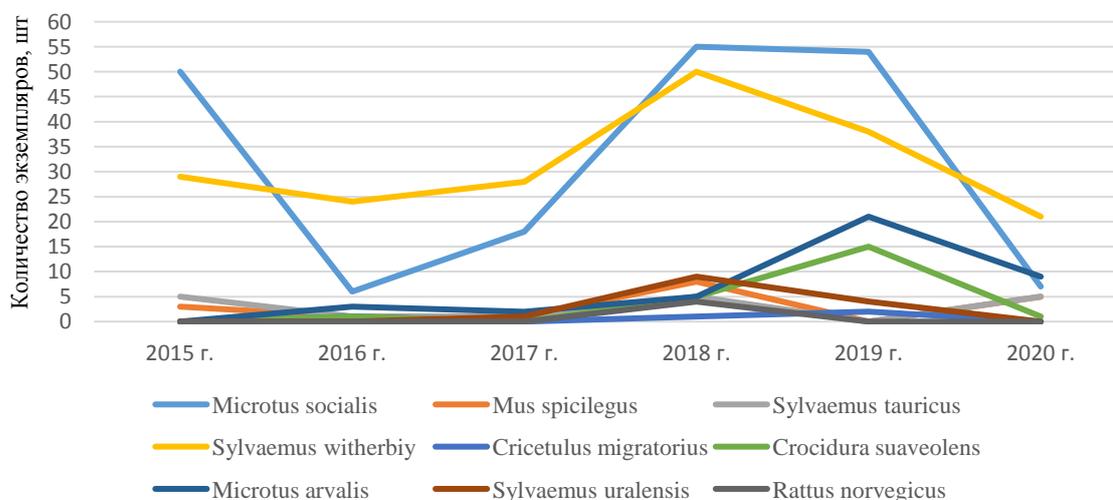


Рис. 2. Динамика численности основных видов мелких млекопитающих на территории предгорной зоны Крыма (2015–2020 годов)

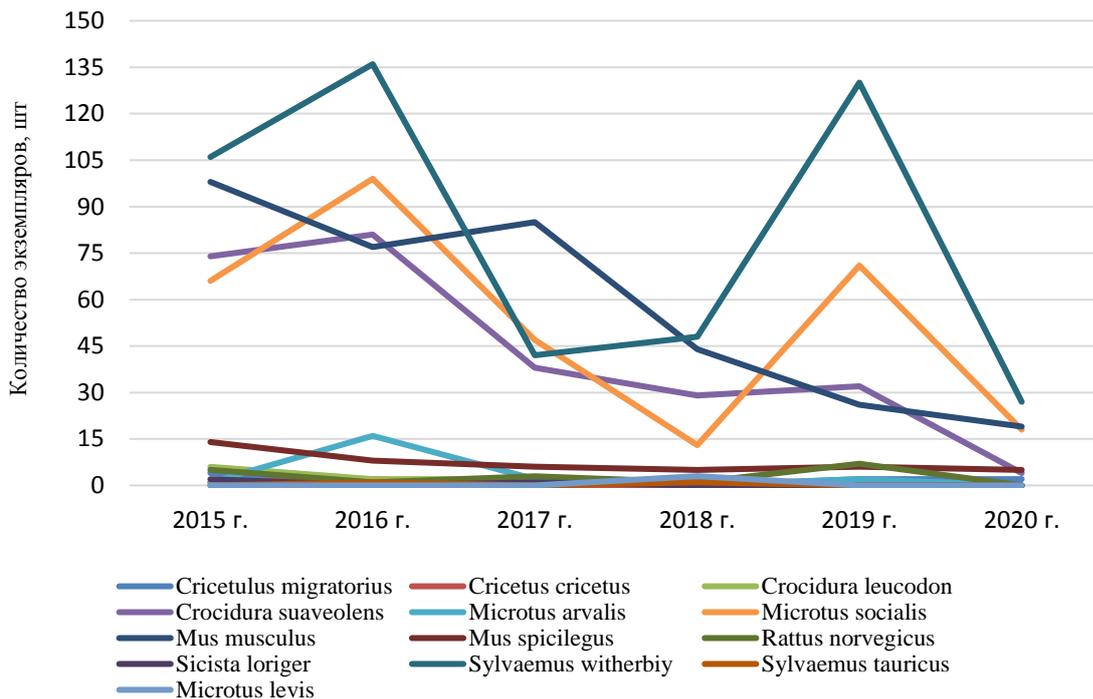


Рис. 3. Динамика численности основных видов мелких млекопитающих на территории степной зоны Крыма (2015–2020 годов)

Четко выявляется два максимума по численности экземпляров в отловах на территории горной зоны в 2016 и 2019 годах для степной мыши (*S. witherbyi*). Наиболее значимое число особей из популяций желтогорлой мыши (*S. flavicollis (tauricus)*) и малой лесной мыши (*S uralensis*) отмечены в 2018 году, для остальных видов эти колебания по годам исследования не существенны.

Проводя динамическое сравнение численности мелких млекопитающих в предгорной зоне (рис. 2) можно отметить, что на данной территории Крымского полуострова наибольшие колебания численности имеют общественная полевка (*M. socialis*), для которой 2015, 2018, 2019 годы оказались самыми благоприятными для роста популяций данного вида. В 2016 году было отмечено резкое снижение этого показателя. Для степной мыши (*S. witherbyi*) пиком численности являются 2018–2019 годы. Остальные виды показывают примерно равномерные колебания численности без резких подъемов и спадов, за исключением 2019 года, когда заметно возрастание популяции малой белозубки (*C. suaveolens*) и обыкновенной полевки (*M. arvalis (obscurus)*).

Численность основных видов мелких млекопитающих в степной зоне не постоянна и имеет ярко выраженные пики подъема и депрессии численности (рисунок 3). У общественной полевки (*M. socialis*) пик вылова приходился на 2016 и 2019 годы, а депрессия для данного вида отмечена в 2018 году.

Для малой белозубки (*C. suaveolens*) пик численности приходился на 2016 год, начиная с середины 2017 года шло снижение отлова особей данного вида. Для степной мыши (*S. witherbyi*) пик численности приходился на 2016 и 2019 годы. Снижение этого показателя наблюдалось в период 2017–2018 годы. Для домового мыши (*M. musculus*) 2016–2017 годы являлись самыми благоприятными, их численность оставалась стабильной. Начиная с 2018 года, численность особей в отловах этого вида значительно сократилась, остальные виды мелких млекопитающих за весь период исследования данной зоны оставались достаточно стабильными без резких колебаний численности.

К основным причинам исследуемой многолетней динамики численности ведущих представителей мелких млекопитающих полуострова нужно отнести факторы как природного (в ответ на возникновение благоприятных условий для размножения и увеличения или плотности численности, возможны вспышки эпизоотий, которые приводят к гибели большого числа особей популяции), так и антропогенного характера (изменение кормовой базы и сокращение мест обитания видов мелких млекопитающих вследствие антропогенного преобразования территорий).

Анализ распределения положительных находок возбудителей природно-очаговых инфекций по природным зонам Крымского полуострова выявил определенные закономерности (рис. 4).

Положительные результаты при исследовании мелких млекопитающих в горной зоне на наличие возбудителей природно-очаговых инфекций выявлены: по туляремии – у обыкновенной полевки (*M. arvalis (obscurus)*) – 9 %, степной мыши (*S. witherbyi*) – 1 %; по лептоспирозу – у желтогорлой (*S. flavicollis (tauricus)*) – 6,4 % и степной мышью (*S. witherbyi*) – 4,2 %; по хантавирусам – у степной мыши (*S. witherbyi*) – 1 %, носителей иксодовых клещевых боррелиозов по нашим сборам не обнаружено.

Положительные результаты при исследовании мелких млекопитающих предгорной зоны на наличие возбудителей природно-очаговых инфекций выявлены: по туляремии: у общественной полёвки (*M. socialis*) – 4,5 %, домашней мыши (*M. musculus*) – 5,1 %; по лептоспирозу – у общественной полевки (*M. socialis*) – 3,8 %, курганчиковой мыши (*M. spicilegus*) – 8,3 % и степной мыши (*S. witherbyi*) – 9,7 %. Находки на хантавирусы в этой зоне обнаружены у обыкновенной (*M. arvalis (obscurus)*) – 16,6 % и общественной (*M. socialis*) полевок – 0,7 %. Возбудители иксодовых клещевых боррелиозов не выявлены.

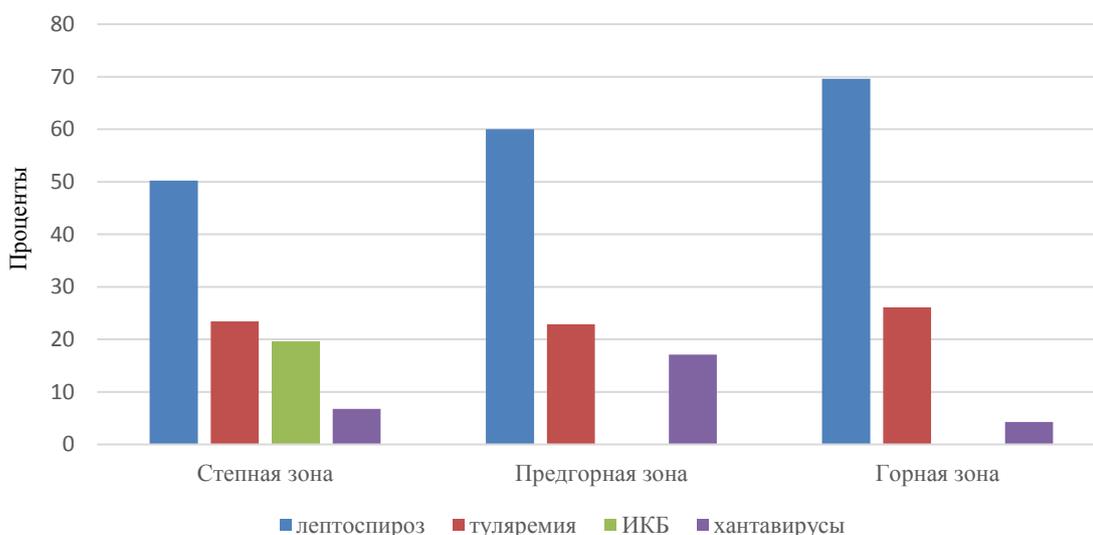


Рис. 4. Циркуляция природно-очаговых зоонозных инфекций на территории Крыма (2015–2020 годов)

Исследование мелких млекопитающих, отловленных в степной зоне, выявило циркуляцию возбудителей туляремии у малой белозубки (*C. suaveolens*), общественной полевки (*M. socialis*), домашней мыши (*M. musculus*), южной мышовки (*S. lorigera*), степной мыши (*S. witherbyi*), обыкновенного хомяка (*C. cricetus*); лептоспироза – у общественной полевки (*M. socialis*), обыкновенной полевки (*M. arvalis (obscurus)*), домашней мыши (*M. musculus*), серой крысы (*R. norvegicus*), степной мыши (*S. witherbyi*), желтогорлой мыши (*S. flavicollis (tauricus)*) и курганчиковой мыши (*M. spicilegus*); хантавирусов – у малой белозубки (*C. suaveolens*), общественной полевки (*M. socialis*), домашней (*M. musculus*) и степной (*S. witherbyi*) мышей.

Обращает на себя внимание тот факт, что в 2017 году впервые в степной зоне выявлены маркеры возбудителя иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ): у малой белозубки (*C. suaveolens*), обыкновенной полевки (*M. arvalis (obscurus)*), общественной полевки (*M. socialis*), домовой мыши (*M. musculus*), серой крысы (*R. norvegicus*) и степной мыши (*S. witherbyi*). Ранее эндемичной территорией по ИКБ считалась только горно-предгорная территория.

При обобщении этих результатов, можно отметить, что из всех природно-очаговых зоонозных инфекций лептоспироз регистрировался наиболее часто во всех ландшафтно-климатических зонах с наибольшим количеством выявлений у видов, обитающих в горной зоне (69,6 %).

Положительные находки на туляремию выявляются во всех ландшафтно-климатических зонах практически с одинаковой частотой (22,9–26,1 %).

Основными видами мелких млекопитающих, содержащими возбудитель туляремии по данным проведенных исследований, являются малая белозубка (*C. suaveolens*), общественная полевка (*M. socialis*), степная мышь (*S. witherbyi*) и домовая мыши (*M. musculus*), широко распространенные по всей территории Крыма.

Возбудитель хантавирусной инфекции зарегистрирован во всех природных зонах полуострова с преобладанием положительных находок в степной зоне (66,7 %). Основными видами мелких млекопитающих, содержащими возбудитель туляремии по данным проведенных исследований, являются малая белозубка (*C. suaveolens*), обыкновенная полевка (*M. arvalis (obscurus)*), общественная полевка (*M. socialis*), степная мышь (*S. witherbyi*) и домовая мыши (*M. musculus*), широко распространенные по всей территории Крыма.

Положительные находки возбудителей иксодовых клещевых боррелиозов (ИКБ) зарегистрированы на территории степной зоны (19,6 % от всех выявленных в этой природной зоне), в горном и предгорном районах полуострова положительные результаты на ИКБ в мелких млекопитающих по нашим данным не отмечены.

ВЫВОДЫ

1. В формировании большинства природных очагов зоонозов принимают участие в основном представители фоновых видов мелких млекопитающих: степная (*Sylvaeomys witherbyi*) и домовая мыши (*Mus musculus*), общественная полевка (*Microtus socialis*), малая белозубка (*Crocidura suaveolens*).

2. Наличие позитивных результатов на лептоспироз и туляремию среди домашних мышей и серых крыс, являющихся синантропами, увеличивается риск заражения людей этими инфекциями на данной территории.

3. Происходящие изменения на территории Крымского полуострова природного и антропогенного характера (изменение климата, рост рекреационных нагрузок, расширение числа туристических объектов, активное сельскохозяйственное преобразование территорий) способствуют общей трансформации и расширению природных очагов различных инфекций, что существенно повышает риски осложнения эпидемической ситуации и возникновения вспышек зоонозных инфекций.

4. Необходимо проведение постоянного комплексного мониторинга численности в популяциях мелких млекопитающих в разных природных зонах с учетом их зоонозности для разработки мероприятий по предупреждению возникновения эпидемических осложнений с учетом ежегодного роста посещаемости рекреантов полуострова.

Список литературы

Алексеев А. Ф., Чирный Н. Н., Товпинец В. И. Распространение и численность грызунов Крыма // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учета животного мира: тезисы докладов. – Уфа, 1989. – С. 175–179.

Алымкулова А. А., Мека-Меченко Т. В., Бурделов Л. А., Некрасова Л. Е., Мека-Меченко В. Г., Беляк Л. Г. Зараженность зоонозными инфекциями грызунов Кыргызстана // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14, № 3 (91). – С. 391–398.

- Бондаренко Н. В., Поляков И. Я., Стрелков А. А. Вредные нематоды, клещи, грызуны: учебное пособие. – Л.: Колос, 1977. – 264 с.
- Бондаренко А. Л., Утенкова Е. О. Природно-очаговые инфекции. – Киров: ГОУ ВПО Киров ГМА Росздрава, 2009. – 268 с.
- Громов И. М., Ербаева М. А. Млекопитающие России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны // Труды Зоологического института РАН. – 1995. – Вып. 167. – 521 с.
- Дулицкий А. И. Млекопитающие Крыма. – Симферополь: Крымское уч.-пед. гос. изд-во, 2001. – 224 с.
- Зайцев М. В., Войта Л. Л., Шефтель Б. И. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Насекомоядные. – СПб, 2014. – 391 с.
- Карасева Е. В., Телицына А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. – М.: ЛКИ, 2008. – 416 с.
- Костин Ю. В., Дулицкий А. И., Костин С. Ю. Эколого-географическая характеристика зонально-биотопических выделов и состав их фауны // Вопросы развития Крыма: Науч.-практ. дискуссионно-аналитический сб. Вып. 11. Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы. – Симферополь: Сонат, 1999. – С. 35–54.
- Красавцев Е. А., Мицура В. М., Демчило А. П., Мамчич Л. П. Зоонозные инфекции и паразитарные болезни: учебное пособие. – Гомель: Гомельский гос. мед. ун-т, 2013. – 224 с.
- Кучерук В. В., Карасева Е. В. Синантропия грызунов и ограничение их численности. – М., 1992. – С. 4–36.
- Кучерук В. В. Избранные труды по природной очаговости болезней. – Москва: РУСАКИ, 2006. – 306 с.
- Леман А. М. Особенности проявления природно-очаговых зоонозных инфекций // Наше сельское хозяйство. – 2020. – № 18 (242). – С. 64–69.
- Лисовский А. А., Шефтель Б. И., Савельев А. П., Ермаков О. А., Козлов Ю. А., Смирнов Д. Г., Стахеев В. В., Глазов Д. М. Млекопитающие России: список видов и прикладные аспекты // Сборник трудов Зоологического музея МГУ. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. – Т. 56. – 191 с.
- Маркешин С. Я. Изучение очагов клещевого энцефалита, геморрагической лихорадки с почечным синдромом и Крымской-Конго геморрагической лихорадки в Крыму. – М., 1994. – 160 с.
- Методические рекомендации «Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекционных болезней. МР 3.1. 0211-20». – М., 2020. – 45 с. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://medilis.ru/file> (просмотрено 23.02.2022).
- Методическими указаниями «Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней. МУ 3.1.3012-12». – М., 2012. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095231> (просмотрено 23.02.2022).
- Нестеренко В. П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма // Научные ведомости: Естественные науки. – 2016. – Вып. 36, № 18. – С. 2–39.
- Санитарно-эпидемиологические правила «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней СанПин 3.3686-21». – М., 2021. – 109 с.
- Тарасов М. А. Эколого-эпизоотологический мониторинг в очагах опасных зоонозных инфекционных болезней. – Саратов: СГУ, 2016. – 356 с.
- Товпинец Н. Н., Овдиенко Н. С., Быкова Т. И. Особенности природной очаговости некоторых зоонозных инфекций в Крыму в условиях антропогенных ландшафтов // Матер. Всесоюз. конф. «Эпизоотология, эпидемиология, средства диагностики, терапии и специфической профилактики инфекционных болезней, общих для человека и животных». – Львов, 1988. – С. 47–48.
- Шефтель Б. И. Методы учета численности мелких млекопитающих // Russian journal of ecosystem ecology. – 2018. – Vol. 3 (3). – P. 1–21. DOI: 10.21685/2500-0578-2018-3-4
- Шмойлова Р. А. Общая теория статистики: учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 480 с.
- Adler H., Vonstein S., Deplazes P., Steiger C., Frei R. Prevalence of *Leptospira* spp. in various species of small mammals caught in an inner-city area// Switzerland. Epidemiology and Infection. – 2002. – Vol. 128 (1). – P. 107–109. <https://doi.org/10.1017/s0950268801006380>.
- Schmaljohn C., Hjelle B. Hantaviruses: a global disease problem. // Emerging Infectious Diseases – 1997. – N 3. – P. 95–104. DOI:10.3201/eid0302.970202.
- Foley J., Piovita-Scott J. Vector biodiversity did not associate with tick-borne pathogen prevalence in small mammal communities in northern and central California // Ticks Tick Borne Dis. – 2014. – N 5. – P.299–304. DOI.org/10.1016/j.ttbdis.2013.12.003.
- Ellis J., Oyston P. C., Green M., Titball R. W. Tularemia // Clinical Microbiology Reviews – 2002. – Vol. 15. – P. 631–646. DOI.org/10.1128/CMR.15.4.631-646.2002
- Combs M. A. Socio-ecological drivers of multiple zoonotic hazards in highly urbanized cities // Global Change Biology. – 2022. – Vol. 28, N 5. – P. 1705–1724.

Vladichak V. V., Kobechinskaya V. G., Kovalenko I. S., Abibulaev D. E., Yakunin S. N., Tikhonov S. N. The results of ecological and topological monitoring of small mammals of the Crimea, taking into account their natural focal zoonosity // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 70–79.

The results of the analysis of the long-term dynamics of small mammals distribution in the Crimea are presented. The dominant species in various landscape zones of the peninsula were identified. The role of certain species of small mammals in the functioning of natural foci of various types of infections, which circulate on the territory of the Crimea, was indicated. Leptospirosis was recorded the most often of all natural-focal zoonotic infections in all natural zones with the largest number of detections in species living in the mountain zone (69.6 %). Tularemia was registered in all natural zones with almost the same frequency (22.9–26.1 %). The research revealed that the main carriers containing the causative agent of tularemia are *Crocidura suaveolens*, *Microtus socialis*, *Sylvaemus witherbyi* and *Mus musculus*. The causative agent of hantavirus infection was registered with the highest frequency in the steppe zone (66.7 %). Positive results of pathogens of tick-borne borreliosis were recorded in the steppe zone (19.6 %). In the mountainous and foothill zones of the peninsula, these diseases were not identified in small mammals.

Key words: small mammals, zoonosis, natural focal infections, monitoring, background species, Crimea.

Поступила в редакцию 04.03.22
Принята к печати 14.03.22

УДК 574.5:669.79(292.471)

Моделирование ртутной нагрузки на экосистемы разных территорий Крымского полуострова с использованием модели USEtox

Макарова А. С.¹, Станкова А. И.¹, Евстафьева Е. В.², Евстафьева И. А.²

¹ Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия
anmakarova@mail.ru

² Крымский Федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, Россия
e.evstafeva@mail.ru

Одним из подходов к оценке экологической ситуации в международной практике является математическое моделирование, основанное на использовании в качестве первичной информации официальных данных об отходах и выбросах загрязнителей в атмосферу. Целью настоящей работы явилось определение ртутной нагрузки на экосистемы разных территорий Крымского полуострова по данным моделирования с использованием модели USEtox. В качестве исходной информации взяты данные из Формы 2-ТП (отходы) и первичные данные «Отчетов об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления за 2018 год крупными, средними и малыми предприятиями» на предмет наличия отходов I класса опасности по каждому предприятию, предоставляемые в Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым. На основании этих данных была рассчитана массовая доля ртутисодержащих отходов в их общем объеме, которая составила 0,02 %. В соответствии с долей определенного вида ртутисодержащих отходов в общем их объеме и количеством ртути, содержащейся в данном виде изделия (ртутные, люминесцентные лампы и термометры) по сведениям паспорта изготовителя на данное изделие, рассчитывалась доля ртути в этих отходах. Наибольшая, но как правило, не превышающая опасный уровень, нагрузка ионами и сульфидом ртути по расчетам ее миграции в средах приходится на водные экосистемы – пресные и морские; наименьшая – на атмосферный воздух и сельскохозяйственные почвы. Максимальная нагрузка, приближающаяся к предельно допустимой, по данным моделирования, отмечается в Керченской и Феодосийской акватории; химический след в пресных водоемах приблизительно одинаков на всей территории полуострова. Необходимы дальнейшие, в том числе эмпирические, исследования с учетом всех возможных источников поступления ртути в экосистемы Крымского полуострова.

Ключевые слова: ртуть, моделирование, наземные и водные экосистемы.

ВВЕДЕНИЕ

Современная международная практика экологических исследований концептуально базируется на методологии экологического нормирования, которое основывается на биогеохимических принципах и учитывает природную устойчивость экосистем, существенно различающуюся в разных регионах (Башкин, 1993; Bashkin, 2002; Руководство по методологиям..., 2004). Методические подходы к оценке экологической ситуации заключаются в определении превышений экосистемных нормативов – критических нагрузок, – реальной нагрузкой разных загрязнителей (Slootweg et al., 2007). Для этого существуют два возможных пути: выполнение натуральных (эмпирических) мониторинговых исследований по определению содержания поллютанта в компонентах окружающей среды, и моделирование нагрузки конкретным поллютантом на основании данных об его эмиссии из техногенных источников и миграции в средах.

К числу глобальных загрязнителей, поступающих в компоненты экосистем даже на очень далеком расстоянии от локального источника загрязнения, относится ртуть (Chemical, Wastes..., 2021). По причине ее чрезвычайной опасности для экосистем и здоровья человека в 2013 году была принята Минаматская конвенция – межгосударственный договор, направленный на защиту здоровья людей и окружающей среды от антропогенных выбросов

ртути и её соединений (The Sustainable..., 2015; Минаматская конвенция..., 2017). Ртуть вызывает особую озабоченность, поскольку она способна аккумулироваться в трофических цепях, в большинстве которых конечным консументом является человек (Driscoll et al., 2013) и оказывать негативное воздействие в очень малых количествах (Grandjean et al., 2010; Mergler, Anderson, 2013).

Ранее нами были выполнен системный анализ присутствия ртути в различных компонентах экосистем на Крымском полуострове по собственным мониторинговым и литературным данным (Евстафьева и др., 2021).

Целью настоящей работы явилась апробация другого подхода к определению ртутной нагрузки – моделирования ртутной нагрузки на различные подсистемы полуострова путем расчёта миграции ртути на основании отчетных данных об утилизации ртутных отходов в административных районах Республики Крым. В качестве используемой модели применяли модель USEtox, разработанную Обществом экологической токсикологии и химии (SETAC) и рекомендованную международными экологическими организациями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С помощью модели USEtox оценивают воздействие на окружающую среду, определяя техногенную миграцию химических веществ от производственных объектов, станций очистки сточных вод и пр. в окружающую среду через массовые потоки между заданными ячейками – компонентами окружающей среды.

USEtox рассматривает три разных типа выбросов в данные ячейки:

- в атмосферу (городской или континентальный воздух);
- в воду (пресная или морская);
- в почву (сельскохозяйственные или природные почвы).

Химические вещества распространяются в рассматриваемых компонентах окружающей среды в течение всего жизненного цикла, при этом их поступление может быть только в одну из рассматриваемых ячеек. В зависимости от процессов, которые происходят в ячейке, загрязняющее вещество может оставаться в ее пределах, трансформироваться в другое химическое соединение под действием физических, химических или биологических процессов, либо быть перенесено посредством трансмиссионных переносов в другой компонент окружающей среды, что представлено на рисунке 1 (Rosenbaum et al., 2008).

Моделирование распространения химических веществ с использованием USEtox позволяет оценить воздействие загрязнителя на экосистемы и здоровье человека. Для работы модели необходимы различные параметры, вводимые пользователем.

Поскольку именно антропогенные источники химического загрязнения, прежде всего, подлежат изучению, контролю и, при необходимости, ограничению, первоочередное внимание при анализе актуальности ртутного загрязнения на территории Крымского полуострова было уделено ртутьсодержащим отходам.

Для оценки их образования были использованы материалы официальной отчетности Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым. К ним принадлежали следующие Формы 2-ТП (отходы) за 2018 год:

1) Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по федеральным округам и субъектам Российской Федерации;

2) Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по субъектам РФ и классам опасности отходов для окружающей среды;

3) Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по видам экономической деятельности и по классам опасности для окружающей среды;

4) Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании, размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по видам отходов и классам опасности отходов для окружающей среды, а также данные Межрегионального управления Роспотребнадзора по Республике Крым и городу Севастополю об отходах всех классов.

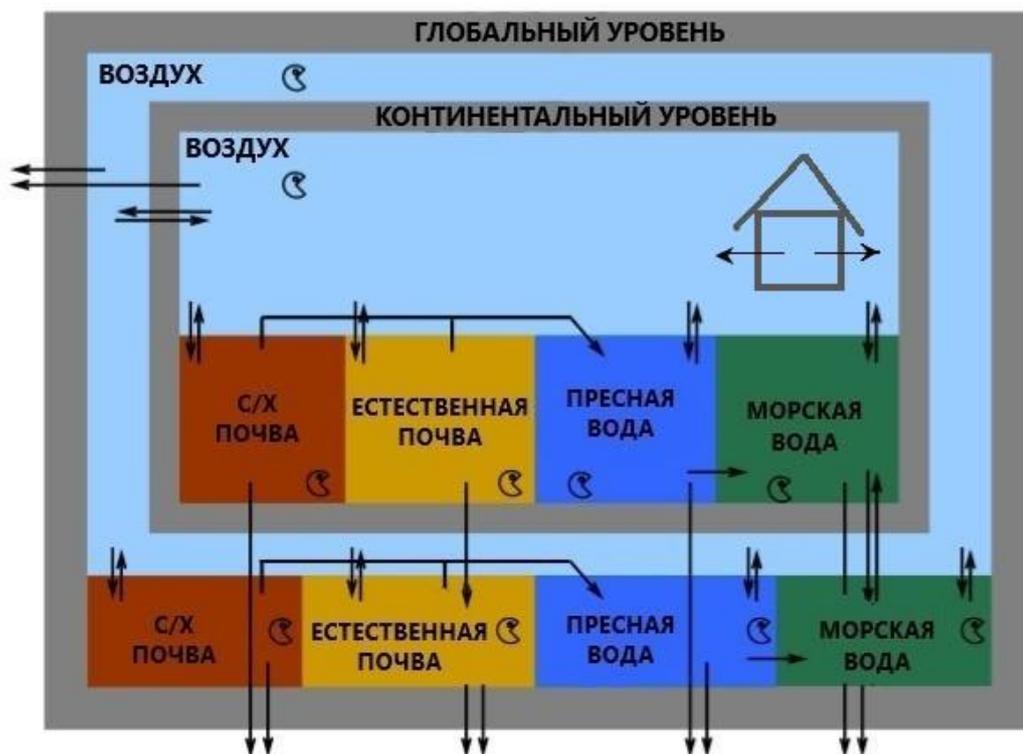


Рис. 1. Взаимодействие компонентов окружающей среды в системе USEtox (Rosenbaum et al., 2008)

Из этих отчетных форм были для дальнейшего анализа были использованы суммарные за год сведения, главным образом об общем количестве отходов по Республике Крым и Севастополю и ртутьсодержащих отходов различного вида. На основании этих данных была рассчитана массовая доля ртутьсодержащих отходов в их общем объеме, которая составила 0,02 %.

Кроме этого были проанализированы первичные данные «Отчетов об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления за 2018 год крупными, средними и малыми предприятиями» на предмет наличия отходов 1 класса опасности по каждому предприятию. По их результатам составлены таблицы (Excel), включившие в себя сведения о количестве отходов, имевшихся на начало года у предприятия, производимых к концу года количестве отходов и их обращении - передаче утилизирующим предприятиям для обезвреживания. В соответствии с адресной привязкой предприятий рассчитывался объем ртутьсодержащих отходов по городам и административным районам Республики Крым.

В соответствии с долей определенного вида ртутьсодержащих отходов в общем их объеме и количеством ртути, содержащейся в данном виде изделия в соответствии со сведениями паспорта изготовителя на данное изделие, рассчитывалась доля ртути в этих отходах, учитывая, что основная масса представлена ртутными и люминесцентными лампами и термометрами. Следует отметить, что общий перечень ртутьсодержащих отходов при этом шире: сюда относятся также реле импульсные ртутьсодержащие; элементы гальванические,

содержащие ртуть и ее соединения; бой стеклянных ртутных ламп и термометров с остатками ртути; ртуть, утратившая потребительские свойства в качестве рабочей жидкости; детали приборов лабораторных, содержащие ртуть.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Модель USEtox 2.0 разработана в виде электронной таблицы Microsoft Excel, что обеспечивает её широкую доступность, в сравнении с более сложными, основанными на кодировании вариантами. Модель включает в себя несколько листов Excel, содержащих необходимую для расчётов информацию, доступную для модифицирования пользователем.

Для работы с моделью на практике, нужно иметь информацию о рассматриваемом веществе. Эта информация хранится в листе данных о веществах «Substance data». Лист данных о веществе (Substance data) включает такие параметры, как физико-химические характеристики, скорость деградации, токсичность, экотоксичность, фактор биоаккумуляции.

В USEtox имеются две базы данных: одна для органических, и другая для неорганических веществ. База данных органических веществ содержит 3073 соединений, а неорганическая – 27 (металлы). Так как в нашей работе рассматриваются вещества, отсутствующие в базе данных USEtox, были добавлены дополнительные строки с данными для ионов ртути (II) и сульфида ртути, основанными на литературных источниках и на расчётах рекомендуемой USEtox программой EPI Suite. Одним из ключевых в наборе данных является значение коэффициента *n*-октанол/вода, на основе которого рассчитываются более сложные параметры, имеющие отношение к перераспределению вещества между средами, такие как коэффициент биоконцентрации, коэффициент распределения «органическое вещество-вода», коэффициент распределения «взвешенные частицы-вода» и др. (USEtox 2.0 Documentation..., 2017).

Информация для ввода данных о веществах представлена в таблице 1. Молекулярные массы приведены из периодической таблицы Менделеева. Коэффициент октанол-вода для ионной формы определен методом медленного перемешивания, а для сульфида ртути, ввиду сложности проведения эксперимента, использовалось значение, указанное в литературе (Benoit et al., 1999). Растворимость рассчитана с помощью программы EPI Suite. Константа Генри по умолчанию установлена на значении, указывающем на незначительный перенос неорганических веществ из почвы и воды в воздух путем испарения. Коэффициенты распределения для почвы, донных отложений, взвешенных веществ и растворенного органического углерода были взяты из данных Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), доступных на сайте агентства (IAEA International..., 2010).

В качестве объекта исследования модели были выбраны 20 районов полуострова Крым, данные о которых были введены на листе «Landscape & indoor data». Данные листа включают в себя следующие параметры:

- площадь района;
- площадь моря, граничащего с исследуемым районом;
- доля пресных водоемов;
- доля необрабатываемой почвы;
- доля обрабатываемой (сельскохозяйственной) почвы;
- температура;
- скорость ветра у поверхности земли;
- количество осадков;
- доля стока (природных вод в моря);
- инфильтрация (доля проникновения атмосферных и поверхностных вод в почву);
- эрозия почв.

Для того, чтобы рассчитать коэффициенты переноса веществ были сформированы две матрицы: одна для ионов ртути, вторая – для ртути, связанной в сульфид. В качестве примера, на рисунке 2 показана подобная матрица переноса ионов ртути для Краснопереконского района.

Таблица 1

Данные, необходимые для ввода при использовании модели USEtox (IAEA..., 2010)

Параметр	Вещество	
	Hg(II)	HgS
Молярная масса, г/моль	200,6	232,6
K_{ow} , л/л ⁻¹	0,5	25
Растворимость в воде при 25°C, мг/л	0	74203
Константа Генри (K _H), Па*м ³ *моль ⁻¹	1,10 ⁻²⁰	1,10 ⁻²⁰
Давление паров при 25°C, Па	0,26	н/п
Коэффициент распределения растворённый органический углерод/ вода, л/кг	251188,64	н/п
Коэффициент распределения взвешенные твёрдые частицы/ вода, л/кг	199526,23	н/п
Коэффициент распределения донные отложения- вода л/кг	79432,82	н/п
Коэффициент распределение почва-вода, л/кг	6300	н/п

Примечание: н/п – неприменимо; значение K_{ow} для сульфида по данным взято из литературы.

компонент ОС, из которого поступает вещество	городской уровень						региональный уровень						глобальный уровень			
	airU	airC	fr.waterC	sea.waterC	nat.soilC	agr.soilC	airG	fr.waterG	oceanG	nat.soilG	agr.soilG	airG	fr.waterG	oceanG	nat.soilG	agr.soilG
airU	-1,11E+02	5,04E-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
airC	1,10E+02	-1,33E+01	3,03E-21	9,69E-24	2,23E-25	2,23E-25	9,49E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fr.waterC	2,56E-01	8,91E-04	-4,07E+00	0	2,02E-06	2,02E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sea.waterC	0	2,08E-01	8,74E-01	-2,78E-03	0	0	0	0	8,67E-09	0	0	0	0	0	0	0
nat.soilC	0	9,63E-02	0	0	-2,43E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agr.soilC	0	1,09E-02	1,25E-01	0	0	-2,43E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
airG	0	1,30E+01	0	0	0	0	-4,18E-01	3,92E-23	1,14E-24	1,47E-25	1,47E-25	0	0	0	0	0
fr.waterG	0	0	0	0	0	0	3,52E-04	-4,89E-01	0	1,41E-06	1,41E-06	0	0	0	0	0
oceanG	0	0	0	2,75E-03	0	0	3,17E-01	5,52E-02	-1,95E-03	0	0	0	0	0	0	0
nat.soilG	0	0	0	0	0	0	9,99E-02	0	0	-1,99E-06	0	0	0	0	0	0
agr.soilG	0	0	0	0	0	0	1,15E-04	4,32E-03	0	0	0	0	0	0	-1,99E-06	0

Рис. 2. Структура матрицы USEtox, полученной для Краснопереконского района

Компоненты окружающей среды (ОС) в матрице на рисунке 2 имеют следующие обозначения (U – городской, C – континентальный, G – глобальный уровни):

- airU/C/G – воздушные массы;
- fr.waterC/G – пресноводные объекты;
- sea.waterC/G – морская вода;
- agr.soilC – обрабатываемые почвы;
- oceanG – океанические воды.

В столбцах матрицы указаны компоненты окружающей среды, из которых вещество поступает, а в рядах – компоненты ОС, принимающее это вещество.

Диагональные элементы содержат коэффициенты удаления вещества для компонента ОС, включающие в себя адвекцию, деградацию и промежуточную скорость удаления (1/день).

Недиагональные элементы матрицы отражают промежуточное количество поступающего в различные среды вещества (1/день).

Далее получаем массы переносимого вещества с помощью уравнения:

$$\vec{m}(t) = -[k]^{-1} \times S,$$

где: [k] – коэффициент переноса вещества; S – эмиссия, кг/день.

В уравнении каждый из множителей является отдельным этапом расчётов. На первом этапе необходимо получить значения коэффициентов переноса вещества. Множитель $[k]^{-1}$ в данном уравнении – это обратная матрица коэффициентов переноса веществ, рассчитанных USEtox. Она была получена с помощью использования функции MS Excel – МОБР(MINVERSE). Результатом является обратная матрица с теми же размерами, что и первоначальный массив.

Для того, чтобы получить второй множитель, который является вторым этапом расчёта для вычисления массы переносимого вещества, были учтены данные об образовании отходов за 2018 год для крупных и малых предприятий Крыма в зависимости от района.

Исходя из данных по образованию РСО, предоставленных отделением Росприроднадзора по республике Крым и Севастополю, были сформированы таблицы с суммарным распределением отходов по каждому из районов. Данные были предоставлены в форме 2-ТП.

Были учтены два вида РСО: источники света и термометры. Для расчёта непосредственно количества ртути в отходах, были приняты следующие данные о содержании ртути в единице изделия, формирующего вид отхода (табл. 2)

Таблица 2

Данные о содержании ртути в изделиях

Вид отхода	Ртутьсодержащая лампа	Термометр
Масса 1 штуки, г	100	10
Масса ртути в изделии, мг	0,005	1000

Далее, с использованием материалов Методологии определения и количественной оценки поступлений ртути в окружающую среду (Методология определения..., 2013), рассчитаны количества вещества, поступающие в воду, почву, воздух.

В методике предлагаются три сценария по утилизации отходов, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Предварительные факторы распределения ртути на выходе по умолчанию для термометров (Методология..., 2013)

Фактическая ситуация по организации утилизации отходов	Факторы распределения на выходе по умолчанию		
	Воздух	Вода	Земля
Отсутствие или очень ограниченные данные по отдельному сбору термометров. Все или самые обычные отходы собираются и обрабатываются публично контролируемым способом	0,1	0,3	0,6
Отсутствие или очень ограниченные данные по отдельному сбору термометров. Отсутствует или широко распространен неформальный сбор и обработка обычных отходов	0,2	0,3	0,5
Отдельный сбор термометров с высокой скоростью сбора. Все или самые обычные отходы собираются и обрабатываются публично контролируемым способом	0,1	0,3	0,6

В нашей работе был принят сценарий № 1, так как данные об утилизации известны только для крупных предприятий. Таким образом, были получены массы ртути, поступающей в компоненты ОС (кг/день), указанные в таблице 4.

Далее, имея достаточно данных, были рассчитаны массы вещества в компонентах окружающей среды для ионов ртути и сульфида ртути, с использованием коэффициентов переноса, полученных в USEtox. Пример результатов расчётов для районов представлен на рисунке 3.

При переводе подвижной ртути в стабильную форму (HgS) сокращаются массы, находящиеся в компоненте ОС «sea water» (морская вода).

Массы ртути, поступающей в компоненты ОС, кг/день

Район	Компоненты ОС		
	Воздух	Вода	Земля
Красноперекоский	4,96E-07	0	9,42E-06
Джанкойский	3,74E-06	0	7,10E-05
Раздольненский	5,82E-08	0	1,11E-06
Черноморский	2,47E-08	0	4,68E-07
Первомайский	1,07E-07	0	2,03E-06
Красногвардейский	1,29E-06	0	2,45E-05
Нижегорский	4,04E-08	0	7,68E-07
Советский	1,73E-07	0	3,28E-06
Сакский	6,37E-07	0	1,21E-05
Симферопольский	5,26E-03	1,21E-02	4,73E-02
Белогорский	0,00E+00	0	0,00E+00
Бахчисарайский	6,85E-08	0	1,30E-06
Алуштинский	3,30E-06	0	6,27E-05
Ялтинский	3,79E-06	0	7,21E-05
Судакский	4,70E-06	0	8,93E-05
Кировский	2,73E-07	0	5,18E-06
Феодосийский	4,51E-06	0	8,57E-05
Ленинский	8,36E-07	0	1,59E-05
Керченский	1,32E-05	0	2,51E-04
Армянский	1,30E-08	0	2,47E-07
Евпаторийский	1,79E-06	1,23E-06	2,86E-05

Затем были рассчитаны концентрации ($\text{кг}/\text{м}^3$) веществ в компонентах ОС районов Крыма. Затем концентрации переведены в доли ПДК. По полученным значениям были построены диаграммы химического следа для исследуемых в модели веществ: Hg^{2+} (рис. 4) и HgS (рис. 5).

Красной линией обозначен уровень, за пределами которого значения химического следа должны вызывать опасение (превышение ПДК). Полученные диаграммы наглядно показывают, что среди объектов окружающей среды, основным акцептором загрязняющего вещества являются пресная и морская вода.

В определенной степени эти результаты согласуются с эмпирическими данными мониторинговых исследований, которые показали в целом благополучную ситуацию в отношении присутствия ртути в компонентах экосистем, но более высокое ее содержание на прибрежных территориях морской акватории (Богданова и др., 2020). Однако следует иметь в виду, что использованные в данной работе официальные данные представляют не все виды ртутьсодержащих отходов (например, элементы гальванические, содержащие ртуть и ее соединения; бой стеклянных ртутных ламп и термометров с остатками ртути; ртуть, утратившая потребительские свойства в качестве рабочей жидкости; детали приборов лабораторных, содержащие ртуть). Помимо этого, реальная нагрузка таким мобильным тяжелым металлом как ртуть и при отсутствии промышленных источников ртутного

Hg(II)				HgS			
район	комп. ОС	м/день	м (Hg)	район	комп. ОС	м/день	м (Hg)
Красноперекоский	airU	0E+00	6,66E-11	Красноперекоский	airU	0E+00	9,70E-15
	airC	5E-07	6,00E-08		airC	0E+00	8,74E-12
	fr.waterC	0E+00	7,79E-06		fr.waterC	0E+00	8,19E-06
	sea.waterC	0E+00	1,02E+01		sea.waterC	0E+00	4,12E+00
	nat.soilC	9E-06	7,21E-05		nat.soilC	1E-05	4,84E-04
	agr.soilC	0E+00	6,97E-06		agr.soilC	0E+00	4,67E-05
Джанкойский	airU	0E+00	2,42E-10	Джанкойский	airU	0E+00	1,33E-14
	airC	4E-06	3,43E-07		airC	0E+00	1,88E-11
	fr.waterC	0E+00	5,86E-05		fr.waterC	0E+00	6,16E-05
	sea.waterC	0E+00	2,22E+01		sea.waterC	0E+00	8,94E+00
	nat.soilC	7E-05	5,43E-04		nat.soilC	7E-05	3,65E-03
	agr.soilC	0E+00	5,23E-05		agr.soilC	0E+00	3,51E-04
Раздольненский	airU	0E+00	8,04E-15	Раздольненский	airU	0E+00	1,82E-18
	airC	6E-08	3,88E-08		airC	0E+00	8,78E-12
	fr.waterC	0E+00	1,40E-05		fr.waterC	0E+00	1,46E-05
	sea.waterC	0E+00	1,02E+01		sea.waterC	0E+00	4,12E+00
	nat.soilC	1E-06	8,52E-06		nat.soilC	1E-06	5,68E-05
	agr.soilC	0E+00	8,02E-07		agr.soilC	0E+00	5,28E-06
Черноморский	airU	0E+00	7,67E-15	Черноморский	airU	0E+00	1,81E-18
	airC	2E-08	4,54E-08		airC	0E+00	1,07E-11
	fr.waterC	0E+00	6,02E-06		fr.waterC	0E+00	6,18E-06
	sea.waterC	0E+00	1,26E+01		sea.waterC	0E+00	5,05E+00
	nat.soilC	5E-07	3,65E-06		nat.soilC	5E-07	2,41E-05
	agr.soilC	0E+00	3,51E-07		agr.soilC	0E+00	2,24E-06

Рис. 3. Массы ионов ртути II в различных компонентах окружающей среды

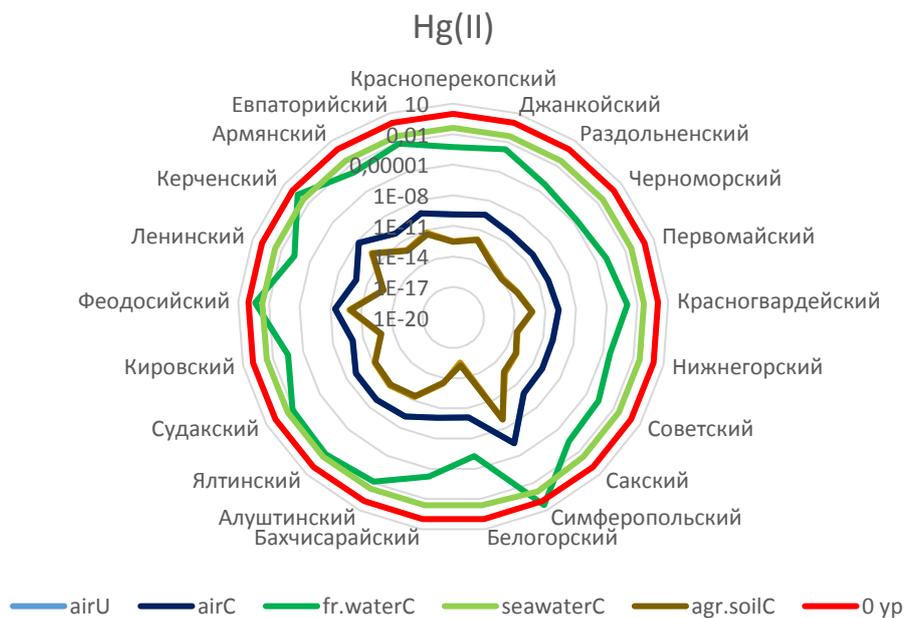


Рис. 4. Диаграмма химического следа для ионов ртути

загрязнения может быть существенно выше вследствие сжигания топлива и мусора, а также в результате трансграничного переноса, что указывает на необходимость дальнейших исследований по определению химического следа этого опасного загрязнителя и его влияния на экосистемы и здоровье человека в таком курортно-рекреационном регионе как Крым.

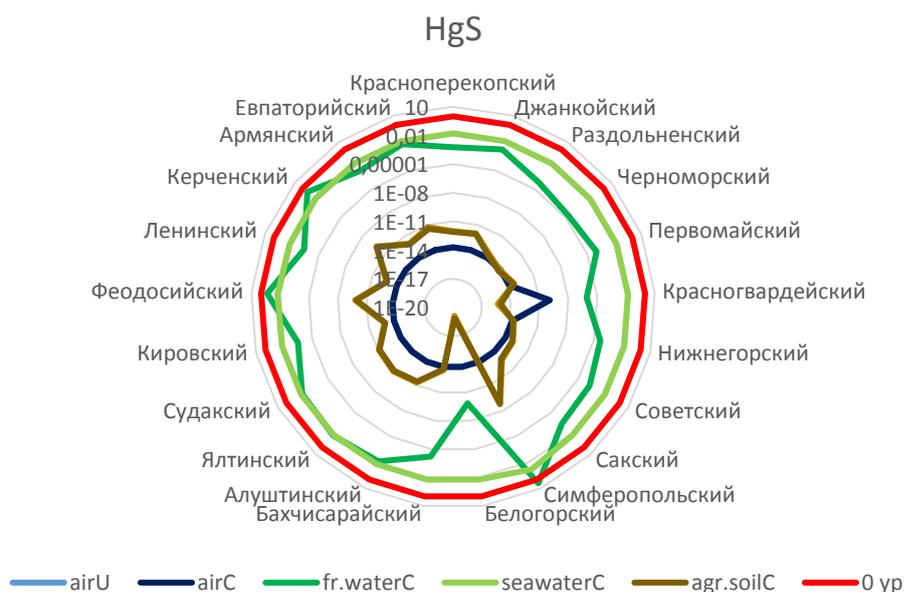


Рис. 5. Диаграмма химического следа для сульфида ртути

ВЫВОДЫ

С использованием модели USEtox на основании данных статистической отчетности по твердым бытовым отходам рассчитана ртутная нагрузка на компоненты экосистем для разных районов Республики Крым.

Наибольшая нагрузка ионами и сульфидом ртути по расчетам ее миграции между средами приходится на водные экосистемы – пресные и морские; наименьшая – на атмосферный воздух и сельскохозяйственные почвы.

Максимальная нагрузка, приближающаяся к предельно допустимой, по данным моделирования, отмечается в Керченской и Феодосийской акватории; химический след в пресных водоемах приблизительно одинаков на всей территории полуострова.

Необходимы дальнейшие, в том числе эмпирические, исследования с учетом всех возможных источников поступления ртути в экосистемы Крымского полуострова.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-29-24212.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgment: The authors gratefully acknowledge financial support from the research grant № 18-29-24212 of Russian Foundation of Basic Research.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

- Башкин В. Н., Евстафьева Е. В., Снакин В. В. Биогеохимические основы экологического нормирования. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
- Богданова А. М., Евстафьева Е. В., Барановская Н. В., Ляпина Е. Е., Тымченко С. Л., Большунова Т. С. Территориальные особенности распределения ртути в эпифитных лишайниках Крымского полуострова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2020. – № 50. – С. 135–156.
- Евстафьева Е. В., Богданова А. М., Евстафьева И. А., Макарова А. С., Мешалкин В. П., Барановская Н. В. Комплексный анализ содержания ртути в подсистемах окружающей среды Крымского полуострова // Теоретические основы химической технологии. – 2021. – Т. 55, № 4. – С. 452–462.

Методология определения и количественной оценки источников поступления ртути в окружающую среду, справочный отчет и руководство по уровню 2 инвентаризации. Отдел ЮНЕП по химическим веществам, Женева, Швейцария. [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/11819> (просмотрено 20.04.2019)

Минаматская конвенция о ртути [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata_convention_Russian.pdf (просмотрено 17.09.2018).

Руководство по методологиям и критериям моделирования и картирования критических нагрузок и уровней, влияния атмосферных загрязнений, а также рисков и трендов: Конвенция ЭКЕ ООН по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния. – 2004. – 307 с.

Bashkin V. N., Howarth R. W. Modern Biogeochemistry. – New York-Boston-Dordrecht-London-Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2002. – 561 p.

Benoit J. M., Mason R. P., Gilmour C. C. Estimation of mercury-sulfide speciation in sediment pore waters using octanol-water partitioning and implications for availability to methylating bacteria // Environmental Toxicology and Chemistry – 1999. – Vol. 18, N 10. – P. 2138–2141.

Chemical, Wastes and Climate Change Interlinkages and Potential for Coordinated Action: Report of Secretariats of the Basel, Rotterdam, Stockholm Conventions (BRS), and Minamata Convention on Mercury (MC). – 2021. – 78 p.

Driscoll C. T., Mason R. P., Chan H. M., Jacob D. J., Pirrone N. Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects // Environmental Science & Technology. – 2013. – Vol. 47. – P. 4967–4983.

Grandjean P., Sato H., Murata K., Eto K. Adverse effects of methylmercury: environmental health research implications // Environ Health Perspect – 2010. – Vol. 118, N 8. – P. 1137–1145.

IAEA International Atomic Energy Agency: Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments, International Atomic Energy Agency // Technical Reports Series – 2010. – N 472. – P. 55–56.

Mergler D., Anderson H. A. Methylmercury Exposure and Health Effects in Humans: A Worldwide Concern // Science. – 2013. – Vol. 341. – P. 1430.

Rosenbaum R. K., Bachmann T. M., Gold L. S. USEtox – the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment // International Journal of Life Cycle Assessment. – 2008. – N 13. – P. 532–546.

Slootweg J., Hettelingh J.-P., Posch M., Schütze G., de Vries W., Spranger T., Reinds G. J., van't Zelfde M., Dutchak S., Ilyin I. European critical loads of cadmium, lead and mercury and their exceedances // Water, Air, and Soil Pollution. – 2007. – Focus 7. – P. 371–377.

The Sustainable Development Goals (SDGs) and the Minamata Convention on Mercury. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/Chemicals%20and%20Waste%20Management/Mercury%20&%20SDGs.pdf> (просмотрено 17.09.2018).

USEtox 2.0 Documentation – International Center hosted at the Technical University of Denmark [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://usetox.org> (просмотрено 20.04.2019).

Makarova A. S., Stankova A. I., Evstafeva E. V., Evstafeva I. A. Modeling of mercury load on ecosystems of different territories of Crimean Peninsula using USEtox model // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 80–89.

In international practice one of the approaches to assess the environmental situation is mathematic modeling, based on the official data on wastes and emissions of pollutants into the atmosphere as primary information. The aim of this project was to determine the mercury load on ecosystems of different territories of the Crimean Peninsula using the approach proposed by USEtox model. Numerous waste-related data was collected from the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Crimea and from «Reports on generation, processing, utilization, transportation and disposal of production and consumption waste for 2018 by large, medium and small scale enterprises» to identify class I hazardous waste for each enterprise. Based on these data, the mass fraction of mercury-containing wastes in their total volume was calculated, which was equal to 0.02%. Mercury fraction in these wastes was further computed to the amount of mercury contained in the specific type of products like mercury fluorescent lamps and mercury thermometers in accordance with the manufacturer's passport of this items. The calculations of mercury migration in the environment revealed the greatest load of mercury ions and sulfide (usually not exceeding recommended level) for aquatic ecosystems - fresh and marine water; the least - for atmospheric air and agricultural soils. According to modeling data, the maximum load approaching the maximum permissible level, was recorded in Kerch and Feodosia aquatic ecosystems; the mercury trace in fresh water bodies was approximately the same throughout the peninsula. It is recommended to continue the research to study all possible sources of mercury input into the ecosystems of the Crimean Peninsula.

Key words: mercury, modelling, terrestrial and water ecosystems.

Поступила в редакцию 15.02.22
Принята к печати 24.03.22

УДК 001.83:063.9-057.4(574.1-574.9)

К истории организации молодежных гидроэкологических конференций в ИнБИОМ АН УССР в 1980-е годы

Петров А. Н.

*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия
alexpet-14@mail.ru*

В рамках юбилейных мероприятий, посвященных празднованию 150-летия Института биологии южных морей РАН, подготовлена историко-хроникальная публикация, в которой описаны история организации первых молодежных конференций по гидробиологии и океанологии, проведенных под эгидой Советов Молодых Ученых ИнБИОМ АН УССР и Морского гидрофизического института АН УССР в Севастополе в середине 1980-х годов. Для каждой из 4 ежегодных конференций (1986–1989 гг.) дана краткая характеристика тематики представленных докладов, географии институтов и состава участников, описаны особые условия организации и проведения тех советских конференций, которые заметно отличались от современных реалий организации подобных форумов. В работе 4 конференций приняло участие всего около 420 молодых ученых из более, чем 25 профильных академических институтов и бассейновых научно-прикладных организаций Советского Союза. В период работы научных секций было заслушано около 400 докладов (50 – в 1986, 96 – в 1987, 103 – в 1988 и 148 – в 1989 году). По проблемам морской экологии было организовано 7 круглых столов: балансовые расчеты биопродуктивности водоемов, оценка уровня биоресурсов черноморских экосистем, методы мониторинга загрязнений морских водоемов, охрана разнообразия и создание морских заповедников в Крыму, биотехнологические аспекты марикультуры. При проведении конференций организаторами из ИнБИОМ и МГИ ставились цели собрать молодых ученых разных профильных научных институтов Советского Союза, дать им возможность поделиться своими достижениями и опытом, заслушать и обсудить заказные тематические доклады ведущих ученых-гидробиологов. На конференциях были доложены и опубликованы в сборниках тезисов результаты фундаментальных и прикладных исследований по физической океанологии, морской экологии, а также рассмотрены вопросы прикладной, санитарной гидробиологии и аквакультуры, освоения и охраны биологических ресурсов морей и океанов, сохранения биологического разнообразия, рационального природопользования. Представленные в статье материалы в первую очередь адресованы современному поколению молодых ученых-экологов, а также тем, кто интересуется историей проведения научных форумов, работает в области популяризации науки в нашем регионе.

Ключевые слова: научные конференции, океанология, гидробиология, история организации, Совет Молодых Ученых, ИнБИОМ, Севастополь.

ВВЕДЕНИЕ

В сентябре 2021 года Институт биологии южных морей РАН в Севастополе отметил свой славный 150-летний юбилей. В рамках юбилейных мероприятий состоялась и конференция Молодых ученых «Понт Эвксинский-2021», в которой участвовали молодые сотрудники как Института биологии, так и приехавшие в Севастополь из иных научных институтов и организаций Крыма и России. В современной истории ИнБИОМ подобные конференции Молодых ученых проводились уже более 10 раз и ведут свое начало с 2000 года, когда еще в ИнБИОМ НАН Украины впервые был организован молодежный научный Форум «Понт Эвксинский». Однако, если рассматривать историю организации и проведения молодежных конференций в Институте биологии более широко, то следует вспомнить, что, начиная с середины 1980-х годов, в ИнБИОМ АН УССР были успешно организованы тогда еще Всесоюзные гидробиологические конференции молодых ученых-комсомольцев.

Для многих тогдашних участников это было «боевое крещение» в науке, первый опыт выступлений на научном форуме, возможность доложить пусть и скромные, но самостоятельно полученные результаты исследований. К настоящему времени многие из участников тех молодежных конференций стали известными учеными, занимают высокие научно-административные посты, но помнят те конференции 1980-х годов, организаторами которых выступили молодые сотрудники ИнБИОМ и МГИ АН УССР.

Автору данной публикации, которому посчастливилось быть в числе организаторов первых конференций, а также Председателем СМУ ИнБЮМ АН УССР, хотелось бы поделиться фактологическими воспоминаниями, которые могут представлять интерес как молодым ученым и студентам, так и историографам и популяризаторам науки.

Целью данной историко-хроникальной публикации, подготовленной в рамках отмечания 150-летия Института биологии южных морей РАН, является описание тематики и особенностей проведения тех советских научных молодежных конференций, которые заметно отличались от нынешних реалий организации подобных форумов и не знакомы современному поколению молодых ученых.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предыстория организации конференций. Напомню, что к 1986 году в СССР набирала силу «перестройка» с новым «МЫшлением» (именно так говорил в своих речах тогдашний лидер страны М. С. Горбачев). Хотя партийно-административное управление всеми сферами общественной и производственной жизни еще было доминирующим, но уже появлялись первые робкие попытки уйти от традиционной идеологической заорганизованности всей деятельности молодежи, куда традиционно относилось проведение комсомольских субботников и политинформаций, ударные стройотряды и поездки в колхозы. В составе партийно-комсомольских организаций Севастополя появились новые и достаточно прогрессивно мыслящие люди, которые понимали, что новое время требует новых видов активности, особенно учитывая, что в севастопольских институтах и предприятиях в составе молодежи комсомольского возраста было много научных и инженерно-технических работников. Организовывать такую критично мыслящую молодежь под эгидой шаблонной комсомольской активности становилось все сложнее. Возникла идея организации какого-то нового и реально востребованного мероприятия, безусловно, под «руководящим и вдохновляющим» вниманием со стороны комсомола, что позволило бы охватить большинство комсомольцев из научно-технической сферы деятельности. Так было решено организовать научно-практическую конференцию, на которой молодые научные и инженерно-технические работники могли бы поделиться своими достижениями и опытом.

Идея проведения молодежной конференции оформилась к лету 1986 года. В Севастопольский горком комсомола срочно были созданы члены тогда уже существующих СМУ ИнБЮМ и МГИ АН УССР. Учитывая, что мероприятие такого рода обязательно надо было провести в ближайшие месяцы (для успешной отчетности к концу года!), то была поставлена задача: мероприятие организовать до октября. В столь сжатые сроки надо было подготовить и программу будущей конференции, и рассылку информационных писем в потенциальные учреждения участников, и согласовать вопросы о месте проведения, организации питания и проживания иногородних участников, и многое другое... Надо заметить, что в те годы вопрос о финансировании подобных мероприятий не представлял проблем по крайней мере для нас, научных организаторов. Конференция проводилась по инициативе и под патронажем партийно-комсомольских структур, поэтому при сложностях с решением тех или иных оргвопросов можно было обратиться в Севастопольский горком комсомола или райком партии с соответствующей просьбой о содействии, и уже через 1–2 дня проблема, как правило, успешно решалась. Так, в рабочем порядке и без какого-либо финансового участия со стороны институтов-организаторов были решены важные (и по сегодняшним меркам дорогостоящие) вопросы обеспечения автотранспортом для доставки всех участников из города к месту проведения конференций, а также публикации сборников материалов конференций. В разные годы эти заказы были оперативно выполнены в городской типографии Севастополя и в типографии НПО «Югрыбтехцентр».

Первая конференция – 1986 год. К концу сентября организационные вопросы по конференции были, в основном, решены. В Оргкомитет вошли от ИнБЮМ – С. М. Игнатъев (на тот период Председатель СМУ института), С. В. Алёмов и А. Н. Петров, от МГИ – О. Б. Чепан, В. И. Смелянский, Е. П. Давыдова, от Севастопольского горкома комсомола –

С. В. Изотов и С. Г. Гриднев. Местом проведения конференции была определена база отдыха (б/о) троллейбусного управления Севастополя, расположенная на берегу моря в урочище Батилиман (ЮБК). Всего на этой конференции, которая состоялась в период 1–4 октября 1986 года, собралось около 65 человек. Жили участники в 4-этажных корпусах по 2–3 человека в комнате, заседания проходили при хорошей погоде в летнем кинотеатре, а при плохой – в помещении столовой. Иногородних участников приехало немного (около 12–15 человек, в основном крымчане), учитывая позднюю рассылку информационных писем и приглашений. Напомню, что в те годы ни интернета, ни мобильных телефонов еще не было, а вся переписка велась посредством отправки писем, в которых и рассылались приглашения, и присылались распечатанные тезисы. Среди севастопольских участников большинство составляли молодые ученые и инженеры из ИнБЮМ, МГИ, СевГУ, НПО «Югрыбтехцентр» и СЭКБПи (база «Гидронавт»). По несколько человек приехали из Одесского филиала ИнБЮМ и ОГУ, Симферопольского Госуниверситета, Никитского Ботсада (Ялта), АзЧерНИРО (Керчь) и Новороссийской Биостанции КубГУ.

Хотелось бы заметить, что в отличие от нынешнего времени, в те годы возрастной ценз молодого ученого определялся четко: им считался специалист комсомольского возраста, то есть до 28–30 лет, только для Председателей СМУ институтов этот ценз повышался до 32 лет. При достижении этого возраста сотрудник выбывал из категории молодых ученых, теряя некоторые привилегии, например, более ускоренного опубликования своих статей в журналах и сборниках или приоритетного оформления командировки для участия в конференциях. Поэтому на первую и последующие конференции приезжали только реально молодые сотрудники, стажеры и аспиранты, активно работающие в институтах и научно-производственных организациях.

Учитывая сравнительно небольшое число участников, в программе конференции было решено организовать только 2 параллельные секции: морской физики и океанологии (под кураторством Морского гидрофизического института) и морской биологии (ИнБЮМ). С пленарными докладами на биологической секции выступили приглашенные «мэтры» от ИнБЮМ: член-корреспондент АН УССР д. б. н. В. Е. Заика и д. б. н. О. Г. Миронов. От МГИ АН УССР также были приглашены известные ученые: член-корреспондент АН УССР В. И. Беляев и другие. С вступительной и заключительной речами также выступили представители партийно-комсомольских структур. На обеих секциях было заслушано около 50 докладов, проведены круглые столы по актуальным научным проблемам: балансовым расчетам биопродуктивности водоемов, оценке уровня биоресурсов черноморских экосистем, проблеме мониторинга загрязнения морской среды. За время работы форума участники ближе познакомились между собой, обменялись своими работками и опытом.

По общему мнению участников конференция прошла успешно, несмотря на отсутствие опыта по ее организации и ограниченные сроки подготовки. Главное – было решено, что такие конференции следует проводить и в дальнейшем, тем более, что это полезно и научным участникам (представить доклады, завести новые контакты, быстро опубликовать тезисы), и комсомольским организаторам, получившим возможность успешно отчитываться перед вышестоящими инстанциями о новом и реально полезном мероприятии, в котором активно участвуют ученые-комсомольцы.

По итогам первой конференции сборника материалов (кроме Программы докладов) опубликовать не удалось. В те годы научные публикации выходили реже и печатались дольше, чем сейчас, поэтому и ценились выше. Сказывались и сложности типографской верстки без применения компьютеров, и получения разрешительных «грифов» в «компетентных инстанциях». Поэтому любые виды публикаций, даже скромные тезисы на 1–2 страницы, подготавливались ответственно, содержали актуальную (цифровую) информацию и были желанным дополнением к итогам участия в конференции. Для аспирантов и соискателей наличие таких тезисов были обязательным условием подготовки годовых отчетов и диссертаций. Следующую конференцию Молодых ученых было решено провести уже в 1987 году с обязательным выпуском сборника материалов.

Вторая конференция – 1987 год. Этот форум Молодых ученых ИнБЮМ – МГИ было решено организовать также в начале октября. С учетом наработанного опыта после первой конференции, а главное – понимания, что условия проведения потребуют дополнительного времени и организационных усилий, Оргкомитет уже в мае приступил к подготовке новой конференции. Главным условием, на котором настаивали члены СМУ ИнБЮМ и МГИ – это обязательное опубликование к началу конференции сборника тезисов. Для реализации этого условия требовалось заблаговременно собрать, научно оценить и отредактировать присылаемые материалы. Напомню, что в то время все материалы для публикации присылались в 2-х экземплярах в бумажном варианте, напечатанные на пишущей машинке с четким соблюдением заранее указанных рамок, интервалов и других правил оформления. Пожалуй, в списке подготовительных мероприятий эта кропотливая работа занимала наибольшее время.

Ответственным редактором от ИнБЮМ был к. б. н. Сергей Игнатъев. Аспиранты Алексей Петров и Сергей Алёмов вели переписку с потенциальными участниками, оформляли все приглашения, согласования и другие бумаги, вели контакты с коллегами из МГИ и комсомольскими кураторами, без участия которых проведение конференции было бы невозможным. Не будем забывать, что вся эта активность была как бы общественной нагрузкой, у каждого из нас были и прямые научно-производственные обязанности, которые также требовалось выполнять в срок. В отдельных поручениях нам помогали и другие члены СМУ ИнБЮМ (Николай Ревков, Сергей Далечин, Михаил Круглов, Алексей Зеленкин, Юрий Кулев, Марина Скуляри и другие).

Разосланные загодя информационные письма, успех прошлогодней конференции, а главное – анонсирование публикации сборника материалов, сделали свое дело. На приглашения откликнулось много молодых ученых из профильных институтов с разных уголков Советского Союза, выразив готовность поучаствовать в предстоящей конференции. К сентябрю все основные оргвопросы по конференции были согласованы, а местом проведения конференции был определен пионерский лагерь «Ласпи» на берегу одноименной бухты в 2 км от Батилимана (рис. 1). Замечу, что все вопросы выбора базы для конференции, согласование с её администрацией всех финансовых и организационно-бытовых условий приема гостей и прочие вопросы решались нашими комсомольско-партийными кураторами параллельно, без детального вовлечения нас в эти дела. Мы только рекомендовали сроки и указывали примерное число ожидаемых гостей, ну и, конечно, отвечали за всю подготовительную научно-организационную работу (готовили Программу докладов, сборник тезисов, тематические круглые столы и прочее).

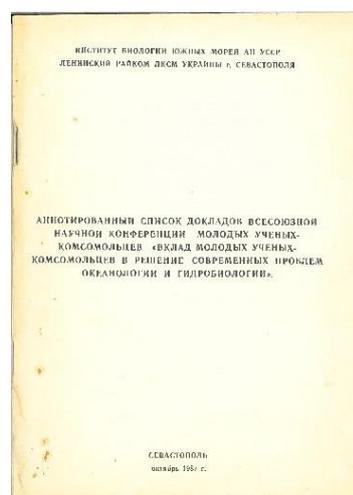


Рис. 1. Общий вид с моря лагеря «Ласпи» – места проведения 2-й Конференции молодых ученых ИнБЮМ – МГИ в 1987 году и обложка сборника тезисов конференции

Вторая конференция Молодых ученых ИнБЮМ – МГИ состоялась с 7 по 10 октября 1987 года. Кроме участников из ИнБЮМ и МГИ (около 20 человек), приехало почти 80 молодых ученых из разных институтов СССР. Конференции был присвоен Всесоюзный статус и официально она называлась «Всесоюзная научная конференция молодых ученых-комсомольцев и их вклад в решение современных проблем океанологии и гидробиологии» (Освоение и охрана..., 1987). Среди биологов, помимо крымчан, приехали гости из Одессы (ОдФ ИнБЮМ УССР, ОдО Института экономики АН УССР, ОГУ и ОдО АзЧерНИРО – всего около 10 человек), Симферопольского ГУ (2), Новороссийской биостанции КубГУ (3), АзНИРХ, Ростов/Дон, (3), БалтНИРХ, Рига (3), АтлантНИРО, Калининград (2), ММБИ КФ АН СССР, поселок Дальние Зеленцы (6), Института Зоологии АН БССР, Минск (2), ПИНРО, Мурманск (4), ТИНРО и ИБМ ДВО АН СССР, Владивосток (7) и другие (рис. 2).

В п/л «Ласпи» участники жили в 5-этажном корпусе. Заседания проходили на открытом воздухе: пленарные – в летнем кинотеатре, а секционные – на отрядных площадках, благо погода все дни стояла солнечная и теплая. Особенно это оценили наши гости из Мурманска, Риги и Калининграда, совершая после заседаний длительные заплывы в море. На пленарной сессии выступили ведущие ученые ИнБЮМ: член-корреспондент АН УССР В. Е. Заика и д. б. н. З. З. Финенко. С большим докладом также выступил и представитель комсомольского руководства на очень «научную» тему: «О роли комитетов комсомола по вовлечению молодежи в решение задач КПСС по ускорению научно-технического прогресса».



Рис. 2. Группа участников биологической секции 2-й Конференции МУ, п/л «Ласпи» (1987 г.)

Нижний ряд, слева направо: сотрудницы ОФ ИнБЮМ и ОГУ (Одесса); 4-й слева (в очках) – Н. К. Ревков (ИнБЮМ), 6-й – В. В. Ларионов (ММБИ, Дальние Зеленцы), Т. А. Кузнецова (БалтНИИРХ, Рига), П. Р. Макаревич и Н. В. Дружков (ММБИ), В. А. Диленко (ОдО Института экономики, Одесса), А. Н. Петров (ИнБЮМ). Средний ряд: М. В. Стрельбицкая (ОдО АзЧерНИРО, Одесса), А. П. Голубев (ЗИН АН БССР, Минск), А. Р. Архипов (АзЧерНИРО, Керчь), далее М. А. Скуляри, С. И. Архипова и М. Б. Гулин (все – ИнБЮМ), О. Г. Попова (Югрыбтехцентр). Верхний ряд, крайний слева – С. В. Алёмов (ИнБЮМ), В. А. Терновенко (ТИНРО, Владивосток), П. Н. Овчинников (ММБИ), А. Н. Орленко (АзЧерНИРО, Керчь), А. Б. Аполлов (БалтНИИРХ, Рига).

Сложности возникли при публикации сборника тезисов, поскольку разрешительные процедуры для исполнения в типографии любого печатного заказа требовали длительного согласования по разным инстанциям. Несмотря на то, что будущий сборник заблаговременно был «проведен» через Ученый Совет ИнБЮМ и получил положительное решение Редакционно-издательского Совета института, «компетентные органы» не давали «добро» для типографии. Мотивировка отказа состояла в том, что следовало представить экспертные заключения отдельно на каждые (!) тезисы, включенные в сборник. Многие из авторов такие акты экспертизы не предоставили, поэтому публикация сборника конференции оказалась под угрозой. А ведь это было одно из основных условий успешности проведения нашего форума, все участники очень рассчитывали увидеть свои материалы напечатанными и получить их в руки во время конференции.

До начала конференции оставалось около 2 недель... Что делать? Попытку решения проблемы предложил Сергей Игнатъев. Идея состояла в том, чтобы представить в типографию не сборник тезисов с индивидуальными актами экспертизы, а сборник, содержащий как бы единый аннотированный список тех же докладов-тезисов. Аннотации докладов, то есть их рефераты, не требовали отдельных актов экспертизы, этот документ надо было оформлять только на новый сборник в целом, что, в принципе, было решаемо. Трудность состояла в том, чтобы в сжатые сроки вычитать и существенно сократить по форме и размеру каждые из отобранных тезисов (всего более 70), сохранив при этом суть их научного содержания. Замечу, что мы втроем (С. Игнатъев, А. Петров и С. Алёмов) все-таки сумели за неделю выполнить эту большую работу и даже перепечатать сокращенные варианты всех тезисов и по-новому сверстать сборник. В типографию макет отнесли в пятницу, а в понедельник уже был день заезда и начала конференции. Сейчас вопрос срочности исполнения (за выходные дни!) можно было бы попробовать решить через существенное удорожание стоимости заказа. В те годы сработал «командно-административный ресурс»: звонок из Ленинского райкома КПСС начальнику типографии и в понедельник мы уже смогли забрать из печатного цеха стопки свежееотпечатанных брошюр и вручить их к началу конференции всем гостям. Имидж организаторов конференции был сохранен! Поэтому, читая длинное и в чём-то неудачное название на обложке того сборника, начинающегося со слов «Аннотированный список докладов...», я вспоминаю, какие хлопотные события стояли за этими строками.

За 4 дня работы конференции было заслушано и обсуждено около 50 биологических и 42 гидрофизических докладов. Почти каждое выступление сопровождалось вопросами, обсуждение которых часто перерастало в оживленную дискуссию. Ведущему приходилось останавливать обсуждения, чтобы хоть примерно уложиться в регламент. Но замечу, что в отличие от современных конференций, участники не слишком жестко придерживались отведенного на доклад времени. Сказывались и отсутствие опыта выступлений, а главное – было сильное желание поделиться своими, пусть и скромными, но такими важными (по мнению самого автора) результатами! Но такие задержки никого особенно не нервировали: раз сам говоришь дольше отведенного времени, то и других докладчиков терпеливо выслушивай... Тем более, что в эпоху отсутствия сервисов интернет-поиска, с новыми результатами оперативно можно было ознакомиться лишь лично, общаясь с их авторами, не дожидаясь, пока материалы будут где-то опубликованы. Поэтому заседания, как правило, затягивались намного дольше, чем предусматривалось расписанием Программы.

В те годы набирали актуальность исследования по развитию марикультуры на Черном море. В нескольких участках побережья Крыма, в том числе в бухте Ласпи, функционировали экспериментальные мидийные плантации. В созданном в 1983 году отделе Марикультуры ИнБЮМ АН УССР, а также в институтах АзчерНИРО и ВНИРО, велись исследования по изучению биологии перспективных видов моллюсков и рыб, оптимизации условий их культивирования и выращивания кормов (микроводоросли и беспозвоночные). Эти научные вопросы, а также методы мониторинга и биоиндикации состояния прибрежных экосистем в условиях загрязнения, вопросы промысловой и продукционной гидробиологии, создание охраняемых акваторий, были основными темами докладов и дискуссий. В период конференции участники-биологи посетили полевую базу ИнБЮМ в бухте Ласпи, где тогда

проводились научно-экспериментальные и практические работы по выращиванию мидий, ознакомились с особенностями этого нового для отечественной гидробиологии направления исследований. На итоговом заседании большинство участников горячо поддержали идею сделать такие конференции молодых ученых традиционными и вновь собраться в следующем году для обмена результатами и опытом.

Третья конференция – 1988 год. Успешное проведение предыдущей Всесоюзной (!) конференции Молодых ученых, выпуск (пусть и аннотированного) сборника докладов, интересная программа и четкая организация форума сделали свое дело. На разосланные приглашения откликнулось еще больше молодых ученых, чем в прошлом году. С одной стороны, организация очередной конференции представлялась (как мы уже хорошо поняли) весьма хлопотным и трудозатратным делом, отвлекающим от основной работы, с другой – на этом активно настаивали кураторы из горкома комсомола. Для них успешность дальнейшего проведения такого важного мероприятия обеспечивала поощрения со стороны вышестоящего руководства и продвижение по карьерной стезе. Идея продолжения традиции по организации научных форумов молодежи поддерживалась и Администрацией ИнБЮМ. Отмечу, что в составе Оргкомитета от ИнБЮМ произошли изменения. Сергей Игнатьев, готовясь к предстоящему длительному научному рейсу и учитывая возраст (31 год), попросил освободить его от обязанностей Председателя СМУ. На общем собрании новым Председателем СМУ ИнБЮМ избрали А. Н. Петрова, в этой общественной должности я и проработал до 1992 года. Появились новые люди и в составе СМУ ИнБЮМ и МГИ.

Работа по подготовке форума началась по уже знакомому сценарию, но при планировании и организации конференции возникли сложные моменты. Официальным ведущим идеологическим куратором предстоящей конференции теперь стал Крымский обком комсомола Украины. С одной стороны, это вроде было хорошо, повысился уровень формального «патронажа». С другой стороны, понизился статус конференции: вместо Всесоюзной, она стала Региональной (крымской). Кроме того, теперь все организационные и возникающие сложности, которые ранее мы решали напрямую с Севастопольским горкомом комсомола, теперь приходилось (через тот же горком) согласовывать в обкоме в Симферополе. Это занимало больше времени, да и специфика решаемых вопросов не всегда была понятна «товарищам наверху». У них возникали и свои особые пожелания идеологического характера, которые организаторам, конечно же, приходилось учитывать.

Так, в обкоме комсомола возникло предложение для организации и участия в конференции шире вовлечь молодежь не только из научных институтов и КБ, но и из производственно-технологических предприятий, то есть теснее обеспечить под эгидой комсомола единство науки и практики. Для производителей и технологов готовить научные доклады, как это предполагал исходный формат конференции, было делом незнакомым, а потому сложным и нежелательным. То же относилось и к подготовке их печатных материалов для планируемого сборника. Производственникам публикации были не нужны. Как объединить эти разноплановые требования разных категорий молодежи при проведении общей конференции? После длительных обсуждений и согласований было найдено компромиссное решение. Формат проведения конференции теперь предполагал не только научные сессии с представлением докладов, но и практические презентации технологических разработок и изделий, включая образцы выпускаемой продукции.

На разосланные информ-письма откликнулось более 120 человек; некоторые из них уже были нашими гостями на предыдущих конференциях. Для сборника материалов было в итоге отобрано около 100 докладов (56 – для биологической секции и 45 – для гидрофизической). Научное редактирование было проведено достаточно оперативно. Ответственным редактором сборника мы попросили стать чл.-корр. АН УССР, д. б. н. В. И. Заику. Виктор Евгеньевич уже принимал участие в наших прошлогодних форумах, выступал с заказными докладами по современным проблемным вопросам морской экологии, активно поддерживал идею развития молодежных научных конференций. Кроме того, его высокий научный статус добавлял «весомости» сборнику. Но В. Е. Заика не просто был «свадебным генералом», он реально прочитывал и оценивал присланные тезисы (как по биологии, так и по океанологии), отбирал

для сборника наиболее интересные, на его взгляд, материалы. Поэтому, новый сборник тезисов получился более «солидным» как по объему (115 стр.), так и по содержанию результатов. Он состоял из двух частей – Океанологической и Биологической, печатался по решению Редакционно-издательского Совета ИнБЮМ АН УССР и был выпущен тиражом в 300 экземпляров (Вклад молодых ученых..., 1988). Соблюдение этих формальных условий обеспечивало соответствие сборника материалам требованиям ВАКа, что было важно для молодых ученых, направляющих в дальнейшем свои публикации в Спецсовет по защите диссертаций.

Оформление тезисов для типографии, с учетом прошлогоднего опыта и высокого статуса наших симферопольских кураторов, не вызвало трудностей. В библиографических данных сборника, помимо ИнБЮМ АН УССР, теперь числились целых 3 (!) идеологических структуры – от обкома до райкома комсомола. Сборник своевременно получил все необходимые согласования Редсовета ИнБЮМ и Обллита. Тираж был отпечатан заранее и к началу конференции брошюры уже были готовы для раздачи гостям.

Сама конференция состоялась в период 20–24 сентября 1988 года. Местом проведения была выбрана турбаза им. А. В. Мокроусова, расположенная у берега моря на Северной стороне Севастополя. Турбаза находилась в черте города, что не требовало специальной организации транспорта по доставке многочисленных участников. На турбазе члены Оргкомитета и все иногородние участники жили по 2–3 человека в деревянных двухэтажных домиках в течение всего срока форума (рис. 3).

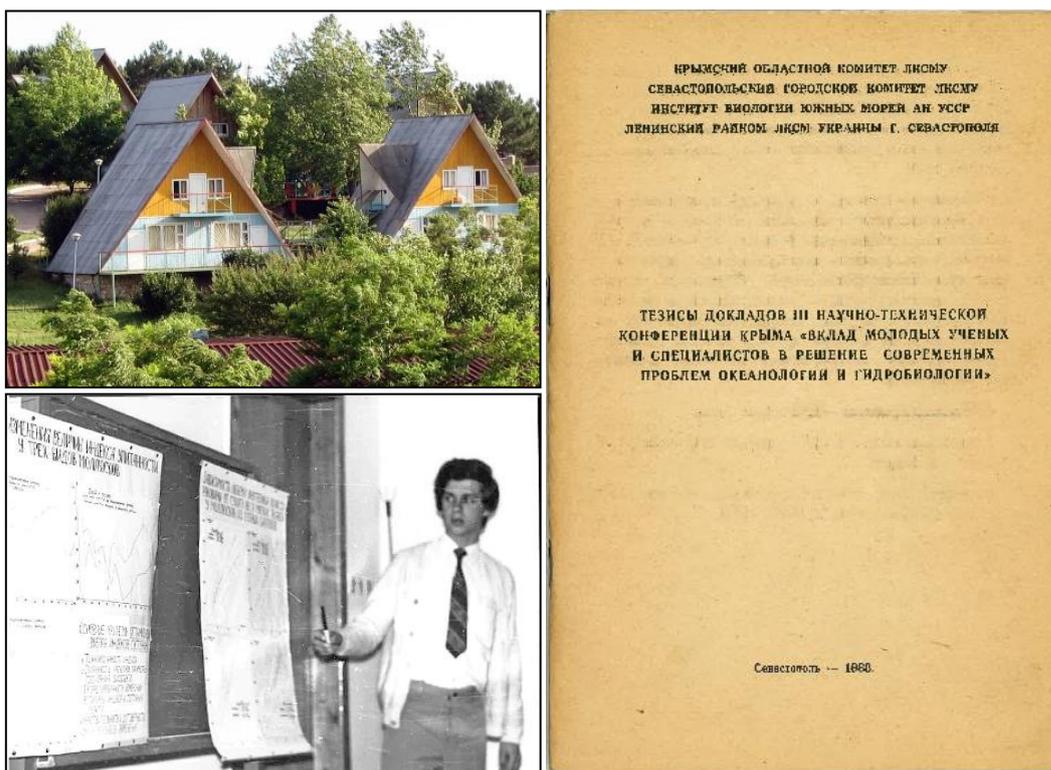


Рис. 3. Турбаза им. А. В. Мокроусова. В таких домиках жили участники 3-й конференции молодых ученых в 1988 году. А. Н. Петров делает доклад на заседании биологической секции. Обложка сборника тезисов докладов конференции.

Как уже отмечалось выше, помимо сугубо научных докладов по гидробиологической и гидрофизической тематике, в рамках работы конференции были запланированы и прошли практические стенд-презентации новых биотехнологических разработок и образцов рыбной и нерыбной марепродукции. Наши коллеги из Мурманска (ПИНРО) продемонстрировали

образцы специальным образом обработанных и завяленных водорослей (ламинарии, фукуса). Гости из Владивостока (ТИНРО) рассказали о новых на то время технологиях обработки моллюска-гребешка для консервов, о приготовлении деликатесной продукции из мускула-замыкателя гребешков, а также о методах промышленного изготовления пресервов из ламинарии японской, трепангов и иных беспозвоночных Японского моря. Молодые ученые-технологи из севастопольского НПО «Югрыбтехцентр» представили новые разработки по изготовлению рыбных консервов, а также образцы тогда еще нового и неизвестного вида продукции под названием «крабовые палочки». Другая группа биотехнологов представила презентацию по новаторскому методу промышленной очистки криля от хитинового панциря при помощи обработки паром под высоким давлением. Такие практические образцы изделий «мяса криля» и «крабовых палочек» были также продемонстрированы слушателям и подвергнуты «научно-практической» дегустации.

Севастопольские участники (А. Г. Семенов и С. И. Моисеев) из биологического отдела СЭКБПи представили научно-практические разработки, посвященные оптимизации выбора материалов и конструкции искусственных субстратов (рифов) для выращивания мидий и других беспозвоночных в марикультуре. Доклад сопровождался впечатляющими подводными фотографиями. Молодые ученые из Керченского АзЧерНИРО представили интересные доклады по проблемам сукцессии донных биоценозов Черного моря (П. Н. Золотарев), культивирования кормов для питания рыб, выращиваемых в марихозаиствах (О. А. Ровнина), оценки нерестовых запасов черноморских промысловых видов рыб на основе математических моделей (Ю. Г. Домашенко и А. В. Жигуненко). Исследовались и биологические условия получения жизнестойких личинок при искусственном выращивании устриц и мидий (А. Н. Орленко).

В 1980-е годы развитие марикультурной и в первую очередь «мидийной» тематики, особенно применительно к прибрежным акваториям Черного и Азовского морей, было одним из активно развивающихся научных направлений в прикладной гидроэкологии. В ИнБЮМе АН УССР многие научные сотрудники из разных отделов были привлечены к разработке научных и прикладных вопросов марикультуры. Это были и лабораторные опыты по изучению биохимических, генетических и репродукционных показателей мидий, и натурные исследования популяционных характеристик этих моллюсков, выращиваемых на экспериментальных плантациях в бухтах Ласпи и Капсельская, и оценка особенностей гидролого-гидрохимического режима в районе плантаций для определения оптимальных условий выращивания товарной марипродукции, и многое другое. Поэтому, в программе биологической секции конференции все эти научные вопросы были широко представлены севастопольскими учеными и гостями из других бассейновых институтов (ВНИРО, АзНИИРХ, ПИНРО, ТИНРО), служили предметом оживленных дискуссий между участниками в ходе круглых столов и личных контактов. Завершилась конференция ознакомительной экскурсией участников в Аквариум ИнБЮМ АН УССР и встречами-консультациями гостей с некоторыми ведущими специалистами института, что также было организовано членами Оргкомитета от ИнБЮМ.

Четвертая конференция – 1989 год. Эта конференция Молодых ученых была организована с наибольшим размахом, учитывая и число приехавших гостей, и их научный опыт, да и формальный статус проводимой конференции. Поначалу обсуждался вопрос о проведении следующей конференции в 1990 году, мотивируя сдвиг сроков тем, что многим участникам надо время, чтобы набрать и проанализировать новый научный материал, актуальность проведения новой конференции должна стать объективно востребованной. Однако, ряд обстоятельств определил целесообразность организации 4-й конференции Молодых ученых уже в 1989 году.

Настоятельные пожелания обязательно провести предстоящую конференцию Молодых ученых уже в текущем году исходили от новой Администрации ИнБЮМ. Напомню, что в конце 1988 года в ИнБЮМ АН УССР впервые в современной истории института прошли на альтернативной основе выборы нового директора. Это тоже было модным веянием того времени. Если ранее все директора назначались напрямую из Академии Наук, то в период

Перестройки коллектив института сам мог выдвигать возможные кандидатуры на пост директора, а в Академии результаты выборов только утверждались. (Сейчас это стало нормой, но в те годы такой сценарий выборов воспринимался как новаторский и очень демократичный). По итогам тех выборов новым директором ИнБЮМ стал д. б. н. С. М. Коновалов. Он был очень энергичным человеком, ихтиологом-«полевиком», докторскую диссертацию написал по материалам пионерских исследований миграционной экологии дальневосточных лососевых рыб. Кроме того, Станислав Максимович был незаурядным организатором науки, создателем и первым директором Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти), откуда он и приехал работать в Севастополь. Новый директор активно поддерживал молодежь, много помогал молодым ученым института в продвижении их результатов на всесоюзный, а в дальнейшем – и на международный уровень. В начале 1989 года состоялась обстоятельная встреча С. М. Коновалова с Председателем СМУ, где я рассказал о нашей работе и итогах проведения предыдущих молодежных конференций. Директор активно поддержал идею дальнейшего развития этой инициативы и настоятельно порекомендовал провести очередную 4-ю конференцию уже в текущем году, обещая поддержку и содействие. Подобное мнение выразили и наши комсомольские кураторы.

Помимо приглашений, адресованных молодым коллегам, Советом Молодых ученых ИнБЮМ также были разосланы персональные приглашения некоторым ведущим ученым профильных институтов Советского Союза с предложением выступить с заказными докладами на нашем молодежном форуме. Таким образом, формат предстоящей конференции Молодых ученых приобретал черты не только научного форума с докладами участников, но и Школы для научной молодежи, на которой планировалось заслушать лекции ведущих ученых по заранее оговоренным научным проблемам.

При содействии Севастопольского горкома комсомола научным организаторам удалось добиться значительного повышения формального статуса форума: теперь конференция организовывалась под эгидой ЦК ВЛКСМ, контроль над её проведением осуществлялся напрямую из Москвы. Такие высокие полномочия существенно облегчали решение многих оргвопросов, хотя и налагали на Оргкомитет дополнительную ответственность. Предстоящую конференцию было намечено провести, как и в 1986 году, на базе отдыха «Севтроллейбус» в Батилимане и в те же сроки (начало октября). Директор «Севтроллейбуса» А. С. Круподёров оказал содействие в организации доставки, размещения и питания участников на б/о. Заказ на печатание сборника тезисов был передан типографии НПО «Югрыбтехцентр» (Севастополь); молодые сотрудники-технологи из этой организации уже принимали участие в наших предыдущих конференциях. На наши приглашения откликнулось более 170 человек, многие из них уже были гостями наших конференций. Ожидался и приезд приглашенных ученых с заказными докладами.

К концу августа, когда все сотрудники возвратились из отпусков и экспедиций, подготовка 4-й конференции вышла на финишный этап. Для научного редактирования сборника были задействованы члены Оргкомитета от ИнБЮМ и МГИ, обязанности ответственного редактора были поручены С. М. Игнатьеву. Сборник конференции составлялся в двух разделах: «Океанология» и «Гидробиология». Учитывая большое число отобранных докладов, каждый из разделов был выпущен в 2-х частях (рис. 4).

Гидробиологический раздел включал 78 тезисов, Океанологический раздел – около 70 (Вклад молодых ученых..., 1989a, 1989b). Таким образом, весь сборник, выпущенный тиражом 250 экземпляров, включал около 150 работ, состоял из 4 брошюр и был утвержден к печати Редакционно-издательским советом ИнБЮМ. Материалы, опубликованные в сборнике тезисов, в дальнейшем могли учитываться авторами при составлении списка работ для ВАКа в ходе подготовки диссертаций. В этой конференции, помимо многочисленных гостей, приняло участие и наибольшее число сотрудников от ИнБЮМ. Свои результаты представили Б. Е. Анненский, М. Ю. Алеев, братья М. Б. и С. Б. Гулины, Н. К. Ревков, А. Н. Петров, И. Е. Драпун, М. В. Круглов, С. М. Игнатьев, Н. А. Мильчакова, В. В. Мельников, Е. Л. Неврова,

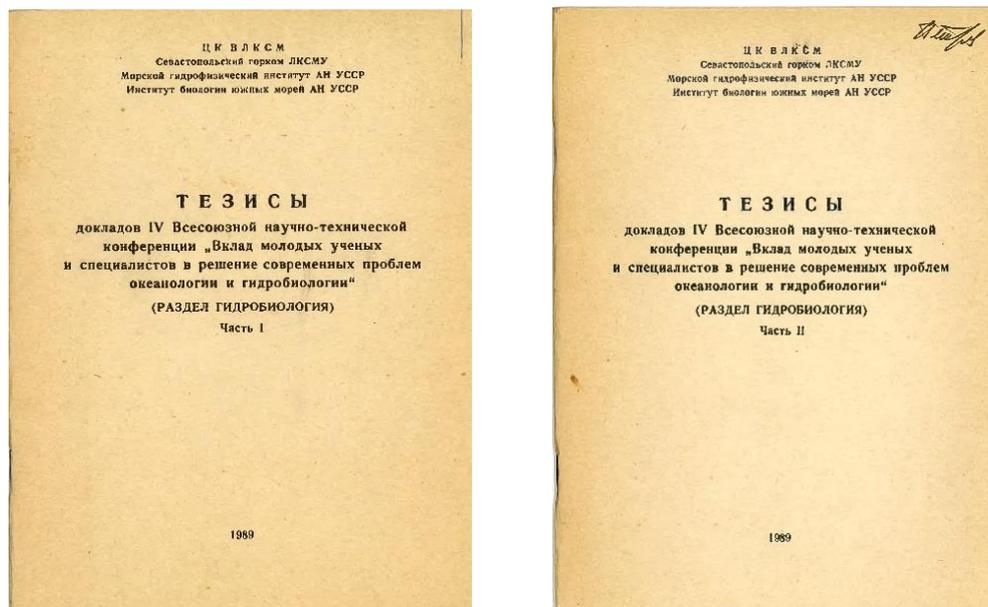


Рис. 4. Обложки сборников тезисов (тома 1 и 2) Гидробиологического раздела 4-ой Конференции Молодых ученых ИнБЮМ – МГИ (Батилиман, 1989 г.)

Ю. В. Просвиров, И. Ю. Тамойкин, А. Н. Ханайченко, В. М. Юрахно и другие. Биологическая и океанологическая секции были разделены на подсекции (как на «взрослых» конференциях), их работа была организована параллельно в отдельных помещениях на базе отдыха.

Несколько слов о наших гостях. Был приглашен д. б. н. Б. В. Преображенский из Тихоокеанского института географии (ТИГ), Владивосток. Борис Владимирович возглавлял лабораторию Подводных ландшафтов в ТИГе и считался в Союзе одним из наиболее известных ученых по теории и практике подводного ландшафтоведения и экологического картирования, много поработал в экспедициях на коралловых атоллах Австралии, на островах Тихого океана, в Японском море, опубликовал несколько интересных методических монографий и статей. Сходные научно-методические подходы к подводному ландшафтоведению тогда активно разрабатывались и в ИнБЮМ, что определило широкий интерес к подобной тематике докладов. Б. В. Преображенский приехал из Владивостока со всей своей «командой» из ТИГ ДВО АН СССР. Это были шестеро крепких бородачей, водолазы-аквалангисты и, заодно, кандидаты наук, с большим опытом исследований по научному описанию и классификации подводных ландшафтно-экологических комплексов в морях Дальнего Востока. Они представили на конференции несколько интересных научно-методических лекций по единой тематике, сопровождавшиеся не только научными выкладками, но и замечательными подводными фотографиями (что тогда было технической редкостью). Среди ТИГовцев особо выделялся Алик Мурахвери – яркий чернобородый мужчина с зычным голосом с характерным акцентом. В вопросах подводного ландшафтоведения он считался научным идеологом работ всей «команды», вместе с Б. Г. Преображенским определяя планы теоретических и практических исследований. Кроме А. Мурахвери, полезные научные контакты мы завязали и с другими сотрудниками Лаборатории подводных ландшафтов ТИГа – И. Арзамасцевым, В. Жариковым и В. Орбовым. Обсуждались даже планы совместно поработать в будущем году у нас в Крыму, провести комплексные экологические исследования подводных ландшафтов на ключевых прибрежных полигонах. Тем более, что тогда в ИнБЮМ существовала своя водолазная станция с соответствующим оборудованием, а ряд молодых сотрудников (Ю. Просвиров, А. Петров, Н. Ревков, М. Круглов, И. Тамойкин и другие) имели удостоверения профессиональных водолазов-исследователей и по 100–200 часов опыта подводных научных работ. К сожалению, этим планам не суждено было реализоваться...

Из других иногородних докладчиков запомнился д. б. н. Роберт Апс из Таллиннского отделения БалтНИРХа, который сделал два интересных заказных доклада по новым методикам определения возраста и роста рыб. С Р. Апсом консультировались в основном наши коллеги-ихтиологи – Михаил Круглов, Александр Архипов и другие. Через несколько лет, уже после распада СССР, я вновь встретился с доктором Р. Апсом на конференции в Германии. Мы тепло приветствовали друг друга, вспомнили наши встречи, но в присутствии своих эстонских коллег Р. Апс общался со мной только по-английски, хотя прекрасно говорил по-русски и в свое время закончил аспирантуру во ВНИРО. «Мои коллеги из Таллинна могут неправильно меня понять, если я буду говорить с Вами, Алексей, по-русски. Я не хотел бы потом иметь дома проблемы». Ну что ж, я его понял. Такие реалии теперь, к сожалению, нередко доминируют при контактах между учеными, представляющими когда-то научные институты единой большой страны...

Важные доклады по оценке структуры и состояния фито- и зооценозов Черного моря в условиях эвтрофирования и методам биотестирования качества морских вод представили одесские коллеги из ОдФ ИнБЮМ – Б. Г. Александров, А. Ю. Варигин, Г. Г. Миничева, А. Г. Петросян, М. В. Стрельбицкая. Вопросам анализа многолетней динамики численности популяций черноморских промысловых рыб были посвящены доклады А. В. Жигуненко и Ю. Г. Домашенко (АзЧерНИРО). Результаты исследования по вопросам воспроизводства и охраны сиговых рыб реки Оби были представлены коллективом авторов во главе с В. Д. Богдановым из Института экологии животных УрО АН СССР, Свердловск. Интересное сообщение о биохимическом составе байкальских гобиид сделала Т. А. Козлова из Лимнологического института СО АН СССР, Иркутск. Итоги изучения водных экосистем водоемов-охладителей АЭС представил в своем докладе С. А. Афанасьев (Институт гидробиологии АН УССР, Киев). Много других интересных сообщений на сессиях было доложено нашими коллегами из профильных институтов Мурманска, Риги, Калининграда, Москвы, Ленинграда, Новороссийска, Краснодара, Астрахани, Иркутска, Владивостока и других городов.

Конференция продолжалась 4 дня, потом возможность пожить на б/о «Севтроллейбус» еще 2 дополнительных дня (уже за свой счет) была предоставлена тем гостям, кто приехал в Крым издалека и хотел бы еще остаться подольше, побывать в Ялте и Севастополе, встретиться с коллегами в ИнБЮМ и Морском гидрофизическом институте.

По итогам конференции состоялось собрание в горкоме комсомола, наши «кураторы по идеологии» из Москвы и Симферополя высоко оценили работу и важность проведенного мероприятия, члены Оргкомитета от ИнБЮМ и МГИ были награждены Грамотами ЦК ВЛКСМ. Конференция стала заметным событием в жизни наших научных институтов и их СМУ, получила одобрение и поддержку со стороны Дирекции. Об итогах 4-й молодежной научной конференции ИнБЮМ–МГИ говорилось даже в годовом отчетном докладе директора ИнБЮМ С. М. Коновалова в Академии Наук УССР в Киеве. Можно сказать, что такие конференции молодых ученых уже становились нашей научной традицией.

Вопрос о сроках проведения следующей (5-й) конференции Молодых ученых однозначно был отложен до 1991 года. Участникам надо было накопить и проанализировать новые данные, да и реалии текущей общественно-политической обстановки в стране и в научной жизни менялись слишком быстро и непредсказуемо. В начале 1991 года у нас в СМУ ИнБЮМ было начато обсуждение планов подготовки новой конференции, но последовавшие события лета и осени того года, распад СССР и всей управляющей политико-идеологической надстройки сделали невозможным практически осуществить все эти планы. С 1992 года и наши научные форумы, да и деятельность СМУ стали уже неактуальны на фоне экономического коллапса и иных сопутствующих проблем. В стране и в науке наступила другая эпоха, из кризиса которой наш институт и воссозданный СМУ начали выходить только к 2000 году. Тогда уже в ИнБЮМ НАН Украины новым поколением молодых ученых была организована и успешно проведена первая (или все же 5-я?) конференция Молодых ученых ИнБЮМ под своим названием – «Понт Эвксинский».

ОБСУЖДЕНИЕ

О научных школах и научных результатах. Помимо представления новых научных результатов, смысл проведения конференций, в том числе и наших молодежных, состоит в возможности поделиться с коллегами определенными взглядами и мнениями на суть ключевых научных проблем, выявить теоретические предпосылки или практические пути для их решения, определить новые приоритетные направления исследований. Одним словом, всех тех граней научной методологии, что входит в понятие «научная школа». Научные школы, как правило, формируются либо на основе взглядов, опыта и наработок ведущего ученого – лидера школы, либо по «территориальному» признаку, то есть тому району (или институту), где изучение определенной проблемы и путей её решения приобретает наибольшее развитие, или имеет длительную историю исследований. В описываемый «доинтернетный» период многие научные институты нашей большой страны имели свои признанные школы по методологии исследований тех или иных крупных научных проблем. Например, в ЗИН АН СССР в Ленинграде была сформирована авторитетная школа по систематике, в ЗИН АН БССР в Минске – школа по исследованию трофологии и биопродуктивности водных экосистем, в ТИНРО во Владивостоке – школы по токсикологии и промысловой экологии.

Известные в Союзе школы со своей системой научных взглядов, важными разработками и результатами были сформированы и в ИнБЮМ АН УССР – по радиохемозологии, теории жизненных форм, экологической физиологии микроводорослей, биоценологии бентоса, экологическому метаболизму макрофитов и другие. Молодые (да и не только) ученые, работающие в рамках региональных научных школ и наработывая теоретические и практические результаты, в ходе конференций получали хорошую возможность поделиться наработками своей школы и, в свою очередь, узнать о результатах коллег, представляющих другие школы. Конечная результативность исследований во многом зависела от правильно сформулированной рабочей гипотезы, её методологической основы, адекватности поставленных задач и методов их практического решения. Тем более это имело значимость в тогдашних условиях ограниченной инструментальной (приборной) базы и расчетно-аналитических методов.

К настоящему времени наша гидроэкологическая наука, благодаря развитию компьютерных методов и инструментально-измерительной базы, становится все более «приборно-ориентированной». Об основных наработках коллег теперь можно оперативно узнать из доступных в интернете огромного количества статей и иных публикаций. Необходимости собираться на форумах, обмениваться своими результатами в виде докладов, отражающих традиции различных научных школ, а тем более обсуждать теоретические и методологические аспекты той или иной проблемы, становится все меньше. Кроме того, универсальность современной приборно-измерительной базы во многом нивелирует оригинальность исходно полученных данных. (У кого есть более мощный и полифункциональный микроскоп или иное современное оборудование, тот и получает, зачастую, возможность извлечения с его помощью более «научного» результата).

Имеет место и обратная закономерность: если твои оригинальные и интересные результаты получены без применения самого современного оборудования или не используют «модные» методики (в науке тоже есть мода и с этим приходится считаться!), то шанс опубликовать такую статью в рейтинговых журналах из зарубежных наукометрических баз невелик. Предлагаемые в такой статье научно-теоретический анализ и интерпретация исходных данных интересуют читателей уже в гораздо меньшей степени. Об этом можно судить по низкой цитируемости таких аналитических статей по сравнению с работами, в которых просто детально представлена «эмпирика», то есть результаты измерений исходных физико-химических параметров, биотических показателей, списки видов и тому подобное, но полученные обязательно с применением самого современного оборудования. А ведь настоящая наука, как говорил академик Л. А. Арцимович, начинается там, где заканчивается сбор эмпирического материала.

Следствием таких «приборно-ориентированных» тенденций, начавшихся в 1990-х годах в зарубежной науке, явилось активное вовлечение наших молодых ученых для

исследовательской работы в зарубежных профильных институтах. Там представители разных советских научных школ, имеющие хороший теоретико-аналитический опыт обработки результатов, получали возможность поработать с теми обширными массивами первичных данных, которые были получены зарубежными коллегами с помощью современного оборудования, но последующий анализ и интерпретация результатов которых не проводились. Сейчас подобные «перекосы» в зарубежной гидробиологической науке исправляются. Могу об этом судить по заметному количеству появляющихся за последние 10–15 лет новых экологических работ с детальным анализом исходных материалов, а не только содержащих большой объем инструментальной «эмпирики», полученной на современных приборах.

В отечественных исследованиях по гидроэкологической тематике в заметной степени всё еще доминирует подход, когда стремление заполучить современный прибор и получить с его помощью исходный набор измерительных результатов, отодвигает на второй план важность собственно научной интерпретации исходной «цифры». И в таком случае мы опять возвращаемся к проблеме утраты (в большей или меньшей степени) тех научных традиций и взглядов, то есть умения определить суть научной проблемы и наметить возможный путь её решения, которые в прежний период формировались и развивались на базе разных научных школ и выносились на обсуждение на конференциях разного уровня. Давайте не забывать об этом при планировании наших исследований, а иначе остается опасность свести изучение всего многообразия наших научных проблем к задачам измерения, компьютерной визуализации и комментирования первичных данных, получаемых пусть и с помощью самого современного и сложного инструментария.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Со времени событий, о которых рассказано выше, прошло уже более 30 лет. Большинство участников тех конференций молодых ученых-комсомольцев успешно построили свои карьеры в науке, стали известными учеными. Хотел бы упомянуть лишь некоторых из них. Александр Архипов – теперь доктор биологических наук, зам. директора по науке АтлантНИРО в Калининграде. Павел Макаревич также стал доктором наук и директором МБИ КФ РАН в Мурманске. Александр Голубев – ныне д. б. н., профессор кафедры экологического мониторинга в Госуниверситете в Минске. Сергей Афанасьев – также д. б. н., профессор, директор Института гидробиологии НАН Украины в Киеве. Борис Александров стал член-корреспондентом, доктором наук, профессором и много лет успешно руководил ОдФ ИнБЮМ НАН Украины в Одессе, там же ныне работают д. б. н. Галина Миничева и д. б. н. Александр Варигин. Сергей Гулин стал доктором наук, профессором, несколько лет (до своей безвременной кончины в 2018 году) возглавлял уже в российский период ИнБЮМ РАН в Севастополе. Неоднократный участник наших конференций, талантливый ученый-токсиколог Владимир Терновенко из ТИНРО во Владивостоке, после блестящей защиты диссертации в Спецсовете ИнБЮМ, сделал карьеру в восточной медицине. Сейчас он занимает высокий пост директора Сихотэ-Алиньского Института Восточных медицинских традиций. Бывший стажёр-исследователь Сергей Алёмов ныне стал ведущим научным сотрудником и руководителем крупного отдела в ИнБЮМ РАН. Этот список можно было бы продолжить.

Тяжелее говорить о потерях, которые, увы, тоже произошли за эти годы. Несколько лет как не стало Сергея Игнатьева. В 2018 году ушел из жизни Сергей Гулин. Борис Александров трагически погиб в декабре 2019 года в своем рабочем кабинете при пожаре, который практически уничтожил все здание и научные фонды Института морской биологии НАН Украины в Одессе. Вместе с Борисом трагически погибла и к. б. н. Галина Иванович, также принимавшая участие в работе наших конференций. Ушли из жизни и некоторые другие бывшие молодые ученые – участники наших форумов. Будем помнить о них.

Сменились времена, давно нет той единой большой страны и некоторых её научных институтов, нет уже и комсомола, и базы «Севтроллейбус» в Батилимане и много чего еще.

Но остался наш ИнБЮМ, его научные традиции и большой коллектив сотрудников, которые продолжают активно работать над реализацией различных направлений и задач морской экологии. Ведь главный объект и вдохновитель всех наших исследований – Понт Эвксинский, наше Чёрное море – осталось прежним и исследовать его экологические проблемы и закономерности на современном уровне теперь предстоит уже новым поколениям молодых ученых.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИнБЮМ по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», № 121030100028-0.

Список литературы

Освоение и охрана биологических ресурсов морей и океанов. Вопросы марикультуры // Аннотированный список докладов Всесоюзной научной конференции «Вклад молодых ученых-комсомольцев в решение современных проблем океанологии и гидробиологии» (Севастополь, 1–4 октября 1987 г.) / [Отв. ред. С. М. Игнатъев]. – Севастополь, 1987. – 55 с. <https://repository.marine-research.org/handle/299011/8378>

Вклад молодых ученых и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии. – Тезисы докладов III науч.-техн. конф. Крыма (Севастополь, 6–10 сентября 1988 г.) / [Отв. ред. В. Е. Заика]. – Севастополь: Севгорттипография, 1988. – 114 с. <https://repository.marine-research.org/handle/299011/8400>

Вклад молодых ученых и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии. – Тезисы докладов IV Всесоюз. научно-техн. конф. (Раздел Гидробиология). Том. 1. (Севастополь, 1–4 октября 1989 г.) / [Отв. ред. С. М. Игнатъев]. – Севастополь: НПО Югрыбтехцентр, 1989. – 82 с. <https://repository.marine-research.org/handle/299011/8596>

Вклад молодых ученых и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии // Тезисы докладов IV Всесоюз. научно-техн. конф. (Раздел Гидробиология). Том. 2. (Севастополь, 1–4 октября 1989 г.) / [Отв. ред. С. М. Игнатъев]. – Севастополь: НПО Югрыбтехцентр, 1989. – 72 с. <https://repository.marine-research.org/handle/299011/8605>

Petrov A. N. The history of organization of youth hydroecological conferences at the Institute of Biology of the Southern Seas, Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in 1980s // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 90–104.

The historical and chronicle publication was prepared to describe the history of organization of youth conferences on hydrobiology and oceanology as a part of events dedicated to the 150th anniversary of A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas (IBSS) of Russian Academy of Sciences. The first conferences were held in Sevastopol under the auspices of the Councils of Young Scientists of the IBSS and Marine Hydrophysical Institute in the mid-1980s. Brief description of topics of reports, the geography of academic institutions and participants is given for each of four annual conferences (1986–1989). Moreover, peculiarities of organizing and holding conferences in USSR are described. In general, about 420 young scientists from more than 25 academic institutes and applied basin organizations of the Soviet Union took part in the four conferences. During the work of the scientific sections about 400 reports (50 reports in 1986, 96 in 1987, 103 in 1988 and 148 in 1989) were presented. Seven round table discussions were organized on the following problems of marine ecology: balance calculations of the marine biological productivity, assessment of the level of biological resources of the Black Sea ecosystem, methods of monitoring pollution of sea water bodies, ways of protection of biodiversity, ways of establishment of marine reserves in the Crimea and biotechnological aspects of aquaculture. At the conferences, the results of fundamental and applied research in physical oceanology and marine ecology were reported and published in digests of abstracts, as well as issues of applied sanitary hydrobiology and aquaculture, development and protection of marine biological resources, conservation of biological diversity and nature management. The materials presented in the article are primarily addressed to the modern generation of young environmental scientists, as well as to those who are interested in the history of scientific forums or working in the field of science popularization in our region.

Key words: oceanology, hydrobiology, scientific conferences, history of holding conferences, Council of Young Scientists, IBSS, Sevastopol.

Поступила в редакцию 06.03.22

Принята к печати 14.04.22

УДК 581.526.42:502.753

Анализ мероприятий по сохранению лесных ресурсов

Волкова О. Н., Кротова Е. А.

*Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина
Нижний Новгород, Россия
ok6000@yandex.ru, krotova-ea@mail.ru*

В статье рассматриваются актуальные вопросы сохранения лесных ресурсов на территории Российской Федерации. Раскрыта роль лесных ресурсов и биологического разнообразия в жизни человека. Выделены причины сокращения площади лесных массивов. Проведен обобщенный анализ состояния лесного фонда Российской Федерации, нормативно-правовых и статистических документов по ведению лесного хозяйства, проводимых мероприятий по сохранению лесных ресурсов и биологического разнообразия. Проанализированы целевые показатели и полученные результаты реализации федерального проекта «Сохранение лесов», который осуществляется в рамках госпрограммы «Развитие лесного хозяйства», нацпроекта «Экология». В настоящее время площадь лесных массивов сокращается в результате деградации почв (эрозия, закисление, засоление, заболачивание, токсичное и радиоактивное загрязнение почв), перевода лесных земель в категорию сельскохозяйственных, нерационального использования лесных ресурсов. Площади лесов сокращаются в результате лесных пожаров, болезней леса, незаконных вырубок, чрезмерного выпаса скота в лесах. Как следствие, сокращение биологического разнообразия, ухудшение состояния водосборных территорий, снижение качества жизни людей. Из-за отсутствия эффективных профилактических мер и защитных механизмов по сохранению лесов проблема истощения лесных ресурсов становится особенно актуальной и требует срочного принятия императивных мер по сохранению и восстановлению лесных ресурсов. Мероприятия по сохранению лесных ресурсов реализуются федеральными и региональными органами власти в пределах предоставленных им полномочий.

Ключевые слова: лесные ресурсы, уничтожение, анализ, лесовосстановительные мероприятия, результаты, федеральный проект.

ВВЕДЕНИЕ

Огромную роль в жизни человека играют леса. Леса вырабатывают кислород, поглощают углекислый газ, очищают воздух от загрязнения, защищают почву от эрозии, регулируют водные стоки.

Причинами уничтожения лесов являются: вырубка лесов промышленными предприятиями в целях получения деловой древесины, распашка лесных земель под сельскохозяйственные угодья, освобождение площадей для строительства новых городов, промышленных предприятий, развязок и дорог, аэродромов, военных объектов.

В настоящее время из-за глобального потепления, повышения температуры воздуха, увеличения количества засушливых периодов на планете наблюдается рост лесных пожаров и усыхание лесов.

За последние десятилетия человеком уничтожено 2/3 лесов, покрывавших Землю. Лес играет незаменимую роль в поддержании кислородного баланса. Тропические леса — основной источник поглощения углекислого газа и поставщик кислорода, — уже уничтожены человеком на 40 %. За последние 10 лет площади лесов непрерывно сокращаются. Особенно заметны темпы сокращения площадей тропических лесов в Индии, Таиланде, Мексике, Бразилии. Ученые подсчитали, что с такой скоростью уничтожения лесов через 30–40 лет их совсем не останется на планете. Как следствие, надвигается угроза нарушения кислородного баланса (!) (Хорошилова, 2012).

Цель работы — провести анализ состояния лесного фонда РФ, нормативно-правовых и статистических документов по ведению лесного хозяйства, причин сокращения площади лесных массивов, проводимых мероприятий по сохранению лесных ресурсов и биологического разнообразия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе проводимых исследований были изучены Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 года «Об охране окружающей среды», «Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденных Президентом Российской Федерации 30.04.2012, постановление Правительства Российской Федерации № 996 от 24.09.2012 «О подготовке и распространении ежегодного государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды», Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году», государственная программа «Развитие лесного хозяйства», утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации № 318 от 15.04.2014.

Материалом для настоящих исследований послужили официальные статистические данные уполномоченных федеральных органов исполнительной власти (Минприроды России, Рослесхоза, Росстата, Росреестра, МВД России, МЧС России) в области состояния лесных ресурсов за 2019 год.

Методами проводимых исследований послужили изучение, анализ, синтез и обобщение официальных статистических данных компетентных органов исполнительной власти, определена тенденция к сокращению площади лесных ресурсов на территории Российской Федерации, выявлены антропогенные и природные факторы деградации или гибели лесных массивов, а также проанализированы предпринимаемые меры для уменьшения вредного воздействия на лесные фонды.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Российская Федерация считается одним из государств, обеспеченных древесиной. По состоянию на 2019 год согласно данным Рослесхоза, она обладает наибольшими *лесными массивами* в мире – более 768,5 млн. га., 70 % этой площади составляют ценные породы. К землям лесного фонда также относятся *нелесные земли*: просеки, дороги, другое, и *земли, неудобные для использования*: болота, карьеры, каменистые россыпи, другое. Данные категории земель входят в государственный лесной фонд. Общая площадь лесного фонда Российской Федерации – 1146,2 млн. га., из них 768,5 млн. га. площадь лесных массивов и 377,7 млн. га. нелесные земли, земли, неудобные для использования (Государственный доклад..., 2019).

46,4 % территории Российской Федерации покрыто лесами. С 2008 года наблюдается незначительное изменение лесистости территории РФ с тенденцией к уменьшению: 2008 год – 46,6 %, а в 2019 году – 46,4 % (Государственный доклад..., 2019).

На рисунке 1 представлена лесистость территории Российской Федерации в разрезе федеральных округов в 2019 году, % (Государственный доклад..., 2019).

На территории РФ наибольший объем древесины представлен такими породами, как лиственница, береза, сосна, ель. К ценным породам относятся лиственница, сосна, ель. В настоящее время наблюдается тенденция к уменьшению площадей хвойных деревьев в связи с высокой ценностью древесины: 2010 год – 526,8 млн. га, а в 2019 году – 520,1 млн. га. А вот тенденция к увеличению площадей лиственных пород наблюдается в связи с активным зарастанием брошенных после распада СССР сельскохозяйственных земель: 2010 год – 149,2 млн. га, 2019 год – 152,4 млн. га (Государственный доклад..., 2019).

За 2019 год по данным Рослесхоза погибло 151,1 тыс. га леса. По сравнению с 2010 годом, когда погибло 756,6 тыс. га леса, наблюдается снижение тенденции гибели лесов. Причинами гибели лесов являются вредители леса, болезни леса, лесные пожары, погодные условия и почвенно-климатические факторы, антропогенные факторы, повреждения дикими животными (Государственный доклад..., 2019).

Негативное воздействие на лесные ресурсы оказывает радиоактивное загрязнение, коммерческая вырубка для получения сырья для строительства и производства. После



Рис. 1. Лесистость территории федеральных округов Российской Федерации в 2019 году (%)

произошедших ядерных катастроф: Кыштымская авария (НПО «Маяк», Челябинск, 1957 г.), позже Чернобыльская авария (Чернобыльская АЭС, Припять, Украина, 1986 г.), а также проводимых испытаний ядерного оружия на Семипалатинском испытательном полигоне, часть лесов оказалась заражена радиоактивными отходами и нуждается в мероприятиях по восстановлению (в 2019 г. – восстановлено 2360,6 га леса) (Государственный доклад..., 2019).

На территории лесного фонда проводятся плановые и внеплановые проверки лиц, использующих в своей деятельности лес. В 2019 году по данным органов исполнительной власти субъектов РФ (лесные ведомства) выявлено 14,8 тыс. фактов незаконной рубки леса (Государственный доклад..., 2019).

В целях компенсации деградирующих лесных массивов проводятся лесовосстановительные мероприятия. По данным Россельхоза по состоянию на 2019 год было восстановлено 1126,5 тыс. га. леса, их них 176,6 тыс. га. было посажено силами человека, а 949,9 тыс. га. – механическим способом. В свою очередь, за 2019 год погибло 151,1 тыс. га. леса (Государственный доклад..., 2019).

Федеральными органами власти был разработан федеральный проект «Сохранение лесов». Он направлен на профилактику и предупреждение возникновения лесных пожаров, восстановление площадей лесов после лесных пожаров и болезней леса, нерационального использования человеком лесных ресурсов.

В рамках нацпроекта «Экология», госпрограммы «Развитие лесного хозяйства» реализуется федеральный проект «Сохранение лесов». Его цель – сохранение лесов, их воспроизводство на вырубленных территориях и погибших в результате лесных пожаров.

Основными задачами федерального проекта «Сохранение лесов» являются:

1. Разработка и утверждение нормативно-правовых документов по компенсационному восстановлению лесов;
2. Оснащение учреждений, занимающихся лесовосстановлением, специализированной техникой, в том числе лесопожарной, и оборудованием;
3. Увеличение свободных площадей лесными растениями;
4. Обновление данных о лесных участках, требующих лесовосстановления;
5. Увеличение запаса семян лесных растений для всех участков, где вырублены или погибли лесные насаждения (Государственный доклад..., 2019; Федеральный проект..., 2018).

К концу 2024 года благодаря федеральному проекту «Сохранение лесов» должны быть выполнены такие целевые показатели, как:

- увеличение отношения площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений (увеличение показателя с 62,3 до 100 %);
- сокращение ущерба от лесных пожаров (уменьшение показателя с 32,3 до 12,5 млрд. руб.);
- увеличение площади лесовосстановления (увеличение показателя с 935 до 1554 тыс. га.);
- уменьшение площади погибших лесных насаждений (уменьшение показателя с 380 до 220 тыс. га.);
- увеличение количества выращенного посадочного материала лесных растений (повышение показателя с 665 до 879 млн. шт.);
- увеличение запаса семян лесных растений для лесоразведения (увеличение показателя с 194 до 360 т) (Государственный доклад..., 2019; Федеральный проект..., 2018).

В таблице 1 представлены основные результаты реализации федерального проекта «Сохранение лесов» согласно данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации за 2019 год.

Таблица 1

Основные результаты реализации федерального проекта «Сохранение лесов»

Показатель	Единица измерения	Базовое значение	2019 г.	
			План	Факт
Количество выращенного посадочного материала лесных растений	млн. шт.	665	669	713,9
Площадь погибших лесных насаждений	тыс. га	380	330	151,1
Ущерб от лесных пожаров	млрд. руб.	32,3	20,5	13,5
Запас семян лесных растений для лесоразведения	тонны	194	221	182,4
Площадь лесовосстановления	тыс. га	935	1000	1129,1
Отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений	%	62,3	64,4	80,7

Анализируя целевые показатели и полученные результаты реализации федерального проекта «Сохранение лесов» за 2019 год можно сделать выводы о том, что такие показатели, как количество выращенного посадочного материала лесных растений, площадь лесовосстановления, отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений увеличились, а такие показатели, как площадь погибших лесных насаждений, ущерб от лесных пожаров, запас семян лесных растений для

лесоразведения еще не достигли плановых показателей ввиду не завершения срока действия и реализации данного федерального проекта (выполнение плановых показателей предполагается к 2024 году), работа по этим направлениям все еще активно ведется.

Таким образом, в рамках федерального проекта «Сохранение лесов» государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» и национального проекта «Экология» по состоянию на 2020 год реализованы следующие целевые показатели:

- соблюден баланс выбытия и воспроизводства лесных массивов – 94,3 %;
- увеличена площадь лесных массивов – 1185,9 га.;
- выполнены работы в 2019 году по созданию учреждений по лесному семеноводству, по искусственному лесовосстановлению на площади 43,2 тыс. га. (за 2019 г.) и на площади 38,1 тыс. га. (1 полугодие 2020 года);
- приобретена специализированная техника и оборудование по воспроизводству лесов в размере 4,6 тыс. ед.;
- увеличено количество посадочного материала лесных растений в объеме 729 млн. шт.;
- увеличен запас семян лесных растений до 267,4 тонн;
- снижен ущерб от лесных пожаров до 11,5 млрд. рублей;
- осуществлена актуализация данных по фонду лесовосстановления (Годовой отчет..., 2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время тенденция сокращения площади лесных массивов сохраняется.

Деграция или гибель лесов происходит как в результате природных, так и антропогенных факторов, перевода лесных земель в категорию сельскохозяйственных, нерационального использования лесных ресурсов. Площади лесов сокращаются в результате лесных пожаров, болезней леса, незаконных вырубок, чрезмерного выпаса скота в лесах. Как следствие, сокращение биологического разнообразия, ухудшение состояния водосборных территорий, снижение качества жизни людей.

Из-за отсутствия эффективных профилактических мер и защитных механизмов по сохранению лесов проблема истощения лесных ресурсов становится особенно актуальной и требует срочного принятия императивных мер по сохранению и восстановлению лесных ресурсов.

Мероприятия по сохранению лесных ресурсов реализуются федеральными и региональными органами власти в пределах предоставленных им полномочий.

К мероприятиям по сохранению лесного массива относятся:

1. Соблюдение мер по пожарной безопасности (предупреждение лесных пожаров, мониторинг пожарной опасности в лесах, разработка планов тушения лесных пожаров, иные меры);

2. Соблюдение мер по противопожарному обустройству лесов (поддержание надлежащего качества лесных дорог, прорубание и расчистка просек, устройство минерализованных полос и уход за ними, создание посадочных площадок для воздушного транспорта и наблюдательных пунктов с наличием противопожарного инвентаря, обустройство противопожарных водоемов, проведение гидротехнической мелиорации лесных земель, санитарно-оздоровительных мероприятий, контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы, иные меры);

3. Наблюдение за появлением в лесах вредных организмов, недопустимость их распространения, уничтожение вредных карантинных организмов;

4. Проведение санитарно-оздоровительных мероприятий лесов (лесозащитное районирование, лесопатологическое обследование и мониторинг, работы по локализации и ликвидации очагов вредных организмов, вырубка погибших и поврежденных лесных насаждений, очистка лесов от захламления, загрязнения и иного негативного воздействия);

5. Радиационное обследование лесов. Для сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов лесных растений, занесенных в Красную книгу РФ или красные книги

субъектов РФ, запрещается осуществление деятельности, негативное воздействие которой приведет или может привести к сокращению численности таких растений и (или) ухудшению среды их обитания, либо могут устанавливаться ограничения осуществления этой деятельности.

Список литературы

Годовой отчет о ходе реализации и оценки эффективности государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» за 2020 год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_programmy/godovoy_otchet_o_khode_realizatsii_i_otsenki_effektivnosti_gosudarstvennoy_programmy_rossiyskoy_fede/ (просмотрено: 11.11.2021).

Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2019 году». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/ (просмотрено: 11.11.2021).

Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (просмотрено: 11.11.2021).

Федеральный проект «Сохранение лесов» реализуется в рамках Государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» и национального проекта «Экология» (утвержден протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 № 16). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/> (просмотрено: 11.11.2021).

Хорошилова Л. С. Экологические основы природопользования: учебное пособие. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2012. – 196 с.

Volkova O. N., Krotova E. A. Analysis of forest resource conservation measures // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 105–110.

The article deals with topical issues of conservation of forest resources on the territory of the Russian Federation. The role of forest resources and biological diversity in human life is revealed. The reasons for the reduction in forests areas are identified. The authors made a generalized analysis of the state of the forest fund of the Russian Federation, regulatory legal and statistical documents on forest management, ongoing measures to conserve forest resources and biological diversity. The target indicators and the obtained results of the implementation of the federal project "Preservation of Forests", which is carried out within the framework of the state program "Forestry Development", the national project "Ecology", are analyzed. Currently, forests areas are decreasing as a result of soil degradation (erosion, acidification, salinization, waterlogging, toxic and radioactive contamination of soils), transfer of forest lands to the category of agricultural land, and irrational use of forest resources. Forest areas are shrinking in result of forest fires, forest diseases, illegal logging, and overgrazing. Consequently, there is reduction of biodiversity, deterioration of watershed, decline in the quality of life. Due to the lack of effective preventive measures and protective mechanisms for conservation of forests, the problem of depletion of forest resources becomes especially actual and requires urgent imperative measures to preserve and restore forest resources. Measures for the conservation of forest resources are implemented by federal and regional authorities within their powers.

Key words: forest resources, destruction, analysis, reforestation, results, federal project.

Поступила в редакцию 02.12.21

Принята к печати 02.04.22

УДК 582.97:57.082.26(292.471)

Оценка устойчивости декоративных сортов вейгелы (*Weigela Thunb.*), культивируемых в России

Куклина А. Г.¹, Комар-Тёмная Л. Д.², Фирсов Г. А.³, Харченко А. Л.²

¹ Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН

Москва, Россия

alla_gbsad@mail.ru

² Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Ялта, Республика Крым, Россия

larissakt@mail.ru

³ Ботанический институт имени В. Л. Комарова РАН

Санкт-Петербург, Россия

gennady_firsov@mail.ru

В результате изучения, проведённого в 2015–2021 годы, получены обобщающие сведения по набору и состоянию культиваров рода *Weigela Thunb.* (Caprifoliaceae) в трех регионах России: в ботаническом саду Петра Великого, БИН РАН (Санкт-Петербург); в Главном ботаническом саду имени Н.В. Цицина РАН (Москва) и Никитском ботаническом саду, (Ялта, Республика Крым). Дана сравнительная оценка зимостойкости и засухоустойчивости декоративных видов *Weigela praecox* (Lemoine) Bailey, *W. florida* (Bunge) A. DC., *W. x hybrida* Jaeg., *W. middendorffiana* (Carr.) C. Koch, *W. hortensis* (Siebold et Zucc.) K. Koch), *W. japonica* Thunb. и *W. japonica* var. *sinica* (Rehder) L.H. Bailey, а также сортов зарубежной и отечественной селекции (Barbara, Sashenka, Koketka). Изучение показало, в какой степени устойчивость интродуцируемых растений зависит от видовой принадлежности культиваров и способности их к адаптации в новых условиях существования. В Санкт-Петербурге и Москве для нормальной адаптации вейгелы лимитирующим условием является отрицательная температура воздуха в зимний период. Излишняя влажность в течение вегетационного сезона провоцирует грибные заболевания. В Республике Крым в Никитском ботаническом саду, лимитирующим фактором для этих растений является дефицит осадков, недостача которых особенно остро ощутима в период роста побегов. Все изученные сорта вейгелы характеризуются декоративными качествами и заслуживают более широкого распространения в садах и парках, а также проведения дальнейших испытаний. Данные исследования позволяют заключить, что расширение сортимента вейгелы во всех регионах создаст больше возможностей для отбора наиболее устойчивых культиваров.

Ключевые слова: *Weigela*, сорта, устойчивость, Санкт-Петербург, Москва, Республика Крым.

ВВЕДЕНИЕ

Род вейгела (*Weigela Thunb.*) относится к семейству Caprifoliaceae и включает около 10 видов, происходящих из регионов умеренного и субтропического климата Восточной Азии (Hiller, Coombes, 2003). И. Ю. Коропачинский и Т. Н. Встовская (2012) считают, что в составе рода – 15–18 видов, распространённых преимущественно в тропических и субтропических районах Восточной Азии. Это листопадные однодомные кустарники с супротивными, простыми, цельными, пильчато-зубчатыми листьями. Цветки одиночные или в соцветиях на однолетних побегах в пазухах верхних листьев, обоеполые, с двойным пятичленным околоцветником. Венчик с 5-лопастным отгибом, короче трубки. Тычинок – 5, столбик – 1, завязь нижняя, двухгнездная. Плод одностворчатая коробочка с многочисленными семенами, которые не требуют предварительной подготовки к посеву. Благодаря тому, что вейгела цветёт на побегах текущего года, у неё может наблюдаться и осеннее цветение, хотя более слабое.

Большинство красивоцветущих видов вейгелы требовательны к теплу, в центральной и северной части России они могут расти только в оранжерее. Например, вейгела полусидячая

(*W. subsessilis* (Nakai) L.H. Bailey) – эндемик горных районов Кореи, цветки бледно-желтой и лавандовой окраски; испытывалась в 1989–2005 годах в Санкт-Петербурге (Связева, 2005) и в 1991–2002 годах на Алтае (Синогейкина, 2020), но оказалась неустойчивой в открытом грунте. Корейские биохимики из цветков и листьев этого кустарника выделили флавоноиды и тритепеноиды (Chang, 1997), являющиеся антидиабетическими компонентами растительного происхождения, которые способны, подобно инсулину, снижать уровень глюкозы в крови, а также ингибировать онкологическую активность клеток (Lee et al., 2010).

Во флоре Дальнего Востока (в России) известно 3 вида – вейгела ранняя (*W. praecox* (Lemoine) Bailey) и вейгела Миддендорфа (*W. middendorffiana* (Carr.) C. Koch) – чаще встречаются в культуре. Более редкая, вейгела приятная (*W. suavis* (Kom.) Bailey) – эндемик Буреинского нагорья и прилегающих труднодоступных территорий, кустарник высотой до 2 м, поднимается в горы до 1300 м н.у.м. У него ланцетовидные или узкояйцевидные листья, фиолетово-розовый венчик, узкокрылые семена (Коропачинский, Встовская, 2012).

Вейгела Миддендорфа – в природе высотой до 2,5 м, в культуре – более компактный кустарник, с беловато-кремовыми цветками, собранными в пазушные полусонтики. Венчик колокольчатой формы, длиной до 4,5 см, в зеве ярко-оранжевые или буровато-красные точки. Зацветает в июне, в плодах вызревают семена с крупным крылом (Куклина, 2004). Интересный вид, введенный в культуру Э. Регелем в середине XIX столетия в Санкт-Петербурге, оттуда попавший в Европу, пока очень ограничен в сортах. Новый сорт *W. middendorffiana* ‘Mango’ украшают нарядные трубчатые цветки, их кремово-желтый венчик имеет яркий оранжево-розовый зев (Anderson, 2014).

W. praecox – раскидистый кустарник высотой до 2,5 м, его листья, в отличие от других видов, с обеих сторон мохнато-волосистые. Цветки с розово-фиолетовым, темно-розовым, иногда с белым венчиком, семена бескрылые. В средней полосе России цветет со второй декады мая и до июня. Вид известен в культуре с 1894 года (Rehder, 1949). Среди сортов, полученных от *W. praecox* на Дальнем Востоке (ДВО РАН) известны ‘Таинственная’ (2006), ‘Машенька’ (2009), ‘Колокольчики Мои’ (2013), ‘Оригами’ (2016), ‘Малиновый Звон’ (2017), а также ‘Кокетка’ (2006), успешно испытанная в Санкт-Петербурге (Фирсов, Ярмишко, 2021).

Вейгела цветущая (*W. florida* (Bunge) A. DC.) интродуцирована в 1845 году (Rehder, 1949), естественно обитает в Корее и на севере Китая. Ее листья сверху голые, снизу опушены только по жилкам. В Европе часто встречаются гибриды – *W. × hybrida* Jaeg. (*W. praecox* × *W. florida*).

Вейгела садовая (*Weigela hortensis* (Siebold et Zucc.) K.Koch) интродуцирована в 1864 году из Японии (Rehder, 1949). Она отличается серо-войлочными листьями, опушены черешки, цветки собраны группами, на опушенных цветоножках, розово-карминный венчик с цилиндрической трубкой. Вейгела японская (*W. japonica* Thunb.) в культуре с 1892 года, кустарник до 3 м высоты из Японии, листья снизу опушены по жилкам, венчик воронковидно-колокольчатый, постепенно расширяющийся, беловатый, при отцветании становится пурпурным (Bodson, 1989), завязь голая или рассеянно-щетиная. Из Центрального Китая происходит *W. japonica* var. *sinica* (Rehder) L. H. Bailey., введенная в культуру в 1908 году (Rehder, 1949), – более высокий кустарник, в природе до 6 м высоты. Листья густо опушенные, снизу с мягкими волосками, на более длинных черешках, завязь густо опушенная.

В условиях юга России в настоящее время культивируются 6 видов и около 30 сортов вейгелы, среди которых преобладают сорта старой селекции (Рындин, 2020). В районе Сочи наиболее представлена хроматическая группа розовоцветковых *Weigela*, которая включает 18 сортов. Желтоцветковые, белоцветковые, бело-розовые группы имеют всего по 2–3 сорта, красноцветковая представлена 5 сортами (Карпун, Маляровская, 2016).

В настоящее время на садовых рынках появляются десятки сортов вейгелы из зарубежных питомников, отнесенные в зависимости от габитуса, окраски листьев и цветков к 8 различным группам (Hoffman, 2008). Отбор отечественных сортов на основе зимостойких видов проводят во Владивостоке (ДВО РАН) и в Санкт-Петербурге (БИН РАН) совместно с

ГБС РАН (Сорокопудов, Куклина, 2017). К настоящему времени получено 8 сортов, включенных в Госреестр РФ.

Устойчивость сортов вейгелы зависит от влияния абиотических и биотических факторов. Среди абиотических – это, прежде всего, метеоусловия зимнего и летнего периодов. Даже в условиях континентального климата Краснодара главным лимитирующим фактором интродукции *Weigela* является устойчивость к абсолютному температурному минимуму. Высокой зимостойкостью обладают сорта *W. hybrida* ‘Candida’ и ‘Red Prince’, наибольшей засухоустойчивостью – сорта *W. hybrida* ‘Candida’, ‘Olimpik Flame’, ‘Red Prince’ и *W. florida* ‘Nana Variegata’ (Савенко, Чукуриды, 2019). По данным В. И. Маляровской и О. Г. Белоус (2015), на Черноморском побережье Краснодарского края, где вейгела тоже страдает от летних засух, из 24 сортов *W. hybrida*, часто встречающихся в регионе, устойчивыми (5 баллов) оказались 10.

Отмечено, что в Краснодаре декоративность кустарников снижают такие фитофаги, как цитрусовая цикадка (*Metcalfa pruinosa* Say.), красноклоп бескрылый (*Pyrrhocoris apterus* L.), серая улитка, или лесная цепея (*Cepaea nemoralis* L.); пестрая улитка, или садовая цепея (*C. hortensis* O. F. Müller), личинки листоедов (Chrysomelidae); а также бронзовка золотистая (*Cetonia aurata* L.), поедающая цветки (Савенко, 2017). В районе Сочи вейгелы изредка, в очень влажные и тёплые периоды, могут повреждаться тлей и поражаться грибными болезнями, но они особого вреда не наносят (Карпун, Маляровская, 2016).

В целом, эта красивоцветущая культура пока еще не нашла распространения в широком озеленении России из-за недостаточной изученности (Весельска, 2013; Савенко и др., 2015; Мурзабулатова, Полякова, 2017; Мартынов, 2018).

Цель работы – провести анализ сортимента и оценить устойчивость декоративных видов и сортов вейгелы, культивируемых в ботанических садах европейской части России: в Санкт-Петербурге, Москве и Ялте (Республика Крым).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для наблюдения послужили культивары рода *Weigela*, интродуцированные в коллекциях Ботанического сада Петра Великого (БИН РАН), Санкт-Петербург (59,97° N, 30,30° E, 3-6 м н.у.м.); Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН), Москва (55,83° N, 37,62° E, 156 м н. у. м.) и Никитского ботанического сада (НБС-ННЦ), Ялта, Республика Крым (44,48° N, 34,17° E, 72 м н. у. м.). Метеорологические условия в период исследования, за 2015-2021 годы, приведены для регионов согласно сайту: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27612.htm> и метеоданным агрометеостанции «Никитский сад» (табл. 1).

Биоморфологическое описание кустарников дано в соответствии с «Методикой проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Вейгела (*Weigela Thunb.*)» (Методика..., 1995). Критерием оценки засухоустойчивости растений являлись косвенные признаки, отражающие состояние вегетативных побегов. Для этой цели использована шкала, предложенная С. В. Арестовой, Е. А. Арестовой (2017), с незначительной корректировкой (в баллах): 1 – хорошее состояние (даже в дневные часы); 2 – потеря тургора, листовые пластинки вялые; 3 – большинство листьев желтеют, с бурыми пятнами и окаймлением; 4 – засыхают молодые побеги; 5 – преждевременный листопад и отмирание некоторых побегов.

Зимостойкость оценена по 7-балльной шкале: 1 – растение не обмерзает; 2 – зимой повреждается менее 50 % однолетних побегов; 3 – обмерзают 50–100 % однолетних побегов; 4 – обмерзают однолетние и старые побеги; 5 – обмерзает крона до уровня снегового покрова; 6 – обмерзает вся надземная часть; 7 – растение вымерзает полностью (Лапин, Сиднева, 1973). Перспективность учтена при визуальном анализе адаптивных способностей культиваров (в баллах): 1 – не перспективные; 2 – малоперспективные; 3 – среднеперспективные; 4 – перспективные; 5 – высокоперспективные (Лапин, Сиднева, 1973).

Таблица 1

Метеорологические условия в пунктах наблюдения (2015–2021 гг.)

Метеоусловия	Санкт-Петербург	Москва	Ялта, пгт. Никита
Средняя годовая температура воздуха, °С	7,0	7,1	14,0
Сумма годовых осадков, мм	670	771	604
Среднемесячная температура воздуха в зимний период, °С	–2,5	–4,4	5,3
Сумма осадков в зимний период, мм	159,0	167,3	200,4
Среднемесячная температура воздуха в летний период, °С	17,5	18,6	24,1
Сумма осадков в летний период, мм	251,4	263,3	146,4

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН (Санкт-Петербург), кроме видовых экземпляров *W. praecox*, *W. florida*, *W. × hybrida*, *W. middendorffiana*, *W. japonica* и *W. japonica* var. *sinica*, испытывают декоративные сорта (табл. 2). Все растения засухоустойчивы (1 балл), поэтому упор в изучении делали на зимостойкость. В последние годы в ботаническом саду Петра Великого у *W. hortensis* и *W. praecox* стал наблюдаться самосев.

Таблица 2

Показатели культиваров вейгелы (*Weigela*) в Санкт-Петербурге (БИН РАН) (2015–2021 гг.)

Вид	Культивар	Высота кустов, м	Зимостойкость, баллы		Перспективность, баллы
			Обычные зимы	Суровые зимы	
<i>W. praecox</i>	Приморский край	2,9	2	4	4
<i>W. praecox</i>	‘Барбара’	3,0-3,9	2	4	4
<i>W. praecox</i>	‘Кокетка’	2,6	2	4	4
<i>W. middendorffiana</i>	О-в Сахалин	2,5	2	4	4
<i>W. florida</i>	Северная Корея	2,2	2	4	4
<i>W. × hybrida</i>	‘Сашенька’	1,0-1,2	2	4	4
<i>W. hortensis</i>	Япония, о-в Хойккайдо	3,5-4,3	2–3	4–5	4
<i>W. japonica</i>	Япония	3,5	2	4	3
<i>W. japonica</i> var. <i>sinica</i>	Центральный Китай	2,7	2	4	4

Сорт 'Барбара' (*Barbara*) относится к *W. praecox* (рис. 1а). Авторы сорта – Г. А. Фирсов и А. Г. Куклина (2010). Среднерослый кустарник (высотой 3 м) с густооблиственной кроной, кора серо-бурая. Листья матовые, овальной формы (длиной 3–5 см, ширина 2,5 см) с заостренной вершиной и овальным основанием, опушенные снизу. Цветки собраны по 5–10 штук. Бутоны пурпурные. Венчик воронковидно-трубчатый (длиной до 5 см), трубка узкая, расширяющаяся к середине. Снаружи венчик ярко-розовый со светлой полоской, внутри – бледно-розовый, зев желтый. Доли отгибы (длиной до 1,4 см) направлены вперед, назад не загибаются, диаметр отгиба 20–22 мм. Рыльце пестика зеленовато-желтое (Куклина, Фирсов, 2011). Цветение обильное с третьей декады мая до начала июня. При загущенной посадке цветение превалирует в верхней части куста. Сорт относительно зимостоек. Легко размножается зелеными черенками, укореняемость черенков 98–100 %. Устойчивость к болезням и вредителям хорошая. Пригоден для солитерной и групповой посадки, желательны защищенные от холодных ветров места.

Сорт 'Сашенька' (*Sashenka*) относится к *W. × hybrida* (рис. 1б). Авторы сорта: Г. А. Фирсов и А. Г. Куклина (2010). Компактный низкорослый кустарник (менее 1,2 м высотой) с серой корой. Крона плотная округлая, годичные побеги слабо искривлены. Листья матовые, эллиптические, небольшие (длина 3–5 см, ширина 2–3 см). Соцветия малоцветковые (по 2–4 цветка). Бутоны малиновые. Венчик колокольчатой формы, некрупный (длина 4 см), пурпурно-розовый снаружи, светло-розовый внутри. Доли отгиба отогнуты назад, диаметр отгиба 3 см. Внутри зева широкая желтая полоса неправильной формы. Чашечка глубоко рассечена (Куклина, Фирсов, 2011). Цветение не обильное, но продолжительное, с конца мая до середины июня. Наблюдается также повторное цветение теплой осенью. В суровую зиму обмерзают кончики однолетнего прироста. После обрезки хорошо восстанавливается. Легко черенкуется (98 %). Пригоден для альпинария, бордюрной, солитерной и контейнерной посадки.

Нарядный сорт 'Кокетка' (*Koketka*) получен во Владивостоке. В БИН РАН пышно цветет с конца мая в течение двух недель. Куст высотой до 2 м украшен колокольчатыми цветками, которые собраны по 3–6 штук в пазухах листьев (рис. 2а). Снаружи венчика заметны широкие светло-розовые полосы, продольно расположенные на белом фоне, внутренняя сторона белая. Растения с такой окраской цветков, встречающиеся в природе Дальнего Востока, относят к полосатой форме (*f. striata* Pshennikova). Хотя сорт устойчив и может переносить сильные морозы, но не любит резких температурных перепадов и холодное дождливое лето.

В Ботаническом саду Петра Великого (БИН РАН) *W. middendorffiana* начали выращивать раньше, чем вейгелу раннюю, до 1853 года. *W. florida* здесь культивируют с 1891 года



Рис. 1. Цветение вейгелы ранней сорт 'Барбара' (а) и вейгелы гибридной сорт 'Сашенька' (б) в БИН РАН, Санкт-Петербург (фото Г. А. Фирсова)



Рис. 2. Цветение вейгелы ранней 'Кокетка' (a) (фото А. Г. Куклиной) и вейгелы японской (b) в БИН РАН, Санкт-Петербург (фото Г. А. Фирсова)

W. hortensis – до 1940 года (Связева, 2005). Хотя растения сильно обмерзают (до 4-5 баллов) в суровые зимы, отдельные образцы долговечны, живут по 50-70 лет, цветут и дают всхожие семена.

В Санкт-Петербурге с 1951 года (Связева, 2005) выращивают вейгелу японскую (*W. japonica*), кустарник с эллиптическими или яйцевидными заострёнными листьями, слегка опушенными снизу. Цветки появляются в июне, они слабо опушены снаружи, располагаются группами по 3 штуки. Венчик колокольчатой формы, обычно белой или бледно-розовой окраски, но по мере отцветания становится ярко-малиновым или карминовым (рис. 2b). По мнению китайских ученых (Zhang et al., 2012), наблюдавших за цветением *W. japonica* var. *sinica*, значительное изменение окраски венчика, отмечается через 4 дня после распускания, при этом в цветке создаются благополучные репродуктивные условия с резервом времени для прорастания пыльцевой трубки. Такая же стратегия выявлена у *W. middendorffiana*, цветки которой при отцветании становятся более темными. В сухой коробочке завязываются мелкие семена.

В Главном ботаническом саду имени Н. В. Цицина РАН (Москва) испытывают 4 вида рода *Weigela*, включая *W. middendorffiana* (рис. 3a), *W. praecox*, *W. florida* и *W. × hybrida* (табл. 3). Засухоустойчивость всех образцов высокая (1 балл).

С 1961 года в ГБС РАН культивируют пурпурнолистный сорт *W. florida* 'Purpurea', зимостойкий и неприхотливый, из Purpurea Group (рис. 3b). Розовоцветковые гибридные сорта (Pink Group) – 'Gustave Mallet' с крупными ярко-розовыми цветками, длиной до 5 см (рис. 4a) и 'Stygiaca' с ярко-розовыми цветками (рис. 4b), темнеющими до карминовых в конце цветения. Они тоже устойчивы не одно десятилетие (с 1948 года), хотя в суровые зимы частично обмерзают.

В Москве (ГБС РАН) *W. middendorffiana* испытывают в дендрарии с 1947 года (Древесные растения..., 2005); на экспозиции природной флоры – с 1953 года, из семян, собранных на Сахалине. Кустарник ежегодно цветет и дает семена в течение 60 лет.

При выращивании в питомнике ГБС РАН сортов 'Сашенька' и 'Кокетка' растения страдали не от засухи, а от излишней влажности, выпали от грибных болезней через 2 года после посадки. Для сорта 'Барбара' испытание в питомнике проведено более успешно.

Комплексное фитопатологическое обследование всей коллекции вейгелы в ГБС РАН дало следующие результаты (Мухина, Серая, 2013). На старовозрастных растениях, которым более 50 лет, выявлены возбудители грибных заболеваний (*Phellinus igniarius* (L.) Quel.; *Fomitiporia robusta* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä; *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar и *Armillaria* sp.), вызывающие гниль у основания кустов. Среди фитофагов эпизодически фиксировали тлю, цикадок, растительноядных клопов и единичные личинки листогрызущих насекомых, не наносящих серьезных повреждений

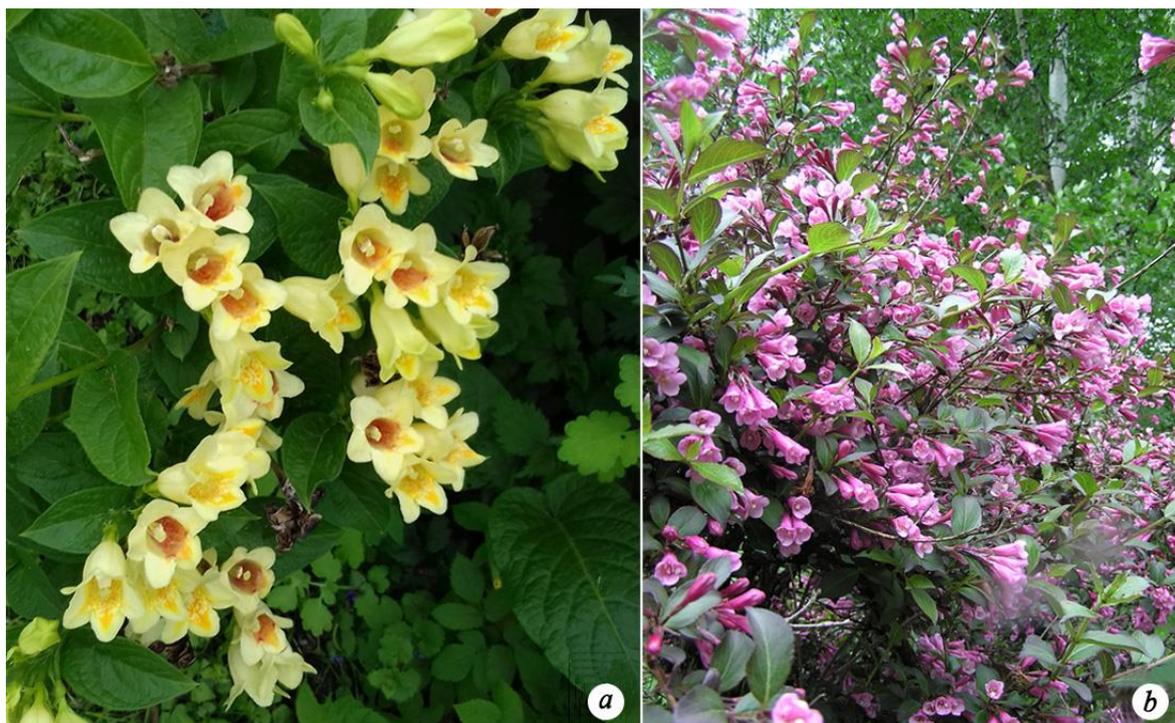


Рис. 3. Цветение вейгелы Миддендорфа (а) и вейгелы цветущей сорт ‘Purpurea’ (b) в ГБС РАН, Москва (фото А. Г. Куклиной)

Таблица 3
Показатели культиваров вейгелы в Москве, ГБС РАН (2015–2021 гг.)

Вид	Культивар	Высота кустов, м	Диаметр кроны, м	Фитопатогены	Зимостойкость, баллы	Перспективность, баллы
<i>W. middendorffiana</i>	О-в Сахалин	1,7	1,2	<i>Fomitiporia robusta</i>	1–2	4
<i>W. praecox</i>	Дальний Восток	2,3–2,9	1,9	<i>Chondrostereum purpureum</i> <i>Armillaria</i> sp.	1–2	4
<i>W. praecox</i>	‘Барбара’	2,0	1,3	Не обнаружены	1–2	3
<i>W. florida</i>	Из Кореи	2,7	2,6	<i>Phellinus igniarius</i>	1–2	3
<i>W. florida</i>	‘Purpurea’	1,7	2,3	Не обнаружены	1–2	4
<i>W. florida</i>	‘Versicolor’	1,8	2,0	Не обнаружены	2–3	3
<i>W. × hybrida</i>	‘Gustave Mallet’	2,6	2,5	<i>Chondrostereum purpureum</i>	2–3	3
<i>W. × hybrida</i>	‘Styriaca’	1,6	2,3	Не обнаружены	2–3	3



Рис. 4. Цветение вейгелы гибридной сорт ‘Gustave Mallet’ (a) и вейгелы гибридной сорт ‘Stygiaca’ (b) в ГБС РАН, Москва (фото А. Г. Куклиной)

Не перспективными в Москве оказались *W. japonica*, *W. japonica* var. *sinica*, *W. hortensis*, *W. florida* ‘Venusta’, *W. × hybrida* ‘Madame Couturier’, ‘Desboisii’, ‘President Duchartre’ (Древесные растения..., 2005), которые цвели, но позже вымерзли.

В **Никитском ботаническом саду** (Ялта, пгт. Никита) *Weigela* впервые была интродуцирована в 1824 году (Шкарлет, 1985). Сейчас в коллекции имеются *W. florida* и 5 сортов *W. × hybrida* ‘Aurea’, ‘Bristol Ruby’, ‘Candida’, ‘Eva Rathke’, ‘Variegata’ (Коба и др., 2018) (рис. 5; табл. 4).

Сорт ‘Aurea’ – кустарник с золотисто-желтыми листьями. Ярко-розовые цветки собраны в соцветия по 3–4 штуки. Листья эллиптические, заостренные на вершине, пильчатые. При хорошем освещении окраска листьев золотистая, в тени они зеленеют.

Сорт ‘Bristol Ruby’ получен в Англии (автор А. Cummings) в 1941 году (Карпун, Маляровская, 2016). Раскидистый кустарник, листья овально-заостренные, длиной 6–10 см, шириной 4–6 см. Листья ярко-зеленые. Осенью они долго остаются на ветвях, осенняя окраска не декоративна. Цветки собраны в соцветия по 3–5 штуки. Венчик колокольчатый, длиной 3,5–4 см, окраска по краям рубиново-красная, иногда с лилово-розовым зевом.

Сорт ‘Candida’ получен при гибридизации *W. florida* и *W. coraeensis*. Для растений этого сорта характерны овально-заостренные листья, длиной 6–10 см. Окраска листьев ярко-зеленая, осенью они долго остаются на ветвях. Цветки собраны в соцветия по 3–4 штуки. Венчик длиной 3,5–4 см, колокольчатый, снежно-белый, иногда с легким розоватым оттенком.

Сорт ‘Eva Rathke’ получен в 1892 году от скрещивания *W. floribunda* и *W. coraeensis* в Германии селекционером Ратке (Ratke) (Савенко, Чукуриды, 2019). Растение имеет эллиптические, заостренные листья, 6–10 см длиной, ярко-зеленого окраса. Цветки красно-карминовые, венчик трубчатый, блестящий, внутри более светлый. В Крыму сорт декоративен и устойчив. В ГБС РАН, в Москве (Древесные растения..., 2005) и в ботаническом саду – институте Уфимского научного центра РАН (Мурзабулатова, Полякова,



Рис. 5. Цветение вейгелы гибридной ‘Aurea’ (a), ‘Bristol Ruby’ (b), ‘Candida’ (c), ‘Eva Rathke’ (d) и ‘Variegata’ (e) в НБС–ННЦ, Ялта (фото А. Л. Харченко)

Таблица 4

Показатели культиваров вейгелы в Никитском ботаническом саду (2015–2021 гг.)

Вид	Сорт	Высота кустов, м	Диаметр кроны, м	Засухоустойчивость, баллы	Зимостойкость, баллы	Перспективность, баллы
<i>W. florida</i>	-	1,8	1,2	2	1	4
<i>W. × hybrida</i>	‘Aurea’	0,8	0,8	3	1	3–4
<i>W. × hybrida</i>	‘Bristol Ruby’	2,0	1,7	3	1	4
<i>W. × hybrida</i>	‘Candida’	0,9	0,8	3	1	3–4
<i>W. × hybrida</i>	‘Eva Rathke’	2,0	1,7	3	1	4
<i>W. × hybrida</i>	‘Variegata’	2,7	1,6	3	1	4

2017) сорт прожил не более 3–5 лет и вымерз, после зимних холодов. В Санкт-Петербурге, в Ботаническом саду Петра Великого сорт испытывали с 1984 по 2002 год, после чего, тоже вымерз (Связева, 2005).

Сорт ‘Variegata’ – широкораскидистый кустарник с нежно-розовыми колокольчатыми цветками до 3,5 см длиной и пёстрой листвой с кремово-белой, иногда желтоватой, каймой. Листья сохраняют такую окраску на протяжении всего лета.

В Крыму растения *Weigela* проходят полный цикл развития. Цветение начинается в начале мая и длится до трех декад. При интродукции сортов вейгелы в условиях НБС-ННЦ определяющими для устойчивости являются не минимальные зимние температуры, а недостаточное количество осадков в летний период, так же как в Краснодаре (Савенко, 2017). На Южном берегу Крыма почвенная засуха – основной фактор, лимитирующий культуру *Weigela*; именно поэтому вейгелу, несмотря на ее декоративность, редко можно встретить в парках Южного бережья. Без надлежащего ухода растения быстро стареют и выпадают (Анисимова, 1957; Шкарлет, 1985).

За годы наших наблюдений особенно засушливым и жарким было лето 2020 года. В июле максимальная температура воздуха днем повышалась до 34,0 °С, в августе она доходила до отметки 34,8 °С. Осадков в июле и августе выпало крайне мало (27 % и 28 % от нормы, соответственно). На фоне таких экстремальных условий полевая оценка засухоустойчивости выявила, что наиболее засухоустойчива *W. florida*, у которой наблюдалось лишь незначительное повреждение (до 10 %) и опадение листьев (табл. 4). Для успешной культуры *Weigela* в Крыму необходим систематический полив в течение летних месяцев, особенно в засушливый период.

Фитосанитарное обследование показало, что в условиях Южного берега Крыма вейгелы повреждаются полифагом, австралийским желобчатым червецом (*Icerya purchasi* Maskell), а в период цветения – олёнкой мохнатой (*Tropinota hirta* Poda) и бронзовкой золотистой (*Cetonia aurata* L.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетнего изучения получены обобщающие данные по набору и состоянию культиваров рода *Weigela* в трех регионах европейской части России (Санкт-Петербург, Москва, Ялта). Сравнительная оценка зимостойкости и засухоустойчивости декоративных видов и сортов вейгелы позволила понять, какие факторы решающим образом влияют на успешность их интродукции.

Показано, что устойчивость интродуцируемых растений зависит от видовой принадлежности культиваров и способности их к адаптации в новых условиях существования. Вейгела в северных широтах, в отличие от ряда декоративных кустарников, характеризуется длительным ростом, и уходит в зиму с неодревесневшими концами побегов, что снижает ее зимостойкость. В Санкт-Петербурге (БИН РАН) и Москве (ГБС РАН) важное значение для нормальной адаптации вейгелы играют зимние условия, при неблагоприятном течении которых излишняя влажность в вегетационный сезон провоцирует грибные заболевания. На Южном берегу Крыма (НБС-ННЦ), лимитирующим фактором для этих декоративных растений является нехватка осадков в период вегетации.

Данные исследования позволяют заключить, что расширение сортимента вейгелы во всех регионах создаст больше возможностей для проведения дальнейших испытаний и отбора устойчивых культиваров, пригодных для озеленения и селекции. Все изученные сорта вейгелы характеризуются декоративными качествами и заслуживают широкого распространения в садово-парковом строительстве с учетом агротехники.

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» № 122042700002-6; госзадания по теме «Коллекции живых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова: история, современное состояние, перспективы использования» № АААА-А18-118032890141-4 и госзадания НБС-ННЦ № АААА-А18-118110890024-5 «Оценка интродукционного потенциала декоративных растений и формирование принципов оптимизации структуры и состава парковых сообществ Крыма».

Список литературы

- Анисимова А. И. Итоги интродукции древесных растений в Никитском ботаническом саду за 30 лет (1926–1955) // Труды Государственного Никитского ботанического сада. – 1957. – Т. 27. – 240 с.
- Арестова С. В., Арестова Е. А. Оценка адаптации интродуцированных древесно-кустарниковых растений в условиях Саратовского Поволжья (методические рекомендации). – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2017. – 28 с.
- Савенко А. В., Чукуриды С. С. Биологические особенности сортов вейгелы в условиях урбоэкосистемы Краснодара: монография. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – 152 с.
- Древесные растения Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина Российской академии наук. – М.: Наука, 2005. – 586 с.
- Карпун Ю. Н., Маляровская В. И. Вейгела. – Сочи: ИП Кривлякин С. П., 2016. – 19 с.
- Коба В. П., Герасимчук В. Н., Папельбу В. В., Сахно Т. М. Аннотированный каталог дендрологической коллекции Никитского ботанического сада / [Под общ. ред. чл.-корр. РАН Ю. В. Плугатаря]. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – 304 с.
- Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: Гео, 2012. – 707 с.
- Куклина А. Г., Фирсов Г. А. Вейгела сорт Барбара. Патент на селекционное достижение № 5472. – Зарегистрировано 22.07.2010.
- Куклина А. Г., Фирсов Г. А. Вейгела сорт Сашенька. Патент на селекционное достижение № 5473. – Зарегистрировано 22.07.2010.
- Куклина А. Г., Фирсов Г. А. Новые сорта декоративных кустарников // Древесные растения: фундаментальные и прикладные исследования. – М: Астра-Полиграфия, 2011. – Вып. 1. – С. 172–178.
- Куклина А. Г. Красивоцветущие кустарники. – М: Издательский дом МСП, 2004. – 64 с.
- Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. – М.: ГБС АН СССР, 1973. – С. 3–67.
- Мартынов Л. Г. Интродукция вейгелы (*Weigela Thunb.*) на европейском северо-востоке России // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018. – № 5 (2) – С. 241–246.
- Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Вейгела (*Weigela Thunb.*) // Официальный бюллетень Госкомиссии РФ. – 1995. – № 3 [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.gossort.com> Дата обращения 09.09.2021.
- Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В. Интродукция представителей рода *Weigela Thunb.* и перспективы использования их в городском озеленении // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2017. – № 4. – С. 57–62.
- Мухина Л. Н., Серая Л. Г. Болезни и вредители растений родов *Weigela Thunb.* и *Hydrangea L.* в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН // Цветоводство: традиции и современность (сб. научных статей). – Белгород: НИУ БелГУ. – 2013. – С. 435–437.
- Рындин А. В. Красивоцветущие кустарники на юге России (хеномелес, форсайтия, вейгела, гидрангея, гибискус) Монография / А. В. Рындин, В. И. Маляровская, Ю. Н. Карпун, Г. А. Солтани, В. А. Кунина, Е. Л. Тыщенко, М. В. Кувайцев. – Сочи: ФИЦ ШЦ РАН, 2020. – 188 с.
- Савенко А. В. Эколого-биологические особенности сортов вейгелы (*Weigela Thunb.*, Caprifoliaceae) в условиях урбоэкосистемы города Краснодара. – Дисс. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2017. – 193 с.
- Савенко А. В., Чукуриды С. С., Барчукова А. Я. Особенности адаптации сортов вейгелы (*Weigela Thunb.*, Caprifoliaceae) в условиях города Краснодара // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 105 (01). – С. 1–13. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/043.pdf> (просмотрено 09.09.2021).
- Связева О. А. Деревья, кустарники и лианы парка Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова. – Санкт-Петербург: Росток, 2005. – 384 с.
- Синогейкина Г. Э. Зимостойкость и сезонное развитие видов и сортов *Weigela Thunb.* в условиях лесостепи Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. – № 8 (190). – С. 39–43.
- Сорокопудов В. Н., Куклина А. Г. Успехи в селекции декоративных сортов жимолости и вейгелы // Питомник и частный сад. – 2017. – № 2. – С. 8–12.
- Фирсов Г. А., Ярмишко В. Т. Аннотированный каталог покрытосеменных растений Парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого БИН РАН. – М.: Изд-во РОСА, 2021. – 452 с.
- Шкарлет О. Д. Вейгела в Никитском ботаническом саду // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1985. – Вып. 137. – С. 17–20.
- Весельська Р. Колекція роду *Weigela Thunb.* ботанічного саду ім. акад. О. В. Фоміна // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка – 2013. – № 31. – С. 9–10.
- Bodson M. Experimental control of flower initiation in *Weigela japonica* // Annales des Sciences Forestieres. – 1989. – Vol. 46. – P. 34–36.
- Anderson L. Hilliers at 150 // The Horticulturist. – 2014. – Vol. 23, N 3. – P. 9–11. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://www.jstor.org/stable/48518535> (просмотрено 23.12.2021).
- Chang C.-S. Flavonoid Chemistry of *Weigela* (Caprifoliaceae) in Korea // Journal of Plant Research – 1997. – Vol. 110. – P. 275–281. DOI:10.1007/BF02509316

Hillier J., Coombes A. J. (eds.). The Hillier manual of trees and shrubs. – Newton Abbot (England): David and Charles, 2003. – 512 p.

Hoffman M. H. A. Cultivar Classification of *Weigela* // Acta Horticulturae – 2008. – Vol. 799. – P. 31–35. DOI:10.17660/ActaHortic.2008.799.2

Lee M. S., Lee C. M., Cha E. Y., Thuong P. T., Bae K., Song I. S., Noh S. M., Su J. Y. Activation of AMP-activated protein kinase on human gastric cancer cells by apoptosis induced by corosolic acid isolated from *Weigela subsessilis* // Phytotherapy Research – 2010, Vol. 24, Iss. 12. – P. 1857–1861. DOI:10.1002/ptr.3210

Rehder A. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America. – New York: The Macmillan Company, 1949. – 996 p.

Zhang Y. W., Zhao X. N., Huang S. J., Zhang L. H., Zhao J. M. Temporal pattern of floral color change and time retention of post-change flowers in *Weigela japonica* var. *sinica* (Caprifoliaceae) // Journal of Systematics and Evolution. – 2012. – Vol. 50, N 6. – P. 519–526. DOI: 10.1111/j.1759-6831.2012.00218.x

Kuklina A. G., Komar-Tyomnaya L. D., Firsov G. A., Kharchenko A. L. Evaluation of resistance of ornamental varieties of *Weigela* Thunb. cultivated in Russia // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 111–122.

The research conducted in 2015–2021, generalized information on the set and condition of cultivars of the genus *Weigela* Thunb. (Caprifoliaceae) in three regions of Russia: in the Peter the Great Botanical Garden, BIN RAS (St. Petersburg); in the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow) and the Nikita Botanical Gardens (Yalta, the Republic of Crimea). The article gives results of comparative assessment of winter hardiness and drought resistance of ornamental species *Weigela praecox* (Lemoine) Bailey, *W. florida* (Bunge) A. D C., *W. × hybrida* Jaeg., *W. middendoffiana* C. Koch, *W. hortensis* (Siebold et Zucc.) K. Koch), *W. japonica* Thunb. and *W. japonica* var. *sinica* (Rehder) L. H. Bailey, as well as varieties of foreign and domestic breeding (Barbara, Sashenka, Koketka). The study shows to what extent the resistance of introduced plants depends on the species of cultivars and their ability to adapt to new conditions. In St. Petersburg and Moscow, the limiting factor for normal adaptation of *Weigela* is freezing temperature in winter. Excessive humidity during the growing season provokes fungal diseases. In the Republic of Crimea, in the Nikita Botanical Gardens, the deficit of precipitation is a limiting factor for these ornamental plants, as the shortage of water is crucial during the period of shoot growth. All the studied varieties of *Weigela* are characterized by decorative qualities and deserve wider distribution in gardens and parks, as well as further testing. The results obtained indicate that the expansion of the *Weigela* assortment in all regions will give more possibilities for selection of the most resistant cultivars.

Key words: *Weigela*, varieties, resistance, St. Petersburg, Moscow, the Republic of Crimea.

Поступила в редакцию 10.02.22

Принята к печати 10.03.22

УДК 595.132-15:551.465.4(262.5)

Функционально-трофические группы сообщества нематод бентали в редокс-зоне в северо-восточном секторе Чёрного моря

Иванова Е. А., Гулин М. Б.

*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН
Севастополь, Россия
katya.iva@mail.ru*

Представлены результаты изучения сообщества свободноживущих бентосных нематод в редокс-хемоклине северо-восточного сектора Чёрного моря. Зона хемоклина Чёрного моря характеризуется высокой пространственно-временной динамикой. Вертикальные колебания местоположения изопикны $STh=16.2$ были зарегистрированы в интервале глубин от 136 до 174 м. Отмечен тренд снижения с глубиной общей численности мейобентоса в хемоклине Чёрного моря. Всего в сообществе нематод черноморской редокс-зоны отмечено 12 видов с явным доминированием представителей класса Chromadorea. Пик общей численности мейофауны на исследуемых глубинах приурочен к горизонту 173 м, где основным компонентом биоты были одноклеточные организмы – морские инфузории. Максимальная численность нематод (до 71,2 экз./0,1 м²) отмечена на горизонте 160 м, где доминировали виды функционально-трофической группы «с-р 2», составляя 55 % общей численности; на группы «с-р 3–5» приходилось 45 %; сообщество нематод было представлено 9 видами. Глубже 160 м обнаружены лишь единичные экземпляры четырёх видов, относящихся к группе нематод «с-р 3–5» (“persisters”), представленные, в основном, хищниками: – *Desmoscolex minutus* (Claparède, 1863), *Viscosia glabra* (Bastian, 1865) de Man, 1890, *Catacolaimus bathycola* (Filipjev, 1922), *Tricoma* sp.1. На глубине 260 м мейобентос отсутствовал, однако на 263 м была обнаружена нематода *Tricoma* sp. 1. Особенностью фауны нематод черноморского хемоклина является отсутствие такой функционально-трофической группы, как «с-р 1», относимых к г-стратегам (‘extreme colonizers’ or ‘enrichment opportunists’). Высказано предположение, что вероятной причиной отсутствия данной группы морских круглых червей видится низкая плотность поселений нематод на глубинах ниже 160 м, в то время как короткий жизненный цикл группы «с-р 1» подразумевает высокую плотность поселений.

Ключевые слова: мейобентос, свободноживущие морские нематоды, функционально-трофические группы нематод, хемоклин, гипоксия, сероводородное заражение, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних десятилетий работы по анализу сообществ свободноживущих нематод морских донных осадков показали, что особенности их видового состава отражают свойство и качество окружающей среды. Трофическая и функциональная структура сообщества нематод является удобным инструментом оценки экологической ситуации донной среды, степени её «пригодности» для обитания – от экстремальных малонаселённых гипоксических биотопов до благоприятных нормоксических грунтов (Ferris, Bongers, 2009).

Главной особенностью черноморского хемоклина, располагающегося между кислородной и глубинной сероводородной зонами водной толщи, являются его пространственные масштабы, намного превосходящие все аналогичные местообитания Мирового океана. Содержание растворённого кислорода в редокс-зоне снижается до пороговых значений чувствительности измерительных датчиков (около 0,03 мг/л) (Стунжас и др., 2019). Глубже находится бескислородная зона, содержащая сероводород, метан, аммонийный азот и другие восстановленные химические вещества в значительных количествах. Ранее было установлено, что в северо-западной части моря вблизи Крыма, в месте соприкосновения хемоклина водной толщи со склоном бентали, растворённый кислород способен проникать до горизонта 200–204 м (Гулин, 2013).

В настоящее время преобладающим является мнение о том, что с глубиной численность многоклеточной бентосной фауны в Чёрном море снижается (Заика и др., 1992) и в глубоководной аноксической зоне активно функционирующим населением грунтов является

лишь бактериобентос. Исследование нематод отряда Desmoscolecida в северо-западной части Чёрного моря показало, что наибольшее видовое богатство этой группы приурочено к глубинам 120 и 130 м, наименьшее – к глубинам 180, 190 и 240 м (Кошелева, 2012). Анализ биоты в нефиксированных пробах донных осадков методом прямого микроскопирования (Гулин, 2013) показало, что в прибосфорском районе Чёрного моря наибольшее количество живых, двигательных особей в донных осадках сосредоточено на глубине 172 м – над верхней границей сероводородной зоны пелагиали, примыкающей к материковому склону (185–188 м). В субоксидной зоне крымского района, так же, как и у Босфора, непосредственно над верхней границей сероводородной зоны найден максимум численности живого микрооксифильного бентоса, располагавшийся на глубинах 135–153 м (Гулин, 2013). Наибольшей глубиной на шельфе Крыма, где были обнаружены живые организмы, оказался горизонт 204 м. Здесь преобладали крупные нематоды. Глубже, на 376 м, живых организмов не обнаружено (Гулин, 2013). Однако, недавние исследования глубоководного мейобентоса на турецком шельфе (Sergeeva, Ürkmez, 2017) свидетельствуют о большем разнообразии мейобентосных сообществ. Авторы утверждают, что как простейшие, так и многоклеточные животные, в частности, нематоды, обитают на глубине до 300 м, что вполне согласуется с предыдущими оценками М. И. Киселёвой о нижней границе распространения эукариот в меромиктической системе Чёрного моря (Киселёва, 1979).

В нашей работе представлены результаты изучения сообщества свободноживущих морских нематод в редокс-зоне северо-восточного сектора Чёрного моря.

Целью данной работы стало изучить сообщества свободноживущих морских нематод в редокс-зоне северо-восточного сектора Чёрного моря, а также проанализировать функционально-трофическую структуру таксоцены в условиях дефицита кислорода в донной морской среде.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в северо-восточном секторе Чёрного моря в 89 рейсе НИС «Профессор Водяницкий» в октябре 2016 года и МНИС БПМ-74 «Ашамба» в июне – июле 2015 и 2017 годов (табл. 1) на траверзе Геленджикской бухты – в районе заякоренной океанологической станции «Аквалог» (Островский и др., 2013).

Бентосная съёмка выполнялась грунтоотборником «Румолот», снабжённым прозрачной акриловой трубкой с внутренним диаметром 54 мм. На её верхнем торцевом конце расположен клапан, заслонка которого выполнена из пластика с резиновым кольцевым уплотнителем и имеет слабую отрицательную плавучесть. Заслонка лишена возвратной запорной пружины и закрывается при подъёме прибора под собственным весом в сочетании с напором встречного потока воды. Румолот позволяет отбирать преимущественно пробы

Таблица 1

Координаты исследуемых станций, глубина и гидрологические особенности

Глубина отбора проб, м	Широта	Долгота	Глубина STh=16,2*
160	44°46'25"	35°31'24"	145–147 м
173	44°54'56"	32°30'32"	145–147 м
205	44°27'23"	33°13'30"	145–147 м
238	44°49'02"	37°97'55"	136–140 м
244	44°31'02"	37°57'67"	166–174 м
260	44°29'39"	37°58'08"	166–174 м
263	44°48'69"	37°98'61"	136–140 м

Примечание к таблице. * Изопикна 16,2, зарегистрирована СТД-зондом в момент отбора проб.

илистых грунтов. Получаемые с его помощью колонки грунта сохраняют, как правило, ненарушенное строение, с естественной слоистой текстурой осадков (Стунжас и др., 2019). Непосредственно после доставки грунтозаборного устройства на палубу судна измерялась концентрация кислорода в надосадочном слое, для чего использовался высокоселективный LDO-оксиметр HQ40d (Hach, США). Одновременно проводились гидрологические съемки зондом SBE-19-plus с кассетой батометров. Пробы грунта фиксировались 76 % раствором этанола, промывались через сито 30 мкм, окрашивались красителем «Бенгальский розовый». Таксономическая идентификация нематод проводилась с использованием светового микроскопа в соответствии с World Register of Marine Species (2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Физико-химические показатели придонной воды. Пробы морского грунта, отобранные в зоне хемоклине Черного моря, характеризовались высокой пространственно-временной динамикой. Так, по данным автоматического зонда «Аквалог» (Стунжас, и др., 2018), в период 2013–2015 годов вертикальные колебания местоположения $STh=16,2$ были зарегистрированы в интервале глубин 125–215 м, с преобладающим залеганием на горизонте 155–175 м.

В 2015 году над склоном с глубинами 199–263 м изопикна $STh=16,2$, обычно соответствующая глубине залегания верхней границы сероводородной зоны, располагалась сравнительно глубоко - на горизонте 166–174 м. В 2016 году изопикны $STh=16,2$ были зарегистрированы на глубинах 145–147 м. В 2017 году верхняя граница зоны H_2S (изопикны 16,2) была зафиксирована нами в момент отбора проб на глубине 136–140 м (Стунжас, и др., 2018).

Наши приборные измерения во время отбора проб показали, что окислительно-восстановительный потенциал (Eh) на глубине 173 м и 244 м составлял –203 мВ и –294 мВ соответственно. Такие низкие отрицательные значения Eh свидетельствуют о критических условиях существования мейофауны (Giere, 2009).

Мейофауна в хемоклине. Общая численность мейобентоса грунтов в хемоклине Чёрного моря снижалась с глубиной, что показано в таблице 2.

Заметный пик общей численности мейофауны наблюдался на глубине 173 м, где основным компонентом биоты были одноклеточные инфузории – силиаты. Однако, максимальная численность нематод отмечена на 160 м.

Количество видов нематод и их обильность имели чёткую тенденцию снижения с глубиной и, соответственно, с усилением гипоксических условий на фоне увеличения концентрации сероводорода в воде и донных осадках. На исследуемых глубинах нематоды были представлены 12 видами с явным доминированием класса Chromadorea (85 %) (табл. 3).

Таблица 2

Численность мейофауны в хемоклине Чёрного моря (экз./100 см²)

Глубина, м	Общая численность мейофауны	Численность нематод
160	124,60	71,20
173	656,40	35,60
205	23,70	13,35
238	52,29	4,15
244	92,96	3,32
260	0,00	0,00
263	4,15	0,83

Таблица 3

Видовой состав фауны нематод в гипоксических осадках на различных глубинах в зоне черноморского хемоклина на исследуемых станциях

Глубина, м	Класс	Семейство	Род	Вид
160	Chromadorea	Desmoscolecidae	<i>Tricoma</i>	<i>Tricoma</i> sp. 1
160	Chromadorea	Xyalidae	Daptonema	<i>Daptonema oxycerca</i> (de Man, 1888)
160	Chromadorea	Chromadoridae	Ptycholaimellus	<i>Ptycholaimellus ponticus</i> (Filipjev, 1922) Gerlach, 1955
160	Chromadorea	Chromadoridae	Spilophorella	<i>Spilophorella</i> sp. 1
160	Enoplea	Oncholaimidae	Viscosia	<i>Viscosia elongata</i> (Filipjev, 1922)
160	Chromadorea	Microlaimidae	Microlaimus	<i>Microlaimus</i> sp. 1
160	Chromadorea	Plectida	Leptolaimidae	<i>Leptolaimus</i> sp. 1
160	Chromadorea	Xyalidae	Linhystera	<i>Linhystera</i> sp. 1
173	Chromadorea	Desmoscolecidae	Desmoscolex	<i>Desmoscolex minutus</i> (Claparède, 1863)
205	Chromadorea	Desmoscolecidae	Desmoscolex	<i>Desmoscolex minutus</i>
238	Enoplea	Oncholaimidae	Viscosia	<i>Viscosia glabra</i> (Bastian, 1865) de Man, 1890
244	Chromadorea	Camacolaimidae	Camacolaimus	<i>Camacolaimus bathycola</i> (Filipjev, 1922)
260	–	–	–	–
263	Chromadorea	Desmoscolecidae	<i>Tricoma</i>	<i>Tricoma</i> sp. 1

Обильная фауна нематод с разнообразным таксономическим составом присутствовала только на глубине 160 м (табл. 3). Глубже в пробах были обнаружены лишь единичные экземпляры представленных видов. На глубине 260 м мейобентос в донных осадках отсутствовал, а на 263 м обнаружена нематода *Tricoma* sp. 1.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно методике (Bongers et al., 1991), семейства нематод ранжированы на пять функционально-трофических групп в зависимости от их экологической стратегии жизни: от экстремальных г-стратегов до экстремальных К-стратегов (так называемый “colonizers-persisters” groups или с-р groups). Загрязнение, эвтрофикация или другие экологические сдвиги среды ведут к изменению соотношения функциональных групп (с-р групп) среди нематод, являясь хорошим индикатором общего экологического состояния грунтов (Ferris, Bongers, 2009).

Соотношение функциональных групп нематод в сообществе на разных глубинах черноморского хемоклина представлено на треугольной диаграмме, оси которой соответствуют доли функциональных групп нематод (рис. 1).

На глубине 160 м нематоды группы «с-р 2» составляют 55 %, а группа «с-р 3–5» 45 % от общей численности. Здесь нематодное сообщество представлено 9 видами с высокой численностью, тогда как глубже обнаружены лишь единичные экземпляры четырех видов, относящихся к группе нематод «с-р 3–5» – *Desmoscolex minutus*, *Viscosia glabra*, *Camacolaimus bathycola*, *Tricoma* sp. 1. На глубине 260 м мейобентос не обнаружен, однако на 263 м в пробе

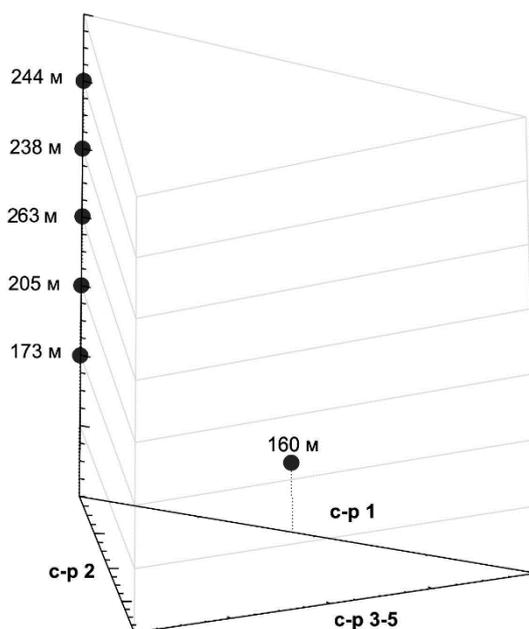


Рис. 1. Соотношение функциональных групп (с-р групп) “colonizers-persisters” внутри нематодного сообщества, ранжированные от «с-р 1» до «с-р 5» на различных глубинах черноморского хемоклина

присутствовала нематода *Tricoma* sp.1. Следует также отметить результаты проведённых нами визуальных наблюдений нефиксированных проб грунта на 240 м, проведённых сразу после поднятия румолота (Стунжас и др., 2019), где живой мейобентос не обнаружен.

Сопоставление наших данных о распределении нематод со значениями Eh на 244 м (–294 мВ) может приводить к допущению, что обнаруживаемые в таких условиях единичные экземпляры живых нематод находятся в критических условиях существования при практически полном отсутствии кислорода длительные периоды времени и в постоянном присутствии сероводорода. Нельзя исключить попадание этих организмов на такие глубины в результате седиментационных процессов, оползней, действия придонных течений и последующего оседания на дно организмов из вышележащих, более благоприятных для жизни грунтов. Погибший в аноксийно-сероводородных условиях мейобентос может сохраняться достаточно долго в отсутствии кислорода и обнаруживаться в пробах донных осадков (Иванова, 2017). Аналогичная картина в хемоклине сероводородных озёр-лагунов отмечалась нами на побережье Белого моря (Иванова и др., 2021).

К группе «с-р 1» относят нематод с коротким жизненным циклом, питающихся первичной бактериальной продукцией и обычно показывающих взрывной рост в насыщенных органикой грунтах, устойчивы к загрязнению продуктами распада органического вещества в грунтах. Нематоды группы «с-р 2» отличаются коротким жизненным циклом и сравнительно высоким уровнем воспроизводства, хотя и ниже, чем в группе «с-р 1». Распространены круглые черви группы «с-р 2» практически повсеместно, как в бедных, так и в обогащенных органическим веществом донных осадках; они устойчивы к загрязнениям и другим стрессовым факторами и представлены в основном нематодами, поедающими бактерии и некоторыми хищниками (Ferris, Bongers, 2009). Нематоды групп «с-р 3–5» (“persisters”) объединены на одной оси, они характеризуются более длинным жизненным циклом, чем первые две группы; большей чувствительностью к стрессорам среды; представлены, в основном, хищниками (рис 1).

В комплексной работе по оценке экологического статуса донной среды с использованием широкого ряда индексов сообщества морских нематод (Moreno et al., 2011) было заключено,

что анализ нематодного сообщества на уровне рода и процентное соотношение «с-р» групп нематод являются одними из наиболее релевантных индикаторов экологического статуса донной среды. Согласно предложенной авторами классификации, состояние сообщества нематод на горизонте 160 м характерно для грунтов среднего экологического статуса, а сообщества, обитающие глубже, демонстрируют параметры хорошего статуса. Это является достаточно интересным фактом, учитывая, что хемоклин – это зона дефицита кислорода и периодического присутствия токсичного сероводорода и такие условия донной среды находятся в критической области для существования мейофауны.

Анализируя физико-химические процессы на этих глубинах, можно предположить, что зона хемоклина, как наиболее высокоизменяемая кислородно-гипоксическая среда, формирует более разнообразные, но неустойчивые сообщества. Тогда как проникающие глубже в сероводородную зону нематодные сообщества имеют обеднённый видовой состав, но, видимо, более устойчивы к гипоксии и сероводородному заражению морских осадков. Дополнительным подтверждением данного предположения являются аналогичные результаты по видовому разнообразию *Desmoscolecida*, которые были получены и в северо-западной части Чёрного моря на глубинах дна более 160 м (Кошелева, 2012).

Глубже 160 м обнаружены только нематоды групп «с-р 3–5» (“persisters”), представленные, в основном, хищниками. На глубине 260 м мейобентос отсутствует, а на 263 м глубине отмечена *Tricoma* sp. 1.

Также, другой характерной особенностью фауны нематод черноморского хемоклина видится полное отсутствие такой группы, как «с-р 1», относимых к г-стратегам (‘extreme colonizers’ or ‘enrichment opportunists’). Вероятно, это связано с уменьшением плотности нематодных сообществ с глубиной, тогда как короткий жизненный цикл нематод группы «с-р 1» предполагает высокую плотность поселений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая численность мейобентоса грунтов в хемоклине Чёрного моря снижалась с глубиной. Пик мейофауны на исследуемых глубинах приурочен к глубине 173 м, где основным компонентом биоты были одноклеточные инфузории – силиаты. Максимальная численность свободноживущих морских нематод отмечена на горизонте 160 м. Всего на исследованных глубинах нематоды представлены 12 видами с явным доминированием представителей класса *Chromadorea*. На глубине 160 м нематоды группы «с-р 2» составляли 55 %, а группы «с-р 3–5» 45 % от общей численности. Здесь нематодное сообщество представлено 9 видами с высокой численностью, тогда как глубже 160 м обнаружены лишь единичные экземпляры четырёх видов, относящихся к группе нематод «с-р 3–5» (“persisters”) – *Desmoscolex minutus*, *Viscosia glabra*, *Camacolaimus bathycola*, *Tricoma* sp. 1, представленные хищниками. На глубине 260 м мейобентос не обнаружен, а на 263 м глубине отмечена *Tricoma* sp. 1.

Дополнительной характерной особенностью фауны нематод черноморского хемоклина является отсутствие такой функционально-трофической группы, как «с-р 1», относимых к г-стратегам (‘extreme colonizers’ or ‘enrichment opportunists’). Вероятной причиной отсутствия данной группы морских круглых червей видится низкая плотность поселений нематод на глубинах ниже 160 м, в то время как короткий жизненный цикл этой группы подразумевает высокую плотность поселений.

Благодарности. Авторы глубоко признательны проф. А. Г. Зацепину (ИО им. Ширшова РАН, Москва) и В. П. Чекалову (ИнБИОМ им. Ковалевского РАН, Севастополь) за помощь при организации и проведении полевых работ.

Работа выполнялась по теме «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» № 121041400077-1.

Список литературы

- Гулин М. Б. Батиметрическое распределение живых активных форм зообентоса в хемоклине Чёрного моря // Морской экологический журнал. – 2013. – Т. XII, № 1. – С. 5–17.
- Заика В. Е., Киселева М. И., Михайлова Т. В., Маккавеева Е. Б., Сергеева Н. Г., Повчун А. С., Колесникова Е. А., Чухчин В. Д. Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря. – Киев: Наукова думка, 1992. – 248 с.
- Иванова Е. А. Экология мейобентоса метановых сипов Чёрного моря: фаунистические характеристики и результаты наблюдений физиологического состояния методом прямого микрофотографирования // Экосистемы. – 2017. – Вып. 10. – С. 28–34.
- Иванова Е. А., Краснова Е. Д., Воронов Д. А., Тимофеев В. А., Гулин М. Б. Результаты исследования функционального состояния мейобентосной фауны в высокосульфидных биотопах прибрежных озёр-лагун Кандалякшского залива (Белое море) // Экосистемы. – 2021. – № 26. – С. 43–50.
- Киселёва М. И. Зообентос. Состав, размерная характеристика и вертикальное распределение. – Основы биологической продуктивности Чёрного моря / [Ред. Грезе В. Н.]. – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 208–211.
- Коселева Т. Н. Нематоды (Nematoda, Desmoscolecida) глубоководного днепровского каньона (Чёрное море) // Морской экологический журнал. – 2012. – Т. XI, № 3. – С. 57–62.
- Островский А. Г., Зацепин А. Г., Соловьев В. А., Цибульский А. Л., Швоев Д. А. Автономный мобильный аппаратно-программный комплекс вертикального зондирования морской среды на заякоренной буйковой станции // Океанология. – 2013. – Т. 53, № 2. – С. 149–154.
- Стунжас П. А., Гулин М. Б., Иванова Е. А., Подымов О. И. Исследования кислородного режима в придонном слое вод и реакции зообентоса на условия гипоксии/аноксии в зоне контакта черноморского хемоклина с континентальным склоном // Некоторые результаты комплексной прибрежной экспедиции «Черное море-2017» на МНИС «Ашамба». – Москва: Научный мир, 2018. – Гл. 7. – С. 149–154.
- Стунжас П. А., Гулин М. Б., Зацепин А. Г., Иванова Е. А. О возможности присутствия кислорода в верхнем слое осадков сероводородной зоны Чёрного моря // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 1. – С. 166–169.
- Ferris H., Bongers T. Indices developed specifically for analysis of nematode assemblages / Nematodes as Environmental Indicators // Wallingford: CABI Publishing 2009. – P. 124–145.
- Giere O. Meiobenthology – the Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments, 2nd ed. – Berlin, Heidelberg: Springer – Verlag, 2009. – 527 p.
- Moreno, M., Semprucci F., Vezzulli L., Balsamo M., Fabiano M., Albertelli G. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems // Ecological Indicators. – 2011. – Vol. 11. – P. 328–336.
- Segeeva N., Ürkmez D. Current views on the diversity and distribution of deep-water meiobenthos at the Turkish shelf (Black Sea) // Ecologica Montenegrina. – 2017. – Vol. 14. – P. 60–73.
- WoRMS Editorial Board. – World Register of Marine Species [Electronic resource]. – <http://www.marinespecies.org> 2022

Ivanova E. A., Gulin M. B. Functional-trophic groups of the benthic nematode community in the redox zone in the northeastern sector of the Black Sea // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 123–129.

The results of studying the community of free-living benthic nematodes in the redox chemocline of the northeastern sector of the Black Sea are presented. The chemocline zone of the Black Sea is characterized by high spatial and temporal dynamics. Vertical fluctuations in the location of the isopycna $St_h=16,2$ were recorded in the depth range from 136 to 174 m. The researchers recorded the trend of decrease in the total abundance of meiobenthos in the Black Sea chemocline with increasing depth. The peak of the total number of meiofauna at the studied depths is confined to the horizon of 173 m, where the main component of the biota are unicellular organisms – ciliates. The maximum number of nematodes was registered at 160 m, where nematodes of the functional-trophic group "c-p 2" made up 55 %, and the group "c-p 3–5" ("persisters") represented mainly by predators, accounted for 45 % of the total number. On this isobath, the nematode community is represented by 9 numerous species (up to 71,2 specimens/0,1 m²), while only few specimens of four species belonging to the "c-p 3–5" group of nematodes were found deeper: – *Desmoscolex minutus* (Claparède, 1863), *Viscosia glabra* (Bastian, 1865) de Man, 1890, *Camacolaimus bathycola* (Filipjev, 1922), *Tricoma* sp. 1. In total, 12 species with a clear dominance of representatives of the Chromadorea class were recorded in the nematode community of the Black Sea redox zone. There was no meiobenthos at the depth of 260 m, however, the nematode *Tricoma* sp. 1 was recorded at the depth of 263 m. A peculiar feature of the nematode fauna of the Black Sea chemocline is the absence of such a functional trophic group as "c-p 1", referred to as r-strategists ('extreme colonizers' or 'enrichment opportunists'). It is suggested that the probable reason for the absence of this group of marine roundworms is the low density of nematode assemblages at depths below 160 m, while the short life cycle of the "c-p 1" group implies a high density of settlements.

Key words: meiobenthos, free-living nematode, functional and trophic groups of Nematoda, chemocline, hypoxia, hydrogen sulfide contamination, Black Sea.

Поступила в редакцию 12.04.22

Принята к печати 10.05.22

УДК 57.05:58.5

Протекторное действие нанобиокомпозита селена при предпосевной обработке семян на рост и развитие однолетней культуры *Tagetes patula* L. в условиях солевого стресса

Юркова И. Н., Панов Д. А., Омельченко А. В.,
Бугара И. А., Ржевская В. С., Омельченко С. О.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, Россия
omelchenko_tnu@mail.ru

Представлены результаты изучения протекторного действия различных концентраций нанобиокомпозита селена на ростовые показатели (лабораторную всхожесть, линейные размеры, массу сырого и сухого вещества надземной части и корней) и содержание свободного пролина в листьях *Tagetes patula* L. в условиях моделируемого хлоридного засоления. Синтез наночастиц селена осуществляли путем восстановления селенистокислого натрия L-цистеином в присутствии природного полисахарида альгината натрия. Установлено, что полученный раствор нанобиокомпозита образует достаточно устойчивые наночастицы селена, а средний размер нанозерен составляет 35 нм. Для получения растительного материала семена *T. patula* замачивали в течение 4 часов в растворах наноселена в концентрациях 5,0; 10,0; 20,0 и 30,0 мг/л (по селену), а затем проращивали в водной и почвенной культурах в условиях засоления NaCl. Показано, что засоление NaCl вызывало уменьшение массы сырого и сухого вещества надземной части и корней *T. patula* по сравнению с контрольным вариантом. Применение наноселена в концентрациях 5,0-20,0 мг/л уменьшало негативное влияние солевого стресса на накопление массы сухого вещества надземной части и корней. При концентрации наноселена 30,0 мг/л стимуляция ростовых процессов незначительно снижалась. Наибольшее протекторное действие наноселен оказывал на корневую систему. Обработка семян наноселеном в условиях солевого стресса приводила к снижению содержания свободного пролина на 18,3–56,9 % по сравнению с контролем, что указывает на проявление селеном антиоксидантных свойств. Полученная композиция на основе наночастиц селена может быть рекомендована в качестве индуктора солеустойчивости декоративных цветочных культур.

Ключевые слова: нанобиокомпозит, селен, *Tagetes patula*, морфометрические параметры, пролин, адаптация, засоление.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема солеустойчивости является одной из важнейших в растениеводстве (Munns, Gilliam, 2015; Negrão et al., 2017). Засоленные почвы занимают значительную часть поверхности суши. В результате процессов вторичного засоления их площадь постоянно увеличивается (Иванищев и др., 2020; Иванищев, 2021). Почвенное засоление приводит не только к снижению продуктивности растений, но и нарушает генетическое биоразнообразие (Kuznetsov, Shevyakova, 2007, 2010). Увеличение площади засоленных территорий негативно влияет не только на сельскохозяйственные культуры, но и на декоративные растения (Чуниховская, Житова, 2012; Chrysargyris et al., 2018). Техногенное засоление почвы крупных городов вследствие использования противогололедных реагентов на дорогах в зимний период приводит к гибели зеленых насаждений и нарушению экологической обстановки (Polovnikova, Voskresenskaya, 2008). Это не может не отразиться на росте декоративных однолетников. Наиболее распространенные их представители – род *Tagetes* (бархатцы), культуру которых используют в садоводстве и озеленении. Они не дают самосева и неприхотливы к условиям произрастания (Тихомирова, 2010).

В практическом аспекте интерес к этим растениям обусловлен высоким накоплением лютеина в цветках, что делает их основным промышленным источником природного пигмента ксантофилла (Третьяков и др., 2010; Deineka et al., 2007, 2016). В лечебных целях

используется комплекс лютеина и зеаксантина в соотношении 4:1, который является естественной тенью для глаз, защищая сетчатку от слишком яркого света (Bosma et al., 2000; Rodriguez-Carmona et al., 2006). Кроме этого, бархатцы служат сырьем в пищевой и парфюмерно-косметической промышленности, а в последние годы, эта культура используется в качестве фиторемедиатора почв, загрязненных нефтепродуктами (Третьяков и др., 2010; Киреева и др., 2012; Deineka et al., 2016).

В настоящее время все более широкое распространение получает развитие нанотехнологий в различных отраслях сельского хозяйства. В растениеводстве перспективным направлением является получение нанопрепаратов для предпосевной обработки семян, которая является одним из простейших способов улучшения качества семян и повышения урожайности растений (Юркова и др., 2017; Repetskaya et al., 2021). Наночастицы биогенных элементов вызывают изменения в различных метаболических путях, влияя на рост и развитие растений, участвуют в синтезе белков, углеводов, жиров и витаминов, а также повышают содержание хлорофилла в листьях, улучшая процесс фотосинтеза. Было высказано предположение, что наночастицы металлов также могут нейтрализовать некоторые токсичные вещества в почве (Перфильева и др., 2021).

Важнейшая роль в усилении адаптивного потенциала растений принадлежит селену (Zhang et al., 2001; Hawrylak-Nowak, 2009; Hasanuzzaman, Fujita, 2011; Nikonov et al., 2012; Wrobel et al., 2016; Валуева, Киппер, 2017; Юркова и др., 2017; Jiang et al., 2017; Perfileva et al., 2020; Repetskaya et al., 2021). Селен оказывает значительное действие на содержание отдельных групп фитогормонов (цитокининов и гиббереллинов). Большинство научных исследований посвящено изучению стимуляции селеном урожайности или обогащения им культурных растений (Hawrylak-Nowak, 2009; Hasanuzzaman, Fujita, 2011; Nikonov et al., 2012; Юркова и др., 2017; Jiang et al., 2017; Repetskaya et al., 2021). Известны работы по влиянию ионных форм селена на стрессоустойчивость культурных растений (Юркова и др., 2017; Jiang et al., 2017). Биологическая активность селена зависит от его формы (селенит- и селенат-ионы, наноразмерный селен). Наименее токсичным и биологически доступным является селен в форме наночастиц. Стабилизированные частицы наноселена с размером 20–60 нм полностью сохраняют спектр биологической активности и в 7 раз менее токсичны, чем селенит натрия (Zhang et al., 2001; Карпова и др., 2014). На биологическую активность влияет не только размер наночастиц селена, но и свойства стабилизирующей матрицы (Валуева, Киппер, 2017; Перфильева и др., 2021).

Исследование новых композиций на основе наночастиц селена, повышающих адаптивный потенциал однолетних декоративных культур при возделывании на антропогенно-депрессивных территориях, является актуальным.

Целью настоящей работы было изучить протекторное действие композиции на основе наночастиц селена, стабилизированного альгинатом натрия на солеустойчивость однолетней культуры *Tagetes patula*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для проведения исследований служили растения бархатцев отклоненных (*Tagetes patula* L.) семейства сложноцветные (Compositae). Семена растений были получены из коллекции Ботанического сада им. Н. В. Багрова (Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского).

Синтез наноселена проводили в водном растворе альгината натрия (BioPolymer, Норвегия) путём восстановления селенистокислого натрия (х.ч.) L-цистеином («Synex Pharma», Китай), рН реакционной смеси 6,5–7,0, при температуре 293 °К (Юркова и др., 2016). Подробно процесс синтеза описан ранее (Панов, 2017). Для дальнейшей работы использовали водный раствор нанобиокомпозита селена, в котором концентрация селена составляла 0,050 г/л, альгината натрия – 1,0 г/л, а массовое соотношение концентраций, нуль-валентный селен/альгинат натрия, равно 1:20. После введения всех компонентов, раствор выдерживали в течение двух-трёх суток при комнатной температуре. Методом сканирующей электронной и

атомно-силовой микроскопии определяли морфологические и размерные характеристики наносистем на основе наночастиц селена, стабилизированных альгинатом натрия. Измерения проводили на сканирующем мультимикроскопе СММ-2000 (Россия). Плёнки для анализа готовили путём нанесения раствора нанобиокомпозиции на предварительно очищенную стеклянную пластину и дальнейшего высушивания при комнатной температуре. Сканирование проводили кантилеверами марки MST VEECO (USA) со скоростью 4 мкм/сек и количество усреднений в точке 16. Полученную информацию обрабатывали с использованием программ для статического анализа.

Протекторное действие композиции на основе наночастиц селена в условиях моделируемого хлоридного засоления изучали путем проращивания семян в водной и почвенной культурах.

В первой серии опыта семена *T. patula* замачивали в водных растворах композиции на основе наночастиц селена в концентрациях 5,0, 10,0, 20,0 и 30,0 мг/л (опыт). Время экспозиции семян в растворах составляло 4 часа. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде. Исследования проводили в чашках Петри на фильтровальной бумаге, увлажненной 5 мл дистиллированной воды (контроль) или 100 мМ раствора NaCl в термостате при температуре 24 °С. Объем выборки составлял 50 семян в трехкратной повторности. На 10 сутки определяли всхожесть семян, линейные размеры, массу сырого и сухого вещества надземной части и корней. Биомассу надземной части и корней измеряли гравиметрическим методом. Массу сухого вещества определяли после фиксации материала при 90 °С и его высушивания при 70 °С до постоянного веса.

Во второй серии опыта семена замачивали в исследуемых растворах композиции на основе наночастиц селена (опыт) и дистиллированной воде (контроль), а затем в количестве 25 штук высаживали в вегетационные сосуды. В качестве субстрата использовали воздушно-сухую почву (1,0 кг). Вместе с дистиллированной водой в опытные сосуды вносили раствор NaCl в количестве 2,0 г/кг почвы. Относительная влажность субстрата составляла 60 % от его полной влагоемкости. Растения *T. patula* выращивали в течение 30 суток в контролируемых условиях в климатической камере («Binder», Германия) в сосудах емкостью 1,0 л при 16-часовом фотопериоде, температуре 25/20 °С (день/ночь) и относительной влажности воздуха 60±5 %.

Содержание свободного пролина определяли с помощью кислого нингидринового реактива спектрофотометрически при длине волны 520 нм и рассчитывали по калибровочной кривой, построенной со стандартным L-пролином («Sigma»). Содержание пролина выражали в мкмоль на 1 г сырой массы (Khedr et al., 2003).

Статистическую обработку полученных результатов проводили по стандартным методикам (Trukhacheva, 2012), а также с использованием программы Microsoft Excel® 2016. Полученные результаты представлены на рисунках и в таблице в виде средней арифметической величины со стандартной ошибкой ($M \pm m_M$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наночастицы селена в отличие от ионных форм обладают повышенной биодоступностью, антиоксидантной активностью и более низкой токсичностью (Zhang et al., 2001; Карпова и др., 2014; Wrobel et al., 2016; Perfilova et al., 2020). Среди многочисленных методов получения наночастиц селена преобладают химические методы восстановления ионов селена в растворах восстановителей. В качестве восстановителей используют аскорбиновую кислоту, тиомочевину, боргидрид натрия, аминокислоту L-цистеин и другие. В этом случае образуются микрочастицы размером 100 нм и более, обладающие сильно развитой межфазной поверхностью, что приводит к быстрой агрегации и потери химической и биологической активности. Для повышения агрегативной устойчивости наночастиц, восстановление ионных соединений селена проводят в присутствии различных стабилизаторов. С этой целью чаще всего используют синтетические полимеры: полиэтилен, полиэтиленгликоль, поливинилпирролидон и другие (Валуева, Киппер, 2017). В настоящее время всё возрастающий интерес вызывают водорастворимые природные полисахариды:

арабиногалактан, пектин, хитозан, альгинат натрия, которые отличаются от синтетических полимеров биосовместимостью с живыми системами и меньшей токсичностью (Панов, 2017; Юркова и др., 2017; Valueva et al., 2019; Перфильева и др., 2021; Repetskaya et al., 2021). Широким спектром биологической активности обладают бурые морские водоросли, в состав которых входят альгиновая кислота и ее соли. Они находят свое применение в медицине, биотехнологии, пищевой промышленности и сельском хозяйстве (Ишевский, 2019; Kuznetsova et al., 2021).

В результате восстановления селенита натрия L-цистеином в водном растворе альгината натрия образуется коллоидный раствор красновато-оранжевого цвета. При этом на спектрах поглощения данного раствора наблюдался пик при длине волны 253 нм (Панов, 2017), что свидетельствует об образовании наночастиц селена. Биологическая активность наноматериалов зависит от их формы, размеров и свойства поверхности, поэтому в работе было уделено особое внимание определению этих характеристик.

На рисунке 1 (а) представлено 3-D-изображение поверхности тонкой пленки, отлитой из водного раствора, содержащего наночастицы селена в матрице альгината натрия. На шероховатой поверхности пленки видны скопления нанокластеров, состоящих из нанозерен, основной размер которых лежит в пределах от 20 до 50 нм. Средний размер нанозерен составляет около 35 нм (рис. 1 б).

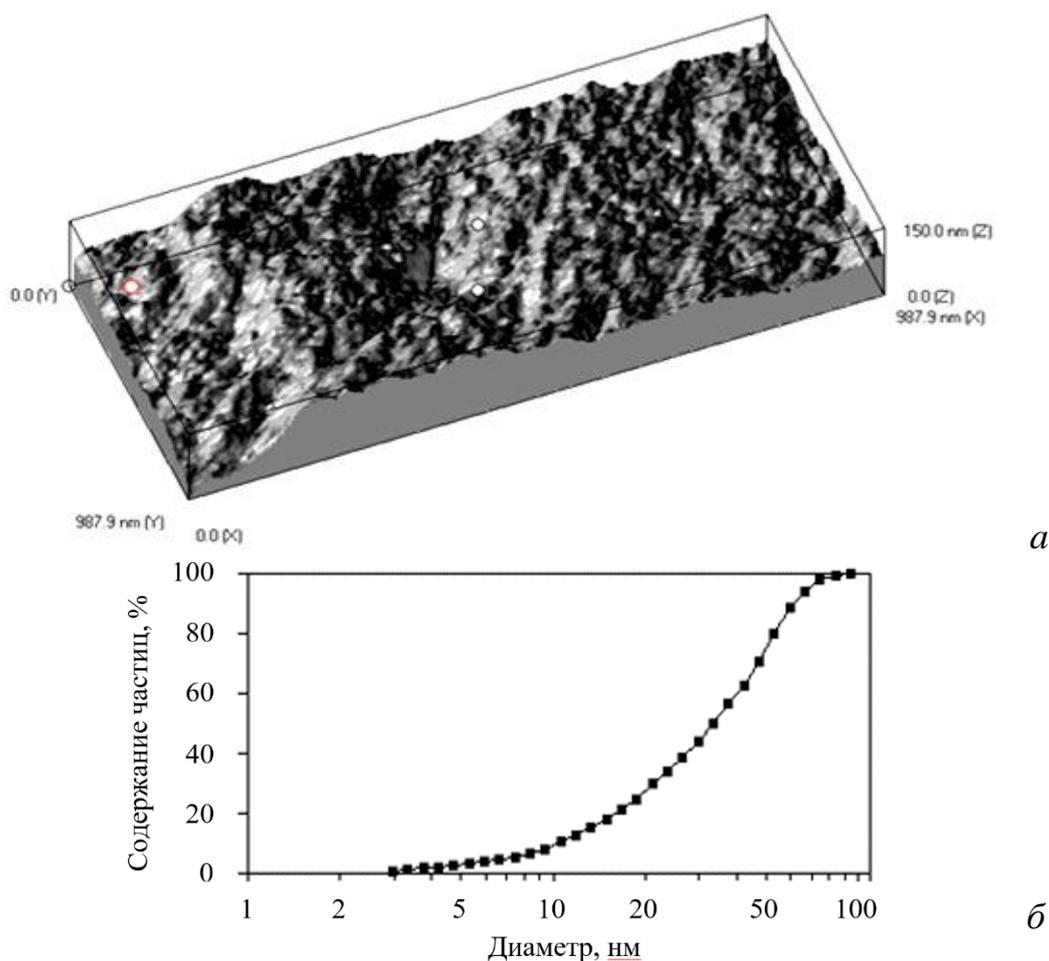


Рис. 1. 3-D изображение поверхности плёнки (а), интегральная кривая гранулометрического состава нанозерен селена (б)

В имеющихся работах, показано позитивное влияние наноселена на рост и развитие высших растений, а также повышение их антиоксидантного потенциала. Предположительно, увеличение роста растений после воздействия на них наночастиц селена, связано с усилением фотосинтетической активности и митотического деления клеток (Солдатов, Расчётова, 2013; Черникова и др., 2019).

Известно, что для формирования высококачественных посевов растений требуется высокопродуктивный семенной материал. Стимулирование ростовых процессов наночастицами происходит на ранних этапах онтогенеза при прорастании семян, что значительно влияет на дальнейшее развитие проростков и мобилизацию системы антиоксидантной защиты растений.

В связи с этим, нами было изучено влияние наночастиц селена при замачивании семян однолетней культуры *T. patula* на их всхожесть и морфометрические показатели, в условиях моделируемого хлоридного засоления.

Полученные результаты показали, что всхожесть семян *T. patula* в условиях засоления 100 мМ NaCl снижалась на 24,1 %. При обработке семян наноселеном наблюдалось увеличение всхожести в опытах без засоления на 7,1–14,2 %. При этом отрицательное воздействие солевого стресса на всхожесть после обработки семян наноселеном значительно снижалось. Наилучшие показатели всхожести наблюдались при концентрации наноселена 20,0 мг/л как в опытах без NaCl, так и в условиях солевого стресса. На фоне засоления обработка семян наноселеном увеличивала всхожесть на 5,2–12,3 % по сравнению с контрольным вариантом. Дальнейшее увеличение концентрации наноселена (30,0 мг/л) вызывало снижение всхожести, как в варианте без засоления, так и с NaCl. Однако эти значения оставались выше, чем в контрольном опыте (рис. 2).

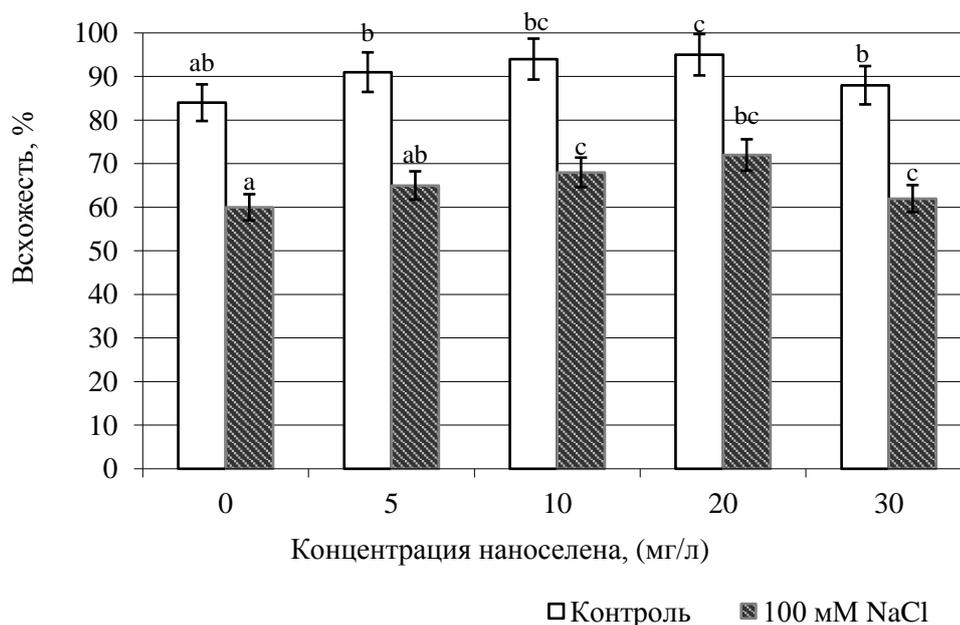


Рис. 2. Влияние наноселена на всхожесть семян *Tagetes patula* в условиях моделируемого хлоридного засоления ($p < 0,05$)

В условиях солевого стресса защитная реакция растений проявляется в задержке роста и наиболее достоверно отражается на изменении их морфометрических параметров (Юркова и др., 2017).

В процессе вегетации растений *T. patula* в отсутствии NaCl длина надземной части и корней увеличивалась с ростом концентрации наноселена в диапазоне 5,0–20,0 мг/л, а максимальное увеличение составляло 27,7 % и 22,5 % соответственно (рис. 3 и 4).

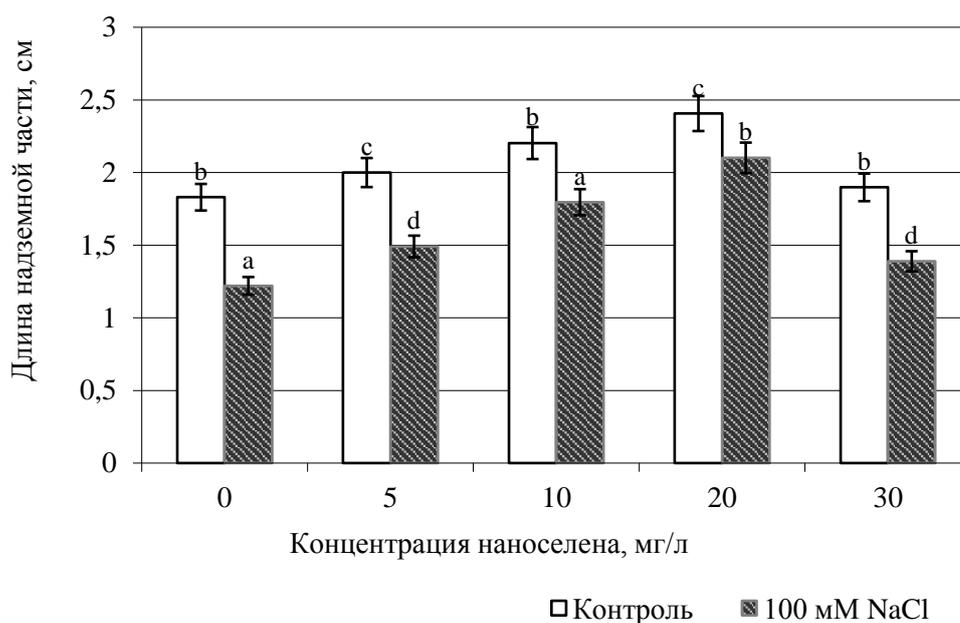


Рис. 3. Влияние наноселена на длину надземной части *Tagetes patula* в условиях моделируемого хлоридного засоления ($p < 0,05$)

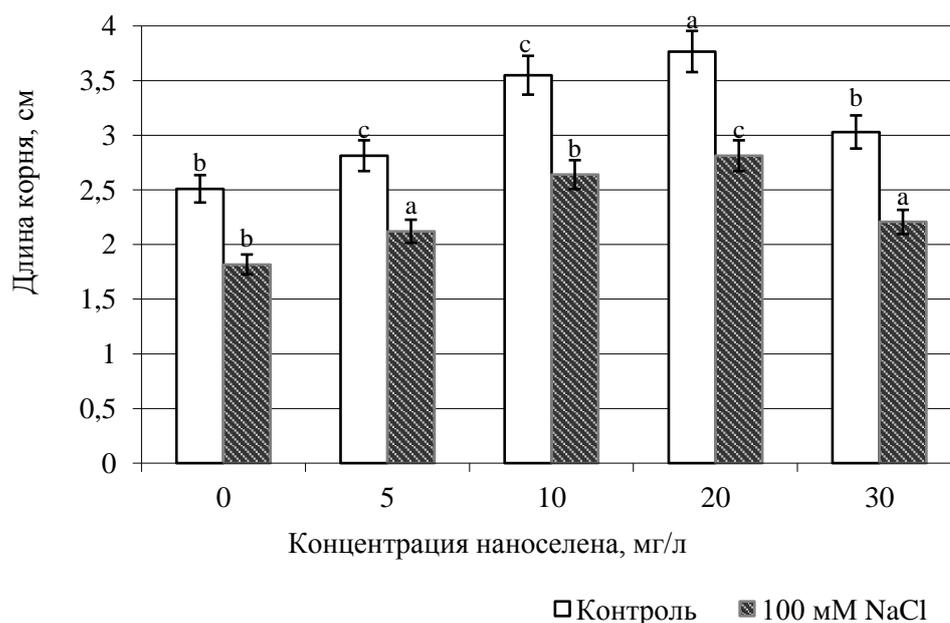


Рис. 4. Влияние наноселена на длину корня *Tagetes patula* в условиях моделируемого хлоридного засоления ($p < 0,05$)

При солевом стрессе эта зависимость сохранялась, а динамика роста надземной части и корней при концентрации наноселена 10,0–20,0 мг/л превышала контрольные на 7,6–21,5 % и 4,5–11,7 % соответственно. Эти показатели также были выше, чем у проростков, выращенных в отсутствие наноселена без NaCl. При концентрации наноселена 30,0 мг/л стимуляция ростовых процессов у *T. patula* незначительно снижалась, как в варианте без засоления, так и на фоне 100 мМ NaCl (см. рис. 3 и 4).

Полученные результаты коррелировали с накоплением биомассы надземной части и корней. Показано, что при концентрации наноселена 5,0–20,0 мг/л в отсутствии засоления, масса сухого вещества надземной части и корней увеличилась на 11,8–43,0 % и 26,7–87,3 % соответственно. Доля корней в биомассе растения составляла 60,7–62,8 %. Обработка семян наноселеном снижала негативное влияние солевого стресса на биомассу проростков по сравнению с контрольным вариантом. При этом максимальный прирост массы сухого вещества надземной части и корней составлял 33,1 % и 63,4 % соответственно. Доля корней в общую биомассу на фоне засоления достигала 49,7 %. Это на 5,1 % выше, чем в контрольном варианте, что свидетельствует о протекторном действии композиции на основе наночастиц селена в условиях хлоридного засоления. При дальнейшем увеличении концентрации наночастиц селена было отмечено незначительное снижение прироста биомассы проростков как в вариантах без засоления, так и на фоне NaCl (табл. 1).

Таблица 1

Влияние наноселена на накопление массы вегетативных органов *Tagetes patula* без засоления и в условиях моделируемого засоления NaCl

Концентрация наноселена, мг/л	Масса сырого вещества, мг		Масса сухого вещества, мг	
	Надземная часть	Корни	Надземная часть	Корни
H ₂ O (без засоления)				
0	5,52±0,21 ^b	7,10±0,29 ^b	2,21±0,12 ^b	2,85±0,12 ^c
5,0	6,18±0,39 ^a	8,61±0,27 ^{ab}	2,47±0,14 ^{ab}	3,81±0,13 ^a
10,0	7,54±0,40 ^b	9,21±0,30 ^{ab}	3,03±0,15 ^b	5,06±0,10 ^d
20,0	7,90±0,41 ^b	10,02±0,31 ^c	3,16±0,15 ^b	5,34±0,11 ^b
30,0	7,53±0,39 ^b	9,03±0,29 ^{ab}	3,02±0,16 ^b	3,63±0,13 ^c
На фоне 100 мМ NaCl				
0	3,48±0,15 ^{bc}	3,41±0,15 ^{bc}	1,39±0,11 ^a	1,12±0,06 ^a
5,0	3,72±0,14 ^c	3,72±0,15 ^c	1,50±0,14 ^b	1,35±0,07 ^a
10,0	3,95±0,15 ^a	4,06±0,16 ^a	1,68±0,13 ^b	1,52±0,06 ^b
20,0	4,37±0,15 ^b	4,12±0,17 ^b	1,85±0,15 ^c	1,83±0,06 ^c
30,0	4,04±0,16 ^b	3,90±0,16 ^a	1,63±0,14 ^b	1,28±0,05 ^a

Примечание к таблице. Средние значения, за которыми следуют одинаковые буквы в каждом столбце, существенно не отличаются (критерий множественного диапазона Дункана при 5 %).

Эти результаты согласуются с ранее полученными нами, данными по стимуляции накопления биомассы проростков после обработки семян композицией на основе наночастиц селена методом инкрустации. Однако в отличие от замачивания семян в растворе наноселена, результаты прироста биомассы проростков *T. patula* после инкрустации были значительно ниже. В условиях солевого стресса негативное влияние NaCl на прирост сухого вещества надземной части и корней снижалось лишь на 9,0 и 9,3 % соответственно (Юркова и др., 2017).

Таким образом, действие нанобиокомпозита селена на рост и развитие *T. patula* в условиях солевого стресса во многом определяется его концентрацией. Как показали наши исследования, оптимальной для растений является обработка семян нанобиокомпозитом селена в концентрации 20 мг/л. При этих условиях наблюдалось повышение всхожести семян, длины корня и надземной части, а также накопления массы сырого и сухого вещества вегетативных органов. Положительное влияние нанобиокомпозита селена на ростовые

процессы *T. patula* может быть связано с его антиоксидантными свойствами, то есть способностью к ликвидации накапливающихся в избыточном количестве свободных радикалов в стрессовых условиях.

Одним из универсальных осмолитов, участвующего в поддержании жизнедеятельности растений в стрессовых условиях является пролин. Его накопление в клетках является неспецифической защитной реакцией растений на действие стресс-факторов различной природы (Khedr et al., 2003; Verslues et al., 2006; Abdul et al., 2021). Роль пролина заключается в том, чтобы стабилизировать интактную гидратационную сферу макромолекул и тем самым предотвратить инактивацию белков, сохранить их биологическую активность, структуру и целостность мембран (Akbulut, Çakır, 2010). Пролин не только обладает осморегуляторной и протекторной функциями, но также является антиоксидантом. Существует положительная корреляция между увеличением содержания пролина в клетке и способностью растений выживать при засолении и водном дефиците (Verslues et al., 2006; Abdul et al., 2021).

В ряде работ по изучению влияния селена на накопление пролина в органах культурных растений в условиях водного и солевого стресса показано, как увеличение, так и снижение этого показателя до уровня контроля и ниже (Verslues et al., 2006; Akbulut, Çakır, 2010; Иванищев, 2019; Sotoodehnia-Korani et al., 2020; Abdul et al., 2021). Высказано предположение, что селен, являясь антиоксидантом, участвует в снижении внутриклеточного уровня активных форм кислорода в условиях стресса, что и проявляется в торможении стресс-стимулирующей активации антиоксидантных ферментов и резком ингибировании накопления индуцированного засолением пролина (Солдатов, Расчётова, 2013).

В связи с этим, было важным изучить влияние селена в форме наночастиц на активность свободного пролина в листьях однолетней культуры *T. patula*, выращенных в почвенной культуре в условиях солевого стресса (рис. 5).



Рис. 5. Внешний вид растений *Tagetes patula*, выращенных в условиях почвенного засоления при различной обработке семян нанобиокомпозитом селена а – контроль (H_2O); б – 10,0 мгл Se^0 ; в – 20,0 мгл Se^0 ; г – 30,0 мгл Se^0 .

В условиях солевого стресса содержание свободного пролина в листьях превышало его уровень в контрольных вариантах (без засоления) на 362,4 %, что может свидетельствовать о нарушении клеточного гомеостаза, являясь показателем стрессового состояния организма. При увеличении концентрации наноселена 5,0–30,0 мг/л наблюдалось снижение накопления пролина в листьях на 18,3–56,9 % по сравнению с контролем (табл. 2).

Таблица 2

Влияние наноселена на содержание свободного пролина в листьях *Tagetes patula*,
выращенных в почвенной культуре на фоне хлоридного засоления

Концентрация наноселена, мг/л	Содержание свободного пролина в листьях		
	Н ₂ O (контроль)	2,0 г NaCl / кг почвы	Доля к контролю (%)
	мкмоль / г сырой биомассы	мкмоль / г сырой биомассы	
0	1,45±0,04 ^d	5,26±0,12 ^b	362,4
5,0	1,56±0,05 ^a	4,62±0,15 ^b	296,1
10,0	1,70±0,07 ^b	3,82±0,11 ^a	224,7
20,0	1,72±0,06 ^b	3,25±0,14 ^{bc}	188,9
30,0	1,80±0,08 ^c	2,81±0,09 ^c	156,1

Примечание к таблице. Средние значения, за которыми следуют одинаковые буквы в каждом столбце, существенно не отличаются (критерий множественного диапазона Дункана при 5 %).

Снижение содержания свободного пролина в листьях в условиях моделируемого хлоридного засоления связано с проявлением нанобиокомпозита селена антиоксидантных свойств, влияющих на уменьшение содержания активных форм кислорода внутри клетки и, как следствие, меньшее участие пролина в этих процессах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что в результате восстановления селенистокислого натрия аминокислотой L-цистеином в водном растворе альгината натрия образуются достаточно устойчивые наночастицы селена, со средним размером нанозерен 35 нм.

Показано, что в условиях засоления при обработке семян *T. patula* нанобиокомпозитом селена увеличивалась всхожесть семян, длина корня и надземной части, масса сырого и сухого вещества корней и надземной части на ранних этапах онтогенеза. Максимальный эффект влияния наноселена на ростовые показатели наблюдался при концентрации 20,0 мг/л.

Отмечено, что на фоне засоления с увеличением концентрации наноселена (5,0–30,0 мг/л) наблюдалось снижение накопления свободного пролина в листьях на 18,3–56,9 % по сравнению с контролем. Полученные результаты свидетельствуют о проявлении наноселеном антиоксидантных свойств.

Таким образом, полученная композиция на основе наночастиц селена, стабилизированного альгинатом натрия, проявляет выраженное протекторное действие на устойчивость растений *T. patula* к солевому стрессу и может быть рекомендована в качестве индуктора солеустойчивости декоративных цветочных культур.

Список литературы

- Валуева С. В., Киппер А. И. Влияние полимерных стабилизаторов на морфологические и термодинамические характеристики селенсодержащих наносистем // Журнал физической химии. – 2017. – № 4 (91). – С. 577–581. DOI: 10.7868/S004445371704032X
- Иванищев В. В. Новые направления исследований в повышении солеустойчивости растений // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2021. – № 2. – С. 47–55. DOI: 10.24412/2071-6176-2021-2-47-55
- Иванищев В. В. О механизмах солеустойчивости растений и специфике влияния засоления // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2019. – № 4. – С. 76–88.
- Иванищев В. В., Евграфкина Т. Н., Бойкова О. И., Жуков Н. Н. Засоление почвы и его влияние на растения // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2020. – № 3. – С. 28–42.
- Ишевский А. Л., Успенская М. В., Гунькова П. И., Давыдов И. А., Василевская И. А. Направления использования альгинатов в пищевой промышленности // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2019. – № 51 (77). – С. 61–69. DOI: 10.36807/1998-9849-2019-51-77-61-69
- Карпова Е. А., Демиденко О. К., Ильина О. П. К вопросу о токсичности препаратов на основе наноселена // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (91). – С. 207–210.
- Киреева Н. А., Григориади А. С., Баширова Р. М., Амирова А. Р. Использование бархатцев прямостоячих *Tagetes erecta* L. для фиторемедиации почвы, загрязненной нефтяными углеводородами // Агрехимия. – 2012. – № 5. – С. 66–72.
- Панов Д. А. Получение и свойства нанобиокомпозита селена и альгината натрия // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология, химия. – 2017. – Т. 3 (69), № 1. – С. 91–98.
- Перфильева А. И., Ножкина О. А., Граскова И. А., Забанова Н. С., Сухов Б. Г. Фитотоксичность нанокompозитов селена в природных матрицах на развитие растений картофеля *in vitro* // Агрехимия. – 2021. – № 1. – С. 70–78. DOI: 10.31857/S0002188121010087
- Солдатов С. А., Расчётова О. А. Действие селената натрия на ростовые процессы и развитие растений яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в условиях стресса // Бюллетень Брянского Отделения Русского Ботанического Общества. – 2013. – № 2 (2). – С. 120–128.
- Тихомирова Г. И. Тагетис – многопрофильная перспективная культура // Картофель и овощи. – 2010. – № 7. – С. 13.
- Третьяков М. Ю., Сорокопудов В. Н., Дейнека В. И. Накопление ксантофиллов у некоторых видов рода *Tagetes* L. в условиях Белгородской области // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 4. – С. 105–109.
- Черникова О. В., Амплеева Л. Е., Мажайский Ю. А. Формирование урожая кукурузы при обработке семян наночастицами селена // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 24–27. DOI: 10.31857/S2500-26272019224-27
- Чуниховская В. Н., Житова Л. В. Выращивание лекарственных растений на солонцеватых почвах Крыма // Научные труды Южного филиала национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Сельскохозяйственные науки. – 2012. – Т. 149. – С. 66–70.
- Юркова И. Н., Омельченко А. В., Пидгайна Е. С. Наноселен как индуктор солеустойчивости зерновых и декоративных растений // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Серия: «Биология, химия». – 2017. – Т. 3 (69). – № 3. – С. 79–85.
- Юркова И. Н., Панова Э. П., Панов Д. А., Омельченко А. В.; Пат. № 159620, Российская Федерация. Способ получения водорастворимой композиции наночастиц, содержащей наночастицы селена. Патентообладатель Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского; заявл. 26.04.2013; опубл. 10.02.2016. Бюл. – № 4.
- Abdul Saboor Khan, Muhammad Adnan, Aamir Hamid, Adnan Akbar Molecular Mechanisms of Stress Tolerance in Plants. In book: Engineering Tolerance in Crop Plants Against Abiotic Stress. – 2021. – 16 p. DOI: 10.1201/9781003160717-8
- Akbulut M., Çakır S. The effects of Se phytotoxicity on the antioxidant systems of leaf tissues in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings // Plant Physiology and Biochemistry. – 2010. – Vol. 48, N 2–3. – P. 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2009.11.001>
- Bosma T. L., Dole J. M., Maness N. O. Optimizing marigold (*Tagetes erecta* L.) petal and pigment yield // American Society for Horticultural Science. – 2000. – Vol. 35, N 3. – P. 504. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.3.504>
- Chrysargyris A., Tziosis A., Xylia P., Tzortzakos N. Effects of Salinity on *Tagetes* Growth, Physiology, and Shelf Life of Edible Flowers Stored in Passive Modified Atmosphere Packaging or Treated With Ethanol // Front. Plant Sci. – 2018. – Vol. 9. – P. 1765. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01765>
- Deineka V., Kulchenko Y., Blinova I., Deineka L., Chulkov A. Anthocyanins of *Tagetes patula* flower petals // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7, N 5. – P. 2986–2993.
- Deineka V. I., Sorokopudov V. N., Deineka L. A., Tret'yakov M. Y. Flowers of marigold (*Tagetes*) species as a source of xanthophylls // Pharm. Chem. – 2007. – Vol. 41. – P. 540. <https://doi.org/10.1007/s11094-008-0007-z>
- Hasanuzzaman M., Fujita M. Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings // Biological Trace Element Research. – 2011. – Vol. 143. – P. 1758–1776. DOI: 10.1007/s12011-011-8998-9

- Hawrylak-Nowak B. Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress // *Biol. Trace Elem.* – 2009. – Vol. 132. – P. 259–269. <http://dx.doi.org/10.1007/s12011-009-8402-1>
- Jiang C., Zu C., Lu D., Zheng Q., Shen J., Wang H., Li D. Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress // *Scientific Reports.* – 2017. – Vol. 7. – P. 42039. <https://doi.org/10.1038/srep42039>
- Khedr A. A., Abbas M. A., Wahid A. A., Quick W. P., Abogadallah G. A. Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancreaticum maritimum* L. to salt-stress // *Journal of Experimental Botany.* – 2003. – Vol. 54. – N 392. – P. 2553–2562. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg277>
- Kuznetsov V. V., Shevyakova N. I. Polyamines and plant adaptation to saline environments. In: Ramawat K. (eds) *Desert Plants. Biology and Biotechnology.* Springer, Berlin, Heidelberg. – 2010. – P. 261–298. DOI: 10.1007/978-3-642-02550-1_13
- Kuznetsov V. V., Shevyakova N. I. Polyamines and stress tolerance of plants // *Plant Stress. Global Sci. Books.* – 2007. – Vol. 1, N 1. – P. 50–71.
- Kuznetsova T. A., Andryukov B. G., Besednova N. N., Khotimchenko Y. S. Polysaccharides from marine algae in modern technologies of regenerative medicine // *Russian Journal of Marine Biology.* – 2021. – Vol. 47 (1). – P. 1–9. DOI: 10.31857/S013434752101006X
- Munns R., Gilliam M. Salinity tolerance of crops - what is the cost? // *New Phytol.* – 2015. – Vol. 208. – P. 668–673. <https://doi.org/10.1111/nph.13519>
- Negrão S., Schmöckel S. M., Tester M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress // *Annals of Botany.* – 2017. – Vol. 119, N 1. – P. 1–11. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw191>
- Nikonov I. N., Folmanis J. G., Kovalenko L. V., Laptev G. Y., Folmanis G. E., Egorov I. A., Fisinin V. I., Tananaev I. G. Biological activity of nanoscale colloidal selenium // *Doklady Biochemistry and Biophysics.* – 2012. – Vol. 447. – P. 297–299. <https://doi.org/10.1134/S1607672912060075>
- Perfileva A. I., Nozhkina O. A., Tretyakova M. S., Graskova I. A., Klimenkov I. V., Sudakov N. P., Alexandrova G. P., Sukhov B. G. Biological activity and safety for the environment of selenium nanoparticles encapsulated in starch macromolecules // *Nanotechnologies in Russia.* – 2020. – Vol. 15, N 1. – P. 96–104. DOI: 10.1134/S199272232001015X
- Polovnikova M. G., Voskresenskaya O. L. Activities of antioxidant system components and polyphenol oxidase in ontogeny of lawn grasses under megapolis conditions // *Russian Journal of Plant Physiology.* – 2008. – Vol. 55, N 5. – P. 699–705. DOI: 10.1134/S1021443708050154
- Repetskaya A. I., Yurkova I. N., Omelchenko A. V., Panov D. A., Kazakova I. S. Effects of selenium nanoparticles on increasing the salt tolerance of some annual flower crops // *Acta Horticulturae.* – 2021. – N 1324_65. – P. 421–426. DOI: 10.17660/ACTAHORTIC.2021.1324.65
- Rodriguez-Carmona M., Kvensakul J., Harlow J.A., Köpcke W., Schalch W., Barbur J. L. The effects of supplementation with lutein and/or zeaxanthin on human macular pigment density and colour vision // *Ophthalm. Physiol. Opt.* – 2006. – Vol. 26. – P. 137–147. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2006.00386.x>
- Sotoodehnia-Korani P. P., Iranbakhsh A., Ebadi M., Majd A., Oraghi Ardebili Z. Selenium nanoparticles induced variations in growth, morphology, anatomy, biochemistry, gene expression, and epigenetic DNA methylation in *Capsicum annuum*; an *in vitro* study // *Environ Pollut.* – 2020. – Vol. 265 (Pt B). – P. 114727. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114727>.
- Trukhacheva N. *Mathematical statistics in biomedical research using the Statistica package.* – M.: GEOTAR-Media, 2012. – 379 p.
- Valueva S. V., Vylegzhanina M. E., Kutin A. A., Sukhanova T. E. Silver- and selenium-containing bioactive nanosystems based on zosterin and methylcellulose // *Journal of sol-gel science and technology.* – 2019. – Vol. 2 (92). – P. 408–414. DOI: 10.1007/s10971-019-05065-5
- Verslues P. E., Agarwal M., Katiyar-Agarwal S., Zhu J., Zhu J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought salt and freezing abiotic stresses that affect plant water status // *Plant Journal.* – 2006. – Vol. 45, N 4. – P. 523–539. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02593.x>
- Wrobel J. K., Power R., Toborek M. Biological activity of selenium: Revisited // *International Union of Biochemistry and Molecular Biology.* – 2016. – Vol. 68. – N 2. – P. 97–105. <https://doi.org/10.1002/iub.1466>
- Zhang J. S., Gao X. Y., Zhang L. D., Bao Y. P. Biological effects of a nano red elemental selenium // *BioFactors.* – 2001. – Vol. 15, N 1. – P. 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2010.10.025>

Yurkova I. N., Panov D. A., Omelchenko A. V., Bugara I. A., Rzhevskaya V. S., Omelchenko S. O. Protective effect of selenium nanobiocomposite during presowing treatment of seeds on the growth and development of an annual culture of *Tagetes patula* L. under salt stress // Ekosistemy. 2022. Iss. 29. P. 130–141.

The results of studying the protective effect of various concentrations of selenium nanobiocomposite on growth parameters (laboratory germination, linear dimensions, wet and dry mass of the aerial parts and roots) and the content of free proline in the leaves of *Tagetes patula* L. under simulated chloride salinity are presented. The synthesis of selenium nanoparticles was carried out by reduction of sodium selenite with L-cysteine in the presence of natural polysaccharide sodium alginate. It has been revealed that the resulting nanobiocomposite solution forms sufficiently stable selenium nanoparticles, and the average size of nanograins is 35 nm. To obtain plant material, *T. patula* seeds were soaked for 4 hours in nanoselenium solutions at a concentration of 5.0; 10.0; 20.0 and 30.0 mg/L (for selenium), and then germinated in water and soil cultures under conditions of NaCl salinity. It was shown that NaCl salinity caused a decrease in the weight of wet and dry matter of the aerial parts and roots of *T. patula* compared to the control variable. The use of nanoselenium at concentrations of 5.0–20.0 mg/L reduced the negative effect of salt stress on the accumulation of dry matter mass of the aerial parts and roots. The stimulation of growth processes decreased slightly at a nanoselenium concentration of 30.0 mg/L. Nanoselenium had the greatest protective effect on the root system. Seed treatment with nanoselenium under salt stress resulted in a decrease in the content of free proline by 18.3–56.9 % compared to the control variable, which indicates that selenium develops antioxidant properties. The resulting composition based on selenium nanoparticles can be recommended as an inducer of salt tolerance in decorative flower crops.

Key words: nanobiocomposite, selenium, *Tagetes patula* L., morphometric parameters, proline, adaptation, salinization.

Поступила в редакцию 01.04.22

Принята к печати 10.05.22

СОДЕРЖАНИЕ

Туниев Б. С., Рыбак Е. А., Тимухин И. Н., Алиев Х. У. Хронологические закономерности в экотоне Восточно-Средиземноморской и Колхидской биогеографических провинций на территории Сочинского национального парка.....	5
Абдурахманова З. И. Ботанико-географический анализ ценофлоры сосновых лесов (<i>Pineta kochiana</i>) Дагестана.....	27
Ена А. В., Копылец Д. С. Географическая репрезентативность гербария CSAU института Агротехнологическая академия Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского	38
Умаров Н. Н. Исследования содержания тяжелых металлов в почве и растениях каперса колючего (<i>Capparis spinosa</i> L.) и полыни горкой (<i>Artemisia absinthium</i> L.) методом рентгенофлуоресцентного анализа	43
Имантаев А. Б. Содержание микроэлементов в высших водных растениях дельты Волги и Северного Каспия.....	51
Стрюков А. А., Леонов С. В., Согрин Д. А. Эндопаразиты зайца-русака (<i>Lepus europaeus</i>) в Крыму: аннотированный список видов и показатели инвазии	58
Владычак В. В., Кобечинская В. Г., Коваленко И. С., Абибулаев Д. Э., Якунин С. Н., Тихонов С. Н. Результаты эколого-топологического мониторинга мелких млекопитающих Крыма с учётом их природно-очаговой зоонозности	70
Макарова А. С., Станкова А. И., Евстафьева Е. В., Евстафьева И. А. Моделирование ртутной нагрузки на экосистемы разных территорий Крымского полуострова с использованием модели USEtox	80
Петров А. Н. К истории организации молодежных гидроэкологических конференций в ИнБИОМ АН УССР в 1980-е годы.....	90
Волкова О. Н., Кротова Е. А. Анализ мероприятий по сохранению лесных ресурсов.....	105
Куклина А. Г., Комар-Тёмная Л. Д., Фирсов Г. А., Харченко А. Л. Оценка устойчивости декоративных сортов вейгелы (<i>Weigela Thunb.</i>), культивируемых в России	111
Иванова Е. А., Гулин М. Б. Функционально-трофические группы сообщества нематод бентали в редокс-зоне в северо-восточном секторе Чёрного моря.....	123
Юркова И. Н., Панов Д. А., Омельченко А. В., Бугара И. А., Ржевская В. С., Омельченко С. О. Протекторное действие нанобиокомпозита селена при предпосевной обработке семян на рост и развитие однолетней культуры <i>Tagetes patula</i> L. в условиях солевого стресса.....	130

CONTENT

Tuniyev B. S., Rybak E. A., Timukhin I. N., Aliev Kh. U. Horological patterns in the ecotone of the Eastern Mediterranean and Colchis biogeographic provinces on the territory of the Sochi National Park	5
Abdurakhmanova Z. I. Phytogeographical analysis of the cenoflora of pine forests (<i>Pineta kochiana</i>) of Dagestan.....	27
Yena A. V., Kopylets D. S. Geographical representativeness of the herbarium CSAU at the institute Agrotechnological academy of V. I. Vernadsky Crimean federal university	38
Umarov N. N. Studies of the content of heavy metals in soil and plants of caper bush (<i>Capparis spinosa</i> L.) and wormwood (<i>Artemisia absinthium</i> L.) by Roentgen fluorescence analysis	43
Imantaev A. B. The content of trace elements in higher aquatic plants of the Volga Delta and the Northern Caspian	51
Stryukov A. A., Leonov S. V., Sogrin D. A. Endoparasites of the brown hare (<i>Lepus europaeus</i>) in the Crimea: an annotated checklist and invasion indicators	58
Vladichak V. V., Kobechinskaya V. G., Kovalenko I. S., Abibulaev D. E., Yakunin S. N., Tikhonov S. N. The results of ecological and topological monitoring of small mammals of the Crimea, taking into account their natural focal zoonosity	70
Makarova A. S., Stankova A. I., Evstafeva E. V., Evstafeva I. A. Modeling of mercury load on ecosystems of different territories of Crimean Peninsula using USEtox model	80
Petrov A. N. The history of organization of youth hydroecological conferences at the Institute of Biology of the Southern Seas, Academy of Sciences of the Ukrainian SSR in 1980s	90
Volkova O. N., Krotova E. A. Analysis of forest resource conservation measures	105
Kuklina A. G., Komar-Tyomnaya L. D., Firsov G. A., Kharchenko A. L. Evaluation of resistance of ornamental varieties of Weigela Thunb. cultivated in Russia.....	111
Ivanova E. A., Gulin M. B. Functional-trophic groups of the benthic nematode community in the redox zone in the northeastern sector of the Black Sea.....	123
Yurkova I. N., Panov D. A., Omelchenko A. V., Bugara I. A., Rzhetskaya V. S., Omelchenko S. O. Protective effect of selenium nanobiocomposite during presowing treatment of seeds on the growth and development of an annual culture of <i>Tagetes patula</i> L. under salt stress.....	130