ISSN 0027-1403

БЮЛЛЕТЕНЬ
МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА
ИСПЫТАТЕЛЕЙ
ПРИРОДЫ

ОТДЕЛ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ

ТОМ 130
ВЫПУСК
1

2025

Учредители

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;
Московское общество испытателей природы

Редактор Т. Ф. Таранцова

Адрес редакции:
125009, Москва, ул. Б. Никитская, 6, комн. 9.
Тел.: (495) 629-48-36; (495) 697-31-28

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации РФ.
Свидетельство о регистрации № 1545 от 14.02.91

Подписано в печать 18.02.2024. Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 10,0. Уч.-изд. л. 8,7. Тираж 40 экз.
Изд. № 12980.
Заказ №

Издательство Московского университета.
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 15.
Тел.: (495) 939-32-91; e-mail: secretary@msupress.com
Отдел реализации. Тел.: (495) 939-33-23; e-mail: zakaz@msupress.com
Сайт Издательства МГУ: http://msupress.com

Отпечатано в типографии ООО «Паблит».
127214, г. Москва, Полярная ул., д. 31В, стр. 1, Э/ПОМ/К 3/I/1. Тел.: (495) 859-48-62

БЮЛЛЕТЕНЬ
МОСКОВСКОГО ОБЩЕСТВА ИСПЫТАТЕЛЕЙ ПРИРОДЫ

Основан в 1829 году

ОТДЕЛ БИОЛОГИЧЕСКИЙ

Том 130, вып. 1 **2025** Январь – Февраль
Выходит 6 раз в год

BULLETIN
OF MOSCOW SOCIETY OF NATURALISTS

Published since 1829

BIOLOGICAL SERIES

Volume 130, part 1 **2025** January – February
There are six issues a year

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

СОДЕРЖАНИЕ

Равкин Е.С., Равкин Ю.С., Преображенская Е.С., Чеснокова С.В., Лялина М.И. Численность и распределение серой вороны на Восточно-Европейской равнине 3

Бызов Ф.С., Гонгальский К.Б. Об установлении типовой местности вида мокрицы *Desertoniscus schmalfussi* Kashani et Allspach, 2012 (Isopoda: Oniscidea) 15

Дыган А.М. Stenophiloscia Vernoeff, 1908 (Isopoda: Oniscidea) – новый род для территории Крымского полуострова и черноморского побережья 19

Киреева Н.И., Ботяков В.Н., Гмошинский В.И., Новожилов Ю.К. Новые виды рода *Physarum* (Myxomycetes = Myxogastrea) для России 24

Остроумова Т.А., Дегтярева Г.В., Жуланова Н.И., Крюкова М.М. Молекулярная идентификация материала народных музыкальных инструментов – многоствольных травяных флейт 35

Пчелкин А.В. Минерально-солевая стабилизация лишайников 45

Ибатулина Ю.В. Состояние популяции *Stipa pulcherrima* C. Koch на территории памятника природы «Балка Горькая» и в условиях искусственной степи в Донецком ботаническом саду 53

Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Pseudorchis albida (L.) Á. & D. Löve (Orchidaceae) в Республике Коми: структура популяций и семенная продуктивность 64

Потери науки

Евстигнеев О.И., Бобровский М.В., Ханина Л.Г., Коротков В.Н. Памяти профессора Ольги Всеволодовны Смирновой 74

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 598.252.2

ЧИСЛЕННОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРОЙ ВОРОНЫ НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЕ

Евгений Соломонович Равкин[1], Юрий Соломонович Равкин[2], Екатерина Сергеевна Преображенская[3], Светлана Витальевна Чеснокова[2], Мария Игоревна Лялина[2]

[1] Научный центр «Охрана биоразнообразия» РАЕН
[2] Институт систематики и экологии животных СО РАН
[3] Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Автор, ответственный за переписку: Евгений Соломонович Равкин, eravkin@yandex.ru

Аннотация. Для выявления трендов распределения серой вороны (*Corvus cornix* Linnaeus, 1758) территорию Восточно-Европейской равнины (ВЕР) в границах СССР 1990 г. разделили на три примерно равных сектора: западный, центральный и восточный. В каждом из них рассчитали среднемноголетние показатели обилия и численности серой вороны в первой половине лета по природным зонам, подзонам и группам местообитаний. Это позволило проследить тенденции в изменении указанных параметров не только с севера на юг, но и с запада на восток. Для расчетов использовали сведения по обилию серой вороны, накопленные в банке данных коллективного пользования ИСиЭЖ СО РАН. Показано возрастание почти в 20 раз среднемноголетних зональных и подзональных значений обилия серой вороны с севера на юг. В лесной зоне, кроме северной тайги, обилие по секторам несколько увеличивается с запада на восток, в лесостепи на западе и востоке оно примерно одинаково, но в центральном секторе почти в 5 раз меньше. В степной зоне, наоборот, обилие серой вороны максимально в западном секторе, и втрое меньше в восточном. Во всех природных зонах, подзонах и секторах серая ворона предпочитает города и поселки, где многочисленна. Почти вдвое меньше ее обилие в поймах крупных рек, но и там она многочисленна. Обычен этот вид на незастроенных суходолах и водоемах. Пессимальными местами обитания серой вороны можно считать внепойменные болота, где ее обилие минимально. В среднем 60% серых ворон сосредоточено на незастроенных суходолах, площадь которых всюду максимальна по сравнению с другими группами местообитаний. Около 30% птиц обитает в городах и поселках. В поймах крупных рек и на водоемах численность серой вороны минимальна (4–9%). Общее число серых ворон на ВЕР в первой половине лета составляет около 31 млн особей.

Ключевые слова: серая ворона, обилие, численность, природная зона, подзона, сектор, Восточно-Европейская равнина

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-3-14

Благодарности. Авторы весьма признательны вкладчикам банка данных, чьи материалы использованы в настоящей работе.

Финансирование. Исследования, послужившие основой для настоящего сообщения, поддержаны ФНИ государственной академии наук на 2021−2025 гг., проект № FWGS-2021-0002.

Для цитирования: Равкин Е.С., Равкин Ю.С., Преображенская Е.С., Чеснокова С.В., Лялина М.И. Численность и распределение серой вороны на Восточно-Европейской равнине // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 3–14.

ORIGINAL ARTICLE

ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF HOODED CROWS ON THE EAST EUROPEAN PLAIN

Evgeny Ravkin[1], Yuri Ravkin[2], Ekaterina Preobrazhenskaya[3], Svetlana Chesnokova[2], Maria Lyalina[2]

[1] Scientific Center «Biodiversity Conservation» of the Russian Academy of Natural Sciences [2] Institute of Systematics and Ecology of Animals of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
[3] Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences

Corresponding author: Evgeny S. Ravkin, eravkin@yandex.ru

Abstract. To identify trends in the hooded crow distribution (*Corvus cornix* Linnaeus, 1758), the territory of the East European Plain (EEP) within the borders of the USSR in 1990 was divided into three approximately equal sectors: western, central and eastern. In each of them, the average long-term indicators of hooded crows abundance and numbers in the first half of summer were calculated for natural zones, subzones and habitat groups. This allowed us to trace change trends in these parameters not only from north to south, but also from west to east. For calculations, we used information on the hooded crow abundance accumulated in the data bank of the ISEA of the SB RAS. An increase of almost 20 times in the average long-term zonal and subzonal values of the hooded crow abundance from north to south is shown. In the forest zone, except for the northern taiga, the abundance in sectors slightly increases from west to east, in the forest-steppe in the west and east it is approximately the same, but in the central sector it was almost 5 times less. In the steppe zone, on the contrary, the hooded crow abundance was maximum in the western sector, and three times less in the eastern one. In all natural zones, subzones and sectors, the hooded crow prefers cities and villages, where it is numerous. In the floodplains of large rivers its abundance is almost half, but even there it is numerous. The hooded crow is common in undeveloped dry lands and lakes. Pessimal habitats for hooded crow can be considered non-floodplain swamps, where it is abundance is minimal. On average, 60% of this birds are concentrated in undeveloped dry lands, the area of which is everywhere the maximum in comparison with other groups of habitats. About 30% of birds live in cities and villages. In the floodplains of large rivers and lakes, the number of hooded crows is minimal (4–9%). The total number of hooded crows on the EEP in the 1st half of summer is about 31 million individuals.

Keywords: hooded crow, species density of the population, abundance, natural zone, subzone, sector, East European Plain

Acknowledgements. The authors are very grateful to the contributors to the database, whose materials are used in this work.

Financial Support. The research that served as the basis for this report was supported by the FNI of the State Academy of Sciences for 2021−2025, project No FWGS-2021-0002.

For citation: Ravkin E.S., Ravkin Yu.S., Preobrazhenskaya E.S., Chesnokova S.V., Lyalina M.I. Abundance and distribution of hooded crows on the East European plain // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 3–14.

Ранее были опубликованы результаты оценки численности врановых (Corvidae) на Восточно-Европейской равнине (ВЕР) и Фенноскандии в пределах России на уровне природных зон и подзон, кроме полупустынь и пустынь Прикаспийской низменности (Равкин, 2017). В данном сообщении приведены сведения по численности и распределению серой вороны (*Corvus cornix* Linnaeus, 1758) на ВЕР и Фенноскандии в границах СССР 1990 г.,

кроме полупустынь и пустынь Прикаспийской низменности.

Материалы и методы

Для более подробной оценки распределения птиц исследованная территория разделена на три примерно равных сектора: западный, центральный и восточный (рис. 1). По каждому из них рассчитаны обилие и численность серой вороны по природным зонам, подзонам и группам местообитаний. Такой подход позволил проследить тенденции изменений указанных параметров не только с севера на юг, но и с запада на восток. Для расчета численности в качестве территориальной основы использована Карта растительности Европейской части СССР и Кавказа масштаба 1: 2 000 000 (Растительность Европейской части СССР и Кавказа, 1987) и сведения по обилию серой вороны, собранные с 1954 по 2020 г. (в основном после 1970 г.), накопленные в банке данных коллективного пользования ИСиЭЖ СО РАН (Равкин, Ефимов, 2009).

По материалам маршрутных учетов в пределах СССР, проведенных в разные годы в первой половине лета (15.05–15.07), отобраны и сгруппированы по зонам и подзонам ВЕР показатели обилия (особей/км^2) серой вороны в каждом типе местообитаний за один конкретный сезон. Эти значения за разные годы усреднены, в результате получены среднемноголетние показатели обилия для каждого типа местообитания. Среднее обилие по зонам и подзонам рассчитано с учетом соотношения площадей местообитаний. По некоторым территориям того или иного сектора в банке данных нет сведений. В таких случаях использованы средние показатели обилия птиц из аналогичных местообитаний соседних подзон.

Все данные авторов сообщения и других вкладчиков банка, а также места и годы проведения работ опубликованы ранее (Равкин, Равкин, 2005; Равкин, Одинцев, 2023). Всего для расчетов обилия и численности серой вороны использованы 1216 вариантов населения, из них 275 – в западном секторе, 474 – в центральном, 467 – в

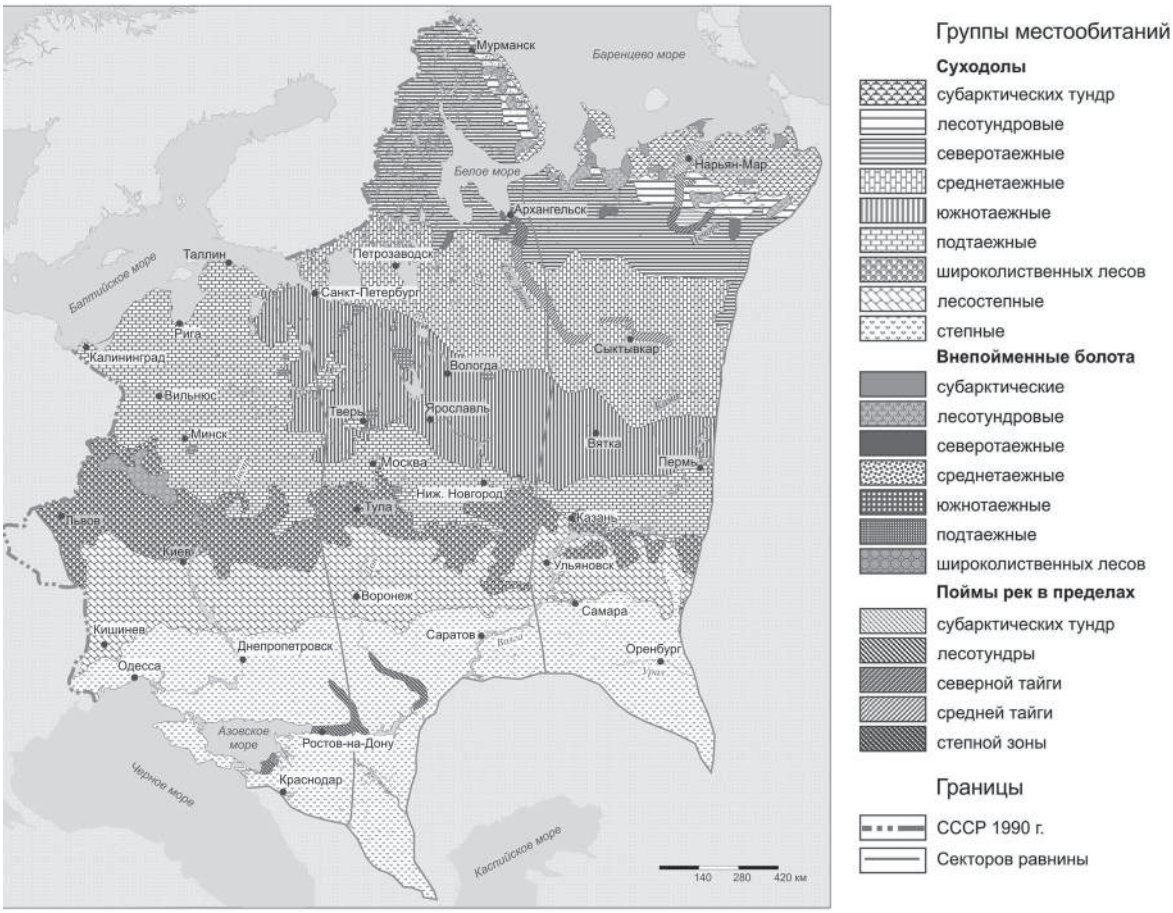


Рис. 1. Группы местообитаний птиц и деление Восточно-Европейской равнины на западный, центральный и восточный секторы

восточном. Вариантом населения считали усредненные за первую половину лета данные о плотности населения птиц, учтенных в одном местообитании.

В настоящей работе чаще всего использовали метод учета птиц, при котором для всех обнаруженных особей экспертно оценивают расстояния от учетчика до каждой из них в момент обнаружения. Видовое обилие рассчитывали на основании пересчетных коэффициентов и гармонической средней из расстояний обнаружения (Равкин, 1967; Равкин, Челинцев, 1990, 1999; Равкин, Ливанов, 2008). Такой метод учета и способы расчетов позволяют получать сравнимые показатели обилия птиц, обитающих в облесенных и открытых местообитаниях суши с разнообразным рельефом, растительным покровом и антропогенным воздействием, а также на реках и водоемах. Способы расчетов относительной статистической ошибки обилия и несимметричных доверительных пределов численности (при уровне доверия 90%) приведены в тех же публикациях. При использовании результатов учета птиц, полученных другими методами, в них вносились примерные уточняющие коррективы. Для этого выявляли средние различия результатов учета по методам, использованным нами и примененным в соответствующих публикациях. Суммарная длина учетных маршрутов составляет более 10 тыс. км.

Площадь выделов, границы зон и подзон определяли по указанной карте. Кроме того, все местообитания объединены в 5 групп: 1) незастроенные, внепойменные, незаболоченные территории (далее суходолы); 2) внепойменные болота; 3) поймы крупных рек; 4) города и поселки, включая городские и пригородные свалки мусора (далее города и поселки); 5) озера, пруды, карьеры, заполненные водой, водохранилища, включая береговую линию (далее водоемы). Учеты на реках для расчетов не использовали. Внутри каждой из перечисленных групп исходные местообитания также сгруппированы – по лесным формациям, типам лугов, болот, размерам населенных пунктов и т.д. Численность птиц рассчитана путем умножения среднего обилия по местообитаниям на площадь этих местообитаний с последующим суммированием произведений. Такие расчеты выполнены отдельно для каждого сектора и в целом для всей территории ВЕР в указанных границах. Балльные оценки численности приведены по А.П. Кузякину (1962).

Группы местообитаний врановых, в том числе серой вороны, можно разделить на основные и второстепенные, в зависимости от распространенности местообитаний и их представительности по площади. Основными можно считать суходолы, поймы крупных рек, города и поселки, второстепенными – внепойменные болота и прибрежно-водные биотопы. Оценки обилия по второстепенным местообитаниям недостаточно надежны из-за их меньшей представительности по площади, встречаемости и, соответственно, обследованности. Причина меньшей обследованности прибрежно-водных биотопов заключается в том, что способы учета на водоемах (по берегам и с лодки, когда берегов не видно) различаются. Поэтому второстепенные местообитания обследованы не во всех зонах и подзонах, а рассмотрены только по секторам в целом.

Несмотря на приблизительность и условность проведенных расчетов, описанный подход вполне приемлем для общих оценок численности и формирования представлений о распределении птиц.

Результаты

Ниже показано распределение серой вороны с севера на юг по каждому сектору, начиная с западного, и с запада на восток по всей территории ВЕР.

Западный сектор

Западный сектор включает подзоны лесной зоны от южной тайги и подтаежных лесов на севере, далее к югу – зоны широколиственных лесов, лесостепную и степную.

В *южной тайге* серая ворона многочисленна в городах и поселках (16 особей/км^2), редка на суходолах и в поймах крупных рек (0,9–0,8). Среднее обилие составляет 2 особи/км^2, относительная статистическая ошибка ±24%. Наибольшая численность отмечена на суходолах (54 тыс. особей), в городах и поселках (46 тыс.), наименьшая – в поймах крупных рек (0,4 тыс.). Суммарная численность составляет 108 тыс. особей (доверительные пределы 73–159 тыс.).

В *подтаежных лесах* серая ворона встречена с максимальным обилием в городах и поселках (6). Редка в остальных группах местообитаний (0,4–0,7). Среднее обилие составляет 1 особь/км^2, относительная статистическая ошибка ±27%. Наибольшая численность свойственна суходолам (320 тыс. особей), городам и поселкам (186). Суммарная численность составляет 521 тыс. особей (доверительные пределы 333–816 тыс.).

В *широколиственных лесах* серая ворона многочисленна в поймах крупных рек (10), обычна в

городах, поселках (3) и редка на суходолах (0,5). Среднее обилие составляет 1 особь/км^2, относительная статистическая ошибка ±42%. Наибольшая численность отмечена на суходолах (141 тыс. особей) и в поймах крупных рек (81). Суммарная численность составляет 331 тыс. особей (доверительные пределы 166–661 тыс.).

В *лесостепи* серая ворона многочисленна в поймах крупных рек (37) и на суходолах (13), обычна в городах и поселках (3). Среднее обилие составляет 13 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±29%. Наибольшая численность зарегистрирована на суходолах (2,9 млн особей) и в поймах крупных рек (316 тыс.), наименьшая – в городах и поселках (48 тыс.). Суммарная численность составляет 3,3 млн особей (доверительные пределы 2–5,3 млн).

В *степной зоне* серая ворона предпочитает города и поселки, где весьма многочисленна (129 особей/км^2), во многом за счет городских свалок мусора, например, в Азове обилие серой вороны на свалках составляет около 500 особей/км^2. Многочисленна она в поймах крупных рек (35) и обычна на суходолах (5). Среднее обилие составляет 17 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±70%. Наибольшая численность характерна для городов, поселков (4,8 млн особей) и на суходолах (1,7 млн), наименьшая – для пойм крупных рек (349 тыс.). Суммарная численность составляет 6,9 млн особей (доверительные пределы 2,2–22 млн).

Таким образом, в первой половине лета в западном секторе ВЕР обилие серой вороны с севера на юг возрастает на порядок, т.е. она явно предпочитает лесостепь, степь и в меньшей степени южную тайгу, подтаежные и широколиственные леса (рис. 2).

Наибольшее обилие свойственно городам и поселкам, где среднее обилие в секторе составляет 32 особи/км^2, поймам крупных рек (17) и водоемам (10). Меньше этот показатель на суходолах (4) и внепойменных болотах (0,9). В среднем по западному сектору серая ворона обычна (7 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±44%).

Численность серой вороны в западном секторе возрастает с севера на юг. В южной тайге этот показатель составляет 108 тыс. особей, в подтаежных и широколиственных лесах – 521 и 331 тыс. соответственно, в лесостепи – 3,3 млн, в степной зоне – 6,9 млн птиц (рис. 3). Наибольшая численность (по 5,2 млн) отмечена в городах и поселках (за счет высокого обилия) и на суходолах (за счет большой их площади), наименьшая – на внепойменных болотах (5 тыс.) и на водоемах (130 тыс.). Всего по западному сектору численность серой вороны составляет 11 млн особей (доверительные пределы 5–23 млн).

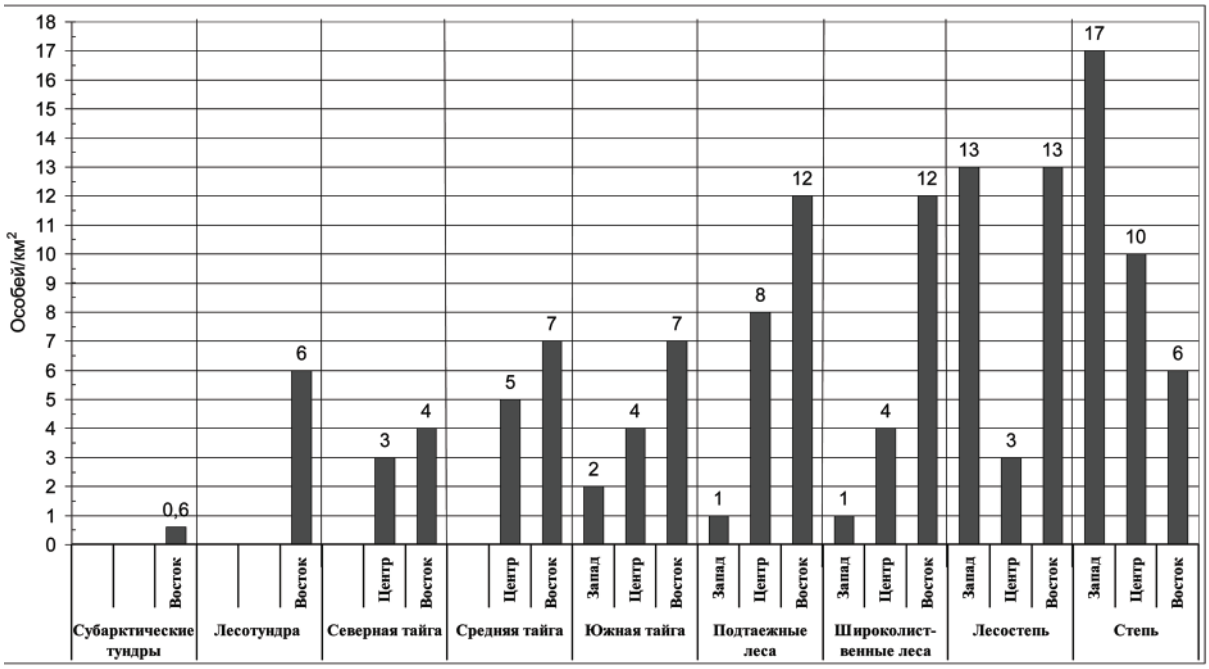


Рис. 2. Среднемноголетнее обилие и распределение серой вороны на Восточно-Европейской равнине в первой половине лета по секторам (западный, центральный, восточный)

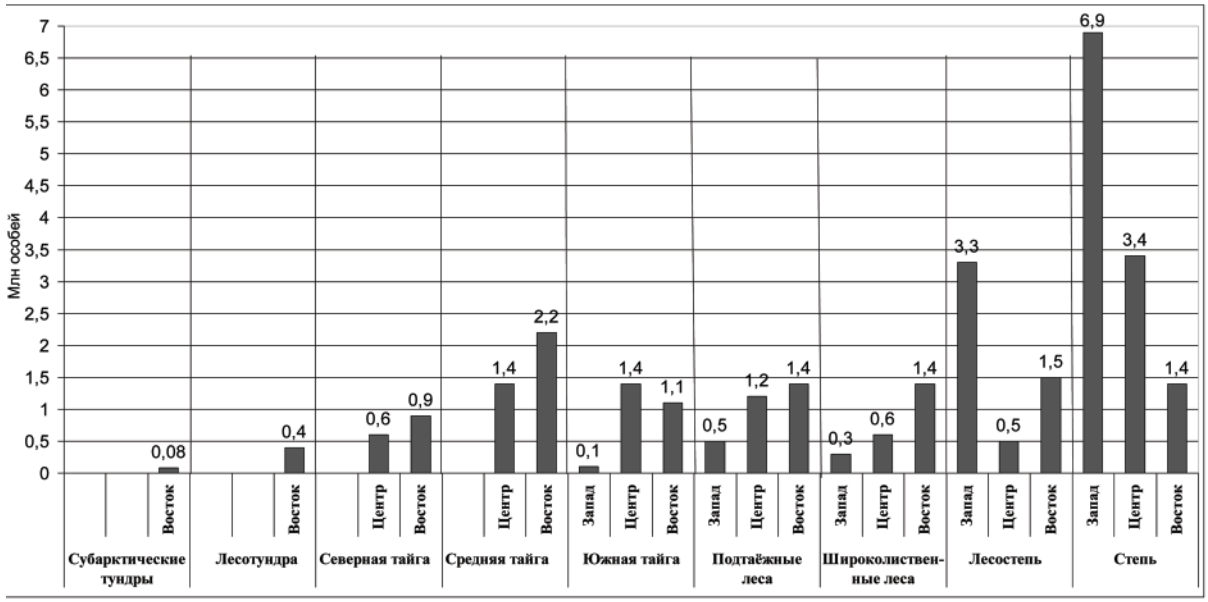


Рис. 3. Среднемноголетняя численность серой вороны на Восточно-Европейской равнине в первой половине лета по секторам (западный, центральный, восточный)

Центральный сектор

Включает субарктическую тундру, в том числе тундры гор Фенноскандии, лесотундру, северную, среднюю и южную тайгу, подтаежные и широколиственные леса, лесостепь и степь. По субарктической тундре и лесотундре центрального сектора данных в базе нет.

В *северной тайге* серая ворона многочисленна в городах, поселках (36 особей/км^2) и поймах крупных рек (22), обычна на суходолах (2). Среднее обилие составляет 3 особи/км^2, относительная статистическая ошибка ±29%. Наибольшая численность вида отмечена на суходолах (455 тыс. особей), в поймах крупных рек (96 тыс.), в городах и поселках (51 тыс.). Суммарная численность составляет 617 тыс. особей (доверительные пределы 386–986 тыс.).

В *средней тайге* серая ворона многочисленна в городах, поселках (35 особей/км^2) и в поймах крупных рек (10), обычна на суходолах (5). Среднее обилие составляет 5 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±19%. Наибольшая численность свойственна суходолам (1,3 млн особей), поймам крупных рек (78 тыс.), городам и поселкам (69). Суммарная численность составляет 1,4 млн особей (доверительные пределы 1–2 млн).

В *южной тайге* серая ворона многочисленна в городах и поселках (27 особей/км^2), обычна в поймах крупных рек (4) и на суходолах (3). Среднее обилие составляет 4 особи/км^2, относительная статистическая ошибка ±18%. Наибольшая численность отмечена на суходолах (1 млн особей), а также в городах и поселках (388 тыс.), минимальная – в поймах крупных рек (10 тыс. особей). Суммарная численность составляет 1,4 млн особей (доверительные пределы 1–1,9 млн).

В *подтаежных лесах* максимальное обилие серой вороны отмечено в городах и поселках (33 особи/км^2). Обычна она на суходолах (7) и в поймах крупных рек (4). Среднее обилие составляет 8 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±26%. Наибольшая численность свойственна суходолам (920 тыс. особей), городам и поселкам (302). Суммарная численность составляет 1,2 млн особей (доверительные пределы 0,8–1,9 млн).

В *широколиственных лесах* серая ворона многочисленна в городах и поселках (32 особи/км^2), обычна в поймах крупных рек (4) и на суходолах (1). Среднее обилие составляет 4 особи/км^2, относительная статистическая ошибка ±13%. Наибольшая численность в городах, поселках (442 тыс. особей) и на суходолах (164 тыс.), наименьшая – в поймах крупных рек (16 тыс.). Суммарная численность составляет 629 тыс. особей (доверительные пределы 507–779 тыс.).

В *лесостепи* серая ворона в основных группах местообитаний обычна (3–6). Среднее обилие составляет 3 особи/км^2, относительная статистическая ошибка ±36%. Наибольшая численность зарегистрирована на суходолах (422 тыс. особей). Суммарная численность составляет 498 тыс. особей (доверительные пределы 277–897 тыс.).

В *степной зоне* серая ворона предпочитает поймы крупных рек, где она многочисленна (54 особи/км^2), а также города и поселки (27). В остальных группах местообитаний – обычна (6). Среднее обилие составляет 10 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±41%. Наибольшая численность характерна для суходолов (1,8 млн особей), городов, поселков (945 тыс.) и пойм крупных рек (630 тыс.). Суммарная численность составляет 3,4 млн особей (доверительные пределы 1,8–6,7 млн).

Таким образом, в первой половине лета в центральном секторе ВЕР, так же как и в западном, обилие серой вороны с севера на юг возрастает, втрое увеличиваясь от северной тайги к подтаежным лесам, затем на столько же уменьшается в широколиственных лесах и лесостепи, а в степной зоне вновь увеличивается в 3,5 раза (рис. 2).

Среди занимаемых групп местообитаний почти везде наибольшее обилие свойственно городам, поселкам, где в среднем по сектору оно составляет 28 особей/км^2, и поймам крупных рек (15). Наименьшее среднее обилие свойственно суходолам и водоемам (по 4), а также внепойменным болотам (1). В среднем по центральному сектору серая ворона обычна (5 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±16%).

Численность серой вороны в центральном секторе также возрастает с севера на юг, составляя в северной тайге 0,6 млн особей, в средней и южной – по 1,4 и несколько меньше в подтаежных лесах – 1,2 млн. В широколиственных лесах и лесостепи численность ее вдвое меньше (0,6 и 0,5 млн), а в степной зоне – увеличивается до 3,4 млн (рис. 3). Наибольшая численность серой вороны отмечена на суходолах (6,1 млн), в основном из-за их большой площади, а также в городах и поселках (2,2 млн), за счет высокого обилия. Заметно меньше ее на внепойменных болотах (876 тыс.) и в поймах крупных рек (879 тыс.). Меньше всего численность серой вороны на водоемах (120 тыс.). Всего в центральном секторе численность ее составляет 9,1 млн особей (доверительные пределы 7–12 млн).

Восточный сектор

Восточный сектор включает все зоны и подзоны, представленные на ВЕР, кроме полупустынь и пустынь.

В *субарктической тундре* серая ворона обычна в городах и поселках (9 особей/км^2), однако на пригородной свалке в Воркуте она многочисленна (40). В поймах крупных рек – обычна (3), редка на суходолах (0,5). Среднее обилие составляет 0,6 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ± 46%. Наибольшая численность зарегистрирована на суходолах (55 тыс. особей) и в поймах крупных рек (18 тыс.), наименьшая – в городах, поселках (2,3 тыс.). Суммарная численность составляет 75 тыс. особей (доверительные пределы 36–158 тыс.).

В *лесотундре* серая ворона многочисленна в городах и поселках (14 особей/км^2), обычна на суходолах (8) и в поймах крупных рек (3). Среднее обилие составляет 6 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±60%. Наибольшая численность характерна для суходолов (343 тыс. особей), заметно меньше ее в поймах крупных рек (12 тыс.), в городах и поселках (1,3 тыс.). Суммарная численность составляет 361 тыс. особей (доверительные пределы 137–951 тыс.).

В *северной тайге* серая ворона предпочитает города и поселки, где многочисленна (65 особей/км^2), в основном за счет городской свалки мусора в Печоре, где она весьма многочисленна (700). В поймах крупных рек и на суходолах – обычна (соответственно 8 и 4). Среднее обилие составляет 4 особи/км^2, относительная статистическая ошибка ±23%. Наибольшая численность отмечена на суходолах (760 тыс. особей). Заметно меньше ее в городах и поселках (84 тыс.), а также в поймах крупных рек (44 тыс.). Суммарная численность составляет 892 тыс. особей (доверительные пределы 0,6–1,3 млн особей).

В *средней тайге* серая ворона многочисленна в городах и поселках (68 особей/км^2), в основном за счет городских свалок Сыктывкара и Ухты, где она весьма многочисленна (соответственно 650 и 980). В поймах крупных рек многочисленна (16), обычна на суходолах (6). Среднее обилие составляет 7 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±20%. Наибольшая численность серой вороны отмечена на суходолах (1,9 млн особей), почти в 10 раз меньше численность этого вида в поймах крупных рек (197 тыс.), в городах и поселках (139 тыс.). Суммарная численность составляет 2,2 млн особей (доверительные пределы 1,6–3,1 млн).

В *южной тайге* серая ворона многочисленна в городах, поселках (65 особей/км^2) и поймах крупных рек (15), обычна на суходолах (5). Среднее обилие составляет 7 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±30%. Наибольшая численность отмечена на суходолах (638 тыс. особей) и в городах и поселках

(398 тыс.), минимальное число птиц отмечено в поймах крупных рек (16 тыс.). Суммарная численность составляет 1,1 млн особей (доверительные пределы 0,6–1,7 млн).

В *подтаежных лесах* серая ворона многочисленна в городах, поселках (20 особей/км^2) и на суходолах (11), обычна в поймах крупных рек (6). Среднее обилие составляет 12 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±16%. Больше всего ее на суходолах (1,1 млн особей), почти в 10 раз меньше в городах и поселках (133 тыс.), минимальное количество в поймах крупных рек (15 тыс.). Суммарная численность составляет 1,4 млн особей (доверительные пределы 1–1,8 млн).

В *широколиственных лесах* серая ворона многочисленна в городах, поселках (20 особей/км^2), поймах крупных рек (15) и на суходолах (11). Среднее обилие составляет 12 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±29%. Наибольшая численность серой вороны отмечена на суходолах (1,2 млн особей), заметно меньше ее в городах, поселках (136 тыс.) и в поймах крупных рек (41 тыс.). Суммарная численность составляет 1,4 млн особей (доверительные пределы 0,9–2,3 млн).

В *лесостепи* серая ворона многочисленна в поймах крупных рек (33 особи/км^2), городах, поселках (30) и на суходолах (12). Среднее обилие составляет 13 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±42%. Больше всего ее на суходолах (1,1 млн особей), почти в 5 раз меньше в городах и поселках (214 тыс.). В поймах крупных рек отмечено 128 тыс. особей. Суммарная численность составляет 1,5 млн особей (доверительные пределы 0,7–2,9 млн).

В *степной зоне* серая ворона многочисленна в поймах крупных рек (32 особи/км^2), городах и поселках (24), обычна на суходолах (3). Среднее обилие составляет 6 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±50%. Больше всего этой вороны на суходолах (682 тыс. особей), в городах и поселках (517 тыс.). В поймах крупных рек ее заметно меньше (161 тыс.). Суммарная численность составляет 1,4 млн особей (доверительные пределы 0,6–3,1 млн).

Таким образом, в первой половине лета в восточном секторе ВЕР, также как в западном и центральном, обилие серой вороны с севера на юг возрастает, неуклонно (в отличие от центрального сектора) увеличиваясь от субарктических тундр (0,6 особей/км^2) к лесостепи (13), и лишь в степной зоне вдвое снижается (до 6). Оптимальны для этого вида подтаежные и широколиственные леса, а также лесостепная зона, пессимальны субарктические тундры. Среди занимаемых групп местообитаний почти везде наибольшее обилие свойственно городам и поселкам, где в среднем по сектору оно составляет 35 особей/км^2, и поймам крупных рек (14). На водоемах и суходолах серая ворона обычна (соответственно 8 и 7), наименьшее среднее обилие свойственно внепойменным болотам (0,6). В среднем по восточному сектору серая ворона обычна (7 особей/км^2, относительная статистическая ошибка ±11%).

Численность серой вороны в восточном секторе также возрастает с севера на юг, но только до средней тайги, составляя в субарктической тундре 0,1 млн особей, в лесотундре 0,4 млн, в северной и средней тайге соответственно 0,9 и 2,2 млн (см. рис. 3). В более южных зонах и подзонах численность меняется слабо (1,1–1,5 млн). Наибольшее число птиц отмечено на суходолах (7,7 млн), в основном из-за большой их площади, а также в городах и поселках (1,6 млн) за счет высокого обилия серой вороны. Заметно меньше ее в поймах крупных рек (632 тыс.) и на водоемах (121 тыс.). Минимальна численность этого вида на внепойменных болотах (0,6 тыс.). Всего в восточном секторе серой вороны примерно 10 млн особей (доверительные пределы 8–12 млн).

Обсуждение

По природным зонам и подзонам в целом на ВЕР обилие и численность серой вороны меняются следующим образом. Поскольку в западном секторе нет тундры, лесотундры, северной и средней тайги, а по центральному сектору в базе данных нет сведений по серой вороне в тундре и лесотундре, обилие ее представлено только в субарктических тундрах и лесотундре восточного сектора – соответственно 0,6 и 6 особей/км^2 (табл. 1). В северной и средней тайге центрального и восточного секторов обилие серой вороны составляет 3–7 особей/км^2. Начиная с южной тайги и далее к югу, этот вид встречен в трех секторах каждой подзоны и зоны со средним обилием: в южной тайге 4 особи/км^2, в подтаежных и широколиственных лесах соответственно 7 и 6, в лесостепной и степной зонах 10 и 11 особей/км^2, т.е. средние зональные и подзональные значения обилия серой вороны к югу на ВЕР возрастают почти в 20 раз. При этом с севера до широколиственных лесов в каждой зоне и подзоне, обилие по секторам несколько увеличивается с запада

Таблица 1

Среднемноголетнее обилие (особей/км^2) / численность (млн особей) серой вороны на Восточно-Европейской равнине в первой половине лета по природным зонам, подзонам и секторам

Природные зоны и подзоны	Сектор			В среднем/Итого
	западный	центральный	восточный	
Субарктические тундры	–	данные отсутствуют	0,6/0,08	0,6/0,08
Лесотундровые редколесья	–	данные отсутствуют	6/0,4	6/0,4
Северная тайга	–	3/0,6	4/0,9	4/1,5
Средняя тайга	–	5/1,4	7/2,2	6/3,6
Южная тайга	2/0,1	4/1,4	7/1,1	4/2,6
Подтаежные леса	1/0,5	8/1,2	12/1,4	7/3,1
Широколиственные леса	1/0,3	4/0,6	12/1,4	6/2,3
Лесостепь	13/3,3	3/0,5	13/1,5	10/5,3
Степь	17/6,9	10/3,4	6/1,4	11/11,7
В среднем/Всего	12/11	10/9	13/11	12/31

Примечание. Прочерк (–) означает, что соответствующие природные зоны и подзоны отсутствуют.

на восток, что возможно связано с уменьшением сельскохозяйственного освоения территории (Сохранение биологического разнообразия в России … , 1997; Портал BioDat, 2002). В лесостепи на западе и востоке обилие примерно одинаково (по 13 особей/км^2), но в центральном секторе почти в 5 раз меньше (3). Заметное уменьшение обилия в лесостепи центрального сектора, по сравнению с западным и восточным, верятно, связано с необследованностью свалок мусора и высокой распаханностью суходолов – основных местообитаний в лесостепи центрального сектора, где она явно больше, чем в западном и восточном секторах. В степной зоне, наоборот, обилие серой вороны максимально в западном секторе и втрое меньше в восточном, что может быть связано с бóльшим числом населенных пунктов в степи западного сектора.

Численность серой вороны с севера на юг также увеличивается, меняясь по секторам от минимальной в субарктических тундрах и лесотундре восточного сектора (соответственно 0,08 и 0,4 млн особей), постепенно возрастая в северной и средней тайге с запада на восток – от центрального к восточному сектору (1,5 и 3,6 млн). В южной тайге и подтаежных лесах западного сектора численность менее 1 млн особей, в центральном и восточном секторах она в несколько раз увеличивается, в сумме по трем секторам составляя 2,6 и 3,1 млн птиц. В широколиственных лесах серой вороны немного, что, вероятно, обусловлено их относительно небольшой площадью. При этом в восточном направлении численность неуклонно возрастает, в сумме составляя 2,3 млн особей. В лесостепи складывается иная картина: в западном секторе численность серой вороны максимальна, в центральном – минимальна, а на востоке она втрое выше, чем в центре, но вдвое ниже, чем на западе. В степной зоне различия усиливаются: максимальное число птиц отмечено в западном секторе, вдвое меньше – в центральном, и минимум – в восточном секторе. Суммарная численность в степной зоне заметно выше, чем в других зонах и подзонах ВЕР (11,7 млн).

Заключение

Известно, что серая ворона всеядна и толерантна к среде обитания, поэтому распространена на ВЕР почти повсеместно, от тундровой зоны до степной включительно. Для гнездования ей достаточно даже отдельно стоящих деревьев и минимума доступных кормовых ресурсов. Вполне комфортно она себя чувствует рядом с человеком в населенных пунктах, но очень осторожна, в отличие от городских голубей. Во время вылета молодых часто проявляет агрессию не только к собакам и кошкам, но и к людям, защищая своих слетков. Во всех природных зонах, подзонах и секторах предпочитает

Таблица 2

Среднемноголетнее обилие (особей/км^2) / численность (млн особей) серой вороны на Восточно-Европейской равнине в первой половине лета по группам местообитаний и секторам

Группа местообитаний	Сектор			В среднем/Итого
	западный	центральный	восточный	
Суходолы	4/6	4/6	7/8	5/19
Внепойменные болота	0,9/0,005	2/0,9	0,6/0,03	1/0,9
Поймы крупных рек	17/0,4	15/0,9	14/0,6	15/2
Города, поселки	32/5	28/2	35/2	32/9
Водоемы	10/0,1	4/0,1	8/0,1	7/0,4
В среднем/Всего	12/11	10/9	13/11	12/31

города и поселки (табл. 2), где многочисленна (28–35 особей/км^2). Особенно ее привлекают городские и пригородные свалки мусора (как источник кормовых ресурсов), где почти везде она весьма многочисленна. Вдвое меньше, чем в городах и поселках, ее обилие в поймах крупных рек, но и там она многочисленна (14–17). Обычна серая ворона на суходолах (4–7) и водоемах (4–8), лишь в западном секторе на водоемах она многочисленна (10). Пессимальными местообитаниями для серой вороны можно считать внепойменные болота, где ее обилие меньше всего (0,6–2). По численности в разных местах обитания во всех секторах, от 50% на западе до 70% на востоке (в среднем 60%), серые вороны сосредоточены на суходолах, площадь которых везде максимальна. В среднем около 30% серых ворон обитает в городах и поселках, при этом в западном секторе их доля выше всего (50%), в центральном составляет лишь 20%, в восточном – 18%. В поймах крупных рек, а также на водоемах численность серой вороны минимальна (4–9%). Среднемноголетняя численность серой вороны на ВЕР в первой половине лета составляет около 31 млн особей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Кузякин А.П. Зоогеография СССР // Уч. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н.К. Крупской. Т. 109. Вып. 1. Биогеография, 1962. С. 3–182 [Kuziakin A.P. Zoogeografiia SSSR // Uch. zap. Mosk. obl. ped. in-ta im. N.K. Krupskoi`. Vol. 109. Iss. 1. Biogeografiia, 1962. P. 3–182 (in Russ.)].

Портал BioDat в Интернете. (in Russ.) Accessed at: https://biodat.ru/ (in Russ.) accessed on: 2002.

Равкин Е.С. Численность и распределение врановых Европейской части России // Экология врановых птиц в естественных и антропогенных ландшафтах Северной Евразии. Мат-лы Всероссийской научной конф. с международным участием, посвящённой 80-летию доктора биологических наук, профессора Константинова Владимира Михайловича. Казань, 25–27 апреля 2017 г. Казань. С. 175–178 [Ravkin E.S. Chislennost` i raspredelenie vranovy`kh Evropei`skoi` chasti Rossii // E`kologiia vranovy`kh ptitc v estestvenny`kh i antropogenny`kh landshaftakh Severnoi` Evrazii. Mat-ly` Vserossii`skoi` nauchnoi` konf. s mezhdunarodny`m uchastiem, posviashchennoi` 80-letiiu doktora biologicheskikh nauk, professora Konstantinova Vladimira Mihai`lovicha. Kazan`, 25–27 aprelia 2017 g. Kazan`. P. 175–178 (in Russ.)].

Равкин Е.С., Равкин Ю.С. Птицы равнин Северной Евразии: Численность, распределение и пространственная организация сообществ. Новосибирск, 2005. 304 с. [Ravkin E.S., Ravkin Yu.S. Ptitcy` ravnin Severnoi` Evrazii: Chislennost`, raspredelenie i prostranstvennaia organizatciia soobshchestv. Novosibirsk, 2005. 304 p. (in Russ.)].

Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. М., 1990. 33 с. [Ravkin E.S., Chelintcev N.G. Metodicheskie rekomendatcii po kompleksnomu marshrutnomu uchetu ptitc. M., 1990. 33 p. (in Russ.)].

Равкин Е.С., Челинцев Н.Г. Методические рекомендации по маршрутному учету населения птиц в заповедниках // Организация научных исследований в заповедниках и национальных парках. Сборник докладов семинара-совещания, г. Пущино-на-Оке. М., 1999. С. 143–155 [Ravkin E.S., Chelintcev N.G. Metodicheskie rekomendatcii po marshrutnomu uchetu naseleniia ptitc v zapovednikakh // Organizatciia

nauchny`kh issledovanii` v zapovednikakh i natcional`ny`kh parkakh. Sbornik docladov semina-ra-soveshchaniia, g. Pushchino-na-Oke. M., 1999. P. 143–155 (in Russ.)].

Равкин Ю.С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75 [Ravkin Yu.S. K metodike ucheta ptitc lesny`kh landshaftov // Priroda ochagov cleshchevogo e`ntcefalita na Altae. Novosibirsk, 1967. P. 66–75 (in Russ.)].

Равкин Ю.С., Ефимов В.М. Банк данных по численности и распределению животных в пределах бывшего СССР // Формирование баз данных по биоразнообразию – опыт, проблемы, решения. Материалы Международной научно-практической конференции. Барнаул, 2009. С. 205–214 [Ravkin Iu.S., Efimov V.M. Bank danny`kh po chislennosti i raspredeleniiu zhivotny`kh v predelakh by`vshego SSSR // Formirovanie baz danny`kh po bioraznoobraziiu – opy`t, problemy`, resheniia. Materialy` Mezhdunarodnoi` nauchno-prakticheskoi` konferentcii. Barnaul, 2009. P. 205–214 (in Russ.)].

Равкин Ю.С., Ливанов С.Г. Факторная зоогеография: принципы, методы и теоретические представления. Новосибирск, 2008. 205 с. [Ravkin Yu.S., Leevanov S.G. Faktornaia zoogeografiia: printcipy`, metody` i teoreticheskie predstavleniia. Novosibirsk, 2008. 205 p. (in Russ.)].

Равкин Ю.С., Одинцев О.А., Богомолова И.Н. Особенности изучения пространственно-типологической изменчивости населения отдельных групп видов птиц и их распределения (на примере врановых) / Сибирский экологический журнал. № 1. 2023. С. 25–36 [Ravkin Yu.S., Odintcev O.A., Bogomolova I.N. Osobennosti izucheniia prostranstvenno-tipologicheskoi` izmenchivosti naseleniia otdel`ny`kh grupp vidov ptitc i ikh raspredeleniia (na primere vranovy`kh) / Sibirskii` e`kologicheskii` zhurnal. № 1. 2023. P. 25–36 (in Russ.)].

Растительность Европейской части СССР и Кавказа. Масштаб 1: 2 000 000. М.: ГУГК. 1987 [Rastitel`nost` Evropei`skoi` chasti SSSR i Kavkaza. Masshtab 1: 2 000 000. M., 1987 (in Russ.)].

Сохранение биологического разнообразия в России: выполнение Россией обязательств по Конвенции о биологическом разнообразии. Первый Национальный Доклад Российской Федерации. М., 1997. 170 с. [Sokhranenie biologicheskogo raznoobraziia v Rossii: vy`polnenie Rossiei` obiazatel`stv po Konventcii o biologicheskom raznoobrazii. Pervy`i` Natcional`ny`i` Doclad Rossii`skoi` Federatcii. M., 1997. 170 p. (in Russ.)].

Информация об авторах

Евгений Соломонович Равкин – научный консультант Научного центра «Охрана биоразнообразия» РАЕН, докт. биол. наук (eravkin@yandex.ru);

Юрий Соломонович Равкин – зав. лабораторией зоологического мониторинга Института систематики и экологии животных СО РАН, докт. биол. наук (yravkin@bk.ru);

Екатерина Сергеевна Преображенская – вед. инженер Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, канд. биол. наук (voop21@rambler.ru);

Светлана Витальевна Чеснокова – науч. сотр. Института систематики и экологии животных СО РАН, канд. биол. наук (tchsvet@mail.ru);

Мария Игоревна Лялина – мл. науч. сотр. Института систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, Россия (lyalinangs@yandex.ru).

Information about the author

Evgeny Solomonovich Ravkin – Scientific Consultant of the Scientific Center “Biodiversity Protection” of the Russian Academy of Natural Sciences, Ph.D. Biol. Sci. (eravkin@yandex.ru);

Yuri Solomonovich Ravkin – Head of the Laboratory of Zoological Monitoring of the Institute of Systematics and Ecology of Animals of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ph.D. Biol. Sci. (yravkin@bk.ru);

Ekaterina Sergeevna Preobrazhenskaya – Lead. Engineer of the Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Cand. Biol. Sci. (voop21@rambler.ru);

Svetlana Vitalievna Chesnokova – Researcher. Sotr. Institute of Animal Systematics and Ecology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Cand. Biol. Sci. (tchsvet@mail.ru);

Maria Igorevna Lyalina – Junior Researcher. Sotr. Institute of Animal Systematics and Ecology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia (lyalinangs@yandex.ru).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.11.2024; одобрена после рецензирования 24.01.2025; принята к публикации 24.01.2025.

The article was submitted 08.11.2024; approved after reviewing 24.01.2025; accepted for publication 24.01.2025.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 595.36

ОБ УСТАНОВЛЕНИИ ТИПОВОЙ МЕСТНОСТИ ВИДА МОКРИЦЫ *DESERTONISCUS SCHMALFUSSI* KASHANI ET ALLSPACH, 2012 (ISOPODA: ONISCIDEA)

Филипп Сергеевич Бызов[1, 2], Константин Брониславович Гонгальский[1]

[1] Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, Россия
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет

Автор, ответственный за переписку: Константин Брониславович Гонгальский, kocio@mail.ru

Аннотация. Недавно описанный вид мокриц *Desertoniscus schmalfussi* Kashani et Allspach, 2012, обнаруженный в коллекции Сенкенбергского музея (Франкфурт, Германия), не имеет точного указания на типовое местообитание, так как в описании лишь цитируется этикетка 100-летней давности с указанием села в Южном Туркестане. Поскольку топонимы с тех пор менялись неоднократно, установить типовое местообитание авторам описания не удалось. Нами проведен анализ исторических документов об экспедиции сборщика К. Кюхлера в Бухарском эмирате, и установлено, что точка сбора типовой серии в настоящее время находится около с. Хакими, вблизи рек Хакими и Муджихарф, Нурабадского р-на Таджикистана (около 80 км к востоку от Душанбе, с приблизительными координатами: 38.81° с.ш., 69.86° в.д.). Это дает возможность собрать свежий материал недавно описанного, но давно собранного вида.

Ключевые слова: Isopoda, мокрицы, Средняя Азия, история науки.

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-15-18

Благодарности. Авторы признательны Д.М. Кузнецовой за построение карты экспедиции К. Кюхлера.

Финансирование. Госзадание ИПЭЭ РАН, Тема № 075-00440-24-03.

Для цитирования: Бызов Ф.С., Гонгальский К.Б. Об установлении типовой местности вида мокрицы *Desertoniscus schmalfussi* Kashani et Allspach, 2012 (Isopoda: Oniscidea) // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 15–18.

ORIGINAL ARTICLE

ON THE ESTABLISHMENT OF THE TYPE LOCALITY OF THE WOODLOUSE SPECIES *DESERTONISCUS SCHMALFUSSI* KASHANI ET ALLSPACH, 2012 (ISOPODA: ONISCIDEA)

Philipp S. Byzov[1, 2], Konstantin B. Gongalsky[1]

[1] Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
[2] Biological Faculty, Lomonosov Moscow State University

Corresponding author: Konstantin B. Gongalsky, kocio@mail.ru

Abstract. The recently described terrestrial isopod *Desertoniscus schmalfussi* Kashani et Allspach, 2012, found in the collection of the Senckenberg Museum (Frankfurt, Germany), did not have an exact indication of its type locality, as the description only

cites the 100-year-old label with the name of a village in Southern Turkestan. Due to the fact that the toponyms have been changed multiple times since then, the authors of the description were unable to determine the exact location. We analyzed historical documents regarding the expedition of the collector, K. Küchler, in the Emirate of Bukhara, and found that the collection site of the type specimens is currently located near the village of Hakimi, near Hakimi and Mujiharf rivers, Nurobod district, Tajikistan (approximately 80 km east of Dushanbe, with coordinates 38.81° N, 69.86° E). This makes it possible to collect fresh material for this recently described but long-collected species.

Keywords: Isopoda, woodlice, Central Asia, history of science

Acknowledgements. The authors are grateful to D.M. Kuznetsova for constructing a map of K. Kuhler's expedition.

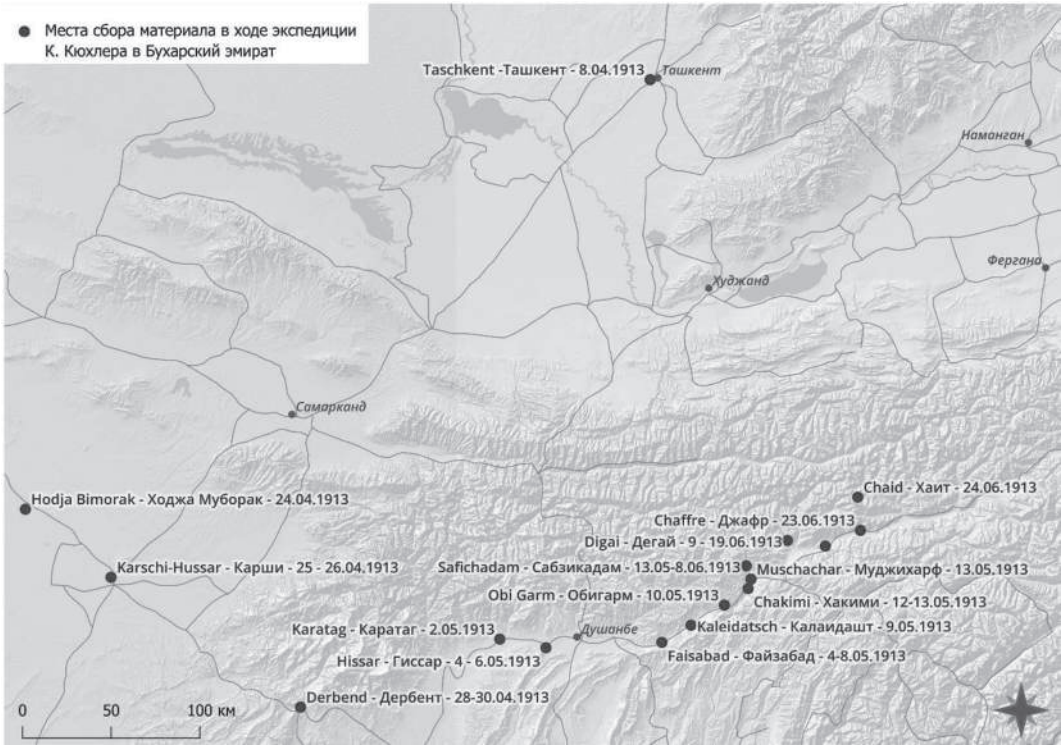
Financial Support. IPEE RAS State Assignment, Topic No. 075-00440-24-03.

For citation: Byzov P.S., Gongalsky K.B. On the establishment of the type locality of the woodlouse species *Desertoniscus schmalfussi* Kashani et Allspach, 2012 (Isopoda: Oniscidea) // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 15–18.

Род *Desertoniscus* Verhoeff, 1930 (Isopoda: Oniscidea) имеет в основном центральноазиатское распространение и в настоящее время включает 14 видов (Boyko et al., 2024). Типовой вид *Desertoniscus subterraneus* Verhoeff 1930 описан из Туркестана (Verhoeff, 1930). Позднее Е.В. Боруцкий описал еще восемь видов в двух работах (Боруцкий, 1945, 1978). Все они происходят из южного Казахстана, Узбекистана, Киргизии и Туркменистана, за исключением одного вида – *Desertoniscus mongolicus* Borutzky, 1978, из Булгана, Монголия. Гораздо позже Таити и Чеккуччи (Taiti, Cecucci, 2011) обнаружили новый вид в Саудовской Аравии, а Кашани и Альшпах (Kashani, Allspach, 2012) обнаружили еще один вид в музейных коллекциях из Южного Туркестана. Последние два автора также перенесли еще один вид, *Protracheoniscus taschkentensis* Verhoeff 1930, в род *Desertoniscus*, а их коллеги из Ирана описали *Desertoniscus iranensis* Bakhshi, Saghedi, 2023. Единственный описанный вид за пределами Азии был обнаружен в Калмыкии, на юге Европейской России (Gongalsky, 2017). При этом проведенный в последней цитируемой работе анализ распространения рода оказался неполным, поскольку в описании *D. schmalfussi* отсутствует указание типовой местности, а лишь переписана этикетка, хранившаяся почти сто лет вместе с пойманной мокрицей. Загадка о том, где же обитает эта мокрица в природе, побудила нас провести настоящее биолого-историческое изыскание.

Вид, описанный Кашани и Альшпахом (Kashani, Allspach, 2012), *D. schmalfussi*, не имел типового местонахождения из-за происхождения материала из старой музейной коллекции, хранившейся в Сенкенбергском музее (Франкфурт, Германия), номер музейного хранения – SMF 10309. В этикете голотипа указано: «S Turkestan, Musdia Diar, 13 May 1913, leg: K. Küchler» Неопределенность местонахождения (S Turkestan) указывала на обширную территорию, которая может быть ареалом этого вида. Паратипы с этикеткой «S Turkestan, Chakini Padag, 13 May 1913, leg. K. Küchler» также не способствовали решению загадки. С тех пор поселения неоднократно меняли свои названия и в некоторых случаях больше не встречаются на картах как таковые.

Мы провели анализ литературы того времени и нашли публикацию (von Heyden, 1914), указывающую на маршрут экспедиции К. Кюхлера в Бухарском эмирате (рисунок), а не в Афганском Туркестане, который мы изначально приняли за южный Туркестан, указанный в этикетках. Анализ публикации привел к восстановлению полной хронологии экспедиции благодаря этикеткам с указаниями дат и топонимов, приведенным в ней. Большинство топонимов удалось найти, совмещая современные (Яндекс Карты, Google Карты) и более старые карты, например топографические карты СССР (Физико-географический…, 1964). Благодаря восстановленной хронологии экспедиции мы смогли проследить весь ее путь, соотнести с датами из этикеток и найти место сбора паратипов – Хакими Падаг. Хотя точное место сбора голотипа, обозначенное как «Мусдия Диар», установить не удалось, мы, основываясь на данных из этикеток, считаем, что сборы в Хакими Падаг и Мусдия Диар происходили в один



Восстановленный маршрут экспедиции К. Кюхлера в Бухарский эмират (1913 г).

и тот же день – 13 мая 1913 г. Экспедиция также посетила поселение Муджихарф (все еще присутствует на картах) 13 мая 1913 г. и долгое время (с 13 мая по 8 июня 1913 г.) находилась поблизости от с. Сабзикадам. На основании вышеизложенных данных мы можем предположительно установить координаты расположения экспедиции К. Кюхлера в этот день. Как мы полагаем, точка сбора типовой серии в настоящее время находится около с. Хакими вблизи рек Хакими и Муджихарф Нурабадского р-на Таджикистана (80 км к востоку от Душанбе) (приблизительные координаты: 38.81 с.ш., 69.86 в.д.). Полученные данные предоставляют возможность собрать для этого недавно описанного вида свежий материал, пригодный для генетических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Боруцкий Е.В. Фауна мокриц Туркмении и сопредельных областей Средней Азии // Ученые Записки Московского государственного университета. 1945. Вып. 83. С. 165-202 [Borutzky E.V. Woodlice fauna of Turkmenia and adjacent areas of Central Asia // Uchenye Zapiski Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 1945. Vol. 84. P. 165-202 (in Russ.)].

Боруцкий Е.В. О роде *Desertoniscus* Verhoeff, 1930 // Боруцкий Е.В. (Ред.) Исследования по фауне Советского Союза (Беспозвоночные и рыбы) // Сборник Трудов Зоологического Музея МГУ. 1978. Вып. 16. С. 3-21 [The genus Desertoniscus Verhoeff, 1930] // Sbornik trudov Zoologicheskogo Muzeya MGU. 1978. Moscow. Vol. 16. P. 3–21 (in Russ.)].

Физико-географический атлас мира / Под ред. акад. И.П. Герасимова. М., 1964. 298 с. [Fiziko-geograficheskij atlas mira / I.P. Gerasimov (Ed.). M., 1964. 298 p. (in Russ.)].

Bakhshi Y., Sadeghi S. First record of the genus *Desertoniscus* Verhoeff, 1930 (Isopoda: Agnaridae) from Iran, with the description of a new species // Zoology in the Middle East. 2023. Vol. 69. P. 248–253.

Boyko C.B., Bruce N.L., Hadfield K.A., Merrin K.L., Ota Y., Poore G.C.B., Taiti S. (Eds.) World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. *Desertoniscus* Verhoeff, 1930. Accessed through: World Register of Marine Species at (https://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=248684 on 2024-10-31).

Gongalsky K.B. The first record of the genus *Desertoniscus* Verhoeff, 1930 (Isopoda, Oniscidea, Agnaridae) from Europe, with the description of a new species // Zootaxa. 2017. Vol. 4347. P. 583-591.

Kashani G.M., Allspach A. Redescription of *Desertoniscus taschkentensis* (Verhoeff, 1930) and description of *Desertoniscus schmalfussi* n. sp (Isopoda: Oniscidea) // Zootaxa. 2012. Vol. 3154. P. 40-46.

von Heyden L. Beitrag zur Koleopteren-Fauna von

Buchara in Zentral-Asien (Expedition Küchler) // Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft. 1914. Bd 36. S. 63-70.

Taiti S., Checcucci I. Order Isopoda, suborder Oniscidea / Van Harten, A. (Ed.). Arthropod Fauna of the UAE. 2011. Vol. 4. P. 33–58.

Verhoeff K.W. Über Isopoden aus Turkestan. 42. Isopoden-Aufsatz // Zoologischer Anzeiger. 1930. Bd 91. S. 101–125.

Информация об авторах

Филипп Сергеевич Бызов – студент кафедры энтомологии биологического факультета МГУ, мл. науч. сотр. лаборатории изучения экологических функций почв ИПЭЭ РАН (byzzovv@list.ru);

Константин Брониславович Гонгальский – доктор биологических наук, профессор РАН, зав. лаб. изучения экологических функций почв ИПЭЭ РАН (kocio@mail.ru).

Information about the author

Philip Sergeevich Byzov, student of the Entomology Department of the Biological Faculty of Moscow State University, a junior researcher. comp. laboratories for studying the ecological functions of soils of the IPEE RAS (byzzovv@list.ru);

Konstantin Bronislavovich Gongalsky, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory for the Study of Ecological Functions of Soils of the IPEE RAS (kocio@mail.ru).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.08.2024; одобрена после рецензирования 31.10.2024; принята к публикации 07.11.2024.

The article was submitted 18.08.2024; approved after reviewing 31.10.2024; accepted for publication 07.11.2024.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 565.36 (477.75)

STENOPHILOSCIA VERNOEFF, 1908 (ISOPODA: ONISCIDEA) – НОВЫЙ РОД ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Алексей Михайлович Дыган

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, dygan14@mail.ru

Аннотация. В статье приведены сведения о первой для Крымского полуострова и побережья Черного моря находке представителей супралиторальных мокриц рода *Stenophiloscia* Vernoeff, 1908 (Oniscidea: Halophilosciidae). Мокрицы были обнаружены под корягами и камнями в 8 метрах от кромки воды на песчано-каменистом береге Яшмового пляжа у мыса Фиолент в окрестностях г. Севастополь. Приведены морфологические критерии отнесения обнаруженных экземпляров к роду *Stenophiloscia*. Основанием для определения послужила совокупность характерных для рода морфологических признаков, включающих некоторые сходства – флагеллюм имеет три коротких сегмента, обильно покрытых длинными щетинками; эндоподит I объемный, расширяется к концу, имеет пальцеобразный выступ на внешней стороне; экзоподит практически яйцевидный, слегка заостренный с дистальной стороны, лишен крупных щетинок; поверхность переонитов и плеонитов шероховатая, покрыта щетинками и бугорками. Также в работе отражены некоторые поведенческие и экологические особенности представленной популяции в сравнении с обнаруженными там же *Halophiloscia couchii* (Kinahan, 1858).

Ключевые слова: *Stenophiloscia*, Halophilosciidae, Crinocheta, Oniscidea, Isopoda, мокрицы, Крымский полуостров, Севастополь, первая находка, супралиторальный вид

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-19–23

Благодарности. Выражаю благодарность профессору А.В. Ене, В.А. Бахтиозину, а также натуралисту с платформы inaturalist.org под никнеймом rorihuela за ценные замечания и поддержку в процессе написания статьи.

Финансирование. Работа выполнена на личные средства автора.

Для цитирования: Дыган А.М. *Stenophiloscia* Vernoeff, 1908 (Isopoda: Oniscidea) – новый род для территории Крымского полуострова и черноморского побережья // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 19–23.

ORIGINAL ARTICLE

STENOPHILOSCIA VERNOEFF, 1908 (ISOPODA: ONISCIDEA) – A NEW GENUS FOR THE TERRITORY OF THE CRIMEAN PENINSULA AND THE BLACK SEA COAST

Alexey M. Dygan

Crimean Federal University in the name of V.I. Vernadskyi, dygan14@mail.ru

Abstract. The article provides information about the first find of the supralittoral genus *Stenophiloscia* Vernoeff, 1908 (Oniscidea: Halophilosciidae) for the Crimean Peninsula and the Black Sea coast. The woodlice were discovered under driftwood and rocks in 8 meters from the water’s edge on the sandy-rocky shore of the «Yashmoviy Plyagh» near

Cape Fiolent in the surroundings of Sevastopol. Morphological criteria for classifying the discovered specimens as belonging to the genus Stenophiloscia are presented. The basis for the identification was a set of morphological features characterizing the genus, includes the following similarities: the flagellum has three short segments, abundantly covered with long bristles; endopodite I is voluminous, expands towards the end, has a finger-like protrusion on the outside; exopodite is almost ovoid, slightly pointed from the distal side, devoid of large bristles; the surface of pereonites and pleonites is rough, it is covered with bristles and bumps. The work also represents some behavioral and ecological features of the current population in comparison with *Halophiloscia couchii* (Kinahan, 1858) found in the same place.

Keywords: *Stenophiloscia*, Halophilosciidae, Crinocheta, Oniscidea, Isopoda, woodlice, Crimean Peninsula, Sevastopol, first find, supralithoral species

Acknowledgements. I would like to express my gratitude to Professor A.V. Ena, V.A. Bakhtiozin, as well as to the naturalist from the platform inaturalist.org under the nickname rorihuela for valuable comments and support during the writing process.

Financial Support. The work was carried out at the personal expense of the author.

For citation: Dygan A.M. *Stenophiloscia* Vernoeff, 1908 (Isopoda: Oniscidea) – a new genus for the territory of the Crimean Peninsula and the Black Sea coast // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 19–23.

Род *Stenophiloscia* – один из трех родов семейства Halophilosciidae, представленных в таксономической базе данных платформы GBIF (Global Biodiversity Information Facility) и каталоге наземных изопод (Isopoda: Oniscidea) Гельмута Шмальфусса (Schmalfuss, 2003). Он включает всего три вида мокриц – *S. bitschi* Vandel, 1957, *S. glarearum* Vandel, 1908 и *S. vandeli* Matsakis, 1967. На основании литературных сведений (Vandel, 1957; Matsakis, 1967; Gregory, Whiteley & Wilde, 2001; Schmalfuss, 2003; Schmalfuss, Paragamian & Sfenthourakis, 2004; Taiti & Lopez, 2008; Alexiou & Sfenthourakis, 2013; Pavon, Sechet & Noël, 2021) и данных, полученных из открытой платформы GBIF, проанализировано распространение известных видов. Ареал *S. bitschi* расположен на западном побережье Турции; ареал *S. glarearum* охватывает средиземноморские побережья Греции (за исключением Эгейских островов), Франции, Италии и Хорватии, Балеарские острова, Мальту, побережье Великобритании (пролив Ла-манш), французский остров Йо в Бикскайском заливе, а также Канарские острова Лансароте, Ла Гомера и Гран-Канария; ареал *S. vandeli* расположен на Эгейских островах.

Методы и материалы

Зоологический материал был собран вручную и зафиксирован в 90%-м спирте. Для исследования образцы погружали в 86%-й раствор глицерина, чтобы избежать повреждения при их изъятии. Затем, были сделаны фотографии габитуса (рис. 1, *1*) и постоянный препарат (глицерин-желатин) значимых морфологических признаков с применением стереомикроскопа МБС-1 (окуляры WF PL10x/10, Китай). Препарат был отмикроскопирован при увеличениях ×40, ×100 и ×400 с применением светового микроскопа Motic BA300 (окуляры WF PL 10×/20, Китай). На камеру 12MP с диафрагмой *f*/1.8 было сделано 216 микрофотографий, на основе которых с применением программы Helicon Focus 8 были сделаны стеки, с которых проводили зарисовки морфологических признаков. Рисунки дополнялись недостающими деталями при микроскопировании малых морфологических структур, не захваченных стеками. Помимо этого, на ту же камеру был снят биотоп, на котором была обнаружена популяция (рис. 2).

Результаты

Ниже приведены данные о находке представителей рода *Stenophiloscia* на территории Крымского полуострова.

Материал. 1♂, 2♀, 19.11.24, окрестности г. Севастополь, мыс Фиолент, 44.503258° N, 33.507894° E, под выброшенной на берег корягой и камнями, leg. Дыган А.М.

Таксономические замечания. В ходе проведенного исследования обнаружен новый род для Крымского полуострова и побережья

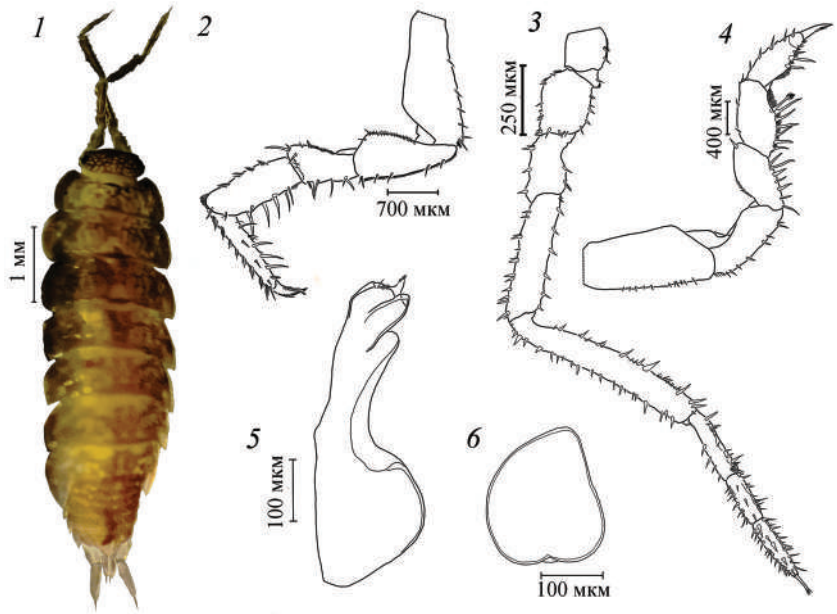


Рис. 1. *Stenophiloscia* sp. Основные габитуальные и морфологические признаки экземпляров из обнаруженной популяции: *1* – общий вид *Stenophiloscia vandeli*, *2* – Переопода XII, *3* – Антенна II, *4* – Переопода I, *5* – Эндоподит I, *6* – Экзоподит I

Рис. 2. Биотоп: песчано-каменистый берег моря

Черного моря, специфические морфологические черты которого указывают на принадлежность к *Stenophiloscia* Vernoeff, 1908: флагеллюм имеет три коротких сегмента, обильно покрытых длинными щетинками; эндоподит I объемный, расширяется к концу, имеет пальцеобразный выступ на внешней стороне (рис. 1, *5*); экзоподит практически яйцевидный, слегка заостренный с дистальной стороны, лишен крупных щетинок (рис. 1, *6*); поверхность переонитов и плеонитов шероховатая, покрыта щетинками и бугорками.

Конец эндоподита 1 обнаруженных экземпляров не имеет сходства ни с одним из представленных в группе видов, кроме *S. vandeli*.

В связи с этим на основе таких морфологических признаков, как наличие 4 щетинок на конце антенны II (рис. 1: 3), 5 щетинок на верхней части конца эндоподита I, 4 коротких зубцов на краю базального тела эндоподита I, а также общего характера размещения структурных элементов на эндоподите I (рис. 1, *5*), обнаруженные нами экземпляры предварительно определены как *Stenophiloscia vandeli*. Тем не менее, требуется генетический анализ и сравнение с типовыми экземплярами представленных видов для подтверждения корректности определения видовой принадлежности обнаруженных экземпляров.

Экология. Мокрицы были обнаружены на песчано-каменистом берегу Яшмового пляжа на мысе Фиолент, в окрестностях г. Севастополь, под выброшенной на берег корягой и камнями совместно с *Halophiloscia couchii* (Kinahan, 1858). Биотоп представляет собой песчано-каменистый берег моря (рис. 2) с редкими выбросами водорослей *Vertebrata subulifera* (C. Agargh) Kuntze, покрытый, помимо гальки и песка, обломками известняков различного происхождения. Изредка на побережье встречаются вынесенные морем коряги или камни, под которыми скапливается обнаруженный нами вид мокриц. После обнаружения мокрицы бегали существенно медленнее, чем *H. couchii*, стремясь вжаться в неровности субстрата. Виды рода *Stenophiloscia* встречаются на супралиторали под корягами, вынесенными на берег (Gregory, Whiteley & Wilde, 2001), камнями (Sotiris & Sfenthourakis, 2013) или иными укрытиями, например, в расщелинах скал (Vandel, 1957), что в целом подтверждается нашими наблюдениями.

Обсуждение

На основании опубликованных данных исследователей и платформы GBIF, можно утверждать, что в настоящее время общий известный ареал рода *Stenophiloscia* охватывает прибрежные биотопы акватории Средиземного моря, а также ряд отдельных точек в морях бассейна Атлантического океана. Наша находка *S. vandeli* на Черноморском побережье Крымского полуострова дополняет существующее представление о биогеографии *Stenophiloscia*. На данный момент это самая восточная относительно Средиземноморья точка обнаружения рода.

Касаясь глобальных аспектов исследования, стоит отметить, что изучение прибрежной фауны беспозвоночных животных расширяет существующее представление о экологических особенностях супралиторальных комплексов, в частности, видовой и популяционной структуре организмов, участвующих в естественных процессах разложения органической материи прибрежных зон морей и океанов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Alexiou S., Sfenthourakis S. The terrestrial Isopods (Isopoda: Oniscidea) of Greece // Parnassiana Archives. 2013. Vol. 1. P. 3–50.

Gregory S., Whiteley D., Wilde I. Some observations on *Stenophiloscia zosterae* (Verhoeff, 1928) at Colne Point NNR, North Essex. // Bulletin of the British Myriapod Group. 2001. Vol.17. P. 79–80.

Matsakis J. Notes sur les Isopodes de Grece. I. Une nouvelle espece de *Halophiloscia* (*Stenophiloscia*), Oniscoide // Biol, gallo-hellenica. 1967. Vol. 1. Iss. 1. P. 53–57.

Pavon D., Sechet E., Noël F. *Armadillidium esterelanum* Dollfus, 1887 et *Stenophiloscia glarearum* Verhoeff, 1908 dans le département des Bouches-du-Rhône (Crustacea, Isopoda, Armadillidiidae et Halophilosciidae) // Bulletin de la Societe linneenne de Provence. 2021. Vol. 72. P. 117–122.

Schmalfuss H. World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) // Stuttgarter Beitrage zur Naturkunde. Serie A. (Biologie). 2003. Vol. 654. P. 341.

Schmalfuss H., Paragamian K., Sfenthourakis S. The terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) of Crete and the surrounding islands. // Stuttgarter Beiträge Zur Naturkunde, Series A. (Biologie). 2004. Vol. 662. P. 1–77.

Taiti S., Lopez H. New records and species of Halophilosciidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from the Canary Islands (Spain). 2008. Proceedings of the International Symposium of Terrestrial Isopod Biology – ISTIB-07. P. 43–58.

Vandel A. Sur une nouvelle espece l'*Halophiloscia*: *Halophiloscia* (*Stenophiloscia) bitschi* N. Sp. et son interet ecologique et biogeographique (Crustaces; Isopodes terrestres) // Bulletin du Museum national d'histoire naturelle. 1957. Vol. 29. P. 231–234.

Информация об авторе

Дыган Алексей Михайлович, Крымский федеральный университет В. И. Вернадского, студент, dygan14@mail.ru

Information about the author

Dygan Alexey Mikhailovich, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, student, dygan14@mail.ru

Статья поступила в редакцию 25.11.2024; одобрена после рецензирования 09.12.2024; принята к публикации 10.12.2024.

The article was submitted 25.11.2024; approved after reviewing 09.12.2024; accepted for publication 10.12.2024.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 582.245.52+57.06

НОВЫЕ ВИДЫ РОДА *PHYSARUM* (MYXOMYCETES = MYXOGASTREA) ДЛЯ РОССИИ

Надежда Ивановна Киреева[1], Владимир Николаевич Ботяков[1], Владимир Иванович Гмошинский[2], Юрий Капитонович Новожилов[3]

[1] Независимый исследователь
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет
[3] Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН

Автор, ответственный за переписку: Владимир Иванович Гмошинский, rubisco@list.ru

Аннотация. Сообщается о нахождении трех новых для России видов рода *Physarum*: *P. subnutans*, *P. gravidum* и *P. caesiellum*. Приводятся соответствующие детальные описания морфологических признаков спорокарпов и спор изученных образцов с использованием световой и сканирующей электронной микроскопии. Морфология образцов, отнесенных нами к *P. caesiellum* также соответствуют описанию *P. pseudocolumellatum* (syn. *P. columellatum* var. «*macrosporum*»), но эти таксоны валидно не опубликованы. По этой причине мы предлагаем использовать название *P. caesiellum* для двух последних таксонов. Однако для подтверждения синонимии этих названий необходимо сравнительное изучение типовых образцов *P. caesiellum* и *P. pseudocolumellatum* MM 18066. Полученные данные значительно расширяют наши представления об ареалах обсуждаемых видов.

Ключевые слова: Amoebozoa, Краснодарский край, морфология, Москва, редкие виды, Республика Адыгея, СЭМ, Ярославская область

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-24-34

Acknowledgements. Мы выражаем благодарность сотрудникам межкафедральной лаборатории электронной микроскопии биологического факультета МГУ.

Финансирование. Полевые и лабораторные исследования В.И. Гмошинского выполнены в рамках государственного задания МГУ «Биологическое разнообразие и экология грибов и лишайников как основа рационального природопользования» (МГУ № 121032300081-7). Лабораторные исследования Ю.К. Новожилова выполнены в рамках государственного задания «Таксономическое, экологическое и структурно-функциональное разнообразие грибов и грибообразных протистов» (БИН РАН № 124013100829-3).

Для цитирования: Киреева Н.И., Ботяков В.Н., Гмошинский В.И., Новожилов Ю.К. Новые виды рода *Physarum* (Myxomycetes = Myxogastrea) для России // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 24–34.

ORIGINAL ARTICLE

NEW SPECIES OF THE GENUS *PHYSARUM* (MYXOMYCETES = MYXOGASTREA) FOR RUSSIA

Nadezhda Ivanovna Kireeva[1], Vladimir Nikolaevich Botyakov[1], Vladimir Ivanovich Gmoshinskiy[2], Yuriy Kapitonovich Novozhilov[3]

[1] Independent researcher
[2] Lomonosov Moscow State University, Leninskiye gory, 1-12, Moscow, 119991, Russia
[3] V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Prof. Popov St. 2, 197376, Russia

Corresponding author: Vladimir I. Gmoshinskiy, rubisco@list.ru

Abstract. Three new species for Russia: *Physarum subnutans*, *P. gravidum*, and *P. caesiellum* are reported for Russia. For each species, photographs of sporocarps and light and electron microscopic images are provided. The morphology of the specimens belonging to *P. caesiellum* are also fits the description of *P. pseudocolumellatum* (syn. *P. columellatum* var. «*macrosporum*»), but these taxa have never been validly published. For this reason we propose to use the name *P. caesiellum* for both last taxa. However, to confirm the synonymy of these names, a comparative study of type specimens of *P. caesiellum* and *P. pseudocolumellatum* MM 18066 is necessary. The data obtained significantly expand our understanding of the ranges of the species under discussion.

Keywords: Amoebozoa, Krasnodar Territory, Moscow, morphology, Republic of Adygea, rare species, SEM, slime molds, Yaroslavl Region

Acknowledgements. We express our gratitude to the staff of the interdepartmental electron microscopy laboratory of the Faculty of Biology, MSU.

Financial Support. Travel and laboratory work of V.I. Gmoshinskiy was supported by state assignment of MSU № 26-1-21 – №121032300081-7. Laboratory work of Yu.K. Novozhilov was supported by state assignment «Taxonomic, ecological and structural-functional diversity of fungi and fungus-like protists» (BIN RAS, 124013100829-3).

For citation: Kireeva N.I., Botyakov V.N., Gmoshinskiy V.I., Novozhilov Yu.K. New species of the genus *Physarum* (Myxomycetes = Myxogastrea) for Russia // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 24–34.

The class Myxomycetes is a monophyletic group of fungus-like protists comprising more than 1100 species of 70 genera (Lado et al., 2005–2024). According to the current classification, Myxomycetes form the phylum Eumycetozoa together with the classes Dictyosteliomycetes and Ceratiomyxomycetes within Amoebozoa (Adl et al., 2019). The species diversity of myxomycetes in Russia is studied very unevenly. To date, 481 species of myxomycetes have been found in Russia of those 76 belong to the genus *Physarum* Pers. (Bortnikov et al., 2020).

The genus *Physarum* was described in 1794 (Person, 1794) and is the largest genus of myxomycetes. Even after the last revision and transferring some species to other genera (García-Martin et al., 2023) the genus currently comprised more than 144 species (Lado, 2005–2024). Its main diagnostic features are thin, colorless or pale limeless capillitium tubules radiating from base to top of the sporotheca and connecting nodes, filled with amorphous lime granules; nodes may be aggregated into pseudocolumella (Poulain et al., 2011a). In 2023, the morphological diagnosis of the genus *Physarum* was corrected according to the results of the phylogenetic analysis (García-Martín et al., 2023). For the present study we follow the traditional genus concept adopted in most publications (Poulain et al., 2011a; Stephenson, 2021; Gmoshinskiy et al., 2021).

Many species of myxomycetes, including those in the genus *Physarum*, are known only from type collections or from a limited number of localities. Detailed morphological descriptions and illustrations are lacking for some species, with the result they are often misidentified. This prompted us to study and give detailed morphological descriptions of some rare and ambiguous species of the genus *Physarum* registered by us in Russia.

Materials and methods

The specimens were collected in the field using the standard methods (Wrigley de Basanta et al., 2021). Sporocarps with fragments of substrate were glued onto U-shaped card trays placed in matchboxes. The specimens were air dried and, twice subjected to freezing at –18 °C and placed in ziplock bags.

Specimens are identified according to Poulain et al. (2011a) but also using descriptions from the other specialized publications (see notes on species), applying a morphospecies concept. The taxonomical nomenclature follows by Lado (2005–2024).

The freeware program Helicon Focus ver. 6.0.18 was used to create stacked images of sporocarps under a Micromed 3 var. 3LED optical microscope with E3CMOS06300 digital camera and top illumination. Microscopic measurements of spores, capillitium, and sporocarps were made under the same microscope with the ToupView 3.7 and ImageJ ver. 1.52a (free license).

For microscopy, sporocarps were preserved as semipermanent slides in polyvinyl-lactophenol or in 4% KOH. The spore surface and capillitium structure were studied with a Quattro S (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) scanning electron microscope (SEM), at the Interdepartmental Laboratory of Electron Microscopy at the Faculty of Biology of Moscow State University. Specimens for SEM were mounted on copper stubs covered by nail polish and sputter-coated with gold-palladium.

Results

Physarum gravidum Morgan

Material studied: RUSSIA, Krasnodar Territory, Kanevskoy district, near the settlement stanitsa Kanevskaya, 46,114479° N, 38,939951° E, elev. 32 m, forest belt with dominated *Fraxinus excelsior* L., on leaf litter, 24.06.2023, coll. V.N. Botyakov, MYX 14345 (fig. 1).

Sporocarps long-stalked sporangia, form extensive colonies, gregarious, but not heaped (fig. 1a), 0,7–2 mm tall, sporocysts are usually nodding, oblate, convex above, nearly flat or slightly umbilicate below (fig. 1b–d), 0,2–0,3 mm thick, 0,45–0,55 mm in diam. Peridium simple, densely covered with white lime globules forming lines on lateral surfaces of sporotheca (fig. 1b); base of sporotheca is usually calcareous and light-ochraceous (fig. 1b–c). Dehiscence of peridium irregular, at the top of the sporotheca; the peridium remains as a collar at the apex of the stalk (fig. 1g). Hypothallus dark-brown to black, individual for each sporocarp. Stalk long, 0,5–1,5 mm tall, limeless, furrowed, dark reddish-brown at the base to light ochraceous above, tapering, running into peridium as separate filaments and forming its umbilicate base (fig. 1a–d). Columella and pseudocolumella are absent. Capillitium dense, radiating from apex of the stalk to inner surface of peridium, but not adhered to the ochraceous basal disc (fig. 1g), consisting of richly branching and anastomosing hyaline filaments with elongated, cylindrical, often branching white lime nodes (fig. 1d, h). Spores dark brown in mass, yellowish violet-brown in transmitted light, free, globose to subglobose, with uniformly thick wall, (9,6) 9,9–10,6 (10,9) μm (Mean = 10,28, SD = 0,35, n = 25) in diam., minutely warted, with 1–3 groups of darker warts per visible spore surface (fig. 1e–f). Under SEM, spores ornamented by small irregularly distributed warts with several spherical thickenings at the apex (fig. 1i–j), baculate (Rammeloo, 1975). Plasmodium not observed.

Physarum gravidum is very similar to *P. pusillum* (Berk. & M.A. Curtis) G. Lister. The main differences are the shape of the sporocysts, the structure of the capillitium and the ornamentation of the spores. *P. gravidum* is characterized by flattened, umbilicate base of the sporotheca (fig. 1a–c) and elongated, cylindrical, sometimes branched capillitium nodes (fig. 1d–h). *P. pusillum* has spherical sporotheca and coarser, larger and more expanded capillitium nodes. The distinct groups of warts on the spore surface can be considered an additional diagnostic character (fig. 1e) of *P. pusillum*. In addition, all identified specimens of *P. gravidum* were associated with ground litter, while sporocarps of *P. pusillum* were also found on decaying coarse wood debris (Cainelli et al., 2020). Another closely related species, *P. pusillopse* D. W. Mitch. & Nann.-Bremek. is distinguished by small rounded capillitium nodes and larger spores, 11–13 μm in diam., minutely warted with small groups of larger warts with a long pale germinative band (Mitchell, Nannenga-Bremekamp, 1977).

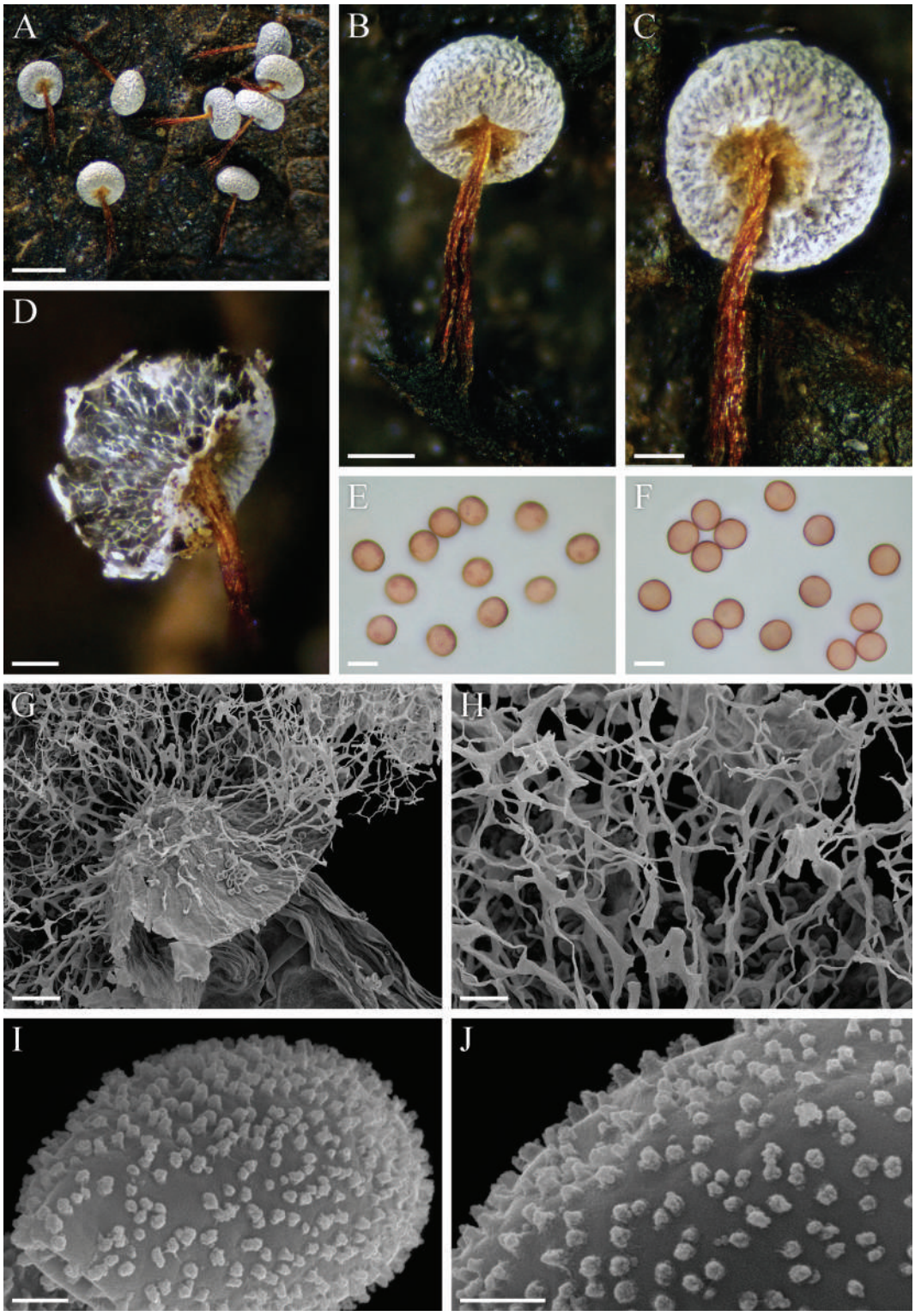


Fig. 1. *Physarum gravidum* (MYX 14345). A–C – mature sporocarps, D – capillitium in mature sporocarps after the spore are dispersal, E, F – spores in different optical sections in transmitted light (TL), G – base of sporotheca with outlying capillitium (SEM), H – capillitium (SEM), I, J – spore ornamentation (SEM). Scale bars: A – 500 μm; B – 200 μm; C; D – 100 μm; G – 50 μm; H – 20 μm; E, F – 10 μm; I, J – 1 μm

Physarum gravidum was described at the beginning of the 19th century (Morgan, 1896). However, most authors considered *P. gravidum* as a flattened form of *P. pusillum* (Lister, 1925, pl. 43a, b). In 2020, Morgan's collection at the Iowa State University Herbarium was revised and neotypes were selected for *P. gravidum* (Cainelli et al., 2020). The authors have provided a detailed morphological description of characters with their color illustrations. Furthermore, they performed a phylogenetic analysis to establish the independence of these species (Cainelli et al., 2020).

The distribution of *Physarum gravidum* is currently not fully understood. The neotype selected in 2020 was collected in Ohio, USA. There is also information on its occurrence in California (USA), France, Italy, Germany (Cainelli et al., 2020), and Japan (Yamamoto, 2021). Further revision of the collections will undoubtedly clarify the information of the distribution of this species. *P. gravidum* can be confused with members of the *Didymium iridis* (Ditmar) Fr. complex due to the presence of highly calcified sporotheca on contrasting bicoloured stalk.

Physarum subnutans Y. Yamam.

Material studied: RUSSIA, Republic of Adygea, Maikop district, Nikel village, gorge of the river Syuk, 44,178100° N, 40,159920° E, elev. 500 m, mountain deciduous forest with *Fagus orientalis* Lipsky, on rotten wood of a deciduous tree, 7.08.2022, coll. V.N. Botyakov, MYX 14320 (fig. 2).

Sporocarps long-stalked sporangia, often nodding, forming extensive colonies, gregarious, but not intermingled (fig. 2a), 0,7–0,9 mm tall, sporotheca subglobose, oblate, with flattened base, 0,4–0,5 mm in diam., 0,3–0,4 mm tall (fig. 2b–c). Peridium one layered, membranous, grey, with blue and silver reflection, covered with white granules of lime (fig. 2j), almost limeless at the base (fig. 2c). Dehiscence is irregular, the peridium preserved as separate fragments adjacent to the capillitium and a large collar divided into petal-like lobes (fig. 2d–e). Hypothallus inconspicuous, reddish-brown, limeless, individual for each sporocarp. Stalk ochraceous, whitish, strongly calcareous, lighter than sporocarp, quite smooth and tapered at top (±30 μm in diam.), wider and furrowed in the middle (up to 120 μm in diam.), and narrowed at base (down to 70 μm in diam.), becoming brown and strongly furrowed expanded and gradually running into the hypothallus as small vein-like filaments (fig. 2a–e). Columella and pseudocolumella are absent. Capillitium radiating from the base of sporotheca (fig. 2d–e), consisting of thin hyaline threads with few branches and almost no anastomoses, with scarce small, fusiform, colourless, almost limeless nodules (fig. 2h–i). Spores violet-brown in mass, light violet-brown in transmitted light, discrete, globose or subglobose, with uniformly thick wall, (9,5) 9,9–11,0 (11,6) μm in diam. (Mean = 10,43, SD = 0,52, n = 45), minutely warted, with 2–3 groups of darker warts (fig. 2f–g). Spores irregularly warted under SEM (fig. 2k–l), baculate (Rammeloo, 1975) with clusters of large warts with slightly widened apices. Plasmodium not observed.

It is likely that this species is often overlooked during routine identification, being confused with *Physarum album* (Bull.) Chevall. and *Nannengaella globulifera* (Bull.) J.M. García-Martín, J.C. Zamora & Lado (≡ *P. globuliferum* (Bull.) Pers.). The former has a similar capillitium and spore ornamentation. However, the spores of *P. album* are slightly smaller than those of *P. subnutans* ((7) 8–9 (10) μm vs. 9,2–10,9 μm). The main characteristic of *P. subnutans* is the ochraceous, strongly limed stalk that is widened in the central part (Yamamoto, 2000), while *P. album* has almost limeless stalks narrowing towards the top. *P. subnutans* is distinguished from *N. globulifera* (Martin, Alexopoulos, 1969) and the recently described *P. karamanicum* Eroğlu (Eroğlu, 2023) by its nodding sporangia and almost limeless capillitium.

It can be assumed that this species has a rather broad ecological niche. Holotype YY-4279 and isotype YY-4280 were found on bark of a dead tree, and another specimen cited in the original description (YY-16938) was found on bark of a live *Pinus* sp. (Yamamoto, 2000). All specimens known to date were found in Japan (Yamamoto, 2000; Harakon, Takahashi, 2020).

Physarum caesiellum Chao H. Chung & Tzean

Material studied: RUSSIA, Yaroslavl Region, Rybinsk, park at the crossing of Serov Av. and Babushkina St., 58,05976° N, 38,77639° E, elev. 100 m, on bark of a live broadleaf tree and on moss, 30.06.2023, coll. V.N. Botyakov, MYX 14351 (fig. 3). *Physarum* cf. *caesiellum*: RUSSIA, Moscow, Orekhovo-Borisovo Severnoe district, 55,624820° N, 37,725930° E, elev. 150 m, on bark of live *Betula pendula* Roth and on lichens, 10.08.2023, coll. N.I. Kireeva, V.I. Gmoshinskiy, MYX 23561 (fig. 4).

Sporocarps stalked sporangia, erect or slightly nodding, scattered, 0,7–0,9 mm high (fig. 3a–c; fig. 4a–b). Sporocysts subglobose,

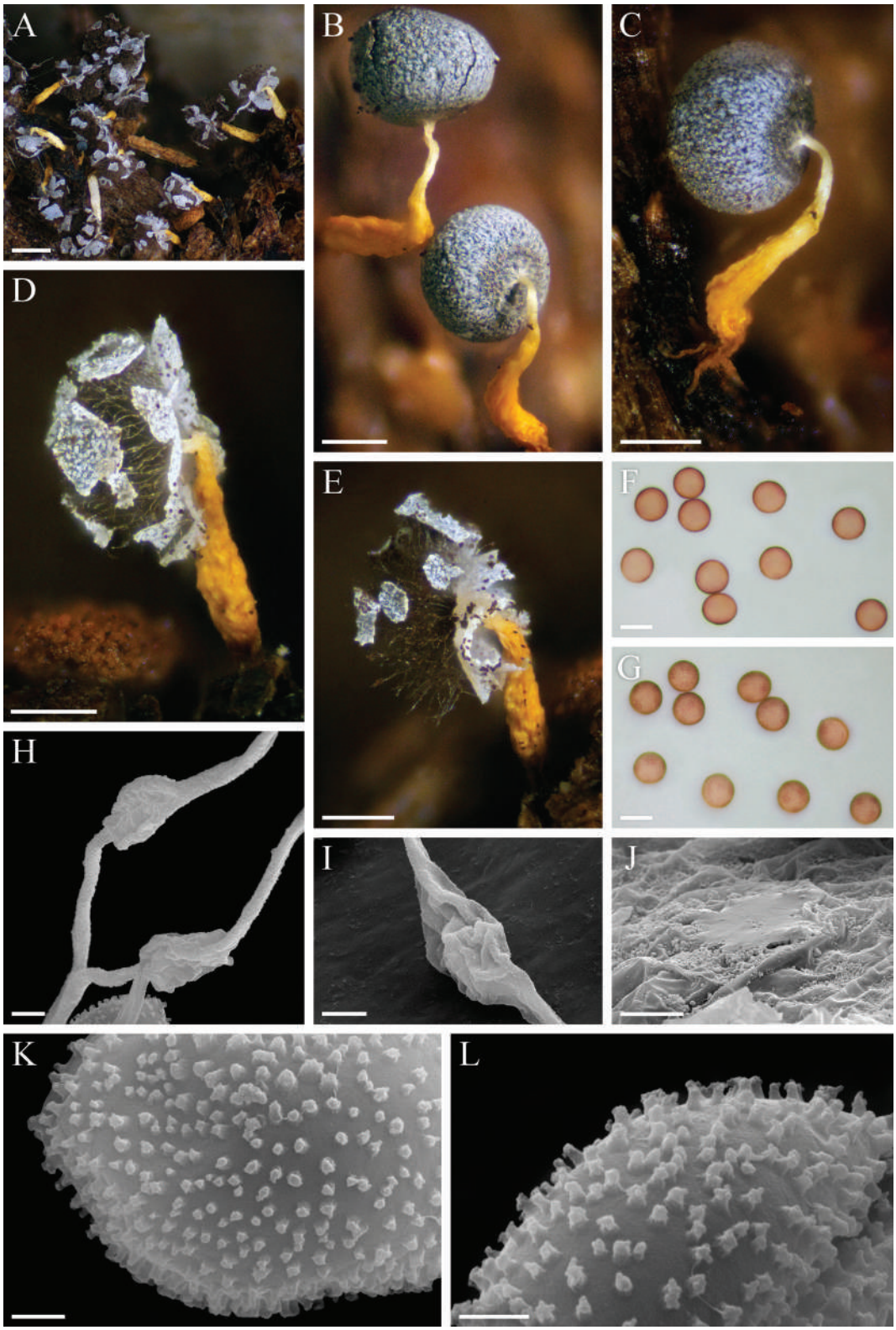


Fig. 2. *Physarum subnutans* (MYX 14320). A–C – mature sporocarps, D, E – capillitium in mature sporocarp after the spores are dispersal, F, G – spores in different optical sections (TL), H, I – capillitium with nodes (SEM), J – lime scales on the surface of the peridium (SEM), K, L – spore ornamentation (SEM). Scale bars: A – 500 μm; B–E – 200 μm; F, G, J – 10 μm; H, I, – 2 μm; K, L – 1 μm

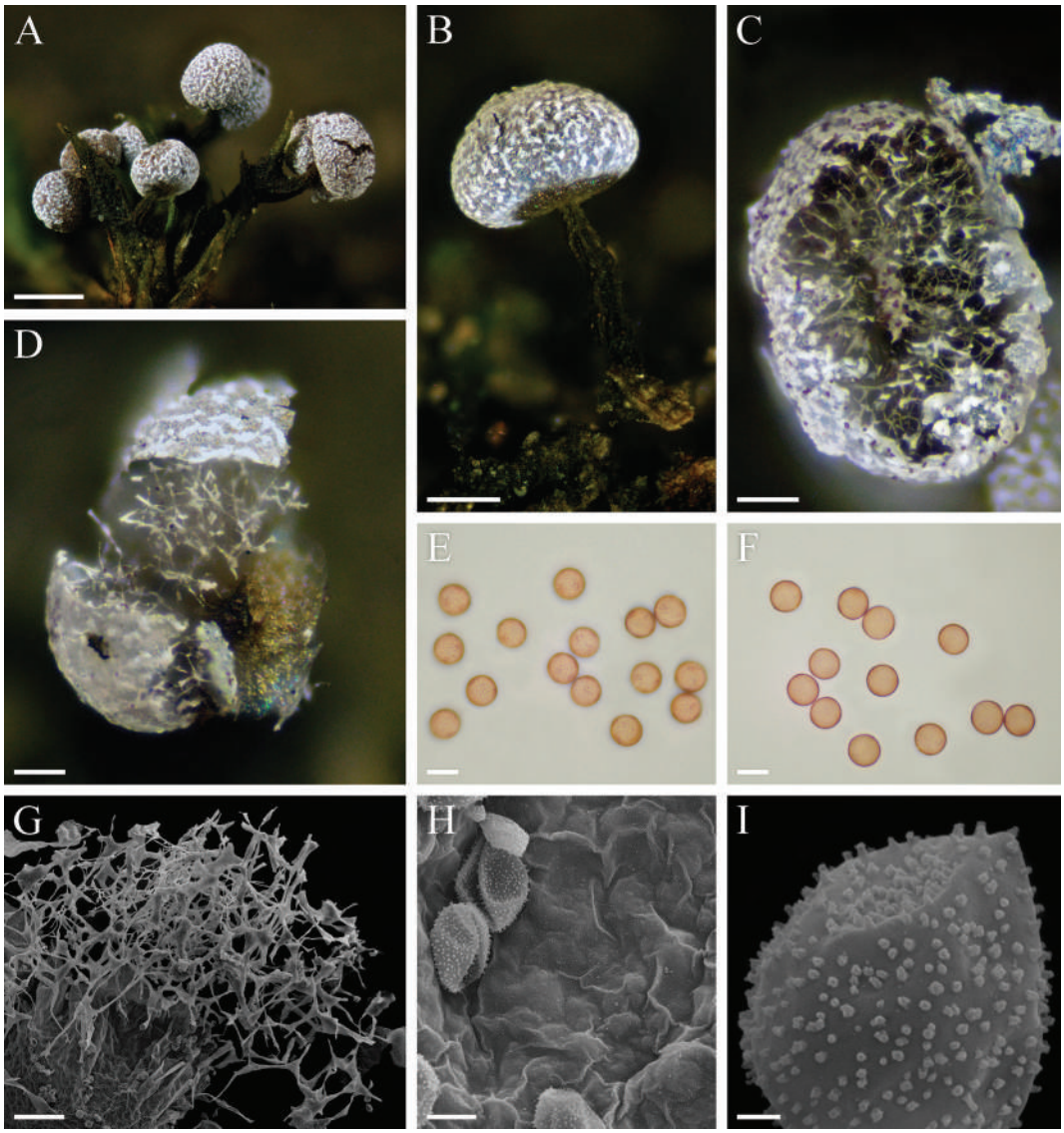


Fig. 3. *Physarum caesiellum* (MYX 14351). A, B – mature sporocarps; C – pseudocolumella inside damaged sporocarp; D – domed columella and capillitium in mature sporocarp after the spores are dispersal; E–F – spores in different optical sections (TL); G – structure of capillitium (SEM); H – spores on the inner surface of the peridium (SEM); I – spore ornamentation (SEM). Scale bars: A – 500 μm; B – 200 μm; C, D – 100 μm; G – 50μm; E, F – 10 μm; H – 5 μm; I – 1 μm

0,4–0,5 × 0,3–0,4 mm, with discoid limeless base (fig. 3b; fig. 4a–b). Peridium simple, membranous, grey, with golden or olivaceous reflexion, covered with adhered calcareous scales in the upper part (fig. 3c–d; fig. 4c–d), completely limeless at the base, resulting dark-brown with green and yellow reflection disc. Hypothallus dark brown or black, limeless, inconspicuous. Stalk black at base, tapered and dark brownish-green upward, furrowed, 0,5–0,6 mm tall, filled with refuse material (fig. 3a–b; fig. 4a–b). Columella is small, dome-shaped, dark (fig. 3d; fig. 4h). Pseudocolumella is easily fading away, small, irregular, formed in the centre of the sporangium by adhered capillitium nodes (fig. 3c). Capillitium massive, forming a dense network of thin hyaline filaments with angular and branching white lime nodes (fig. 3d, g; fig. 4c–d, g–h). It is attached to the base and inner surface of the peridium, loosely attached to the columella, and completely detached from the limeless basal disc (fig. 3d; fig. 4h). Spores brown in mass, light-brown in transmitted light, globose, uniformly thickened, (9,6) 9,8–10,4 (10,9) μm in diam. (Mean = 10,11, SD = 0,27, n = 50 in MYX 14351 and Mean = 10,34, SD = 0,38, n = 35 in MYX 23561), minutely warted, with groups of larger warts (fig. 3e–f; fig. 4e–f). Spores irregularly warted under SEM, warts with slightly

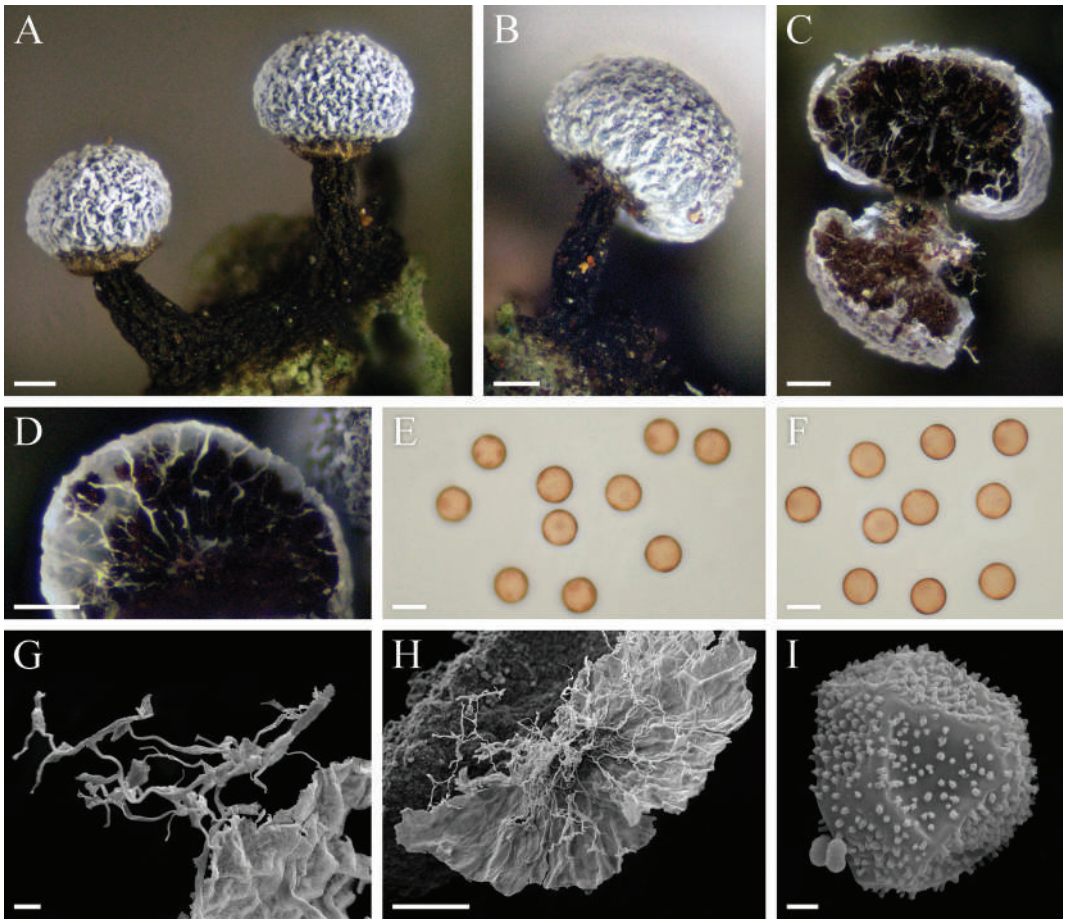


Fig. 4. *Physarum caesiellum* (MYX 23561). A, B – mature sporocarps; C – damaged sporocarp with columella; D – structure of capillitium after spores the spores are dispersal; E, F – spores in different optical sections (TL); G – capillitium (SEM); H – peridial basal disc of sporangium with attached capillitium (SEM); I – spore ornamentation (SEM). Scale bars: A–D, H – 100 μm; E–G – 10 μm; I – 1 μm

widened apices (baculate type according to the terminology of Rammeloo, 1975). Plasmodium not observed.

Specimen MYX 14351 consists of fully mature sporangia, while in MYX 23561 some sporangia are not fully developed and have smaller basal discs or furrowed peridium surface and limeless sporangium base (fig. 4a). Both specimens have the same spore size. In specimen MYX 23561 stalks are more shorter, more stout and not narrowed at the top. In these reasons we indicate specimen MYX 23561 as *Physarum* cf. *caesiellum*. Specimen MYX 14351 comprises three sporangia with released spores but preserved capillitium structure. The hyaline threads can be seen near only at the black base of the sporotheca, near the stalk attachment (fig. 3b; fig. 4a–b). These fibers also appear to have been attached to the lateral walls of sporangia, but they are not connected with the limeless basal disk (fig. 3d; fig. 4h). The inner surface of the basal disk, unlike the rest of the peridium, has little or no purple reflex and contains substrate fragments (fig. 3d). Additional morphogenetic studies are required to describe the origin of this structure.

Our specimens match the description of *Physarum caesiellum* (≡ *P. caesium* Shuang L. Chen & Yu Li, *nom illeg.*, *non P. caesium* (Schumach.) Fr.). The original description is rather brief and microphotographs made using SEM only (Chen, Li, 1998). The notable differences between our specimens and the protologue are the presence of groups of warts on the spores and small easily fading away pseudocolumella. However, the quality of the published spore microphotographs does not permit to resolve the presence or absence of this morphological character (Chen, Li, 1998, fig. 8). Probably due to the poor quality of microphotographs, this taxonomic character is not illustrated in this paper and is not mentioned in the protologue.

Our specimens also fully match the description and illustrations of *Physarum pseudocolumellatum* ad int. given in the monograph by Poulain et al. (2011a, b).

This binomial is proposed for specimens matching the description of *P. columellatum* var. «*macrosporum*» ad int. by Nannenga-Bremekamp, which has never been validly published. Therefore, we propose to use the name *P. caesiellum* for *P. pseudocolumellatum* sensu Poulain et al., 2011a and for *P. columellatum* var. *«macrosporum»* (Nannenga-Bremekamp, 2022). However, to confirm the synonymy of these names, a comparative study of type specimens of *P. caesiellum* and *P. pseudocolumellatum* MM 18066 is necessary. A high-quality illustration (Poulain et al., 2011b, pl. 272) and description (Poulain et al., 2011a) are available for the latter specimen.

The description of *Physarum columellatum* var. *«macrosporum»* states that its sporangia sometimes contain a pseudocolumella formed by 1–3 merged large flat nodes. In our specimens, the pseudocolumella was observed in some sporangia in both of our specimens (fig. 3c, 4d).

There are two species, *Physarum alvoradianum* Gottsb. (Gottsberger, 1968) and *P. orbis* Kuhnt (Kuhnt, 2024), which are characterized by flattened sporangia on black stalks, with white lime, large, flattened pseudocolumella, connected to the inner surface of the peridium by weakly branching capillitium with small elongated lime nodes. Our specimens of *P. caesiellum* distinguished from these species by a small irregular pseudocolumella and dense, abundantly branching, reticulate capillitium with numerous angular lime nodes. *P. alvoradianum* and *P. orbis* are very close species. They easily distinguished by flattened pseudocolumella. They have similar ornamentation and spore size ((9–) 9,5–10,5 (–11) μm in *P. orbis* and 9,2–11,5 μm in *P. alvoradianum*). The capillitium of these species is sparsely branched, with small elongated lime nodes, attached to the pseudocolumella and the inner surface of the peridium. A. Kuhnt (2024) did not mention the difference between *P. orbis* and *P. alvoradianum*. The main differences between the species according to the comparison of descriptions (Gottsberger, 1968, Kuhnt, 2024) are: a) sporocarp size (0,5–0,8 mm in *P. orbis* vs. 0,8–1,0 mm in *P. alvoradianum*); d) diameter of pseudocolumella (150–350 μm in *P. orbis* vs. ca. 500 μm in *P. alvoradianum*, according to Gottsberger, 1968, fig. 2, 3). Thus, there were no significant differences in the comparison of protologues, and these species names are probably synonyms.

Other *Physarum* species with peridium encrusted by white lime granules, limeless dark straight stalks and limeless base of the sporotheca, the closest species to *P. caesiellum* is *P. tropicae* T. Macbr. However, the latter has stalked or sessile sporangia, turbinate or subglobose sporotecae on a narrowed base and larger spores (Hernandez-Cuevas et al., 1991). Among widespread species, *P. caesiellum* is most closely related to *P. notabile* T. Macbr. This species has also darker, less calcareous base, but is characterized by larger spores, a lighter stalk, and kidney-shaped sporangia. The name *P. notabile* is often applied to morphotypes with pronounced dark stalks, rounded flat or kidney-shaped sporangia with dense capillitium network. *P. notabile* seems to be a very polymorphic and, most likely, complex species, and additional revision of collections with the use of molecular genetic methods is required to determine the limits of its morphological variation.

Conclusions

Identification of *Physarum* species is a challenging and labor-intensive process due to the large number of described taxa. In addition to macroscopic character, microscopic traits such as the structure of capillitium and size and ornamentation of spores must always be taken into account.

Unfortunately, there are no exhaustive identification keys for this genus. Poulain et al. (2011a) provide information for identification of 91 *Physarum* s.l. species, and Nannenga-Bremekamp (2022) provides information for 125 species. Yet, two of the three species discussed above are not mentioned in these publications at all. The morphology of the third species *P. caesiellum* is also not discussed, but a brief description of related *P. columellatum var. macrosporum* (Nannenga-Bremekamp, 2022) or *P. pseudocolumellatum* (Poulain et al., 2011a, b) is given.

In addition, the type material of *P. caesiellum* is described very briefly and without high-quality illustrative material (Chen, Li, 1998) and has not yet been revised. Therefore, it is not possible to conclude whether these binomials are synonyms based on the literature data.

Modern identification keys that can be easily modified upon description of new taxa are needed to improve the precision of species identification. A good example is the Eumycetozoa project, which reflects the current state of nomenclature of myxomycetes (Lado, 2005–2024). However, since the aim of the project was solely a nomenclatural database, it is insufficient for routine material identification.

A WEB page is best suited for creating modifiable identification keys that can be easily accessed and quickly corrected or supplemented with new

information, including morphological descriptions and illustrations. The absence of such a database results in redundant species descriptions and underrepresentation of difficult to describe species groups. However, the creation of such a database is difficult due to copyright issues.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Гмошинский В.И., Дунаев Е.А., Киреева Н.И. Определитель миксомицетов Московского региона. М., 2021. 388 с. [Gmoshinskiy V.I., Dunayev E.A., Kireeva N.I. Handbook of Myxomycetes of Moscow region. M., 2021. 388 p.]

Adl S.M., Bass D., Lane C.E., et al. Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2019. Vol. 66. N 1. P. 4–119 (https://doi.org/10.1111/jeu.12691).

Bortnikov F.M., Matveev A.V., Gmoshinskiy V.I., Novozhilov Yu.K., Zemlyanskaya I.V., Vlasenko A.V., Schnittler M., Shchepin O.N., Fedorova N.A. Myxomycetes of Russia: a history of research and a checklist of species. // Karsteinia. 2020. Vol. 58. N 2. P. 316–373 (https://doi.org/10.29203/ka.2020.502).

Cainelli R., de Haan M., Meyerc M., Bonkowski M., Fiore-Donno A.M. Phylogeny of Physarida (Amoebozoa, Myxogastria) based on the small-subunit ribosomal RNA gene, redefinition of *Physarum pusillum* s. str. and reinstatement of *P. gravidum* Morgan // Eukaryotic Microbiology. 2020 Vol. 67. N 3. P. 327–336 (https://doi.org/10.1111/jeu.12783).

Chen S.L., Li Y. Taxonomic studies on *Physarum* from China I. Three new species from northeastern China // Mycosystema. 1998. Vol. 17. N 4. P. 289–293.

Eroğlu G. A new species of *Physarum* (Physaraceae) from Turkey // Phytotaxa. 2023. Vol. 618. N 1. P. 99–102 (https://doi.org/10.11646/phytotaxa.618.1.10).

García-Martín J.M., Zamora J.C., Lado C. Multigene phylogeny of the order Physarales (Myxomycetes, Amoebozoa): shedding light on the darkspored clade // Persoonia. 2023. Vol. 51. P. 89 (https://doi.org/10.3767/persoonia.2023.51.02).

Gottsberger G. Myxomyceten aus Bahia und Goias // Nova Hedwigia. 1968. Vol. 15. P. 361–368.

Harakon Y., Takahashi K. Association between myxomycetes and the decay stage of coarse woody debris in an evergreen broadleaf forest in warm temperate Japan // Mycoscience. 2020. Vol. 61. P. 22–29 (https://doi.org/10.1016/j.myc.2019.09.003).

Hernandez-Cuevas L., Rodriguez-Palma M., Galindo-Flores G., Estrada-Torres A. New Records of Myxomycetes from Mexico // Mycotaxon. 1991. Vol. 42. N 1. P. 17–27.

Kuhnt A. Myxomyceten. Teil. 1, Berihte. Norderstedt: Books on Demand, 2024. 268 p.

Lado C. 2005–2024 An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardin Botanico, CSIC. Madrid, Spain. Available from: http://www.nomen.eumycetozoa.com (accessed: 9.04.2024).

Lister A. A monograph of the Mycetozoa being a descriptive catalogue of the species in the Herbarium of the British Museum. Ed. 3. Revised by G. Lister. London: British Museum (Natural History). 1925. 296 p.

Martin G.W., Alexopoulos C.J. The Myxomycetes. Iowa City. Iowa University Press. 1969. 560 p.

Mitchell D.W., Nannenga-Bremekamp N.E. A new species of *Physarum* from England. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Series C. Biological and medical sciences. 1977. Vol. 80. P. 310–312.

Morgan A.P. The myxomycetes of the Miami valley, Ohio // The Journal of the Cincinnati Society of Natural History. 1896. Vol. 19. N 1. P. 1–44.

Nannenga-Bremekamp N.E. Descriptive, Illustrated keys to the world`s Myxomycetes. A posthumous publication with foreword, annotations, updates and editing by C. Lado. Madrid: Consejo superior de investigaciones científicas. 2022. 582 p.

Person C.H. Dispositio methodica fungorum // Neues Magazin für die Botanik. 1794. Vol. 1. P. 81–128.

Poulain M., Meyer M., Bozonnet J. Les Myxomycétes. Tome 1, Guide de determination. Sévrier: Mycologique et botanique DauphinéSavoie, 2011a. 568 p.

Poulain M., Meyer M., Bozonnet J. Les Myxomycétes. Tome 2. Plates. Sévrier: Mycologique et botanique Dauphiné Savoie, 2011b. 544 p.

Rammeloo J. Structure of the epispore in the Stemonitales (Myxomycetes) as seen with the scanning electron microscope // Bulletin du Jardin botanique National de Belgique. 1975. Vol. 45. N 3–4. P. 301–306 (https://doi.org/10.2307/3667483).

Stephenson S.L. Secretive Slime Moulds. Myxomycetes of Australia. Melbourne: ABRS. Canberra; CSIRO Publishing. 2021. 375 p. (https://doi.org/10.1071/9781486314140).

Wrigley de Basanta D., Estrada-Torres A. Techniques for recording and isolating myxomycetes: updated. In: C. Rojas, S.L. Stephenson (eds). Myxomycetes: biology, systematics, biogeography and ecology. Oxford: Academic Press. 2022. pp. 417–451 (https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824281-0.00015-4).

Yamamoto Y. Notes on Japanese Myxomycetes (IV) // Bulletin of the National Museum of Nature and Science, Series B (Botany). 2000. Vol. 26. N 3. P. 107–122.

Yamamoto Y. Biota of Japanese Myxomycetes. Ibaraki: Committee for the publication of Biota of Japanese Myxomycetes. 2021. 1136 p.

Информация об авторах

Надежда Ивановна Киреева – независимый исследователь (espoir87@mail.ru);

Владимир Николаевич Ботяков – независимый исследователь (strannik381@yandex.ru);

Владимир Иванович Гмошинский – ст. препод. кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, канд. биол. наук (rubisco@list.ru);

Юрий Капитонович Новожилов – профессор Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, докт. биол. наук (yurinovozhilov@gmail.com).

Information about the author

Nadezhda Ivanovna Kireeva, Independent researcher (espoir87@mail.ru);

Vladimir Nikolaevich Botyakov, Independent researcher (strannik381@yandex.ru);

Vladimir Ivanovich Gmoshinskiy, senior lecturer of mycology and algology dept., Biological faculty of Lomonosov Moscow State University (rubisco@list.ru);

Yuriy Kapitonovich Novozhilov, professor of V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences (yurinovozhilov@gmail.com).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.04.2024; одобрена после рецензирования 20.10.2024; принята к публикации 23.12.2024.

The article was submitted 13.04.2024; approved after reviewing 20.10.2024; accepted for publication 23.12.2024.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 575.2:582.893:681.81

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛА НАРОДНЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ – МНОГОСТВОЛЬНЫХ ТРАВЯНЫХ ФЛЕЙТ

Татьяна Александровна Остроумова[1], Галина Викторовна Дегтярева[1], Надежда Ильинична Жуланова[2], Марина Михайловна Крюкова[3]

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, НОЦ – Ботанический сад имени Петра I
[2] Государственный институт искусствознания (Москва), сектор фольклора и народного искусства
[3] Школа № 1561 «Гимназия во имя апостола и евангелиста Иоанна Богослова»

Автор, ответственный за переписку: Татьяна Александровна Остроумова, ostroumovata@gmail.com

Аннотация. С использованием нуклеотидных последовательностей ITS ядерной рибосомной ДНК проведено определение видовой принадлежности растительного материала народных музыкальных инструментов – многоствольных травяных флейт – с территории Пермского края и Республики Коми. Полученные данные показали, что все растения относятся к семейству зонтичные (Umbelliferae). Чаще всего при изготовлении многоствольных флейт *пöляннэз* у северных коми-пермяков, *куима чипсан* и *пöлянъяс* коми-зырян и *дудок* пермских русских используется растение *Angelica sylvestris,* однако самым предпочтительным, хотя и более редким, считается *Conioselinum tataricum. Пöляннэз* южных коми-пермяков Юсьвинского р-на Пермского края делаются как из *Angelica sylvestris*, так и из относительно тонких стеблей *Angelica archangelica*.

Ключевые слова: многоствольные флейты, Umbelliferae, ДНК, секвенирование, таксономическая принадлежность

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-35-44

Финансирование. Работа выполнена в рамках научного проекта государственного задания МГУ № 121031600196-8.

Для цитирования: Остроумова Т.А., Дегтярева Г.В., Жуланова Н.И., Крюкова М.М. Молекулярная идентификация материала народных музыкальных инструментов – многоствольных травяных флейт // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 35–44.

ORIGINAL ARTICLE

MOLECULAR IDENTIFICATION OF THE MATERIAL OF FOLK MUSICAL INSTRUMENTS – MULTI-PIPE WHISTLES

Tatiana A. Ostroumova[1], Galina V. Degtjareva[1], Nadezhda I. Zhulanova[2], Marina M. Kryukova[3]

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Research and Educational Center – Botanical Garden of Peter I
[2] The State Institute for Art Studies (Moscow), Sector/Department of Folklore and Folk Art
[3] State budgetary educational institution «School №1561», «Gymnasium in the name of the Apostle and Evangelist John the Theologian» (Moscow)

Corresponding author: Tatiana A. Ostroumova, ostroumovata@gmail.com

Abstract. Using nucleotide sequences of ITS nuclear ribosomal DNA, the species identification of plant material of folk musical instruments – multi-pipe grass whistles – from the territory of the Perm Territory and the Komi Republic was conducted. The obtained data showed that all plants belong to the family Umbelliferae. Most often, *Angelica sylvestris* is used in the manufacturing of multi-pipe whistles «*pölyannez*» among the northern Komi-Permyaks, "*kuima chipsan*" and "*pölyanyas*" Komi-Zyrians and "*dudka*" of the Perm Russians, but *Conioselinum tataricum* is considered the most preferred, although rarer. "*Pölannez*" of the southern Komi-Permyaks of the Yusvinsky district of the Perm territory are made from both *Angelica sylvestris* and relatively thin stems of *Angelica archangelica*.

Keywords: Multi-pipe whistles, Umbelliferae, DNA, sequencing, taxonomic affiliation

Financial Support. The reported study was carried out as part of the Scientific Project of the State Order of the Government of Russian Federation to Lomonosov Moscow State University (No. 121031600196-8).

For citation: Ostroumova T.A., Degtjareva G.V., Zhulanova N.I., Kryukova M.M. Molecular identification of the material of folk musical instruments – multi-pipe grass whistles // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 35–44.

Народные музыкальные инструменты, изготовленные из полых стеблей крупных растений семейства зонтичные (Umbelliferae), известны в разных регионах Российской Федерации, например, в Брянской (Кулаковский, 1959; Савельева, 2003), Белгородской (Иванов, 1993), Ленинградской (Мациевский, 1980) и других русских областях. Аэрофоны из травяных стеблей существуют также у удмуртов (Пчеловодова, 2010), мари (Герасимов, 1996), башкир (Ильясов, 2009; Рахимов, 2010) и саами (Соловьев, 2007). Если выйти за пределы российской территории, следует упомянуть данные из северо-восточной провинции Литвы – Аукштайтии, где до второй половины XIX в. использовались дудочки в основном из зонтичных растений (Žarskienė, 1993), Грузии (Грузинская народная инструментальная музыка 1989), Сербии (Dević, 1974), Румынии (Херцеа, 1988). Особенно богатые традиции игры на травяных флейтах сохранились у коми-пермяков (Белицер, 1958; Чисталев, 1980, 1984; Жуланова, 2008) и некоторых небольших групп соседствующих с ними русских (Жуланова, 2022) в Пермском крае и Кировской обл., а также у коми-зырян в Республике Коми (Чисталев, 1984). В дер. Шипицыно и двух других близлежащих деревнях русские музыканты называли инструмент русским словом «дудка», а растение, из которого изготавливали дудки, – коми-пермяцким словом «пикан».

По данным Всероссийской переписи 2020–2021 гг., численность коми-пермяков составляет 55786 чел., численность коми – 143586 чел.

Вплоть до второй половины XX в. травяные флейты в Пермском регионе были распространены достаточно широко как в географическом плане, так и в пространстве культуры. Они бытовали на значительной части этнической

территории коми-пермяков и коми-зырян, выполняя заметную роль в традиционных культурных практиках. Игра на травяных инструментах повсеместно носила сезонный характер и была приурочена к летнему периоду народного календаря (в некоторых локусах периодом активной игры считалось также время Рождества и Святок, когда устраивались молодежные игрища). Травяные флейты участвовали в организации не только календарного времени, но и социальной структуры общины, маркируя определенные половозрастные группы (Жуланова, 2008: С. 106–126). Сохранялись как сольные, так и коллективные традиции музицирования; в особенности интересным и богатым репертуаром наигрышей обладали исполнительницы на многоствольных флейтах. В 1950–1960-е годы массовая инструментальная традиция начинает исчезать, постепенно переходя из сферы живого бытования в область памяти; тогда же в некоторых коми и коми-пермяцких деревнях образуются первые любительские фольклорные коллективы, нацеленные на сценическую репрезентацию традиции. Такого рода группы, которые по инициативе местных жителей или культработников возникают и в настоящее время, в определенном смысле способствуют поддержанию традиции в форме культурного наследия. К настоящему времени бытовая традиция игры развитых музыкальных наигрышей полностью исчезла, однако простейшие формы музицирования сохраняются в детском деревенском быту.

Для народов коми и соседствующих с ними русских характерна отчетливая половозрастная дифференциация в традиционном функционировании флейтовых аэрофонов, различающихся по своему устройству. Одноствольные инструменты более характерны для мужской традиции (что не исключает единичных случаев использования их и женщинами), в то время как многоствольные дудки являются в этом регионе сугубо женским инструментом. В детском быту широко используются преимущественно одноствольные травяные звуковые орудия простейшей конструкции.

Особый интерес представляет реликтовая традиция игры на многоствольных травяных инструментах свисткового типа, состоящих из 2–10 (в единичных случаях до 12) отличающихся по размеру элементов-стволов: таковы коми-пермяцкие *пöляннэз/пöлян и заргум/зорка*, прилузские *куима чипсан,* верхневычегодские *пöлянъяс,* русские базуевские *дудки*. Подобный инструмент известен в литературе как флейта Пана. Однако у пермских народов, согласно традиции, трубки никогда и ничем не скрепляются, в отличие от многоствольных флейт южной Европы. Это правило иногда нарушается в исполнительских коллективах сценической и клубной направленности в целях большего удобства.

Входящая в состав игрового комплекта трубка-дудка представляет собой часть стебля с открытым срезом в верхней части и закрытым узлом в нижней (донышко), не имеет свистковых и пальцевых отверстий. Качество и высота звучания зависят от длины и диаметра дудки (они различны в разных локальных традициях), а также от вида растения, из которого она изготовлена.

Одноствольные флейты в указанном регионе изготавливают из разных видов сырья, но также, как и в случае с многоствольными флейтами, наиболее распространены полые стебли зонтичных растений. Так, растения с местными названиями *умра, вольгум пикан* и *пöлян* нередко использовались в этих целях. В 2021 г. в с. Архангельское Юсьвинского р-на Пермского края М.М. Крюкова получила от Натальи Ивановной Кылосовой, (1928–2023, род. в дер. Пиканово Юсьвинского р-на), сведения, подтверждающие существование здесь одноствольной флейты *туригумка/туригунка* (сделаны фотографии). Н.И. Кылосова назвала растение, найденное вблизи дер. Пиканово местными жительницами А.В. Баяндиной и М.А. Якимовой, *туригум*. Засушенные фрагменты растения отправили Т.А. Остроумовой, которая определила их как *Pleurospermum uralense* Hoffm. Эти данные позволили точно установить вид растения, из которого делают местные одноствольные дудки *туригунка / туригумка*. Заметим, что из этого же растения в Башкирии делают народный инструмент *курай* (Ильясов, 2009).

В конце 1990-х годов исследователь пермских традиционных инструментов Н.И. Жуланова обращалась к ботаникам, чтобы определить растения, из которых изготовлены многоствольные инструменты коми-пермяков и коми-зырян (Жуланова 2008, с.21–23). Растение *вольгум пикан* (в переводе с коми-пермяцкого – гладкоствольный пикан), из которого делают инструменты *пöлян/пöляннэз*, было правильно определено как *Angelica sylvestris* L. Растение *пöлян*, из которого изготавливают 2–3-ствольные флейты на нижней Иньве, в монографии Жулановой (2008, с. 24) определено предположительно как *Angelica archangelica* L. Растение *заргум/зорка*, из которого делают наиболее совершенные инструменты из 6–9 тонких дудок, было определено как *Anthriscus sylvestris*

(L.) Hoffm., что сомнительно. Эти дудки имеют гладкие тонкие стенки, тогда как у *Anthriscus sylvestris* стебли ребристые и полость окружена толстой стенкой. Недавно была опубликована часть видеоматериалов Н.И. Жулановой, на которых хорошо видно, что найденное коми-пермяцкой пэлянисткой Анной Федоровной Златиной (1928 г.р.) из дер. Мысы Гайнского р-на Пермского края растение *зорка* – это не *Anthriscus sylvestris*, а скорее всего, *Conioselinum tataricum* Hoffm. Чтобы уточнить видовую принадлежность растительного материала, Н.И. Жуланова предоставила фрагменты нескольких флейтовых инструментов из своей коллекции для молекулярно-генетического исследования.

Материалы и методы

Сбор данных по травяным музыкальным инструментам производился в ходе нескольких этноинструментоведческих экспедиций, проведенных Н.И. Жулановой или под ее руководством на территориях традиционного проживания коми-пермяков, коми-зюздинцев, прилузских и верхневычегодских коми (зырян), а также некоторых групп русских в различных районах Коми-Пермяцкого округа Пермского края (до 2005 г. – Коми-Пермяцкий автономный округ) в 1981–2001 и 2021–2022 гг., в Афанасьевском р-не Кировской обл. (экспедиции 1987 и 1988 гг.), в Усть-Куломском и Прилузском районах Республики Коми (экспедиции 1996 и 2023 гг.), а также М.М. Крюковой в Юсьвинском р-не Пермского края в 2021 г. География экспедиций охватывала ареал современного распространения пермского типа восточноевропейских многоствольных флейт.

В нашем исследовании были использованы образцы многоствольных флейт, привезенные Н.И. Жулановой из коми-пермяцких, коми-зырянских и русских деревень в 1992–2001 гг. (табл. 1). Эти инструменты представляют основные локальные традиции пермских флейт Пана. Растительный материал для изучаемых инструментов был собран самими носителями традиции вблизи мест их проживания, они же собственноручно изготовили свои инструменты. В качестве контрольных использовали образцы растений, хранящиеся в Гербарии MW (Москва). Номенклатура растений приведена по базам данных International Plant Names Index (https://ipni.org/) и Plants of the World Online (https://powo.science.kew.org/).

Для каждого образца проведен анализ нуклеотидных последовательностей внутренних транскрибируемых спейсеров ядерной рибосомной

Таблица 1

Происхождение образцов музыкальных инструментов, использованных в работе

Номер образца	Инструмент	Растение	Мастер	Год изготовления	Происхождение образца
А313	Два трехствольных комплекта *куима чипсан* для ансамблевой игры	*заргум*	Стрекалова Агния Михайловна, 1913 г.р., коми	1996	Республика Коми, Прилузский р-н, с. Чёрныш
А335 (№ 1–4)	*Пэляны* для сольной и ансамблевой игры	*заргум*	Златина Анна Федоровна, 1928 г.р., коми-пермячка	1992	Пермский край, Гайнский р-н, дер. Мысы
А358 (№ 4–1)	Два трехствольных комплекта *куима чипсан* для ансамблевой игры	*вольгум пикан*	Попова Александра Александровна, 1921 г.р., коми	1996	Республика Коми, Прилузский р-н, с. Керос
А360 (№ 6–5)	Два трехствольных комплекта *дудок* для ансамблевой игры	*пикан*	Тиунова Анна Гордеевна, 1908 г.р., русская	1995	Пермский край, Гайнский р-н, дер. Шипицыно
А361 (№ 7–1)	Часть восьмиствольного инструмента *пöляннэз* для сольной игры	*вольгум пикан*	Златина Анфиса Леонтьевна, 1929 г.р., коми-пермячка	1991	Пермский край, Гайнский р-н, дер. Мысы
А362 (№ 8–1)	Двухствольные *пöляннэз*	*пöлян*	Котова Евдокия Леонтьевна, 1922 г.р., коми-пермячка	2001	Пермский край, Юсьвинский р-н, дер. Петбор

ДНК (ITS1/ITS2), которые традиционно используются для молекулярно-филогенетических исследований и идентификации растений (Шнеер, Родионов, 2018), в том числе и в семействе зонтичные (например, Пименов и др., 2008). Согласно международной базе данных NCBI, к настоящему времени для Umbelliferae подсем. Apioideae известно более 11000 последовательностей ITS для представителей более чем 350 родов, в числе которых есть *Anthriscus*, *Angelica* и *Conioselinum*.

Геномную ДНК выделяли из растительной ткани с использованием коммерческого набора DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Германия) согласно протоколу производителя.

Амплификацию маркерного участка проводили с помощью специфических праймеров ITSL (Hsiao et al., 1994) и ITS4 (White et al., 1990). Продукты амплификации очищали с помощью набора Clean Mini («Евроген», Россия) согласно рекомендациям производителя. Определение нуклеотидных последовательностей ДНК проводили методом циклического секвенирования по Сэнгеру с использованием набора реагентов ABI PRISM® BigDye™ Terminator v. 3.1 с последующим анализом продуктов на автоматическом секвенаторе ДНК Applied Biosystems 3730 DNA Analyzer (Applied Biosystems, США) в Центре коллективного пользования «Геном» (Институт молекулярной биологии РАН им. В.А. Энгельгардта).

Полученные последовательности сравнивали с последовательностями в международной базе данных NCBI с использованием программы BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi). Выравнивание полученных последовательностей и построение матрицы нуклеотидного сходства проводили с помощью программы BioEdit (Hall, 1999).

Результаты

Для определения видовой принадлежности растительного материала, используемого для изготовления музыкальных инструментов в Пермском крае и Республике Коми, получены полноразмерные последовательности участка ядерного генома, ITS1–5.8SpРНК–ITS2, длина которых составила 599–601 пар нуклеотидов (табл. 2).

Сопоставление полученных последовательностей с хранящимися в базе данных NCBI позволило провести идентификацию таксономической принадлежности до рода и до вида. Проведенный анализ показал, что растения принадлежат двум родам и трем–четырем видам семейства зонтичные: *Conioselinum tataricum* (сходство по нуклеотидным последовательностям 98–100%), *Angelica sylvestris* (98–99%), и *Angelica archangelica* или *A. decurrens* (100%). При этом сходство по нуклеотидным последовательностям всех образцов с *Anthriscus sylvestris* составляет лишь 73–76%, подтверждая ошибочность первоначальной видовой идентификации.

Данные ITS не позволяют провести четкую идентификацию растений видов *Angelica decurrens* и *A. archangelica*, поскольку последовательности ITS1 и ITS2 этих двух видов, представленные в базе NCBI, продемонстрировали 100%-е сходство выбранных участков. Напротив, в случае *Conioselinum tataricum* и *Angelica sylvestris* выявлена внутривидовая изменчивость по последовательностям ITS1 и ITS2.

Обсуждение

В настоящее время все быстрее исчезает память о народном использовании местных видов растений в повседневной жизни человека (Ткаченко, Лебедева, 2018). Народные музыкальные инструменты выражают специфические черты нации, связанные с бытовым укладом и культурными основами. Возможность точно и эффективно определять видовую принадлежность образцов растений очень важна в этноботанических исследованиях.

Сложность таксономической идентификации растений, используемых в музыкальных инструментах, обусловлена отсутствием диагностических признаков у частей растений, идущих на их изготовление.

Народные музыкальные инструменты сделаны из полых стеблей крупных растений семейства зонтичные. Прочность музыкального инструмента, сохранение его формы при высыхании и хорошее качество звука можно объяснить наличием твердого одревеснев шего цилиндра, образованного путем заполнения толстостенной склеренхимой межпучкового пространства и ее плотного контакта с сосудистыми пучками (Ostroumova, Kryukova, 2014).

Стебли зонтичных достаточно разнообразны и могут различаться по таким признакам как высота, степень ветвления, степень выполненности междоузлий и узлов, рельеф поверхности и характер опушения, наличие вторичного утолщения (Пименов, Остроумова, 2012). Несмотря на такое разнообразие признаков стебли, тем не менее, обладают ограниченными диагностическими способностями по сравнению с плодами,

Таблица 2

Матрица сходства нуклеотидных последовательностей ITS ядерной рибосомной ДНК

Номер образца	*Angelica sylvestris*						*Angelica decurrens /A. archangelica*			*Conioselinum tataricum*				*Anthriscus sylvestris*	
	1	**2**	**3**	4	5	6	**7**	8	9	**10**	**11**	12	13	14	15
1	ID														
2	**1**	ID													
3	**1**	**1**	ID												
4	**1**	**1**	**1**	ID											
5	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	ID										
6	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,98**	ID									
7	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	ID								
8	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	**1**	ID							
9	0,96	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	**1**	**1**	ID						
10	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,89	0,9	0,9	0,9	ID					
11	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,89	0,9	0,9	0,9	**0,99**	ID				
12	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,89	0,9	0,9	0,9	**0,99**	**0,98**	ID			
13	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,89	0,9	0,9	0,9	**1**	**0,99**	**0,99**	ID		
14	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,74	0,73	0,73	0,73	0,76	0,76	0,76	0,76	ID	
15	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73	0,76	0,76	0,77	0,76	0,98	ID

Примечание: 1 – Образец «А358»; 2 – Образец «А360»; 3 – Образец «А361»; 4 – *Angelica sylvestris* (порядковый номер в базе данных GenBank (GB) MT735576); 5 – *Angelica sylvestris* (GB HQ256681); 6 – *Angelica sylvestris* (GB OQ064667); 7 – Образец «А362»; 8 – *Angelica decurrens* (GB MT735414); 9 – *Angelica archangelica* (GB MT735412); 10 – Образец «А313»; 11 – Образец «А355»; 12 – *Conioselinum tataricum* (GB AF008623, AF009102); 13 – *Conioselinum tataricum* (штрихкод гербария MW MW0458084, Карелия); 14 – *Anthriscus sylvestris* (GB GQ379320); 15 – *Anthriscus sylvestris* (GB KT347715).

признаки которых имеют ключевое значение в систематике семейства.

Поскольку по внешнему облику растения семейства зонтичные могут быть похожими, их местные названия нередко пересекаются или, не обозначая отдельный ботанический вид, отражают специфические особенности. *Пикан* – название как для крупных травянистых зонтичных растений, побеги которых употребляют в пищу, так и обозначение полого стебля растения вообще, приспосабливаемого для извлечения звуков. Словом *пикан* называют, прежде всего, борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum*), а также дудник лесной (*Angelica sylvestris*) (Анненков 1878; Андреева-Васина и др. 1992; Безносикова и др. 2000; Гайдамашко, 2017), для которого еще возможно использование фитонима *заргум* (Безносикова и др. 2000).

В последние десятилетия развитие молекулярных методов дало возможность применять молекулярные маркеры для таксономической идентификации и филогенетических исследований. Разнообразие молекулярных маркеров позволяет активно использовать их для решения различных вопросов, связанных с определением видовой принадлежности и выяснением степени родства различных групп растений.

Возможность применения молекулярных методов в идентификации растительного материала крайне актуальна. Травяные дудки изготовлены путем высушивания растительного материала без применения каких-либо химических и термических обработок, хранятся в сухом месте, что не оказывает разрушающего воздействия на ДНК, содержащуюся в растительном материале. Современные технологии

позволяют секвенировать целевую последовательность маркера, выделяя ДНК из крошечного фрагмента и не нанося ощутимого повреждения самому инструменту.

В нашем исследовании по молекулярной идентификации растений шести комплектов народных музыкальных инструментов Пермского края в качестве молекулярного маркера был использован ITS ядерной рибосомной ДНК. К настоящему времени накоплено большое количество информации по нуклеотидным последовательностям этого участка, что обеспечивает высокую репрезентативность выборки для решения самых разных задач. Наряду с достоинствами этот маркер в качестве ДНК-штрихкода имеет определенные ограничения, связанные с особенностями его организации и наследования (Шнеер, Родионов, 2018).

В работе мы столкнулись с проблемами, вызванными неодинаковой вариабельностью у разных таксонов. С одной стороны, последовательности ITS не для всех систематических групп обладают способностью разрешать образцы до вида (*Angelica decurrens* и *A. archangelica*), с другой – демонстрируют внутривидовую изменчивость (*Conioselinum tataricum* и *Angelica sylvestris*). Но в целом результаты исследования показывают, что отнесение образцов к известным видам во многих случаях оказывается эффективным и анализ нуклеотидных последовательностей ITS может быть применен для таксономической идентификации растительных образцов народных музыкальных инструментов.

Во флоре России таких растений, из которых можно изготовить флейту, т.е. обладающих большими размерами и полым стеблем, не так много (*Angelica*, *Conioselinum*, *Pleurospermum*, *Heracleum*), и растения этих родов относятся к разным трибам семейства зонтичные, согласно классификации по ITS (Downie et al. 2010), обеспечивая достаточный уровень различий при их идентификации. Полученные данные указывают на то, что результаты молекулярной идентификации можно считать убедительными только в том случае, если подробно исследована внутривидовая изменчивость, особенно для видов с широким ареалом, включая морфологически близкие виды.

Таким образом, нам впервые удалось показать, что растение *заргум/зорка,* считающееся самым предпочтительным для изготовления многоствольных флейт у коми-пермяков и коми-зырян, – это *Conioselinum tataricum*, *пикан* и *вольгум пикан* – это *Angelica sylvestris*, *пӧлян* – это *Angelica decurrens* или *A. archangelica* (табл. 3). Подтверждено также предположение, что в Юсьвинском р-не Пермского края многоствольные флейты *пӧляннэз* делали не только из *Angelica sylvestris*, но также из относительно тонких стеблей *Angelica archangelica*.

Заключение

Видовая идентификация растений семейства зонтичные всегда представляет собой непростую задачу. Трудности возникают не только у филологов и лингвистов, но и у профессиональных ботаников. Это связано с определенной спецификой семейства, когда для отнесения к тому или иному виду требуется изучение мельчайших особенностей. К сожалению, для Пермского края до сих пор не было публикаций по этноботанике, где коми-пермяцкие фитонимы были бы сопоставлены с научными ботаническими названиями, подтвержденными специальными ваучерами, желательно в виде гербарных образцов, хранящихся в доступных Гербариях. Менее полезны фотографии, так как на них не всегда можно различить диагностические признаки и нет возможности для проведения дополнительных исследований, например молекулярно-био-

Таблица 3

Научные ботанические названия растений, из которых были изготовлены музыкальные инструменты

Фитоним	Научное ботаническое название
вольгум пикан	*Angelica sylvestris* L.
заргум	*Conioselinum tataricum* Hoffm.
пикан	*Angelica sylvestris*
пӧлян	*Angelica decurrens* (Ledeb.) B.Fedsch. или *A. archangelica* L.
туригум	*Pleurospermum uralense* Hoffm.

логических. Еще не поздно проводить подобные комплексные ресурсоведческие исследования, чтобы, беседуя с носителями коми-пермяцкого языка, совершая экскурсии и записывая сведения о свойствах зонтичных растений и их названия, сохранить народные знания об использовании видов местной флоры в разных областях культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Андреева-Васина Н.И., Денисенко Ю.Ф., Марецкая А.Ф., Павленко П.И., Попова Н.В., Порохова О.Г., Романова Н.А., Этерлей Е.Н. Словарь русских народных говоров. Печечки – Поделывать. Вып. 27. СПб, 1992. 400 с. [Andreeva-Vasina N.I., Denisenko Yu.F., Maretskaya A.F., Pavlenko P.I., Popova N.V., Porokhova O.G., Romanova N.A., Eterley E.N. Dictionary of Russian Folk Dialects. Pechechki – Podelivat'. Vol. 27. SPb., 1992. 400 p. (in Russ.)].

Анненков Н.И. Ботанический словарь: Справочная книга для ботаников, сельских хозяев, садоводов, лесоводов, фармацевтов, врачей, дрогистов, путешественников по России и вообще сельских жителей. СПб., 1878. 646 с. [Annenkov N.I. Botanical Dictionary: A Reference Book for Botanists, Farmers, Gardeners, Foresters, Pharmacists, Doctors, Druggists, Travelers in Russia, and Rural Residents in General. SPb., 1878. 646 p. (in Russ.)].

Безносикова Л.М., Айбабина Е.А., Коснырева Р.И. Коми-роч кывчукӧр (Коми-русский словарь) / Отв. ред. Л.М.Безносикова. Сыктывкар, 2000. 816 с. [Beznosikova L.M., Aibabina E.A., Kosnyreva R.I. Komi-roch kyvchukör (Komi-Russian Dictionary) / Ed. L.M. Beznosikova. Syktyvkar: Komi book. publishing house, 2000. 816 p. (in Russ.)].

Белицер В.Н. Очерки по этнографии народов коми XIX – начала XX вв. / Тр. института этнографии имени Н.Н. Миклухо-Маклая, новая серия. Т. XLV. М.: Издательство Академии наук СССР, 1958. 391 с. [Belitser V.N. Essays on the ethnography of the Komi peoples of the 19th – early 20th centuries / Proceedings of the N.N. Miklouho-Maclay Institute of Ethnography, new series. Vol. XLV. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1958. 391 p. (in Russ.)].

Гайдамашко Р.В. К этимологии и лингвогеографии названий зонтичных растений в русских говорах Прикамья: пучка, умра // Труды Института лингвистических исследований РАН. 2017. Том XIII. Ч. 2. С. 298–331. [Gaidamashko R.V. On the etymology and linguogeography of Umbelliferae plant names in the Russian dialects of the Kama region: puchka, umra // Acta Linguistica Petropolitana. Vol. XIII, P. 2. 2017. P. 298–331. (in Russ.)].

Герасимов О.М. Народные музыкальные инструменты мари. Йошкар-Ола: Издательский центр МПИК, 1996. 223 с. [Gerasimov O.M. Folk musical instruments of the Mari. Yoshkar-Ola: Publishing center MPIK, 1996. 223 p. (in Russ.)].

Грузинская народная инструментальная музыка / Составитель М. Шилакадзе. М., 1989. 93 с. [Georgian folk instrumental music / Compiled by M. Shilakadze. M., 1989. 93 p. (in Russ.)].

Жуланова Н.И. Многоствольные флейты в традиционной культуре коми-пермяков. М., 2008. 212 с. [Zhulanova N.I. Multi-barreled flutes in the traditional culture of the Komi-Permyaks. M., 2008. 212 p. (in Russ.)].

Жуланова Н.И. Многоствольные флейты в русских селах Северо-Западного Прикамья. Из неопубликованных экспедиционных материалов // Традиционная культура. Научный альманах. 2022. Т. 23. № 3. С. 12–26 [Zhulanova N.I. Multi-barreled flutes in Russian villages of the North-West Kama region. From unpublished expedition materials // Traditional Culture. Scientific Almanac. 2022. Vol. 23. N 3. P. 12–26. (in Russ.)].

Иванов А.Н. Волшебная флейта южнорусского фольклора (от Дона до Оскола) // Сохранение и возрождение фольклорных традиций. Сборник научных трудов. М., 1993. Вып 2. Ч. 1. С. 30–76 [Ivanov A.N. The Magic flute of South Russian Folklore (from the Don to Oskol) // Preservation and Revival of Folklore Traditions. Collection of Scientific Papers. M.,1993. Iss. 2. Part 1. P. 30–76 (in Russ.)].

Ильясов Т.Т. Башкирский национальный музыкальный инструмент – курай: к истории происхождения // Вестник Челябинского государственного университета. 2009. № 28 (166). История. Вып. 34. С. 35–38 [Ilyasov T.T. Bashkir national musical instrument – kurai: on the history of origin // Bulletin of Chelyabinsk State University. 2009. N 28 (166). History. Iss. 34. P. 35–38 (in Russ.)].

Кулаковский Л.В. Искусство села Дорожево. У истоков народного театра и музыки. М., 1959. 141 с. [Kulakovsky L.V. Art of the village of Dorozhevo. At the origins of folk theater and music. Moscow: Soviet composer, 1959. 141 p. (in Russ.)].

Мациевский И.В. О финно-угорских реликтах и параллелях в русской народной инструментальной музыке // Финно-угорский музыкальный фольклор и взаимосвязи с соседними культурами / Сост. И. Рюйтел. Таллинн, 1980. С. 9–20 [Matsievsky I.V. On Finno-Ugric relics and parallels in Russian folk instrumental music // Finno-Ugric musical folklore and relationships with neighboring cultures / Compiled by I. Rüitel. Tallinn, 1980. P. 9–20 (in Russ.)].

Пименов М.Г., Клюйков Е.В., Дегтярева Г.В. Ferula

xylorhachis (Umbelliferae) – новый вид для флоры Средней Азии // Ботанический журнал. 2008. Т. 93. № 10. С. 95–101 [Pimenov M.G., Klyuikov E.V., Degtyareva G.V. Ferula xylorhachis (Umbelliferae) – a new species for the flora of Central Asia // Botanicheskii Zhurnal. 2008. Vol. 93. N 10. P. 95–101 (in Russ.)].

Пименов М.Г., Остроумова Т.А. Зонтичные (Umbelliferae) России. М., 2012. 477 с. [Pimenov M.G., Ostroumova T.A. Umbelliferae of Russia. M., 2012. 477 p. (in Russ.)].

Пчеловодова И.В. Аэрофоны в системе традиционной инструментальной культуры удмуртов // Ежегодник финно-угорских исследований. 2010. № 1. С. 95–108 [Pchelovodova I.V. Aerophones in the system of traditional instrumental culture of the Udmurts // Yearbook of Finno-Ugric studies. 2010. N 1. P. 95–108 (in Russ.)].

Рахимов Р.Г. Башкирская народная инструментальная культура: этноорганологическое исследование. 2-е изд. доп. Уфа, 2010. 188 с. [Rakhimov R.G. Bashkir folk instrumental culture: ethnoorganological study. 2nd ed. suppl. Ufa, 2010. 188 p. (in Russ.)].

Савельева И.М. Брянские кувиклы // Вестник Российского фольклорного союза. 2003. № 2 (7). С. 12–16 [Savelyeva I.M. Bryansk kuvikly // Bulletin of the Russian Folklore Union. 2003. N. 2 (7). P. 12–16 (in Russ.)].

Соловьев И.В. Музыкальные инструменты саами в истории культуры // Музыкальные инструменты в истории культуры. Сборник материалов Международной инструментоведческой конференции, посвященной 100-летию К.А. Верткова. СПб., 2007. С. 71–73 [Soloviev I.V. Sami musical instruments in the history of culture // Musical instruments in the history of culture. Collection of materials from the International instrumentation conference dedicated to the 100th anniversary of K.A. Vertkov. SPb., 2007. P. 71–73. (in Russ.)].

Ткаченко К.Г., Лебедева Т.П. Этноботаника в современном мире. Обзор // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 172–184 [Tkachenko K.G., Lebedeva T.P. Ethnobotany in the modern world. Review // Bulletin of VSU, series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2018. N 2. P. 172–184 (in Russ.)].

Херцеа И. Феномен на грани вокального и инструментального («фифа» – вид румынской флейты) // Народные музыкальные инструменты и инструментальная музыка. Сборник статей и материалов в двух частях. Часть вторая. М., 1988. С. 217–219 [Hercea I. Phenomenon on the Verge of Vocal and Instrumental (“fifa” is a type of Romanian flute) // Folk Musical Instruments and Instrumental Music. Collection of Articles and Materials in Two Parts. Part Two. M., 1988. P. 217–219 (in Russ.)].

Чисталев П.И. Музыкальные инструменты пермских народов. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР. 1980. 25 с. [Chistalev P.I. Musical Instruments of the Perm Peoples. Syktyvkar: Komi Branch of the USSR Academy of Sciences. 1980. 25 p. (in Russ.)].

Чисталев П.И. Коми народные музыкальные инструменты. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1984. 104 с. [Chistalev P.I. Komi Folk Musical Instruments. Syktyvkar: Komi Book Publishing House, 1984. 104 p. (in Russ.)].

Шнеер В.С., Родионов А.В. ДНК-штрихкоды растений // Успехи современной биологии. 2018. Т. 138. № 6. С. 531–538 [Shneer V.S., Rodionov A.V. DNA Barcodes of Plants // Advances in Modern Biology. 2018. Vol. 138. N 6. P. 531–538 (in Russ.)].

Dević D. Dudurejš – Eintonflöten aus dem Homolje // Studia Instrumentorum Musicae Popularis 3 (ed. by G. Hilleström). Stockholm, 1974. P. 42–43.

Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic Acids Symposium Series 41. 1999. P. 95–98.

Hsiao C., Chatterton N.J., Asay K.H., Jensen K.B. Phylogenetic relationships of 10 grass species: an assessment of phylogenetic utility of the internal transcribed spacer region in nuclear ribosomal DNA in monocots // Genome. 1994. Vol. 37. P. 112–120.

International Plant Names Index (https://ipni.org/) Accessed 10.09.2024

Kljuykov E.V., Liu M., Ostroumova T.A., Pimenov M.G., Tilney P.M., van Wyk B-E. Towards a standardised terminology for taxonomically important morphological characters in the Umbelliferae // South African Journal of Botany. 2004. Vol. 70. N 3. P. 488–496.

Ostroumova T.A., Kryukova M.M. Umbellifere and traditional music // Istanbul Journal of Pharmacy. 2014. Vol. 44. N 2. P. 157–161.

Plants of the World Online (https://powo.science.kew.org/) Accessed 10.09.2024

Plunkett G.M., Pimenov M.G., Reduron J.-P., Kljuykov E.V., VanWyk B.-E., Ostroumova T.A. et al. Apiaceae. In The Families and Genera of Vascular Plants / Kubitzki K. (Ed.) Berlin/Heidelberg: Springer International Publishing AG, Part of Springer Nature, 2018. P. 9–206.

White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / Innis M.A., Gelfand D.H., Sninsky J.J., White T.J. (Eds.) PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press, 1990. P. 315–322.

Žarskienė R. Skudučiai ir jų giminaičiai. Lyginamieji tyrimai. Vilnius: «Visuomenės» žurnalo redakcija, 1993. 71 c.

Информация об авторах

Татьяна Александровна Остроумова – вед. науч. сотр. НОЦ – Ботанический сад имени Петра I биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, канд. биол. наук (ostroumovata@gmail.com);

Галина Викторовна Дегтярева – вед. науч. сотр. НОЦ – Ботанический сад имени Петра I биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, канд. биол. наук (degavi@mail.ru);

Надежда Ильинична Жуланова – ст. науч. сотр. Государственного института искусствознания (Москва), Сектор фольклора и народного искусства, канд. искусствоведения (Zhulanova-Nadja@yandex.ru);

Марина Михайловна Крюкова – музыкант, учитель музыки в «Гимназии во имя апостола и евангелиста Иоанна Богослова», руководитель Творческого объединения «Репей», педагог-организатор ГБОУ Школы № 1561 (shygry@gmail.com).

Information about the author

Tatiana Alexandrovna Ostroumova, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Research and Educational Center – Botanical Garden of Peter I, Faculty of Biology of Lomonosov Moscow State University; 1, building 12, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia (ostroumovata@gmail.com);

Galina Viktorovna Degtjareva, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Research and Educational Center – Botanical Garden of Peter I, Faculty of Biology of Lomonosov Moscow State University; 1, building 12, Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russia (degavi@mail.ru);

Nadezhda Ilyinichna Zhulanova, Candidate of Art History, Senior Researcher at the State Institute for Art Studies, Sector/Department of Folklore and Folk Art; 5, Kozitsky lane, Moscow, 125375 (Zhulanova-Nadja@yandex.ru);

Marina Mikhaylovna Kryukova – musician, music teacher, head of the Creative Association «Repei», State Budgetary Educational Institution School No. 1561, «Gymnasium in the name of the Apostle and Evangelist John the Theologian»; 7, building 2, Partizanskaya street, Moscow, 121351 (shygry@gmail.com).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.02.2024; одобрена после рецензирования 21.10.2024; принята к публикации 04.11.2024.

The article was submitted 26.02.2024; approved after reviewing 21.10.2024; accepted for publication 04.11.2024.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 582.29:378.016

МИНЕРАЛЬНО-СОЛЕВАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ЛИШАЙНИКОВ

Алексей Васильевич Пчелкин

Институт географии РАН, лаборатория биогеографии, pchelkin@igras.ru

Аннотация. Стабилизированные глицериновым составом лишайники широко используют в флористике, учебном процессе, ландшафтном макетировании. Недостатком глицериновой стабилизации является высокая пожароопасность. Предложены минерально-солевые составы на основе наиболее доступных и дешевых реагентов. Приведены сравнительные результаты краш-тестов талломов, пропитанных глицерином и растворами минеральных солей. Проведено сравнение стабилизирующих составов на основе глицерина и на основе минеральных солей на пожароопасность. Стабилизированные минерально-солевыми составами лишайники показали высокую эффективность по Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности по показателю распространения пламени (РП1). Минерально-солевая стабилизация не влияет на восприятие талломами красителей; лучшие результаты как для обычной окраски, так и для флуоресцентной, отмечены для талломов лишайников, отбеленных в растворе перекиси водорода, а также для свежесобранных образцов. Добавка антипиренов в глицериновую пропитку незначительно снижает показатель распространения пламени до РП3. Предложен экспресс-метод минерально-солевой стабилизации лишайников.

Ключевые слова: минерально-солевая стабилизация, пожарная безопасность, флористика, ландшафтное макетирование, экологические экспозиции

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-45-52

Финансирование. Исследования проведены по теме Госзадания FMWS-2024-0007.

Для цитирования: Пчелкин А.В. Минерально-солевая стабилизация лишайников // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 45–52.

ORIGINAL ARTICLE

MINERAL-SALT PRESERVATION OF LICHENS

Alexey V. Pchelkin

Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Laboratory of Biogeography, pchelkin@igras.ru

Abstract. Lichens preserved with glycerin composition are widely used in floristics, educational process, landscape layout. The disadvantage of glycerin preservation is the high fire hazard. Mineral-salt compositions based on the most affordable and cheap reagents are proposed. Comparative results of crash tests of thalli impregnated with glycerin and solutions of mineral salts are presented. A comparison was made of preserving compositions based on glycerin and those based on mineral salts for fire hazard. Lichens preserved with mineral-salt compositions showed high efficiency according to the Technical Regulations on Fire safety requirements in terms of flame propagation (RP1). Mineral-salt preservation (stabilization) does not affect the perception of dyes by thallomas; The best results, both for conventional and fluorescent coloring, were noted for lichen thallomas bleached in a solution of hydrogen peroxide,

as well as for freshly collected samples. The addition of flame retardants to glycerin impregnation slightly reduces the flame propagation rate to RP3. An express method of mineral-salt preservation for lichens is proposed.

Keywords: mineral-salt preservation, fire safety, preserved lichens, floristry, landscape layout, environmental expositions

Financial Support. The research was conducted on the topic of the FMWS-2024-0007 State Assignment.

For citation: Pchelkin A.V. Mineral-salt stabilization of lichens // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 33–40.

Создание наглядных пособий и ландшафтных макетов имеет большое значение в экологическом образовании. Природные диорамы и экологические экспозиции широко используются в музейном деле (Клюкина, 1999) и учебном процессе. При создании экологических диорам особое внимание следует уделять предметам переднего плана, так как от его достоверности зависит общее восприятие диорамы. В представлении экологических экспозиций и диорамных природных зон наличие на переднем плане лишайников – непременный атрибут тундровой и таежной зон, а также диорам, дающих представление об антропогенном воздействии на экологическую обстановку, поскольку лишайники – классические биоиндикаторы. При создании диорам и ландшафтных макетов применяют различные материалы. Один из наиболее распространенных – вспененный полиуретан различных расцветок, применяемый для имитации травяного покрова и для фолиажа. Однако высокая воспламеняемость полиуретана и его способность выделять большое количество дыма и токсичных газов при горении значительно ограничивают его применение в масштабных экспозициях. Так, пожар на матрасах из полиуретана привел к гибели 35 заключенных в тюрьме Буэнос-Айреса, Аргентина в 1990 г. Причиной смерти стало отравление синильной кислотой (HCN) и угарным газом (CO), которые выделяются при горении полиуретаном (Ferrari et al., 2001). При пожаре в ночном клубе «STATION» 20 февраля 2003 г. в результате воздействия дыма и токсичных газов, образующихся при горении звукоизоляции из пенополиуретана на стенах клуба, менее чем за 10 мин погибли 96 человек и еще 200 получили ранения, которые в дальнейшем по большей части тоже закончились смертью (Xiu, Jianwei, Sabyasachi, 2016). Во время террористического акта в «Крокус Сити Холле» 22 марта 2024 г. (Россия) причиной смерти людей стали не только огнестрельные ранения, но и отравление продуктами горения. Использование антипиренов частично уменьшает пожароопасность полиуретана (Jao et al., 2013), но остается проблема утилизации. Попав в природную среду, полиуретан разлагается в течение многих десятков лет, причем полной биодеградации полимера не происходит (Зачиняев и др., 2009), а в числе продуктов гидролиза полиуретана есть диамины метилендианилин и толуолдиамин, которые являются канцерогенами. При использовании поливинилхлорида эти проблемы остаются. Хорошей альтернативой полиуретану в ландшафтном макетировании, экологических диорамах, фитостенах и в качестве наглядного материала в учебном процессе (Пчелкин, 2016) является использование стабилизированных лишайников, для которых нет проблем с утилизацией, а полная биодеградация которых в природной среде происходит в течение нескольких месяцев. Широко используются окрашенные стабилизированные лишайники при создании декоративных панно и в ландшафтном макетировании. Стабилизированные лишайники также используют для улучшения звукоизоляции и теплоизоляции при создании фитостен (Brown, 2021). Один из наиболее масштабных примеров использования эпигейных лишайников – международная выставка-форум «Россия» 2023–2024 гг. на ВДНХ, где площадь фитостен и панно из эпигейного лишайника *Cladonia stellaris* в экспозициях некоторых регионов превышала 15 м^2. (рис. 1), а общая площадь достигала десятков квадратных метров.

На этой выставке были широко использованы эпигейные лишайники для создания ландшафтных макетов, например в экспозиции Ставропольского края. Лишайники были использованы как для создания целых макетов деревьев и кустарников, так и для фолиажа (рис. 2).

При создании таких экспозиций лишайники, в отличие от искусственных материалов, имеют

определенные преимущества. Прежде всего, это экологичность. Стабилизированные лишайники хорошо окрашиваются водо- и спиртораствори мыми красителями, в том числе пищевыми. В отличие от экологических экспозиций сосудистых растений (Журов, 2012), лихенологические экспозиции можно организовывать в закрытых помещениях и они не требуют такого ухода, как живые растения.

Лиофилизированные воздушной сушкой талломы лишайников (Заславский, 1986), особенно видов, входящих в состав ягеля, хорошо сохраняют цвет и форму в течение длительного времени. Однако в процессе эксплуатации и переоформления природных диорам талломы лишайников подвергаются механическому воздействию, а поскольку лиофилизированные талломы очень хрупки, происходит их разрушение, что приводит к ухудшению внешнего вида диорам и необходимости замены наглядных пособий. Наиболее хрупкие образцы лишайников при этом быстро разрушаются. Особенно это относится к кустистым эпигейным видам из рода *Cladonia* группы *Cladina*: *Cladonia arbuscula, Cladonia mitis, Cladonia rangiferina, Cladonia stellaris* и др. Увеличить сохранность лишайников позволяет их стабилизация, придание хрупким образцам эластичности, сходной с эластичностью увлажненных талломов. Один из наиболее простых способов – водно-глицериновая стабилизация, осуществляемая погружением талломов в водный раствор глицерина или их опрыскиванием (Balasch, 1995). Этот метод имеет множество

Рис. 1. Панно с *Cladonia stellaris* на экспозиции Кировской обл. (Международная выставка-форум «Россия», 2023–2024 гг.)

Рис. 2. Ландшафтный макет с *Cladonia stellaris* и *Cladonia arbuscula* окрестностей Пятигорска на экспозиции Ставропольского края (Международная выставка-форум «Россия», 2023–2024 гг.)

достоинств, удобен для изучения морфологии лишайников (Пчелкин, 2019, 2024), хорошо сохраняет талломы различных видов р. *Cladonia*, но обладает одним недостатком: лишайники, пропитанные стабилизирующим составом на основе 15–30%-го глицерина так же пожароопасны, как и сухие гербарные образцы. В некоторых рецептах концентрация глицерина достигает 50%, что делает талломы лишайников еще более пожароопасными, поскольку глицерин используют как компонент для изготовления декоративных прозрачных свечей. Другой способ стабилизации – минерально-солевая стабилизация. Но если составы для глицериновой стабилизации общедоступны, то составы для минерально-солевой стабилизации обычно представляют коммерческую тайну. Имеющиеся рецепты солевой стабилизации на основе 30%-го раствора хлорида натрия (Стабилизация мха…., 2023) нужно рассматривать не как стабилизацию, а как фиксацию: при этом способе талломы лишайников остаются такими же хрупкими, как и у лиофилизированных воздушной сушкой.

Цель настоящего исследования состояла в том, чтобы предложить некоторые составы минерально-солевой стабилизации, оценить возможность использования такой стабилизации для увеличения сохранности образцов лишайников, их пожарной безопасности и сделать так, чтобы коммерческая тайна перестала быть тайной, а составы стали бы общедоступны и совершенно бесплатны для преподавателей лихенологии, музейных работников и всех, кто интересуется лишайниками.

Материалы и методы

Нам не удалось найти в литературе и в интернете рецептуру стабилизирующих составов для лишайников на основе минеральных солей, отмечается только, что составы представляют коммерческую тайну. Сообщения, что минерально-солевая стабилизация – дорогостоящий и трудоемкий процесс, возможный только в специализированных центрах, скорее всего, носят маркетинговый характер. Однако некоторые сведения заслуживают внимания: при пониженной влажности воздуха рекомендуется слегка опрыскивать чистой водой лишайники, стабилизированные минеральной пропиткой; розничная стоимость стабилизированных лишайников (ягеля) составляет от 750 до 950 руб. за 0,5 кг на период 2024 г.

Можно предположить, что реактивы для стабилизации должны быть дешевы и общедоступны, поэтому в экспериментах не были использованы составы на основе жидких солей (или ионных жидкостей, т.е. солей с низкой температурой плавления, которые в безводном состоянии при комнатной температуре находятся в жидком состоянии) ввиду их дороговизны и редкости (например, 50 г тетрафторбората 1-*н*-бутил-3-метилимидазолия стоят около 60 тыс. руб.). Поэтому в экспериментах мы использовали наиболее дешевые и общедоступные реагенты.

Для экспериментов были использованы лишайники свежесобранные (сборы 2018 г.), лишайники из криобанка, хранившиеся при температуре –18ºС и поэтому идентичные свежесобранным, а также старые образцы, собранные в 90-е годы XX в. и хранившиеся при температуре +25 ºС. Для стабилизации использованы составы на основе солей хлорида кальция $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, формиата калия HCOOK, ацетата калия $K(CH_3COO) \cdot 1{,}5H_2O$, карбамида $CO(NH_2)_2$, нитрата аммония NH_4NO_3, смесь на основе нитрата аммония и карбамида (в соотношении 2:1, 1:1, 1:2). Качественные исследования проводили при разной относительной влажности воздуха (30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90%), концентрация солей составляла 15, 20, 25, 30 и 50%. Использовали также смесь на основе нитрата аммония (10%), карбамида (10%) и глицерина (5%). Наибольший интерес представляет эксперимент при 60%-й относительной влажности воздуха (именно такая влажность обычна для закрытых помещений). При этой влажности воздуха были проведены количественные измерения с помощью «краш-теста». Формиат и ацетат калия были получены воздействием соответствующих кислот на карбонат калия с титрованием до pH 6).

Пропитку лишайников осуществляли погружением воздушно-сухих талломов в смесь до достижения мягкости. После этого талломы высушивали в течение суток при относительной влажности воздуха 60% и температуре воздуха 20 °С. Для оценки хрупкости стабилизированных талломов по сравнению с нестабилизированными был использован «краш-тест», аналогичный для глицериновой стабилизации (Пчелкин, 2019): к испытуемым образцам было приложено давление в 5 кг при относительной влажности воздуха 60% и температуре воздуха +25 ºС, было проведено по 50 измерений для каждого значения концентрации. После каждого

сжатия взвешивали выкрошившиеся фрагменты талломов и определяли процентное отношение их веса к весу тестируемого образца. Для взвешивания применяли аналитические торсионные весы TECHNIPROT WAGA TORSYINA-WT с точностью взвешивания 1 мг. Для «краш-теста» использовали свежесобранные талломы и талломы из криобанка кустистого эпигейного вида *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vězda. Для статистических расчетов средней и ошибки средней была использована отечественная программа STADIA 8.0. Вычисление проведено до сотых долей. Если значение было менее 0,01, то в таблице оно обозначено как 0,00.

Поскольку стабилизированные лишайники используют во флористике, нами была проведена проверка на окраску талломов в зеленый цвет (метиленовый синий + тартразин), голубовато-зеленоватый (бриллиантовый зеленый), добавкой красителя в стабилизирующий раствор. Концентрация красителя зависит от желаемой интенсивности окраски: меньшая концентрация дает более легкие, «воздушные» оттенки, при большей концентрации цвет получается более насыщенным. Для оценки восприятия талломами флуоресцентного красителя был использован уранин А (флуоресцеин натрия); проверка в этом случае проведена с использованием УФ-излучателя (с фильтром Вуда для отсечения паразитарной засветки) с длиной волны 366 нм. В экспериментах по окрашиванию были использованы как талломы из криобанка, так и гербарные образцы.

Оценка огнестойкости была осуществлена воздействием пламени на стабилизированные талломы и на контрольные, нестабилизированные, лиофилизированные талломы *Cladonia arbuscula* и *Cladonia stellaris,* которые чаще всего используют для фитодизайна и ландшафтного макетирования. Пожарную безопасность стабилизированных талломов лишайников оценивали по 4-балльному показателю распространения пламени, горения, тления (Федеральный закон…, 2022):

1) нераспространяющие (РП1);
2) слабораспространяющие (РП2);
3) умереннораспространяющие (РП3);
4) сильнораспространяющие (РП4).

В экспериментах по пожарной безопасности были использованы гербарные образцы, хранившиеся в лабораторных условиях почти тридцать лет, обычные стабилизированные талломы и талломы с предварительным отбеливанием, а также талломы с добавкой антипирена. Отбеливание не является непременным условием стабилизации, но используется для улучшения окрашивания, особенно если требуются талломы, окрашенные в светлые тона. Для отбеливания использовали 3%-й раствор перекиси водорода, выдерживали в нем талломы в течение нескольких часов, а затем тщательно промывали холодной водой. Ускорить процесс можно добавлением к раствору перекиси водорода 10%-го водного раствора аммиака. При этом интенсивно выделяется атомарный кислород, раствор вспенивается. После такого отбеливания также необходима тщательная промывка. В качестве антипиренов были использованы добавки тетрабората натрия и хлорида натрия (табл. 2).

Результаты и обсуждение

Из табл. 1 видно, что наиболее устойчивыми к «краш-тесту» и сохраняющими мягкость талломов оказались карбамидно-нитратная (в соотношении 1:1 и 1:2) и карбамидно-нитратно-глицериновая смеси. Несколько худшие результаты показали смеси на основе калийно-ацетатной, калийно-формиатной и кальций-хлоридной пропиток, хотя для всех них отмечена способность сохранять мягкость талломов лишайников. Однако выдерживание талломов в течение четырех лет показало, что лишайники, обработанные формиатным и ацетатным составами, со временем несколько разрушаются: мягкость талломов сохраняется, но способность восстанавливать первоначальную форму немного ухудшается, хотя такие талломы пригодны для фитостен и макетирования. Кальций-хлоридный состав относительно неплохо работает только при концентрации соли 50%.

В табл. 2 показано, что наиболее безопасны в пожарном отношении талломы, стабилизированные калийно-формиатным, калийно-ацетатным, кальций-хлоридным и карбамидно-нитратными составами. Самыми опасными в пожарном отношении оказались талломы без пропитки и талломы, стабилизированные глицерином. Даже небольшая добавка (6%) глицерина к минерально-солевой пропитке значительно увеличивает пожароопасность талломов. Добавка антипиренов несколько снижает пожароопасность, но не ликвидирует ее полностью; лучшие результаты показала добавка тетрабората натрия.

Все варианты минерально-солевой стабилизации оказались пригодными для окраски; лучшие

Таблица 1

Потери веса таллома *Cladonia stellaris* (%) при разной концентрации солей в растворе (среднее и ошибка средней) при 60%-й влажности воздуха и *T* = +25 °C

Концентрация / Солевой состав	Разрушение таллома (%) при концентрации солей в пропитывающем растворе: среднее и ошибка средней				
	15%	20%	25%	30%	50%
Формиат калия	26,11±0,29	2,03±0,03	0,33±0,04	0,23±0,03	< 0,00
Ацетат калия	25,23±0,32	2,50±0,02	0,41±0,05	0,35±0,04	< 0,00
Хлорид кальция	38,3±0,41	17,47±0,02	12,52±0,04	11,72±0,0	10,32±0,00
1Карбамид : 1Нитрат аммония	0,09±0,02	0,06±0,00	0,04±0,00	0,03±0,00	0
1Карбамид : 2Нитрат аммония	0,11±0,01	0,05±0,01	0,03±0,00	0,02±0,00	0,01±0,00
2Карбамид : 1Нитрат аммония	6,47±1,01	1,07±0,01	1,01±0,01	0,56±0,01	0,01±0,00
1Карбамид : 1Нитрат аммония : 0,5 Глицерин	0,02±0,00	<0,00	0	0	0
Карбамид	21,34±3,00	20,52±2,09	20,02±2,19	19,12±2,1	18,22±2,01
Нитрат аммония	17,73±2,32	17,39±1,49	16,56±1,63	15,78±1,4	14,10±1,6
Контроль (без пропитки)	47±3,22	–	–	–	–

Таблица 2

Оценка пожарной безопасности стабилизированных талломов лишайников по показателю распространения пламени

Талломы лишайников / Состав стабилизации	Показатель распространения пламени, горения (РП)			
	Cladonia stellaris		*Cladonia arbuscula*	
	обычный	осветленный	обычный	осветленный
Формиат калия 30%	1	1	1	1
Ацетат калия 30%	1	1	1	1
Хлорид кальция 30%	1	1	1	1
12,5% Карбамид:12,5% Нитрат аммония	1	1	1	1
Глицерин 30%	4	4	4	4
15% Карбамид:15% Нитрат аммония	1	1	1	1
12% Карбамид:12% Нитрат аммония: 6% Глицерин	3	3	3	3
30% Глицерин + хлорид натрия	3	3	3	3
30% Глицерин + тетраборат натрия	2	2	2	2
Контроль (без пропитки)	4	4	4	4

результаты получены для талломов, обесцвеченных перекисью водорода и наиболее свежие талломы (из криобанка). Наилучшие результаты для флуоресцентной окраски дали отбеленные талломы и талломы из криобанка, показавшие наиболее яркое свечение в темноте под действием ультрафиолетового излучения – для таких талломов отмечена максимальная степень излучения.

Общая схема экспресс-метода пожаробезопасной минерально-солевой стабилизации: 1) увлажнение талломов, очистка от посторонних включений, удаление базальных (отмерших) частей талломов, промывка; 2) неполное подсушивание (до эластичного, но не мокрого состояния), это не является необходимым, но желательно, поскольку воздушно-сухие талломы очень хрупкие; 3) отбеливание в 3%-м растворе перекиси водорода, для ускорения отбеливания можно добавить водный раствор аммиака, это не является обязательным, но способствует лучшей окраске, если она необходима; 4) тщательная промывка; 5) замачивание в течение 1–3 ч при периодическом переворачивании слегка подсушенных промытых талломов в стабилизирующем растворе (15% карбамида + 15% нитрата аммония + краситель), концентрацию солей можно изменять – чем больше концентрация, тем мягче талломы; 6 – воздушная сушка, желательно при той влажности воздуха, при которой планируется экспозиция талломов лишайников, обычно достаточно 24–48 ч. Проверка процесса стабилизации лишайников студентами 4-го курса показала, что это не вызывает у них никаких затруднений.

Выводы

Для обеспечения максимальной противопожарной безопасности можно рекомендовать минерально-солевую стабилизацию, которая дает показатель распространения пламени, равный 1 (РП1). Из протестированных составов наилучшие результаты показали растворы на основе карбамидно-нитратной (15% карбамида + 15% нитрата аммония) стабилизации. Эти растворы по степени стабилизации (сохранению мягкости талломов лишайников) конкурируют с глицериновой пропиткой, но превосходят последнюю по огнестойкости. Минерально-солевая стабилизация не влияет на восприятие талломами красителей; лучшие результаты как для обычной окраски, так и для флуоресцентной, отмечены для талломов лишайников, отбеленных в растворе перекиси водорода, а также для свежесобранных образцов. Добавка антипиренов в глицериновую пропитку незначительно снижает показатель распространения пламени до РП3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Журов В.Д. Разработка классификации ландшафтных экспозиций // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 1. С. 142–144 [Zhurov V.D. Development of classification of landscape exposures // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. 2012. № 1. S. 142–144 (in Russ.)].

Заславский М.А. Экологическая экспозиция в музее: Пособие для музейных работников по конструированию музейных биол. композиций / М.А. Заславский; АН СССР, Зоол. ин-т. Л., 1986. 320 с. [Zaslavskii M.A. Ekologicheskaya ekspozitsiya v muzee: Posobie dlya muzeinykh rabotnikov po konstruirovaniyu muzeinykh biol. kompozitsii / M.A. Zaslavskii; AN SSSR, Zool. in-t. L., 1986. 320 s. (in Russ.)].

Зачиняев Я.В., Мирошниченко И.И., Зачиняева А.В. Исследование процесса биодеградации при захоронении полиуретана в различных почвах при утилизации промышленных отходов // Технико-технологические проблемы сервиса. 2009. № 2 (8). С. 46–49 [Zachinyaev Ya.V., Miroshnichenko I.I., Zachinyaeva A.V. Study of the biodegradation process during burial of polyurethane in various soils during industrial waste disposal // Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa. № 2 (8). S. 46–49 (in Russ.)].

Клюкина А.И. Естественнонаучный музей как центр формирования экологической культуры. Дис. … канд. культурологических наук. СПб., 1999. 254 с. [Klyukina A.I. Estestvennonauchnyi muzei kak tsentr formirovaniya ekologicheskoi kul'tury – Dis. … kand.. kul'turologicheskikh nauk. SPb., 1999, 254 s. (in Russ.)].

Пчелкин А.В. Использование стабилизированных лишайников в учебном процессе // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2019. Т. 124. Вып. 4. С. 48–54 [Pchelkin A.V. The use of stabilized lichens in the educational process // Byul. MOIP. Otd. biol. 2019. T. 124. Vyp. 4. S. 48–54 (in Russ.)].

Пчелкин А.В. Изучение лишайников рода *Cladonia* методом стабилизации // Современная микология в России (2024. Т. 10). Мат-лы междунар. микологического форума. М., 2024. Т. 10. С. 194–195 [Pchelkin A.V. Izuchenie lishainikov roda *Cladonia* metodom stabilizatsii // Sovremennaya mikologiya v Rossii (2024. T. 10). Matly mezhdunar. mikologicheskogo forumaM., 2024. T. 10. S. 194–19. (in Russ.)].

Стабилизация мха солевым способом: рецепт и особенности процесса [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://buldogok.ru/2023/10/12/stabilizaciya-mxa-solevym-sposobom-recept-i-osobennosti-processa/?ysclid=lreqswq7x1248551938. (Дата обращения: 12.10.2023) [Stabilizatsiya mkha solevym sposobom: retsept i osobennosti protsessa [Elektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: https://buldogok.ru/2023/10/12/stabilizaciya-mxa-solevym-sposobom-recept-i-osobennosti-processa/?ysclid=lreqswq7x1248551938. (Data obrashcheniya: 12.10.2023) (in Russ.)].

Федеральный закон от 14.07.2022 N 276–ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». [Federal'nyi zakon ot 14.07.2022 N 276-FZ «O vnesenii izmenenii v Federal'nyi zakon «Tekhnicheskii reglament o trebovaniyakh pozharnoi bezopasnosti». (in Russ.)].

Balasch P.P. Moisture stabilized plant product. Пат. CA 2136036. Публикация 19 мая 1995 г.

Brown C. 2021 What is stabilized moss and how to care for it? /Domesticfutures. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://domesticfutures.com/stabilizirovannyj-4383. (Дата обращения: 13.01.2024).

Ferrari L.A., Arado M.G., Giannuzzi L, Mastrantonio G., Guatelli M.A. Hydrogen cyanide and carbon monoxide in blood of convicted dead in a polyurethane combustion: a proposition for the data analysis. //Forensic Sci Int. 2001 Sep 15; 121(1–2):140-143 (DOI: 10.1016/s0379-0738(01)00464-9. PMID: 11516899).

Jiao L.L, Xiao H.H., Wang Q.S., Sun J.H. Thermal degradation characteristics of rigid polyurethane foam and the volatile products analysis with TG-FTIR-MS // Polym. Degrad. Stab. 2013, 98 (12): 2687–2696.

Xiu L., Jianwei H., Sabyasachi G. Recent studies on the decomposition and strategies of smoke and toxicity suppression for polyurethane based materials // RSC Advances. 2016, 6, 74742–74756.

Информация об авторах

Алексей Васильевич Пчёлкин – вед. науч. сотр. Лаборатории биогеографии ФГБУ Институт географии РАН, 119107, г. Москва, Старомонетный переулок, д. 29, докт. биол. наук (pchelkin@igras.ru).

Information about the author

Alexey V. Pchelkin, Laboratory of Biogeography, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences (pchelkin@igras.ru).

Статья поступила в редакцию 14.03.2024; одобрена после рецензирования 10.06.2024; принята к публикации 10.12.2024.

The article was submitted 14.03.2024; approved after reviewing 10.06.2024; accepted for publication 10.12.2024.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 574.3

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ *STIPA PULCHERRIMA* C. KOCH НА ТЕРРИТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «БАЛКА ГОРЬКАЯ» И В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОЙ СТЕПИ В ДОНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

Юлия Валериевна Ибатулина

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Донецкий ботанический сад», Донецкая Народная Республика, Россия, j.ibatulina@yandex.ru

Аннотация. Осуществлена оценка современного состояния популяций *Stipa pulcherrima* C. Koch в естественных местообитаниях и в условиях искусственной степи в Донецком ботаническом саду на основе анализа их плотности, возрастного состава, ряда интегральных показателей: индексов генеративности, замещения, возобновления, старения. Установлено, что ценопопуляции наиболее устойчивы в условиях склоновых местообитаний южной экспозиции в разреженных петрофитно-степных и степных фитоценозах на слабо развитых или смытых почвах. Они являются нормальными, зрелыми и полночленными саморегулирующимися системами с высокой плотностью. Культивирование вида в условиях Донецкого ботанического сада является перспективным путем его сохранения. Широкий эколого-фитоценотический диапазон *S. pulcherrima* обеспечил высокую оценку успешности интродукции вида в составе искусственной степи. Эти популяционные системы являются устойчивыми, полночленными, преимущественно зрелыми, в возрастном составе которых преобладают молодые и зрелые генеративные особи, способные дать жизнеспособное семенное потомство. Искусственные популяции занимают устойчивое положение в натурных моделях настоящей разнотравно-типчаково-ковыльной степи в течение длительного периода. Они являются саморегулирующимися системами, которые не зависят от заноса извне, что подтверждает эффективность использования метода ускоренного восстановления степного растительного покрова для сохранения этого редкого вида.

Ключевые слова: *Stipa pulcherrima* C. Koch, ценопопуляция, натурная модель, искусственная популяция, плотность, возрастной состав

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-53–63

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ «Донецкий ботанический сад» по теме FREG-2024-0003 «Исследование современного состояния растительного покрова на Донецкой возвышенности и в Северном Приазовье» (проект № 123101300195-2).

Для цитирования: Ибатулина Ю.В. Состояние популяции *Stipa pulcherrima* C. Koch на территории памятника природы «Балка Горькая» и в условиях искусственной степи в Донецком ботаническом саду // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 53–63.

ORIGINAL ARTICLE

THE STATE OF THE *STIPA PULCHERRIMA* C. KOCH POPULATION ON THE TERRITORY OF THE GORKA BALKA NATURE MONUMENT AND IN THE CONDITIONS OF AN ARTIFICIAL STEPPE IN THE DONETSK BOTANICAL GARDEN

Yulia V. Ibatulina

Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden», Donetsk People's Republic, Russia, j.ibatulina@yandex.ru

Abstract. An assessment was made of the current state of populations of *Stipa pulcherrima* C. Koch in natural habitats and in artificial steppe conditions in the Donetsk botanical garden based on an analysis of their density, age composition, and a number of integral indicators: indices of generativity, replacement, renewal, aging. It has been established that cenopopulations are most stable in conditions of slope habitats of southern exposure in sparse petrophyte-steppe and steppe phytocenoses on poorly developed or washed away soils. They are normal, mature and complete self-regulating systems with high density. Cultivation of the species in the conditions of the Donetsk botanical garden is a promising way of preserving it. The wide ecological and phytocenotic range of *S. pulcherrima* provided a high assessment of the success of the introduction of the species as part the artificial steppe. These population systems are stable, full-fledged, predominantly mature, the age composition of which is dominated by young and mature generative individuals capable of producing viable seed offspring. Artificial populations occupy a stable position in natural models of real forb-fescue-feather grass steppe for a long period. They are self-regulating systems that do not depend on imports from the outside, which confirms the effectiveness of using the method of accelerated restoration of steppe vegetation to preserve this rare species.

Keywords: *Stipa pulcherrima* C. Koch, cenopopulation, natural model, artificial population, density, age composition

Financial Support. The work was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden» on the topic FREG-2024-0003 «Study of the current state of vegetation cover in the Donetsk upland and in the Northern Azov region» (project № 123101300195-2).

For citation. Ibatulina Yu.V. The state of the *Stipa pulcherrima* C. Koch population on the territory of the Gorka Balka nature monument and in the conditions of an artificial steppe in the Donetsk botanical garden // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 53–63.

Сохранение раритетных видов является актуальным вопросом в решении проблемы охраны и восстановления биоразнообразия, а также в разработке подходов рационального использования растительных ресурсов. Поскольку степи представляют собой одну из самых уязвимых природных зон, большое внимание уделяется изучению популяций степных видов, в частности созофитов-эдификаторов, определяющих состав и структуру фитоценозов (Ильина, 2018; Abramova, Ilyina, Mitroshenkova, Mustafina, Shigapov, 2020; Zanina, Smirnova, 2020). Это позволяет установить степень воздействия на фитокомпоненты, определить отличия от их оптимального состояния, выявить наименее нарушенные фитосистемы (Денисова, Черемушкина, Асташенков, Таловская, 2022; Мустафина, Абрамова, Каримова, 2023). Несмотря на высокий уровень освоенности территории Донецкой Народной Республики (ДНР), преимущественно в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) сохранились естественные участки степной растительности, в том числе уникальной, стенотопной, сформировавшейся на склоновых участках на слаборазвитых или эродированных черноземах на мергеле. Для повышения эффективности при-

родоохранных мероприятий необходимы исследования особенностей состояния популяций не только в их естественных местообитаниях, но и в условиях культуры, в составе искусственных многовидовых фитосистем (Ибатулина, 2023).

Stipa pulcherrima C. Koch – среднеевропейско-западносибирский вид, распространенный в лесостепной и степной зонах. Гемикриптофит. Многолетнее травянистое растение. Стебли 40–90 см длиной, голые. Листья до 3 мм в ширину, неплотно вдоль сложенные, снаружи голые, гладкие или шероховатые от густых транзакций и сосочков. Изнутри растение щетинисто-волосистое. Метелка 15–20 см длиной, узкая, сжатая. Ость длиной 50 см, перистая, ее голая часть коричнево-бурая. Цветет в мае–июле. Плодоносит в июне–июле. Размножается семенами. На территории Российской Федерации встречается от западной границы страны до южной части Омской обл. (Красная книга Российской Федерации, 2008). Произрастает на территории Украины, Закавказья, Туркменистана, Казахстана, Юго-Западной Азии, Средней Европы, Западного Средиземноморья, Балкано-Малоазиатского региона (Мовчан, Муленкова, 2010; Золотухин, Полуянов, Киселева и др., 2015). На Донецком кряже фитоценозы с преобладанием *S. pulcherrima* отмечаются на скелетных, смытых в разной степени эродированных почвах или слаборазвитых щебнистых черноземах. На территории ДНР – это один из характерных видов рода *Stipa* L. (Ибатулина, Остапко, 2019).

Материалы и методы

Цель работы заключалась в оценке современного состояния популяций *Stipa pulcherrima* C. Koch в ООПТ «Балка Горькая» и в условиях искусственной степи в Донецком ботаническом саду (ДБС). Для достижения результатов изучены базовые популяционные показатели, такие как плотность, возрастной состав, ряд интегральных индексов. В качестве объектов исследования использовали природные и интродукционные популяции *S. pulcherrima*.

Исследования проводили в ДБС на базе экспозиции искусственных растительных сообществ типичной разнотравно-типчаково-ковыльной степи на обыкновенных черноземах, подстилаемых карбонатной лессовой породой, и в ООПТ «Балка Горькая» (ДНР, Амвросиевский р-н) в растительных сообществах каменистой и настоящей степи на слаборазвитых и в разной степени эродированных черноземах на мергеле.

Закладывали трансекты шириной 1 м и длиной 5–10 м, которые разбивали на площадки по 1 $м^2$. В каждом фитоценозе проанализировали 30 площадок, на которых проводили учет особей каждого онтогенетического состояния. Эколого-демографические показатели природных и интродукционных популяций определяли по общепринятым методикам (Злобин, Скляр, Клименко, 2013). При определении онтогенетических групп использовали символы, предложенные А.А. Урановым: pl – проростки, j – ювенильные особи, im – имматурные, v – виргинильные, g_1 – молодые генеративные, g_2 – зрелые генеративные, g_3 – старые генеративные, ss – субсенильные, s – сенильные. Возрастные состояния определяли по совокупности качественных морфометрических и количественных признаков: наличие/отсутствие зародышевых структур, развитие листьев и корневой системы, увеличение числа побегов, появление генеративных органов, образование корневищ, степень развития или дезинтеграции дерновин, их распад на партикулы, отсутствие плодоношения, накопление отмирающих частей особи и др. (Борисова, Попова, 1971; Ценопопуляции, 1976). По доминированию в возрастных спектрах тех или иных возрастных категорий определяли тип ценопопуляций (Уранов, Смирнова, 1969). В качестве счетной единицы принимали целостную особь (pl, j), первичный куст (im), дерновину ($v–g_1$), компактный клон ($g_2–g_3$), клон из пространственно разобщенных партикул (ss–s). Такой подход используется, если клон характеризуется компактностью и воспринимается как единственный источник фитогенного воздействия (Борисова, Попова, 1971; Ценопопуляции, 1976; Заугольнова, 1982). Оценку состояния ценопопуляций проводили по критерию «дельта-омега» Л.А. Животовского с учетом индексов возрастности (Δ) и эффективности (ω) (Османова, Животовский, 2020), замещения ($I_з$), восстановления ($I_в$), старения ($I_с$). По $I_з$ выделяли ценопопуляции неустойчивые ($I_з < 1$), перспективные ($I_з > 1$), угасающие ($I_з = 0$) (Егорова, Сулейманова, Егошина, 2020). Характер самоподдержания популяций определяли по $I_в$: $I_в > 2$ – эффективно; $1 < I_в < 2$ – умеренно;

$I_в$ < 1 – слабо (Жукова, Полянская, 2013). Для изучения взаимосвязей между признаками ценопопуляции (средняя плотность, доля особей молодой вегетативной фракции, индексы возобновления и замещения), условиями окружающей среды (крутизна склона, экспозиция), ОПП и ЧПП вида применили метод непараметрического анализа: коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s). Статистический анализ получен с помощью программ MS Excel 2010 и Statistica с использованием стандартных показателей, доверительный интервал на уровне значимости p = 0,95 (Зайцев, 1990).

Описания фитоценозов даны с учетом эколого-фитоценотических групп видов (Ильина, 2018; Ибатулина, Остапко, 2019; Didukh, 2011), общего проективного покрытия (ОПП) травостоя и частного проективного покрытия (ЧПП). Названия видов приведены в соответствии с обзором сосудистых растений (Остапко, Бойко, Мосякин, 2010).

Оценку успешности интродукции осуществляли по оригинальной 8-балльной шкале (Приходько и др., 2022): 1 – растения плохо приживаются, семена плохо всходят, погибают в первый год; 2 – единичные особи приживаются, переносят зиму, могут зацвести, жизненность низкая, погибают в течение нескольких лет; 3 – неплохо приживаются, цветут, жизненность средняя, плохо переносят зиму и засуху, поражаются болезнями, плодоносят нерегулярно; 4 – нормально плодоносят, но рост угнетен, зимо-засухоустойчивы, редко поражаются болезнями и вредителями; 5 – устойчивы, стабильно проходят малый и большой циклы онтогенеза, жизненность высокая; 6 – устойчивы, нерегулярный или единичный самосев и вегетативное потомство, жизненность высокая или средняя; 7 – высокоустойчивы, жизненность высокая, обильный самосев или вегетативное размножение, иногда по биопродуктивности превышают особи из природы; 8 – натурализуются, спонтанно расселяются за пределы участков.

Результаты

ООПТ «Балка Горькая» расположена в Амвросиевском р-не ДНР. Занимает левый склон юго-восточной и южной экспозиции сухой балки, впадающей в долину р. Крынка. Распространен среднегумусный, карбонатный чернозем разной степени смытости, подстилаемый мергелем мелового периода. Преобладают растительные сообщества типичной, каменистой и луговой степи.

В ООПТ «Балка Горькая» фитоценозы с участием *S. pulcherrima* в верхних и средних частях склонов южной экспозиции, на их плакорных, выровненных участках представляют собой звенья резерватогенной сукцессии степной растительности. В нижней части балки представлены демутационно-дигрессивные фитосистемы, которые сформировались под влиянием ранее проводимого интенсивного выпаса.

На плакорных, выровненных участках в верхней и средней частях склона с уклоном до 40 град. сосредоточены волосистоковыльники настоящей степи (ценопопуляция № 1). Преобладают степные виды (60–65% от ОПП). На эуксерофиты приходится 45–57%, на группу плотнодерновинных ксерофитных злаков – 40–45% от ОПП: *Stipa pulcherrima* – 20% от ОПП, *S. capillata* L. – от 20 до 60%, *S. lessingiana* Trin. & Rupr. – 15–30%, *Festuca valesiaca* Gaudin – 15–20%, *Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub – до 10%, *Koeleria cristata* (L.) Pers. – 7–15%, *Poa angustifolia* L. – до 7%. Из разнотравья преобладают виды с ЧПП 7–10%: *Medicago romanica* Prodán, *Securigera varia* (L.) Lassen, *Pseudolysimachion barrelieri* (Schott) Holub, *Teucrium polium* L., *Linum czernjaëvii* Klokov, *Achillea pannonica* Scheele, *Galatella villosa* (L.) Rchb. f., *Salvia nutans* L., виды рода *Carex* L. и др. Структура трехъярусная. ОПП составляет 80%. Видовая насыщенность – 47–58 видов на 100 м^2, 21–26 видов на 1 м^2.

Подобными по структурной организации и составу являются красивейшековыльники настоящей степи, сформировавшиеся узкой полосой в месте перехода плакора в склон (уклон 45 град.). На основной доминант (*Stipa pulcherrima*, ценопопуляция № 2) приходится 40% ЧПП. Видовая насыщенность 39–48 видов на 100 м^2, 22–27 видов на 1 м^2. ОПП составляет 70%.

Красивейшековыльники и лессинговоковыльники петрофитной степи (ценопопуляции № 3 и № 4) сосредоточены в верхней и средней частях склонов (уклон 45 и 35 град.). Участие степных элементов в петрофитно-степных фитоценозах варьирует от 63 до 70% от ОПП, участие настоящих ксерофитов составляет 58–64%. На группу плотнодерновинных злаков и осок приходится соответственно 43–60 и 40%, злаков и разнотравья – до 38 и 40%, на *Stipa pulcherrima* – 20 и 35%. Доминантами с ЧПП 15–25% являются *Festuca valesiaca*, *S. lessingiana*. Преобладают индикаторы ксерофитизации условий произрастания: *Pimpinella titanophila* Woronow (7–10%), *Thymus cretaceus* Klokov & Des.-Shost. и *T. dimorphus* Klokov &

Des.-Shost. (до 15%), *Cephalaria uralensis* (Murray) Roem. & Schult. (до 7%), *Achillea leptophylla* (до 7–10%) и др. Видовая насыщенность составляет 31–43 вида на 100 м^2, 19–22 вида на 1 м^2. ОПП составляет 75%.

Stipa pulcherrima (ценопопуляции № 5–7) с ЧПП 15, 10 и 20% в типчатниках представлен в качестве субдоминанта в средней части склона с уклоном соответственно 35, 45 и 35 град. ОПП трехъярусных фитосистем составляет соответственно 80, 85 и 90%. Преобладают *Festuca valesiaca* (ЧПП до 20% от ОПП), *Poa compressa* L. (ЧПП до 10% от ОПП), *Elytrigia trichophora* (Link) Nevski (ЧПП до 7% от ОПП), *Bromopsis riparia* (ЧПП до 10% от ОПП). Видовая насыщенность составляет 27–40 видов на 100 м^2, 11–20 видов на 1 м^2.

В нижней части склона (уклон до 5 град.) плодородный почвенный слой хорошо сформирован. Выявлены корневищнозлаковые и корневищно-злаково-разнотравные фитосистемы луговой степи, в которых ЧПП *S. pulcherrima* не превышает 5% (ценопопуляции № 8–11). Преобладают с ЧПП 10–15 от ОПП 80–100% *Achillea pannonica*, *Securigera varia*, *Marrubium praecox*, *Medicago romanica*; с ЧПП от 7 до 10% представлены *Festuca valesiaca*, *Bromopsis riparia*, *Poa compressa* и др. Видовая насыщенность – 32–41 вид на 100 м^2, 15–19 видов на 1м^2.

Кустарниковые степи представлены в средней части склона (уклон до 45 град.) в основном низкоминдальниками (ценопопуляции *Stipa pulcherrima* № 12 и № 13, ЧПП составляет 10 и 15% от 85–100%-го ОПП). Покрытие кустарников составляет от 15 до 45%, *Amygdalus nana* – до 25–55% от 80–85%-го ОПП. ЧПП степных видов достигает 75%. На мезоксерофиты приходится 61–66%, на злаки – 31%, разнотравье – 45%. Преобладают *Filipendula vulgaris* Moench. (ЧПП 10–15%), *Fragaria viridis* Duchesne и *Vinca herbacea* Waldst. & Kit. (ЧПП 7–10%). Ярче представлена мезофитность фитоценозов, выражающаяся в снижении фитоценотической роли видов родов *Festuca* L., *Stipa*, *Galatella* Cass. и др. Травостой трехъярусный. Видовая насыщенность составляет 27–42 вида на 100 м^2, 14–19 вида на 1 м^2.

В длительно существующих трехъярусных натурных моделях экспозиций «Искусственные степи» и «Экспериментальные степные участки» (уклон участков не более 2 град.) преобладают ксерофитные плотнодерновинные злаки: *Festuca rupicola* Heuff. (ЧПП до 15% от 80–100%-го ОПП), *F. valesiaca* (до 40%), *Stipa capillata* (5–30%), *S. ucrainica* (до 15%), *S. pulcherrima* (до 25%), *S. lessingiana* (до 25%), *Koeleria cristata* (до 7–10%). Из степного и лугово-степного разнотравья хорошо представлены (ЧПП 7–15%) *Filipendula vulgaris*, *Fragaria viridis*, *Trifolium ambiguum* M. Bieb., *T. montanum* L. и др. (Ибатулина, 2023).

В природных типичных и петрофитно-степных ковыльниках ценопопуляции *S. pulcherrima* нормальные, полночленные, зрелые с высокой плотностью (табл. 1). Ценопопуляции *S. pulcherrima* в составе типчатников – саморегулирующиеся системы, но неполночленные, нормальные, старые. Максимум в возрастном спектре приходится на группу средневозрастных особей. Отмечено снижение плотности ценопопуляций (табл. 1). В плотно задернованных лугово-степных корневищнозлаковых и корневищнозлаково-разнотравных фитоценозах ценопопуляции *S. pulcherrima* – регрессивные, старые, неполночленные (нет ранних и постгенеративных онтогенетических групп). В возрастных спектрах максимум смещается на более старые группы растений. Плотность низкая. В кустарниковых степных сообществах ценопопуляции *S. pulcherrima* – старые, нормальные, неполночленные (табл. 1), исключая ценопопуляцию № 12, которая является саморегулирующейся системой – молодой, нормальной, полносоставной. Плотность также невысокая.

Основная угроза для *S. pulcherrima* – уничтожение среды обитания в случае стихийной добычи мергеля. Одной из форм сохранения генофонда является интродукционная популяция, сохраняющая или увеличивающая численность без искусственного подсева или подсадки растений (Гусейнова, 2022). В ДБС *S. pulcherrima* культивируется с 1969 г. (Каталог растений, 1988). Искусственные популяции *S. pulcherrima* – нормальные, зрелые, полносоставные (табл. 1). Успешность интродукции – 7 баллов из 8. Возрастные спектры правосторонние. Плотность поддерживается на одном уровне и испытывает только небольшие флуктуации.

Согласно классификации «дельта–омега», ценопопуляции *S. pulcherrima* в ковыльниках являются преимущественно зрелыми; в степных и петрофитно-степных типчатниках – зрелыми и переходными; в кустарниковых и лугово-степных корневищнозлаковых, корневищнозлаково-разнотравных сообществах – стареющими.

Ценопопуляции № 2, № 5, № 6, № 12 – переходные, что, вероятно, связано с осуществлением очередной малой волны возобновления.

Таблица 1

Возрастной состав природных и интродукционных популяций *Stipa pulcherrima* C. Koch в естественных местообитаниях в ООПТ «Балка Горькая» и в искусственных степных фитоценозах в ДБС

Фитоценоз	№	Возрастной состав, % от общего числа особей								
		pl	j	im	v	g_1	g_2	g_3	ss	s
Волосистоковыльник	1	0	1,0	8,7	13,6	23,1	27,8	19,1	5,2	1,4
Красивейшековыльник	2	0	0	12,1	17,3	19,3	27,8	18,5	3,0	2,0
Красивейшековыльник	3	0	0	9,1	10,0	18,1	40,0	18,3	3,0	1,5
Лессинговоковыльник	4	0	1,0	4,1	7,3	18,1	43,8	17,5	5,2	3,0
Типчатник	5	0	1,0	9,3	5,5	10,6	20,5	39,9	9,1	3,0
Типчатник	6	0	2,7	10,4	6,5	15,6	34,0	19,5	8,4	4,0
Типчатник	7	0	0	5,5	7,3	17,0	40,9	18,5	7,1	3,7
Корневищно-злаковое сообщество	8	0	0	0	9,3	7,2	17,4	56,9	6,9	2,3
Корневищно-злаковое сообщество	9	0	0	5,4	9,6	25,4	21,7	31,7	6,2	0
Корневищно-злаковое сообщество	10	0	0	0	14,2	14,2	20,2	30,9	20,5	0
Корневищно-злаково-разнотравное сообщество	11	0	0	0	4,9	14,8	28,7	43,0	8,6	0
Караганник	12	0	1,3	16,7	10,7	12,5	23,6	32,2	3,0	0
Миндальник	13	0	0	0	10,9	10,3	28,9	39,8	7,0	3,1
Искусственный лессинговоковыльник	14	0	5,5	14,4	11,1	19,4	24,5	21, 9	2,0	1,2
Искусственный залесскоковыльник	15	0	2,2	9,8	14,7	17,1	32,4	22,2	1,6	0
Искусственный иоанноковыльник	16	0	2,3	6,7	9,6	22,7	30,9	21,9	3,8	2,1

Примечание: № – номер ценопопуляции

В возрастном спектре прослеживается невыраженный второй максимум на группах молодых особей. Искусственные популяции № 14–16 в течение длительного периода остаются зрелыми (табл. 2).

На интегральных показателях отражается и разнообразие возрастного состава: выпадение прегенеративной фракции (от p до im) вызвало снижение $I_в$ (ценопопуляции № 8, 10, 11, 13). При этом индекс эффективности ценопопуляций (ω) в лугово-степных и кустарниковых сообществах демонстрирует их высокий уровень нагрузки на энергетические ресурсы среды.

Степень воздействия на среду отражает и индекс возрастности популяции (Δ) (табл. 2). Оптимальным является такой вариант, когда значение приближается к 0,5. В этом случае преобладают наиболее жизнедеятельные молодые генеративные и зрелые особи, чем обусловлено наибольшее воздействие вида.

Плотность популяций вида, доля особей молодой фракции (j–v) в их возрастном составе проявили зависимость от некоторых условий произрастания. Выявлена положительная сильная и прямая взаимосвязь плотности популяций этого вида с величиной ЧПП (r_s = 0,968; $p < 0,05$) и сильная, обратная с ОПП (r_s = –0,697; $p < 0,05$). Установлена также значимая прямая корреляция между этим популяционным показателем (долей молодых вегетативных особей (j–v)) и значениями индексов возобновления и замещения, отражающими интенсивность и стабильность процессов семенного возобновления и пополнения популяций подростом (r_s = 0,569; $p < 0,05$; r_s = 0,611; $p < 0,05$). Статистический анализ показал

Таблица 2

Плотность, интегральные показатели природных и искусственных популяций *Stipa pulcherrima* C. Koch в ООПТ «Балка Горькая» и в степных фитоценозах в ДБС

Фитоценоз	№	Плотность, особь/ м^2	$I_г$	$I_в$	$I_с$	$I_з$	ω	Δ
							тип популяции	
Волосистоковыльник	1	7,3 ± 1,8	70,07	0,33	25,73	0,30	0,706	0,408
							зрелая	
Красивейшековыльник	2	8,5 ± 2,1	65,60	0,45	23,50	0,42	0,682	0,379
							переходная	
Красивейшековыльник	3	7,9 ± 1,8	76,40	0,25	22,80	0,24	0,757	0,425
							зрелая	
Лессинговоковыльник	4	5,2 ± 1,2	79,40	0,14	29,70	0,13	0,778	0,466
							зрелая	
Типчатник	5	4,3 ± 0,6	71,79	0,22	52,58	0,19	0,689	0,519
							переходная	
Типчатник	6	3,5 ± 1,1	68,35	0,28	31,55	0,24	0,692	0,437
							переходная	
Типчатник	7	5,8 ± 1,1	76,40	0,17	29,30	0,15	0,759	0,459
							зрелая	
Корневищно-злаковое сообщество	8	2,8 ± 1,1	81,50	0,11	66,10	0,10	0,746	0,5942
							стареющая	
Корневищно-злаковое сообщество	9	3,5 ± 1,1	78,80	0,19	37,90	0,18	0,742	0,477
							зрелая	
Корневищно-злаково-разнотравное общество	10	единичные особи	65,30	0,22	51,40	0,17	0,702	0,563
							стареющая	
Корневищно-злаково-разнотравное общество	11	1,5 ± 0,7	86,50	0,06	51,60	0,05	0,798	0,579
							стареющая	
Караганник	12	3,1 ± 1,8	68,30	0,42	35,20	0,39	0,676	0,434
							переходная	
Миндальник	13	2,4 ± 0,8	79,00	0,14	49,90	0,12	0,758	0,538
							зрелая	
Искусственный лессинговоковыльник	14	7,1 ± 1,8	65,80	0,47	25,10	0,45	0,655	0,373
							переходная	
Искусственный залесскоковыльник	15	9,3 ± 3,0	71,70	0,37	23,80	0,36	0,721	0,407
							зрелая	
Искусственный иоанноковыльник	16	7,9 ± 1,3	75,50	0,25	27,80	0,23	0,729	0,424
							зрелая	

Примечание: № – номер ценопопуляции; $I_г$ – индекс генеративности, $I_в$ – индекс возрастности, $I_с$ – индекс старения, $I_з$ – индекс замещения, ω – индекс эффективности, Δ – индекс возрастности ценопопуляции.

сильную прямую взаимосвязь величины доли молодых вегетативных особей и значениями $I_в$ (r_s = 0,762; $p < 0,05$) и $I_з$ (r_s = 0,772; $p < 0,05$).

Обсуждение

Разнообразие групп молодых особей *S. pulcherrima* свидетельствует о стабильном поддержании организации популяционной системы семенным способом в природных типичных и петрофитно-степных ковыльниках. Малая доля молодых растений и преобладание наиболее функциональных, ответственных за семенное возобновление, генеративных – следствие быстрого прохождения ранних стадий онтогенеза в благоприятных условиях (Уранов, Смирнова, 1969). Ценопопуляции не считаем неполночленными, поскольку отсутствие проростков и ювенильных растений, вероятно, связано с быстротечностью этих состояний. Это устойчивые, саморегулирующиеся системы, не нуждающиеся в специальных природоохранных мероприятиях. Стабильность популяционной структуры обеспечивается условиями склоновых местообитаний. Преобладание смыва гумусового слоя над его накоплением – один из факторов, поддерживающих ксерофитность фитосистем и сдерживающих процессы их «олуговения».

В ценопопуляциях *S. pulcherrima* в составе типчатников возрастает доля зрелых, старых генеративных, постгенеративных особей. Начинают осуществляться нарушения цикличности семенного возобновления, отражающиеся на разнообразии возрастного состава. Необходим постоянный мониторинг ценопопуляций эдификатора и фитосистем в целом.

В лугово-степных корневищнозлаковых и корневищнозлаково-разнотравных фитоценозах положение многих ксерофитных степных видов становится неустойчивым. Смещение максимума в возрастных спектрах на более старые группы растений является свидетельством снижения их жизнеспособности. Отсутствуют молодые растения вплоть до группы виргинильных. Ценопопуляции моноцентрических видов, включая *S. pulcherrima*, проявляют сильную зависимость от семенного возобновления. Сокращение численности особей, особенно генеративных, ставят ценопопуляции на грань исчезновения, поскольку именно они ответственны за пополнение разнокачественными семенами. Это одно из необходимых условий для сохранения устойчивости обновления поколений, жизнеспособности ценопопуляций (Злобин, Скляр, Клименко, 2013). Выпадают и группы старых генеративных, постгенеративных растений из-за гибели на более ранних стадиях развития. В результате «олуговения», усиления сомкнутости травостоя, накопления избыточного растительного опада формируются условия существования, не отвечающие требованиям типичных степных видов, что приводит к деградации их ценопопуляций вследствие снижения их жизнеспособности. Происходит упрощение популяционной организации из-за нарушения цикличности обновления поколений с последующим структурным распадом.

В кустарниковых степных сообществах возможность для появления и приживания подроста отсутствует также из-за плотного слоя мортмассы и значительной сомкнутости травостоя. Более прочное положение *S. pulcherrima* может занимать в разреженных фитоценозах (ценопопуляция № 12). Условия произрастания склоновых местообитаний обеспечивают регулярность появления подроста в связи с меньшим задернением ценоза (до 70%). ОПП ниже, чем в кустарниковых фитосистемах в нижних и выровненных, плакорных частях склонов (90–100%) из-за меньшей развитости почвенного слоя, сдерживающей мезофитизацию растительного покрова.

В условиях ДБС особи *S. pulcherrima* проходят полный цикл онтогенетического и сезонного развития: нормально развиваются, массово цветут и плодоносят, ежегодно дают самосев. Оценка успешности интродукции (7 баллов из 8) обусловлена тем, что вид не проявляет тенденцию к интенсивному самостоятельному расселению. Искусственные популяции *S. pulcherrima* – дефинитивные системы, не зависящие от заноса зачатков извне (табл. 1). Плотность, как и соотношение групп в возрастном составе популяций, подвержена флуктуационным колебаниям за счет чередования процессов омоложения и старения популяций.

У большинства природных ценопопуляций значение $I_в$ невысокое (меньше 40%): подрост может восстановить лишь определенную долю стареющих особей. Принимая во внимание значения $I_в$ и $I_з$, ценопопуляции отнесли к неустойчивым ($I_з < 1$), характеризующимся слабым типом самоподдержания ($I_в < 1$) (Жукова, Полянская, 2013). Процессы возобновления осуществляются, но затруднены, особенно в плотно задернованных лугово-степных и кустарниковых фитосистемах. Однако в петрофитно-степных и разреженных типичных степных ценозах, учитывая высокую плотность и разнообразие возрастного состава,

можно говорить о способности ценопопуляций № 1−7 к регулярному семенному возобновлению. Малая доля подроста в возрастном составе обусловлена его быстрым развитием и поддержанием динамического равновесия.

Высокое значение $I_г$ указывает на преобладание в составе наиболее функциональных зрелых генеративных растений. Однако для ценопопуляций № 8–11 с учетом низкой плотности сильное обеднение возрастного состава служит показателем их неустойчивого положения из-за ухудшения условий произрастания для *S. pulcherrima*. В лугово-степных и кустарниковых фитоценозах природные популяционные системы являются наименее устойчивыми. Высокое значение $I_г$ обусловлено нарушением цикличности семенного возобновления из-за «олуговения» фитоценозов. Значения $I_с$ свидетельствуют также о затрудненном самоподдержании и накоплении зрелых, стареющих генеративных особей, особенно в возрастном составе ценопопуляций № 8−13. Несмотря на большое значение индекса эффективности ценопопуляций (ω), они оказывают наименьшее трансформирующее воздействие на среду обитания, так как в возрастном составе почти отсутствует подрост и преобладают малочисленные угнетенные зрелые, стареющие генеративные растения. По мере старения особей снижается их жизненный уровень (Уранов, Смирнова, 1969; Ценопопуляции, 1976).

Интродукционные популяции *S. pulcherrima* – устойчивые, полночленные, преимущественно зрелые (табл. 2). В возрастном составе преобладают молодые и зрелые генеративные особи, способные дать жизнеспособное семенное потомство. Значение $I_в$ также не превышает 40%, но относить эти популяционные системы к регрессивным, теряющим способность к самоподдержанию, преждевременно. Особи замещаются регулярно в результате сохранности цикличности семенного возобновления.

Заключение

В ООПТ «Балка Горькая» ценопопуляции *S. pulcherrima* являются саморегулирующимися системами. Наиболее оптимальные условиями произрастания отмечены в разреженных степных и петрофитно-степных фитоценозах склоновых местообитаний южной экспозиции. Здесь ценопопуляции нормальные, зрелые, полночленные с высокой плотностью.

Широкий эколого-фитоценотический диапазон *S. pulcherrima* обеспечил высокую оценку успешности интродукции вида в условиях искусственной степи. Интродукционные популяции являются саморегулирующимися системами, которые не зависят от заноса извне. Они в течение длительного периода занимают устойчивое положение в натурных моделях, что доказывает эффективность этого метода для сохранения раритетного вида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Борисова И.В., Попова Т.А. Возрастные этапы формирования дерновины степных злаков // Ботанический журнал. 1971. Т. 56. № 5. С. 619–626 [Borisova I.V., Popova T.A. Age stages of formation of turf of steppe cereals // Botanical Journal. 1971. Vol. 56. № 5. P. 619–626 (in Russ.)].

Гусейнова Н.Т. Формирование интродукционных популяций растений // Молекулярная генетика. 2022. № 11(101). С. 50–52 [Guseinova N.T. Formation of introduced plant populations // Molecular genetics. 2022. 11 (101). 50–52 (in Russ.)] (https://doi.org/10.32743/UniChem.2022.101.11.14487).

Егорова Н.Ю., Сулейманова В.Н., Егошина Т.Л. Динамика демографической структуры ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) в долине реки Вятка // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2020. Т. 125. Вып. 2. С. 51–59 [Egorova N.Yu., Suleymanova V.N., Egoshina T.L. Dynamics of the demographic structure of *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) cenopopulations in the Vyatka River valley // Byul. MOIP. Otd. biol. 2020. Vol. 125. Iss. 2. P. 51–59 (in Russ.)].

Денисова Г.Р., Черемушкина В.А., Асташенков А.Ю., Таловская Е.Б. Динамика онтогенетической структуры ценопопуляций *Dracocephalum fruticulosum* Stephan (Lamiaceae, Magnoliópsida) в Туве // Поволжский экологический журнал. 2022. № 3. С. 255–267 [Denisova G.R., Cheremushkina V.A., Astashenkov A.Yu., Talovskaya E.B. Dynamics of the ontogenetic structure of cenopopulations of *Dracocephalum fruticulosum* Stephan (Lamiaceae, Magnoliópsida) in Tuva // Volga Ecological Journal. 2022. № 3. P. 255–267 (in Russ.)].

Жукова Л.А., Полянская Т.А. О некоторых подходах к прогнозированию перспектив развития ценопопуляций растений // Вестник ТвГУ. Серия Биология и экология. 2013. Вып. 32. № 31 С. 160–171 [Zhukova L.A., Polyanskaya T.A. On some approaches to forecasting the prospects for the development of plant cenopopulations // Vestnik TvGU. Ser. Biologia and Ecologiya. 2013. 32(31). 160–171 (in Russ.)].

Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной

ботанике. М., 1990. 256 с. [Zaitsev G.N. Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noi botanike. M., 1990. 256 s. (in Russ.)].

Заугольнова Л.Б. Пространственная структура и взаимоотношения ценопопуляций некоторых степных злаков // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1982. 87. Вып. 2. С. 68–81 [Zaugolnova L.B. Spatial structure and relationships of cenopopulations of some steppe cereals // Byul. MOIP. Otd. biol. 1982. 87. Iss. 2. P. 68–81 (in Russ.)].

Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения: монография. Сумы, 2013. 439 с. [Zlobin Yu.A., Sklyar V.G., Klimenko A.A. Populations of rare plant species: theoretical foundations and study methods: monograph. Sumy, 2013. 439 p. (in Russ.)].

Золотухин Н.И., Полуянов А.В., Киселева Л.Л., Пригоряну О.М., Рыжков О.В., Филатова Т.Д., Дорофеева П.А., Фандеева О.И., Власова О.П., Вышегородских Н.В. Ковыли и ковыльные степи Белгородской, Курской, Орловской областей: кадастр сведений, вопросы охраны. Курск, 2015. 487 с. [Zolotukhin N.I., Poluyanov A.V., Kiseleva L.L., Prigoryanu O.M., Ryzhkov O.V., Filatova T.D., Dorofeeva P.A., Fandeeva O.I., Vlasova O.P., Vyshegorodskikh N.V. Kovyli i kovyl'nye stepi Belgorodskoi, Kurskoi, Orlovskoi oblastei: kadastr svedenii, voprosy okhrany. Kursk, 2015. 487 s. (in Russ.)].

Ибатулина Ю.В., Остапко В.М. Фитоценотическая роль *Stipa grafiana* Steven (Poaceae) на Донецком кряже // Промышленная ботаника. 2019. Вып. 19. № 4. С. 17–30 [Ibatulina Yu.V., Ostapko V.M. Phytocenotic role of *Stipa grafiana* Steven (Poaceae) on the Donetsk ridge // Promyshlennaya Botan. 2019. Iss. 19. № 4. P. 17–30 (in Russ.)].

Ибатулина Ю.В. Натурные модели настоящей степи в Донецком ботаническом саду и некоторые итоги анализа состояния интродукционных популяций в их условиях // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН. 2023. № 19. С. 35–38 [Ibatulina Yu.V. Full-scale models of the real steppe in the Donetsk Botanical Garden and some results of the analysis of the state of introduced populations in their conditions // Scientific works of the Cheboksary branch of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. 2023. № 19. P. 35–38 (in Russ.)].

Ильина В.Н. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Polygala sibirica* L. (Polygalaceae) в местообитаниях с различной степенью антропогенного воздействия // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. 4 (36). С. 28–35 [Ilyina V.N. Ontogenetic structure of the cenopopulations of *Polygala sibirica* L. (Polygalaceae) in habitats with varying degrees of anthropogenic impact // News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2018. 4 (36). P. 28–35 (in Russ.)].

Каталог растений Донецкого ботанического сада. Киев, 1988. 528 с. [Katalog rastenii Donetskogo botanicheskogo sada. Kiev, 1988. 528 s. / Azarkh L.R., Bakanova V.V., Burda R.I. et al. Ed. Kondratyuk E.N. 528 p. (in Russ.)].

Красная книга Российской Федерации: (растения и грибы) / Бардунов Л.В. М., 2008. 854 с. [Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii: (rasteniya i griby) / Bardunov L.V. M., 2008. 854 s. (in Russ.)].

Мовчан Т.Ю., Мулєнкова О.Г. Ковила Граффа // Червона книга Донецької області: рослинний світ (рослини, що підлягають охороні в Донецькій області) / Під загальною ред. В.М. Остапка. Донецьк, 2010. С. 344 [Movchan T.Yu., Mulenkova O.G. Kovyl Graffa // Chervona knyga Donets'koyi oblasti: roslynnyi svit (roslyny, shcho pidlyagayut' okhoroni v Donets'kiy oblasti / pid zagalnoyu red. V.M. Ostapka. Doneck, 2010. p. 344 (in Ukr.)].

Мустафина А.Н., Абрамова Л.М., Каримова О.А. Онтогенез и структура популяций *Rindera tetraspis* Pall. (Boraginaceae) в Оренбургской области // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 4 (97). С. 48–55 [Mustafina A.N., Abramova L.M., Karimova O.A. Ontogenesis and population structure of *Rindera tetraspis* Pall. (Boraginaceae) in the Orenburg region // Arid ecosystems. 2023. T. 29. № 4 (97). P. 48–55 (in Russ.)] (https://doi.org/ OWOUIU).

Османова Г.О., Животовский Л.А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия РАН. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144–152 [Osmanova G.O., Zhivotovsky L.A. Ontogenetic spectrum as an indicator of the state of plant cenopopulations // Izvestia RAS. Seriya Biologicheskaya. 2020. 2. 144–152 (in Russ.)] (https://doi.org/10.31857/S0002332920020058).

Остапко В.М., Бойко А.В., Мосякин С.Л. Сосудистые растения юго-востока Украины. Донецк, 2010. 247 с. [Ostapko V.M., Boiko A.V., Mosyakin S.L. Sosudistye rasteniya yugo-vostoka Ukrainy. Donetsk, 2010. 247 s. (in Russ.).].

Приходько С.А., Остапко В.М., Муленкова Е.Г., Усманова Н.В., Ибатулина Ю.В., Гнатюк Н.Ю. Оценка успешности интродукции растений природной флоры Донбасса в Донецком ботаническом саду // Промышленная ботаника. 2022. Вып. 3–4. С. 36–43 [Prykhodko S.A., Ostapko V.M., Mulenkova E.G., Usmanova N.V., Ibatulina Yu.V., Gnatyuk N.Yu. Assessment of the success of the introduction of plants of the natural flora of Donbass in the Donetsk Botanical Garden // Promyshlennaya Botan. 2022. Iss. 3–4. P. 36–43 (In Russ.).] (https://doi.org/10.25684/2712-7788-2023-2-167-43-53).

Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1969. Т. 74. Вып. 1. С. 119–134 [Uranov A.A., Smirnova O.V. Classification and main features of the development of populations of perennial plants // Byul. MOIP. Otd. biol. 1969. T. 74. Vyp. 1. P. 119–134 (in Russ.)].

Ценопопуляции растений: (Основные понятия и структура) / Отв. ред. А.А. Уранов, Т.И. Серебрякова. М., 1976. 216 с. [Tsenopopulyatsii rastenii: (Osnovnye ponyatiya i struktura) / Otv. red. A.A. Uranov, T.I. Serebryakova. M., 1976. 216 s. (in Russ.)].

Abramova L.M, Ilyina V.N., Mitroshenkova A.E., Mustafina A.N., Shigapov Z.H. Features of the demographic structure and the condition of populations of the rare relic *Hedysarum gmelinii* Ledeb. (Fabaceae) in peripheral and main parts of its abitat // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. 2020. Vol. 74. N 5 (726). P. 385–395 (https://doi.org/10.2478/prolas-2020-0051).

Didukh Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv, 2011. 176 p.

Zanina M.A., Smirnova E.B. Structure of coenopopulations and phytocoenotic confinement of *Paeonia tenuifolia* L. in floristic complexes of Oka-Don lowland // Plant Science Today. 2020. Vol. 7 (4). P. 663–668 (https://doi.org/10.14719/pst.2020.7.4.978).

Информация об авторах

Юлия Валериевна Ибатулина – ст. науч. сотр. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Донецкий ботанический сад», канд. биол. наук (j.ibatulina@yandex.ru).

Information about the author

Yulia Valerievna Ibatulina, Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk Botanical Garden», Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences (j.ibatulina@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 30.05.2024; одобрена после рецензирования 16.10.2024; принята к публикации 08.11.2024.

The article was submitted 30.05.2024; approved after reviewing 16.10.2024; accepted for publication 08.11.2024.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 582.594.2(470.13)

PSEUDORCHIS ALBIDA (L.) Á. & D. LÖVE (ORCHIDACEAE) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ: СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Ирина Анатольевна Кириллова, Дмитрий Валерьевич Кириллов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Автор, ответственный за переписку: Ирина Анатольевна Кириллова, kirillova_orchid@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты изучения некоторых аспектов популяционной биологии редкой орхидеи *Pseudorchis albida* (L.) Á. & D. Löve на территории Республики Коми (северо-восток Европейской России), где проходит южная граница ее ареала. Этот вид включен в новое издание Красной книги Российской Федерации, однако популяции его на территории России остаются малоизученными. В статье представлены данные о численности и структуре популяций, морфометрических особенностях растений и репродуктивных характеристиках вида. Выявлено, что морфометрические параметры *P. albida* слабо варьируют по его ареалу. Численность популяций в регионе составляет 6–106 растений. Онтогенетические спектры популяций правосторонние, с преобладанием взрослых вегетативных или генеративных особей. Завязываемость плодов высокая – 86,1%. Размеры семян (0,43×0,17 мм) меньше, чем в других частях ареала этого вида. Семена имеют плотную оболочку и меньший объем пустого воздушного пространства (48,8%), чем семена других видов орхидных региона, что сказывается на их летучести. Семенная продуктивность высокая, одна коробочка содержит в среднем 1717±85 семян, реальная семенная продуктивность растения составляет 54 544 семян.

Ключевые слова: орхидные, *Pseudorchis albida*, северо-восток Европейской России, онтогенетический спектр, структура популяций, морфометрия семян, семенная продуктивность

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-64-73

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН.

Для цитирования: Кириллова И.А., Кириллов Д.В. *Pseudorchis albida* (L.) Á. & D. Löve (Orchidaceae) в Республике Коми: структура популяций и семенная продуктивность // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2025. Т. 130. Вып. 1. С. 64–73.

ORIGINAL ARTICLE

PSEUDORCHIS ALBIDA (L.) Á. & D. LÖVE (ORCHIDACEAE) IN THE KOMI REPUBLIC: POPULATION STRUCTURE AND SEED PRODUCTIVITY

Irina A. Kirillova, Dmitry V. Kirillov

Institute of Biology of Komi Scientifc Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Corresponding author: Irina A. Kirillova, kirillova_orchid@mail.ru

Abstract. The results of studying some aspects of the population biology of the rare orchid *Pseudorchis albida* (L.) Á. & D. Löve on the territory of the Komi Republic (north-east of European Russia), where the southern border of its range passes. This species is included in the new edition of the Red Book of the Russian Federation, while its populations in Russia remain poorly studied. The article presents data on the number and structure of populations, morphometric features of plants and reproductive characteristics of the species. It was revealed that the morphometric parameters of *P. albida* vary slightly in its range. The number of populations in the region is 6-106 plants. The ontogenetic spectra of populations are right-sided, with a predominance of adult vegetative or generative individuals. Fruit set is high – 86.1%. The size of the seeds (0.43×0.17 mm) is smaller than in other parts of the range of this species. The seeds have a dense shell and a smaller volume of empty air space (48.8%) than the seeds of other orchid species in the region, which affects their volatility. The seed productivity is high, one fruit contains an average of 1717 ± 85 seeds, and the real seed productivity of the plant is 54544 seeds.

Keywords: orchids, *Pseudorchis albida*, north-east of European Russia, ontogenetic spectrum, population structure, seed morphometry, seed productivity

Financial Support. The work was carried out within the framework of a State Assignment for the Department of Flora and Vegetation of the North of the Institute of Biology of Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Kirillova I.A., Kirillov D.V. *Pseudorchis albida* (L.) Á. & D. Löve (Orchidaceae) in the Komi Republic: population structure and seed productivity // Byul. MOIP. Otd. biol. 2025. T. 130. Vyp. 1. S. 64–73.

Сохранение биологического разнообразия – важнейшая проблема современности, многие виды в настоящее время находятся под угрозой исчезновения. Поэтому первостепенное внимание следует уделять исследованиям и сохранению редких таксонов, подверженных особому риску, таким как орхидеи (Fay, 2018; Wraith et al., 2020). Семейство Орхидные – одно из крупнейших семейств растительного мира, насчитывающее более 27 тыс. видов, распространенных практически по всему миру (Swarts, Dixon, 2009). При этом они являются и одной из наиболее угрожаемых таксономических групп в мире (Wraith, Pickering, 2018). Это связано с особенностями их биологии, специфическим симбиозом с опылителями и микоризными грибами, стенотопностью и высокой декоративностью.

Объектом нашего исследования стала редкая орхидея *Pseudorchis albida* (L.) Á. & D. Löve. Это европейско-североамериканский вид, широко распространенный на территории Европы от Скандинавии до Балкан, встречающийся также в Малой Азии. Несмотря на обширный ареал, вид редок во многих европейских странах (Kolanowska et al., 2022). На территории России встречается лишь в северных регионах европейской части, на Полярном Урале и севере Западной Сибири (Вахрамеева и др., 2014). Включен в Красные книги Республики Коми, Архангельской и Мурманской областей, Ханты-Мансийского автономного округа. Кроме того, приказом Минприроды России от 23.05.2023 № 320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации» включен в новое издание Красной книги Российской Федерации. При этом популяции вида на территории России остаются малоизученными. Данные по численности и репро-

дуктивным характеристикам популяций *P. albida* приведены только для Мурманской обл. (Блинова, 2008, 2009а, 2009б).

Целью настоящей работы стало изучение состояния и структуры популяций, а также семенной продуктивности *P. albida* на территории Республики Коми, где проходит южная граница его распространения.

Материал и методы

В 2010–2023 гг. на территории Республики Коми обследованы 7 популяций (ЦП) *Pseudorchis albida*, исследования проводили на двух участках (рис. 1). Первый расположен на северо-востоке Республики Коми, в подзоне северной тайги на западном макросклоне Приполярного Урала. Он входит в состав Интинского административного района (Национальный парк «Югыд ва»). Здесь в 2010 и 2011 гг. обследовали четыре популяции *P. albida* (ЦП 1–4, табл. 1). Климат на этой территории резко континентальный, с преобладанием холодного периода над умеренно теплым. Среднегодовая температура воздуха –4,5 °С. Количество осадков более 1000 мм в год (Атлас…, 1997). Вегетационный период длится 60–75 дней.

Второй участок расположен на территории Ухтинского административного района (заказник «Параськины озера»), на отрогах древней низкогорной системы – Тиманского кряжа (на юго-западном склоне Южного Тимана). Здесь в 2020 и 2023 гг. обследованы три популяции *P. albida* (ЦП 5–7, табл. 1). Климат на этой территории континентальный, умеренно холодный с продолжительной и довольно суровой зимой и коротким, но сравнительно теплым летом. Среднегодовая температура составляет –2 °С. Вегетационный период при температуре выше 5 °С продолжается 132 дня, при температуре выше 10 °С – 90 дней. Количество осадков составляет 600–700 мм в год (Биологическое разнообразие.., 2024).

При изучении популяций использовали общепринятые в популяционной биологии методики с учетом специфики изучения редких видов (Злобин и др., 2013). Для определения онтогенетического спектра популяций закладывали трансекты, на которых подсчитывали число растений и фиксировали их онтогенетические состояния. Выделение онтогенетических состояний проводили по общепринятым методикам с учетом специфических для вида особенностей (Татаренко, Баталов, 1999). Выделяли следующие онтогенетические состояния: ювенильное (j – растения с одним листом срединной формации), имматурное (im – растения с двумя листьями срединной формации с 4–6 жилками), взрослое вегетативное (v – растения с 2–4 листьями с 8 и более жилками), гене-

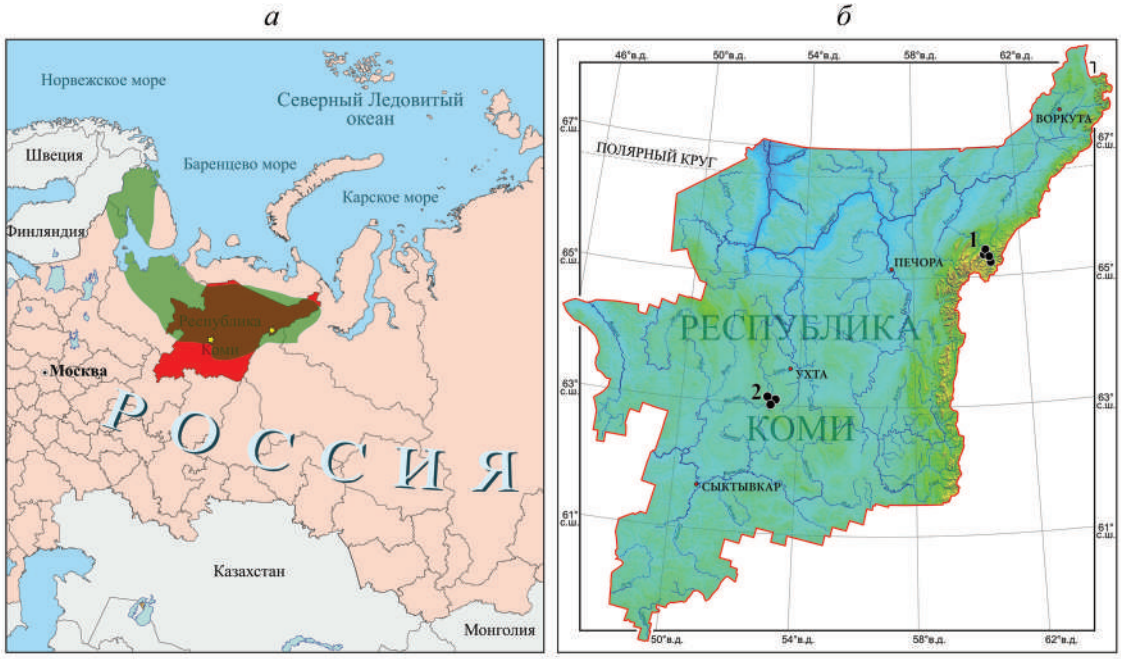


Рис. 1. Ареал *Pseudorchis albida* на территории России (*а*) (отмечен зеленым цветом, приведен по работе Vakhrameeva et al. (2008) с нашими дополнениями) и локализация изученных популяций вида на территории Республики Коми (*б*) (цифрами обозначены участки исследований)

Таблица 1

Характеристика изученных популяций (ЦП) *Pseudorchis albida* в Республике Коми

ЦП	Координаты	Местообитание, фитоценоз	Год	Численность	Онтогенетический спектр, %			
					j	im	v	g
1	65°28′47,0″ N 60°32′05,1″ E	скалы, елово-лиственничное кустарничково-лишайниковое редколесье	2010	67	9,0	23,9	19,4	47,8
			2011	30	11,1	22,2	18,5	48,2
2	65°27′55,6″ N 60°36′42,0″ E	скалы, кустарничково-лишайниковые группировки	2011	55	1,8	25,5	40,0	32,7
3	65°25′50,5″ N 60°41′06,2″ E	скалы, лиственнично-еловое кустарничково-лишайниково-моховое редколесье по склону	2011	106	14,1	21,7	42,5	21,7
4	65°22′46,6″ N 60°45′15,3″ E	мелкотравный бечевник	2010	32	3,1	12,5	40,6	43,8
			2011	66	1,5	16,7	47,0	34,8
5	63°21′28,8″ N 52°54′46,8″ E	разнотравно-зеленомошный сосняк с березой	2020	41	2,4	12,2	39,0	46,3
			2023	17	23,5	11,8	52,9	11,8
6	63°25′58,8″ N 52°58′19,2″ E	травянистый склон на берегу реки	2020	13	0	0	53,8	46,2
7	63°19′48,0″ N 52°54′46,8″ E	кустарничково-зеленомошный склон карстовой воронки	2020	11	0	9,1	18,2	72,7
			2023	6	0	33,3	50,0	16,7

ративное (g – цветущие растения). При изучении морфометрических особенностей растений учитывали их высоту, длину соцветия, число и размеры листьев, число цветков.

В двух популяциях (ЦП 5 и ЦП 7) в 2023 г. собраны коробочки со зрелыми семенами из центральной части соцветия до начала их раскрытия. Семена просматривали при увеличении ×4,5 под световым микроскопом МСП-2 (ЛОМО, Россия) и фотографировали цифровой видеокамерой ТС-500 (ЛОМО, Россия). Измерения проводили с помощью программы ToupView (ToupTek, Китай). Анализировали средние значения длины и ширины семени и зародыша, их объем и долю воздушного пространства в семени (Arditti et al., 1979; Healey et al., 1980) у 40 выполненных семян из каждой популяции. Для определения качества семян взята смесь семян из коробочек, отобранных с разных растений в пределах одной популяции (не менее 600 семян с каждой популяции). Семена просматривали под микроскопом, неполноценными считали семена без нормально развитого зародыша. Подсчет числа семян в коробочках проведен с применением разработанного нами способа абсолютного учета числа семян средствами программного пакета ImageJ 1.5 (Kirillova, Kirillov, 2015) на сканированном материале в автоматическом режиме (алгоритм Find Maxima) с ручной корректировкой. В каждой популяции подсчитаны семена в пяти коробочках. Проведен учет следующих показателей: условно-потенциальной семенной продуктивности (Блинова, 2009б) (число семян в коробочке × число цветков на растении (среднее для популяции)) и реальной семенной продуктивности (число полноценных семян в коробочке × число цветков на растении (среднее для популяции) × завязываемость плодов/100).

Данные обработаны вариационно-статистическими методами с использованием пакета Microsoft Office Excel 2010, статистические расчеты выполнены с помощью среды R (вер. 3.6.3). В тексте и таблицах приведены значения среднего арифметического ± стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение

Наши исследования показали, что *P. albida* на обследованной территории встречается в разреженных лесах, на облесенных склонах карстовых воронок, выходах известняков и травянистых бечевниках. Здесь вид образует популяции численностью от 6 до 106 растений. Небольшие популяции характерны для этого вида по всему ареалу (Pearman et al., 2008; Jersákova et al., 2011).

В Мурманской обл. они насчитывают от 6 до 39 растений (Блинова, 2009а), в Греции – до 20 шт. (Tsiftsis, Antonopoulos, 2011), в Чехии – до 200 шт. (Jeřábková, 2006), в Великобритании и Ирландии – от 19 до 240 растений (Walker et al., 2017). Лишь изредка вид образует крупные популяции, одна из самых многочисленных популяций *P. albida* (около 500 цветущих растений) отмечена в Великобритании (Bateman et al., 2017).

В Республике Коми зафиксированы значительные флуктуации численности популяций этого вида по годам (табл. 1). Так, на Приполярном Урале в ЦП 1 в 2011 г. численность уменьшилась в два раза по сравнению с предыдущим годом, а в ЦП 4 – увеличилась. Многолетние наблюдения за популяциями этого вида в Швеции показывают, что для них также характерны погодичные флуктуации, иногда весьма значительные (Reinhammar et al., 2002).

Во всех изученных популяциях *P. albida* в регионе преобладают взрослые (вегетативные или генеративные) растения (табл. 1). Средний онтогенетический спектр вида в Республике Коми – 6,0:17,2:38,4:38,4 (j:im:v:g). Большинство изученных популяций – полночленные, в них присутствует достаточное число молодых особей. По годам соотношение разных онтогенетических групп в популяциях меняется незначительно. Только две популяции с Южного Тимана (ЦП 6 и ЦП 7) неполночленные, в них отсутствуют молодые растения (табл. 1). Выявлено (Reinhammar et al., 2002), что для возобновления *P. albida* необходимы открытые участки, а эти две популяции характеризуются наиболее высокой сомкнутостью травяно-кустарничкового яруса. Вероятно, по этой причине в них затруднено семенное возобновление.

P. albida – многолетнее травянистое растение (рис. 2). Исследование морфометрических параметров особей этого вида показало, что их высота в Республике Коми составляет в среднем 18,9±5,4 см. На каждое растение приходится 3,3±0,6 (от 2 до 5) листьев. Нижний лист 2,5±0,9 см длиной и 1,2±0,3 см шириной, второй снизу лист 3,6±0,9 см длиной и 1,2±0,3 см шириной. Длина соцветия 4,8±1,5 см, число цветков 24,5±9,5 (от 6 до 50 шт.). Размеры растений этого вида не сильно варьируют по ареалу. Для Фенноскандии приводятся следующие параметры генеративных особей *P. albida*: высота 20,4±4,2 см, длина листа 3,7±1,0 см, ширина листа 1,1±0,2 см, длина соцветия 4,4±1,1 см; для Центральной Европы эти показатели составляют 17,0±3,4 см, 3,1±0,8 см, 1,0±0,2 см и 3,9±0,9 см соответственно (Reinhammar, 1998). В Великобритании размеры растений этого вида также близки к полученным нами: высота растений 19,5 см, длина второго листа 5,2 см, ширина 1,3 см, длина соцветия 4,8 см, число цветков 34,7 шт. (Bateman et al., 2017).

Размеры растений *P. albida* в разных популяциях на территории Республики Коми приведены в табл. 2. На Южном Тимане (ЦП 5–7) растения этого вида более крупные и с большим числом цветков, чем на Приполярном Урале (ЦП 1–4).

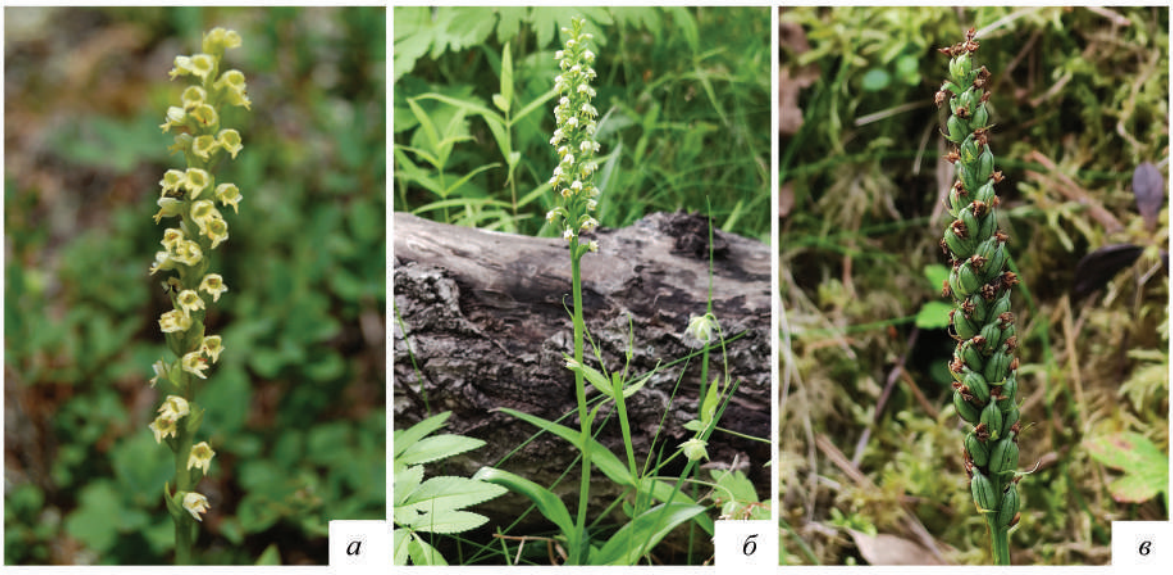


Рис. 2. *Pseudorchis albida* (соцветие (*а*), растение (*б*) и плоды (*в*)) в Республике Коми (фото И.А. Кирилловой)

Таблица 2

Морфометрические параметры генеративных особей *Pseudorchis albida* в Республике Коми

ЦП	Год	Высота растения, см	Длина соцветия, см	Число листьев, шт.	Длина первого листа, см	Ширина первого листа, см	Длина второго листа, см	Ширина второго листа, см	Число цветков, шт.
1	2010	20,08±3,44	5,33±1,47	3,3±0,47	2,99±0,93	1,35±0,24	4,10±1,03	1,27±0,29	25,87±7,16
	2011	18,94±3,70	4,41±1,23	3,15±0,36	2,86±0,95	1,09±2,53	3,61±0,78	1,11±0,27	21,95±5,06
2	2011	14,94±3,14	3,77±1,14	2,93±0,37	1,82±0,50	0,82±0,18	2,72±0,66	0,87±0,22	17,7±6,30
3	2011	16,86±2,57	4,52±1,04	2,96±0,43	2,08±0,81	1,04±0,26	2,95±0,96	0,99±0,22	18,16±4,90
4	2010	14,83±2,13	4,56±1,08	3,16±0,37	2,15±0,55	1,26±0,24	2,89±0,55	1,19±0,20	20,36±3,30
	2011	14,62±3,11	3,93±1,13	2,85±0,35	2,22±0,53	0,97±0,23	2,78±0,55	0,96±0,25	20,1±6,23
5	2020	26,55±3,20	6,41±1,09	4,2±0,41	3,12±0,53	1,46±0,26	4,94±0,68	1,57±0,27	36,67±7,33
	2023	27,0±4,24	6,30±0,71	4,5±0,71	4,05±0,35	1,61±0,42	6,25±0,25	1,70±0,21	39,51±0,71
6	2020	22,50±2,23	5,43±0,81	3,66±0,51	3,25±0,79	1,38±0,23	4,57±0,66	1,48±0,18	33,0±4,73
7	2020	26,52±2,56	6,46±1,08	4,01±0,10	3,50±0,68	1,54±0,20	5,45±1,14	1,69±0,21	38,5±5,18

Так, высота растений на Южном Тимане составила 22,5–27 см, число цветков – 33–40 шт., на Приполярном Урале – 14–20 см и 18–26 шт. соответственно. Вероятно, это связано с более мягкими климатическими условиями на Южном Тимане, по сравнению с Приполярным Уралом. Однако такие условия обеспечивают лучший рост и другим более конкурентоспособным видам, произрастающим совместно, в результате чего в большинстве популяций на Южном Тимане затруднено семенное возобновление вида. Молодые растения не могут пробиться сквозь густой травяно-кустарничковый ярус, для прорастания им необходимы открытые участки. L.G. Reinhammar и соавторы (2002), изучавшие динамику *P. albida* в течение 6 лет на двух участках, один из которых скашивали, а другой оставляли в естественном состоянии, показали, что на первом участке молодые особи появлялись регулярно, на другом – возобновление было незначительным или отсутствовало.

Завязываемость плодов изучена в одной популяции (ЦП 5), она составила 86,1%. Высокая эффективность опыления характерна для этого вида (Fuller, 1978; Jeřábková, 2006). Его опылителями являются чешуекрылые и двукрылые (Claessens, Kleynen, 2011; Jersáková et al., 2011; Argue, 2012), привлекаемые сладким запахом и наличием нектара в шпорце. По мнению И.В. Блиновой (2008), в Мурманской обл. для *P. albida* характерна смешанная система опыления – автогамия и опыление насекомыми. Коробочка *P. albida* содержит множество мельчайших пылевидных семян веретеновидной формы, состоящих из оболочки и недифференцированного зародыша (рис. 3). От семян большинства других видов Орхидных, изученных нами в регионе (Кириллова, Кириллов, 2021а), они отличаются плотной и относительно гладкой семенной оболочкой, а также малым объемом воздушного пространства – 48,8%. Семенная масса этого вида по ощущениям «тяжелая» и «текучая», не такая «воздушная», как у других видов орхидей в Республике Коми. Такая особенность семян, по всей видимости, препятствует их широкому разлету с помощью приземных воздушных потоков. Низкая летучесть семян сказывается на пространственном расположении особей, часто отмечаются небольшие скопления молодых растений вокруг взрослых особей. Исследования J. Jersáková, T. Malinová (2007) позволили сделать вывод, что большая часть семян у *P. albida* остается в непосредственной близости от материнских растений (на расстоянии до 5 м).

Наши исследования показали, что средняя длина семян этого вида в регионе составляет 0,43±0,04 мм, ширина – 0,17±0,02 мм; длина зародыша 0,18±0,02 мм, ширина 0,13±0,01 мм. Для Европы приведены чуть большие размеры семян этого вида – 0,4–0,5 мм×0,20–0,3 мм (Bojňanský, Fargašová, 2007). В Чехии размер семян *P. albida* составляет 0,45×0,19 мм, размер зародышей – 0,21×0,14 мм (Jeřábková, 2006); в Испании эти поеазатели составляют 0,44×0,18 мм и 0,18×0,14 мм соответственно (Gamarra et al., 2015). В табл. 3 приведена морфометрическая

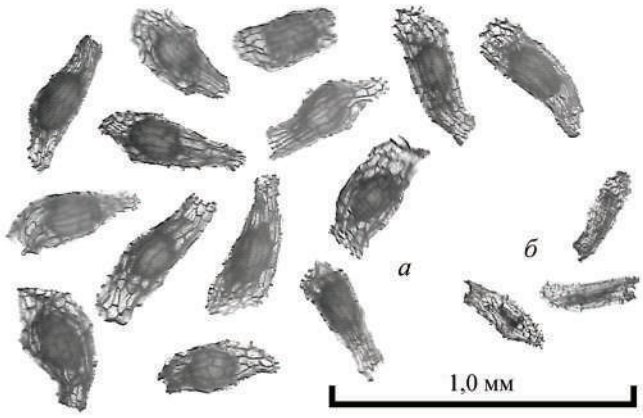


Рис. 3. Семена *Pseudorchis albida*, собранные в Республике Коми (*а* – нормальные семена, *б* – неполноценые семена)

характеристика семян в двух популяциях вида на Южном Тимане.

В Республике Коми в одной коробочке *P. albida* содержится в среднем 1717±85 семян (минимально – 1400, максимально – 1960 шт.). В других частях ареала в коробочке этого вида образуется меньшее число семян, в Мурманской обл. – 193 шт. (Блинова, 2009б), в Чехии – 700±276 шт. (Jeřábková, 2006). В табл. 3 приведены данные по семенной продуктивности вида в двух популяциях на Южном Тимане. Условно-потенциальная семенная продуктивность растения (семенная продуктивность в случае 100%-го опыления цветков) составляет 63 990–73 242 шт. В Мурманской обл. этот показатель гораздо ниже – 4072 шт. (Блинова, 2009б). Небольшая часть семян в коробочках не имеет нормально развитого зародыша и отличается меньшими размерами, такие семена мы отнесли к неполноценным (рис. 3*б*), их доля составляет в изученных популяциях 0,5–1%. Реальная семенная продуктивность растения с учетом неполноценных семян составила 54 544 шт.

Таким образом, на территории Республики Коми семенная продуктивность *P. albida*

Таблица 3

Характеристика семян и семенная продуктивность *Pseudorchis albida* в Республике Коми

Признак	ЦП 5	ЦП 7
Длина семени, мм	0,42±0,04	0,44±0,05
Ширина семени, мм	0,16±0,02	0,18±0,02
Объем семени×10^{-3}, мм^3	2,93±0,01	3,67±0,01
Длина зародыша, мм	0,18±0,02	0,19±0,02
Ширина зародыша, мм	0,13±0,01	0,13±0,01
Объем зародыша×10^{-3}, мм^3	1,49±0,01	1,73±0,01
Доля пустого воздушного пространства в семени, %	47,42±13,29	50,20±16,18
Доля семян без зародыша, %	1,0	0,5
Число семян в плоде, шт.	1620±250 (1400–1921)	1878±126 (1733–1960)
Число полноценных семян в плоде, шт.	1604	1869
Условно-потенциальная семенная продуктивность растения, шт.	63990	73242
Реальная семенная продуктивность растения, шт.	54544	–

оказалась выше, чем в других частях ареала, а размеры семян меньше. Можно предположить, что на южной границе ареала этого вида появляются дополнительные механизмы для реализации семенного возобновления (единственного у этого вида) – увеличение числа семян в коробочке при уменьшении их размеров. Вероятно, это общая стратегия Орхидных для компенсации проблем с семенным возобновлением. Так, увеличение числа семян в коробочке отмечено у безнектарных видов орхидей для компенсации более низкой эффективности опыления по сравнению с нектароносными Орхидными (Sonkoly et al., 2015), а также зафиксировано для ряда видов орхидных на северной границе ареала (Кириллова, Кириллов, 2017, 2020, 2021б).

Заключение

Наши исследования показали, что *P. albida* в Республике Коми образует небольшие популяции, численностью до 106 растений. В популяциях преобладают взрослые вегетативные или генеративные особи. Семенная продуктивность высокая, одна коробочка содержит в среднем 1717±85, причем более 99% семян – полноценные, реальная семенная продуктивность растения – 54 544 семян. Семена мелкие (0,43×1,17 мм), около 50% занимает пустое воздушное пространство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
REFERENCES

Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. М., 1997. 116 с. [Atlas Respubliki Komi po klimatu i gidrologii. M., 1997. 116 p. (in Russ.)].

Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Вып. 9. Федеральный заказник «Параськины озера». Сыктывкар, 2024. 287 с. [Biological diversity of specially protected natural territories of the Komi Republic. Iss. 9. Federal reserve «Paraskiny Lakes». Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2024. 287 p. (in Russ.)].

Блинова И.В. Особенности опыления орхидных в северных широтах // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113. № 1. С. 39–47 [Blinova I.V. Orchid pollination in Northern Latitudes // Byul. MOIP. Otd. biol. Vol. 113. N 1. P. 39–47. (in Russ.)].

Блинова И.В. Численность популяций орхидных и их динамика на северном пределе распространения в Европе // Ботанический журнал. 2009а. Т. 94. № 2. С. 212–240 [Blinova I.V. Number of individuals and dynamics of orchid populations at the northern limit of their distribution in Europe // Bot. Zhurn. 2009a. Vol. 94. N 2. P. 212–240 (in Russ.)].

Блинова И.В. Оценка репродуктивного успеха орхидных за Полярным кругом // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2009б. № 12. С. 76–83 [Blinova I.V. The estimation of reproductive success of orchid species north of the Arctic Circle in Europe // Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology. 2009b. N 12. P. 76–83 (in Russ.)]

Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Татаренко И.В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М., 2014. 437 с. [Vakhrameeva M.G., Varlygina T.I., Tatarenko I.V. Orchids of Russia (biology, ecology and protection). M., 2014. 437 p. (in Russ.)].

Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы, 2013. 439 с. [Zlobin Yu.A. Population ecology of plants: a modern condition, points of grows. Sumy, 2009. 263 p. (in Russ.)].

Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Репродуктивная биология *Platanthera bifolia* (L.) Rich. (Orchidaceae) на северной границе ареала (Республика Коми) // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2017. № 38. С. 68–88 [Kirillova I.A., Kirillov D.V. Reproductive biology of *Platanthera bifolia* (L.) Rich. (Orchidaceae) on its northern distribution border (The Komi Republic) // Tomsk State University Journal of Biology. 2017. N 38. P. 68–88 (in Russ.)] (https://dx.doi.org/10.17223/19988591/38/4).

Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Репродуктивный успех *Dactylorhiza incarnata* ssp. *cruenta* (Orchidaceae) на северном пределе ареала. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 49. С. 25–49 [Kirillova I.A., Kirillov D.V. Reproductive success of *Dactylorhiza incarnata* ssp. *cruenta* (Orchidaceae) on the northern border of its distribution area // Tomsk State University Journal of Biology. 2020. N 49. P. 25–49. (in Russ.)] (https://dx.doi.org/10.17223/19988591/49/2).

Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Репродуктивный успех орхидных на северном пределе их распространения (Северо-восток Европейской России) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021а. Т. 6 (1). С. 17–27 [Kirillova I.A., Kirillov D.V. Reproductive success of Orchids at the northern border of their distribution areas (North-East of European Russia) // Nature Conservation Research. 2021a. Vol. 6. N 1. P. 17–27 (in Russ.)] (https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2021.014).

Кириллова И.А., Кириллов Д.В. Семенная продуктивность и особенности биологии *Malaxis monophyllos* (L.) Sw. (Orchidaceae) на северной границе ареала // Теоретическая и прикладная экология. 2021б. № 3. С. 133–139 [Kirillova I.A., Kirillov D.V. Seed

productivity and features of biology of *Malaxis monophyllos* (L.) Sw. (Orchidaceae) on the northern distribution border. 2021b. N 3. P. 133–139. (in Russ.)] (https://dx.doi.org/10.25750/1995-4301-2021-3-133–139).

Татаренко И.В., Баталов А.Е. Биоморфологические особенности *Leucorchis albida* (Orchidaceae) // Ботанический журнал. 1999. Т. 84. № 12. С. 74–80 [Tatarenko I.V., Batalov A.E. Biomorphologic features of *Leucorchis albida* (Orchidaceae) // Bot. Zhurn. 1999. Vol. 84. N 12. P. 74–80 (in Russ.)].

Arditti J., Michaud J.D., Healey P.L. Morphometry of orchid seeds. I. Paphiopedilum and native California and related species of Cypripedium // American Journal of Botany. 1979. Vol. 66. Iss. 10. P. 1128–1137 (https://dx.doi.org/10.1002/j.1537-2197.1979.tb06332.x).

Argue C.L. The pollination biology of North American orchids: Volume 1. North of Florida and Mexico. London: Springer. 2012. 228 p.

Bateman R.M., Rudall P.J., Denholm I. Morphometric comparison of British *Pseudorchis albid*a with Icelandic *P. straminea* (orchidaceae: Orchidinae) // New Journal of Botany. 2017. Vol. 7. Iss. 2–3. P. 78–93 (https://dx.doi.org/10.1080/20423489.2017.1408191).

Bojňanský V., Fargašová A. Atlas of seeds and fruits of Central and East-European Flora: The Carpathian Mountains Region. Dordrecht: Springer Science & Business Media. 2007. 1046 p.

Fay M.F. Orchid conservation: how can we meet the challenges in the twenty-first century? // Botanical studies. 2018. Vol. 59. P. 1–6 (https://dx.doi.org/10.1186/s40529-018-0232-z).

Fuller F. Platanthera, Gymnadenia, Leucorchis, Neotthianthe. Orchideen Mitteleuropas 8 (2nd edition). Die Neue Brehmbucherei 411. Ziemsen Verlag, Wittenberg-Lutherstadt, Germany. 1978.

Gamarra R., Galán P. , Pedersen H.Æ., Ortúñez E., Sanz E. Seed micromorphology in Dactylorhiza Necker ex Nevski (Orchidaceae) and allied genera // Turkish Journal of Botany. 2015. Vol. 39. N 2. P. 298–309 (https://dx.doi.org/10.3906/bot-1401-66).

Healey P.L., Michaud J.D., Arditti J. Morphometry of Orchid Seeds. III. Native California and related species of Goodyera, Piperia, Platanthera and Spiranthes // American Journal of Botany. 1980. Vol. 67. Iss. 4. P. 508–518(https://dx.doi.org/10.1002/j.1537-2197.1980.tb07678.x).

Jeřábková K. Ecological demands and optimal management of *Pseudorchis albida*. Doctoral dissertation, Master thesis in Czech, Czech University of Life Sciences, Prague. 2006.

Jersáková J., Malinová T., Jeřábková K., Dötterl S. Biological flora of the British isles: *Pseudorchis albida* (L.) Á. & D. Löve // Journal of Ecology. 2011. Vol. 99. Iss. 5. P. 1282–1298 (https://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01868.x).

Jersáková J., Malinová T. Spatial aspects of seed dispersal and seedling recruitment in orchids // New Phytologist. 2007. Vol. 176. Iss. 2. P. 237–241 (https://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02223.x).

Kirillova I.A., Kirillov D.V. Reproduction biology of *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br. (Orchidaceae) on its northern distribution border // Contemporary problems of ecology. 2015. Vol. 8. N 4. P. 512–522 (https://dx.doi.org/10.1134/S1995425515040095).

Kolanowska M., Nowak S., Rewicz A. Will Greenland be the last refuge for the continental European small-white orchid? Niche modeling of future distribution of *Pseudorchis albida* // Frontiers in Environmental Science. 2022. Vol. 10. P. 912428 (https://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2022.912428).

Pearman D.A., Preston C.D., Rothero G.P., Walker K.J. The Flora of Rum: An Atlantic Island Reserve. Cornwall, UK: Truro. 2008.

Reinhammar L.G. Systematics of *Pseudorchis albida* s.l. (Orchidaceae) in Europe and North America // Botanical Journal of the Linnean Society. 1998. Vol. 126. Iss. 4. P. 363–382 (https://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.1998.tb01388.x).

Reinhammar L.G., Olsson E.G., Sormeland E. Conservation biology of an endangered grassland plant species, *Pseudorchis albida*, with some references to the closely related alpine P. straminea (Orchidaceae) // Botanical Journal of the Linnean Society. 2002. Vol. 39. Iss. 1. P. 47–66 (https://dx.doi.org/10.1046/j.1095-8339.2002.00041.x).

Sonkoly J.E., Vojtkó A., Török P., Illyés Z., Sramkó G., Tökölyi J., Molnár V.A. Higher seed number compensates for lower fruit-set of deceptive orchids // Journal of Ecology. 2015. Vol. 104. N 2. P. 343–351 (https://dx.doi.org/10.1111/1365-2745.12511).

Swarts N. D., Dixon K. W. Terrestrial orchid conservation in the age of extinction //Annals of botany. 2009. Vol. 104. Iss. 3. P. 543–556 (https://dx.doi.org/10.1093/aob/mcp025).

Tsiftsis S., Antonopoulos Z. *Pseudorchis albida*: an enigmatic orchid for the Greek flora // Journal Europaischer Orchideen. 2011. Vol. 43. N 4. P. 795–806.

Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I., Totosyan G.K., Zagulskii M.N. Orchids of Russia and Adjacent Countries (within the Borders of the Former USSR). Ruggell: A.R.G Ganter Verlag. 2008. 690 p.

Walker K.J., Stroh P.A., Ellis R.W. Threatened plants in Britain and Ireland. Bristol: Botanical Society of Britain and Ireland. 2017.

Wraith J., Norman P., Pickering C. Orchid conservation and research: An analysis of gaps and priorities for globally Red Listed species // Ambio. 2020. Vol. 49. P. 1601–1611 (https://dx.doi.org/10.1007/s13280-019-01306-7).

Wraith J., Pickering C. Quantifying anthropogenic threats to orchids using the IUCN Red List // Ambio. 2018. Vol. 47. P. 307–317 (https://dx.doi.org/10.1007/s13280-017-0964-0).

Информация об авторах

Ирина Анатольевна Кириллова – науч. сотр. Института биологии Коми Научного центра Уральского отделения РАН, канд. биол. наук (kirillova_orchid@mail.ru);

Дмитрий Валерьевич Кириллов – науч. сотр. Института биологии Коми Научного центра Уральского отделения РАН, канд. биол. наук (kirdimka@mail.ru).

Information about the author

Irina A. Kirillova – Researcher of the Institute of Biology of Komi Scientifc Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Cand. Sci. (Biol.) (kirillova_orchid@mail.ru; orcid.org/0000-0001-7774-7709);

Dmitriy V. Kirillov – Researcher of the Institute of Biology of Komi Scientifc Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Cand. Sci. (Biol.), kirdimka@mail.ru; orcid.org/0000-0002-6577-693X).

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.04.2024; одобрена после рецензирования 13.10.2024; принята к публикации 03.11.2024.

The article was submitted 17.04.2024; approved after reviewing 13.10.2024; accepted for publication 03.11.2024.

ПОТЕРИ НАУКИ

LOSSES OF SCIENCE

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА ОЛЬГИ ВСЕВОЛОДОВНЫ СМИРНОВОЙ

IN MEMORY OF PROFESSOR OLGA VSEVOLODOVNA SMIRNOVA

О.В. Смирнова (1939–2024)

30 декабря 2024 г. на 86-м году жизни скончалась Ольга Всеволодовна Смирнова – доктор биологических наук, профессор, крупный ученый в области популяционной биологии растений и лесной биогеоценологии, главный научный сотрудник Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН.

Ольга Всеволодовна родилась в Москве, выросла в арбатских переулках. В школьные годы была участником Клуба юных биологов Всероссийского общества охраны природы, который организовал П.П. Смолин. Тогда же она познакомилась с профессором А.А. Урановым, который заведовал кафедрой ботаники Московского государственного педагогического института (МГПИ). Это знакомство определило круг ее научных интересов и выбор специальности.

В 1963 г. Ольга Всеволодовна окончила кафедру геоботаники МГУ имени М.В. Ломоносова. С 1966 по 1992 г. была сотрудником Проблемной биологической лаборатории при МГПИ. В 1968 г. под руководством профессора А.А. Уранова защитила кандидатскую диссертацию на тему «Жизненные циклы, численность и возрастной состав популяций основных компонентов травяного покрова дубрав», а в 1983 г. – докторскую диссертацию на тему «Поведение видов и функциональная организация травяного покрова широколиственных лесов (на примере равнинных широколиственных лесов европейской части СССР и липняков Сибири)». С 1992 г. по приглашению академика А.С. Исаева работала в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН.

Долгое время научными интересами О.В. Смирновой были популяционная биология и демография растений. Она изучила особенности биологии и описала онтогенезы более тридцати видов трав широколиственных лесов. При ее активном участии издано несколько книг, посвященных популяционной биологии растений, которые стали научными бестселлерами (Ценопопуляции…, 1976, 1977, 1988; Динамика..., 1985).

По итогам кандидатской и докторской диссертаций вышла монография «Структура травяного покрова широколиственных лесов» (1987). Опираясь на систему представлений о ценотипах Л.Г. Раменского и концепцию типов стратегий Дж. Граймa, О.В. Смирнова предложила различать фитоценотические потенции и позиции видов. Потенции характеризуют тип популяционного поведения

видов: их конкурентоспособность, реактивность или толерантность. Позиции отражают положение растений в конкретном сообществе. Этот подход предполагает дифференцированное исследование биологических (поведенческих) и экологических свойств видов. Ольга Всеволодовна разработала классификацию видов эфемероидов и широкотравья по типам стратегий (поведения). В дальнейшем этот подход использовался при изучении типов поведения деревьев и кустарников Восточноевропейских лесов (Смирнова, Чистякова, 1980; Восточноевропейские …, 2004).

О.В. Смирнова совместно с Л.Б. Заугольновой разработала представления о базовом и характерном спектрах ценопопуляций, а также об элементарной демографической единице (ЭДЕ). Знания о базовом и характерном спектрах – это основа для оценки состояния популяций и прогнозов их развития. Данные об ЭДЕ необходимы для выявления пространственных и временных масштабов популяционных мозаик у разных видов растений. Получив первоначальное развитие в демографии растений, эти понятия стали основой для выявления минимальной площади сообществ, на которой может осуществляться устойчивый оборот поколений в популяциях всех видов деревьев (Смирнова и др., 1988, 1989; 1993).

О.В. Смирнова впервые в нашей стране применила концепцию гэп-мозаики к анализу структурно-функциональной организации Восточноевропейских лесов (Восточноевропейские…, 1994, 2004). На основе этой концепции под руководством Ольги Всеволодовны проведены натурные эксперименты по восстановлению популяций широколиственных деревьев в различных регионах СССР. По итогам этих работ опубликованы «Методические рекомендации по воспроизводству разновозрастных широколиственных лесов европейской части СССР» (1989).

Под руководством О.В. Смирновой и ее коллег проведены исследования по оценке биологического разнообразия лесного покрова в заповедниках и национальных парках. По результатам этих работ изданы коллективные монографии (Сукцессионные..., 1999; Оценка..., 2000). В это время Ольга Всеволодовна и ее коллеги развивают представления об эколого-ценотических группах видов растений, разрабатывают методы оценки сукцессионного состояния лесных сообществ (Смирнова и др., 2001, 2006; Смирнова, 2004).

Революционными являются представления О.В. Смирновой о популяционной организации биогеоценотического лесного покрова, в котором, помимо эдификаторной роли деревьев, чрезвычайно важна жизнедеятельность видов разных трофических групп. Устойчивый оборот поколений в популяциях растений, животных и других организмов – это необходимая основа для непрерывного создания мозаики местообитаний, благодаря которой поддерживается максимальное видовое разнообразие сообществ (Смирнова и др., 2006; Смирнова, Торопова, 2016). Ольга Всеволодовна обосновала важность популяционного подхода для разработки современной концепции мозаично-циклической организации экосистем, теории нарушений, понятий о ключевых видах и экосистемных инженерах. Последовательное развитие этих идей послужило основой для пересмотра представлений о климаксе и сукцессиях (Смирнова, Торопова, 2008).

О.В. Смирнова с коллегами последовательно развивала идею о ведущей роли хозяйственной деятельности человека в формировании современной зональности. Она показала, что растительность в настоящее время – это огромная сукцессионная система, в которой подавляющее большинство процессов инициировано человеком (Смирнова и др., 2001; Смирнова, Турубанова, 2003). Для доказательства этих идей под ее руководством и с участием природоохранных организаций был предпринят поиск наименее нарушенных бореальных и неморальных лесов. Исследования этих сообществ позволили понять закономерности динамики популяций и экосистем в условиях спонтанного развития, а также выявить механизмы поддержания видового и структурного разнообразия ценозов. Такие сообщества были обнаружены в разных регионах России. В целях сохранения уникального массива широколиственных лесов Ольга Всеволодовна создала заповедник «Калужские засеки», при ее активном участии организован заказник Сабарский с редкими высокотравными хвойно-широколиственными лесами Среднего Урала, разработаны предложения по расширению территории Висимского заповедника.

Результаты исследований лесной растительности, ее функциональной организации отражены в обобщающих работах. Так, в 1994 г. под редакцией О.В. Смирновой вышла книга «Восточноевропейские широколиственные леса», в 2004 г. опубликован двухтомник «Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность», а в 2017 г. в издательстве Springer появилась монография «European Russian Forests: Their Current State and Features of Their History».

Большое внимание О.В. Смирнова уделяла педагогической деятельности, которую вела со времени работы в Проблемной лаборатории МГПИ:

проводила студенческие научные семинары, практики и экспедиции. По приглашению многих университетов России Ольга Всеволодовна в разные годы читала учебные курсы «Лесная экология», «Популяционная биология» и «Биогеоценология». В 2018 г. она представила курс лекций «Экология для всех» в культурно-просветительском центре «Архэ». В Пущинском университете на кафедре Системной экологии, которую организовал и возглавил А.С. Комаров, под ее руководством с 1993 по 2008 г. работала образовательная программа «Биогеоценология и лесная экология». Более сотни магистров выпущено за это время. Под руководством Ольги Всеволодовны защищено 25 кандидатских диссертаций, пятеро учеников стали докторами наук. В 1994 г. О.В. Смирновой присвоено ученое звание профессора по специальности «Ботаника».

В 2016 г. О.В. Смирнова создала научный журнал «Russian Journal of Ecosystem Ecology». Это издание освещает проблемы структуры, функционирования и динамики наземных и водных экосистем, оценки их биологического разнообразия, исторической экологии, охраны природы, природопользования, экологического моделирования и другие вопросы, связанные с биогеоценологией.

Ольга Всеволодовна оставила нам обширное научное наследие, которое насчитывает свыше 300 работ. Со всеми статьями, книгами, а также с авторефератами и некоторыми диссертациями ее учеников можно познакомиться в сети Интернет на платформе ИСТИНА МГУ – страница http://istina.msu.ru/profile/sov1933/.

Ольга Всеволодовна была исключительно добрым и отзывчивым человеком, прекрасным другом и наставником, посвятившим свою жизнь служению науке. Мы с благодарностью будем вспоминать счастливое время плодотворного общения с этим ярким человеком, на которого стремились равняться в своей научной работе.

Евстигнеев О.И., Бобровский М.В.,
Ханина Л.Г., Коротков В.Н.

Список основных трудов О.В. Смирновой

1967. Онтогенез и возрастные группы осоки волосистой (*Carex pilosa* Scop.) и сныти обыкновенной (*Aegopodium podagraria* L.) // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений. М., С. 100–113.

1969. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 74. Вып. 1. С. 119–134 (соавтор А.А. Уранов).

1972. О двух типах жизненного цикла *Viola mirabilis* L. // Бот. журн. Т. 57. № 5. С 481–492 (соавтор Т.Н. Кагарлицкая).

Большой жизненный цикл *Galeobdolon luteum* Huds. // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 77. Вып. 1. С. 76–87 (соавтор Н.А. Торопова).

1976. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М., 217 с. (соавторы Л.Б. Заугольнова, И.М. Ермакова и др.).

1977. Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения). М., 131 с. (соавторы А.А. Уранов, Л.Б. Заугольнова и др.).

1978. Возрастная структура ценопопуляций многолетних растений и ее динамика // Журн. общ. биол. Т. 39. № 6. С. 849–858 (соавтор Л.Б. Заугольнова).

1980. Анализ фитоценотических потенций некоторых древесных видов широколиственных лесов европейской части СССР // Журн. общ. биол. Т. 41. № 3. С. 350–362 (соавтор А.А. Чистякова).

Поведение видов и функциональная организация травяного покрова широколиственных лесов европейской части СССР // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 85. Вып. 5. С. 53–67.

Age states of plants of various growth forms: a review // Journal of Ecology. Vol. 68. N. 3. P. 675–696 (соавторы L.E. Gatzuk, L.I Vorontzova., L.B. Zaugolnova, L.A. Zhukova).

1984. Квазисенильность как одно из проявлений фитоценотической толерантности растений // Журн. общ. биол. Т. 45. № 2. С. 216–225 (соавторы А.А. Чистякова, И.И. Истомина).

1985. Динамика ценопопуляций растений. М., 1985. 208 с. (соавторы Л.Б. Заугольнова, И.М. Ермакова и др.).

Поведение видов и структура синузии эфемероидов лесов «Липового острова» // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 90. Вып. 2. С. 3–15 (соавторы В.Н. Тимченко, В.А. Черемушкина.).

The population biology of ephemeroids // Handbook of vegetation science. Part. III. The population structure of vegetation. Dordrecht. P. 225–240. (соавтор N.I. Shorina).

1987. Структура травяного покрова широколиственных лесов. М., 208 с.

Ценопопуляционный анализ и прогнозы развития дубово-грабовых лесов Украины // Журн. общ. биол. Т. 48. № 2. С. 200–212 (соавторы А.А. Чистякова, Т.И. Дробышева).

1988. Популяционные методы определения минимальной площади лесного ценоза // Бот. журн. Т. 73. № 10. С. 1423–1433 (соавторы Р.В. Попадюк, А.А. Чистякова).

Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М., 184 с. (соавторы Л.Б. Заугольнова, Л.А. Жукова, А.С. Комаров).

1989. Методические рекомендации по воспроизводству разновозрастных широколиственных лесов европейской части СССР (на основе популяционного анализа). М., 19 с. (соавторы Р.В. Попадюк, А.А. Чистякова и др.)

Популяционная организация буковых лесов Закарпатья // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 94. Вып. 5. С. 78–91 (соавторы А.А. Чистякова, С.И. Рипа, Н.И. Лысых).

Популяционные механизмы динамики лесных ценозов // Научн. доклады высш. шк. Биол. науки. № 11. С. 48–58 (соавторы А.А. Чистякова, Р.В. Попадюк).

1993. Популяционная концепция в биоценологии // Журн. общ. биол. Т. 54. № 4. С. 438–448 (соавторы Л.Б. Заугольнова, Р.В. Попадюк).

1994. Восточноевропейские широколиственные леса / Под ред. О.В. Смирновой. М., 364 с.

1997. Оценка потерь флористического разнообразия в лесной растительности (на примере заповедника «Калужские засеки») // Лесоведение. № 2. С. 27–42 (соавторы Р.В. Попадюк, Л.Б. Заугольнова, Л.Г. Ханина).

1999. Ontogeny of a tree // Бот. журн. Т. 84. № 12. С. 8–20 (соавторы A.A. Chistyakova, L.B. Zaugolnova, O.I. Evstigneev, R.V. Popadiouk, A.M. Romanovskii).

2000. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. М.: Научный мир. 196 с. (соавторы Л.Б. Заугольнова, Л.Г. Ханина и др.)

2001. Онтогенез дерева и его отражение в структуре и динамике растительного и почвенного покрова // Экология. № 3. С. 177–181 (соавтор Бобровский М.В.).

Оценка и прогноз сукцессионных процессов в лесных ценозах на основе демографических методов // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 106. Вып. 5. С. 25–33 (соавторы М.В. Бобровский, Л.Г. Ханина).

Реконструкция истории биоценотического покрова Восточной Европы и проблема поддержания биологического разнообразия // Успехи соврем. биол. № 2. С. 144–159 (соавторы С.А. Турубанова, М.В. Бобровский, В.Н. Коротков, Л.Г. Ханина).

Современная зональность Восточной Европы как результат преобразования позднеплейстоценового комплекса ключевых видов // Мамонт и его окружение: 200 лет изучения. М., С. 200–208 (соавторы В.Н. Калякин, С.А. Турубанова, М.В. Бобровский).

2003. Формирование и развитие Восточноевропейских широколиственных лесов в голоцене // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 108. Вып. 2. С. 32–40 (соавтор С.А. Турубанова).

2004. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / Под ред. О.В. Смирновой. М., Кн. 1. 479 с. Кн. 2. 575 с.

Методологические подходы и методы оценки климаксового и сукцессионного состояния лесных экосистем (на примере Восточноевропейских лесов) // Лесоведение. № 3. С. 15–27.

2006. Представление о потенциальном и восстановленном растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // Лесоведение. № 1. С. 22–33 (соавторы Е.Ю. Бакун, С.А. Турубанова).

Сукцессионный статус старовозрастных темнохвойных лесов Европейской России // Успехи соврем. биол. № 1. С. 26–48 (соавторы М.В. Бобровский, Л.Г. Ханина, В.Э. Смирнов).

2008. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс // Успехи соврем. биол. Т. 128. № 2. С. 129–144 (соавтор Н.А. Торопова).

2011. Популяционная парадигма в экологии и экосистемные процессы // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 116. Вып. 4. С. 41–47 (соавторы Н.А. Торопова, Д.Л. Луговая, А.А. Алейников).

2013. Модельная реконструкция восстановленного лесного покрова таежных лесов // Успехи соврем. биол. Т. 133. №. 2. С. 164–177 (соавторы Д.Л. Луговая, Т.С. Проказина).

2014. Пионовая тайга // Природа. № 2. С. 54–63 (соавторы А.А. Алейников, Н.С. Смирнов, Д.Л. Луговая).

2015. Теоретические основы оптимизации функции биоразнообразия лесного покрова (синтез современных представлений) // Лесоведение. № 5. С. 367–378 (соавторы Л.Б. Заугольнова, В.Н. Коротков).

2016. Потенциальная растительность и потенциальный экосистемный покров // Успехи соврем. биол. Т. 136. № 2. С. 199–211 (соавтор Н.А. Торопова).

Potential ecosystem cover – a new approach to conservation biology // Russian Journal of Ecosystem Ecology. Vol. 1. N. 1. P. 1–20 (соавтор N.A. Toropova).

2017. European Russian Forests. Their Current State and Features of Their History. Smirnova O.V., Bobrovsky M.V., Khanina L.G. (eds.). Dordrecht: Springer Nature. 566 p.

2018. Рефугиумы таежных лесов приполярного Урала // Изв. РАН. Серия биол. № 2.

С. 237–244 (соавторы Н.Е. Шевченко, Л.Г. Ханина, М.В. Бобровский).

The concept “complementarity” as the basis for model and nature reconstruction of potential biota in the current climate // Russian Journal of Ecosystem Ecology. Vol. 3. N. 3. P. 1–21 (соавторы A.P. Geraskina, A.A. Aleynikov.).

2019. Current northern Eurasia forest condition: methods of analysis and restoration of natural biota in protected areas. Literature review and recommendations for required research in protected areas // Russian Journal of Ecosystem Ecology. Vol. 4. N. 1. P. 1–12 (соавтор A.P. Geraskina).

2020. Natural zonality of the forest belt of Northern Eurasia: myth or reality? Part 1 (Literature review) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. Vol. 5. N. 1. P. 19–38 (соавторы A.P. Geraskina, V.N. Korotkov).

2021. Natural zonality of the forest belt of Northern Eurasia: myth or reality? Part 2 (Literature review) // Russian Journal of Ecosystem Ecology. Vol. 6. N. 2. P. 1–12 (соавторы A.P. Geraskina, V.N. Korotkov).

Информация об авторах

Олег Иванович Евстигнеев – гл. науч. сотр. государственного природного биосферного заповедника «Брянский лес» (quercus_eo@mail.ru);

Максим Викторович Бобровский – вед. науч. сотр. лаборатории моделирования экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (maxim.bobrovsky@gmail.com);

Лариса Геннадьевна Ханина – зав. лабораторией Вычислительной экологии Института математических проблем биологии РАН – филиала Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (khanina.larisa@gmail.com);

Владимир Николаевич Коротков – зав. отделом мониторинга потоков парниковых газов в природных и антропогенно-нарушенных экосистемах Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля (korotkovv@list.ru).

Information about the authors

Oleg Ivanovich Evstigneev – chief researcher of the Bryansk Forest State Nature Biosphere Reserve (quercus_eo@mail.ru);

Maxim Viktorovich Bobrovsky – leading researcher of the laboratory of ecosystem modeling of the Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences (maxim.bobrovsky@gmail.com);

Larisa Gennadyevna Khanina – head of the laboratory of Computational Ecology of the Institute of Mathematical Problems of Biology of the Russian Academy of Sciences – branch of the M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences (khanina.larisa@gmail.com);

Vladimir Nikolaevich Korotkov – head of the department of monitoring greenhouse gas flows in natural and anthropogenically disturbed ecosystems of the Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology (korotkovv@list.ru).

DOI: 10.55959/MSU0027-1403-BB-2025-130-1-74-78