

ISSN 1996–1499

2025 №2



РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИНВАЗИЙ

<http://www.sevin.ru/invasjour/>



Институт проблем экологии и эволюции
имени А.Н. Северцова
Российской Академии Наук

Содержание

Болдырев В.С., Яковлев С.В., Випхло Е.В., Голоколенова Т.Б., Басько Ю.В., Гордеев Д.А. ЕВРОПЕЙСКИЙ ОБЫКНОВЕННЫЙ ГОРЧАК <i>RHODEUS AMARUS</i> (ACHEILOGNATHIDAE) – ЧУЖЕРОДНЫЙ ВИД РЫБ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ	2
Воробьева О.А., Черняева Е.В., Рысенков Д.А., Викторов В.П. АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КЛЁНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (<i>ACER NEGUNDO</i> L.) НА ФОНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В ГОРОДЕ МОСКВА	14
Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И. НАХОДКИ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНОЗАВОДСКОЙ ЗОНЫ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ	27
Голуб Н.В., Игнатъева В.В., Голуб В.Б. НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ В РОССИИ ТРОПИЧЕСКОГО ПОСТЕЛЬНОГО КЛОПА <i>CIMEX HEMIPTERUS</i> И ЕГО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ В СРАВНЕНИИ С ОБЫКНОВЕННЫМ ПОСТЕЛЬНЫМ КЛОПОМ <i>C. LECTULARIUS</i> (HEMIPTERA: NETEROPTERA: CIMICIDAE)	44
Дедюхин С.В. НОВЫЕ НАХОДКИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ЖУКОВ-ДОЛГОНОСИКОВ (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	53
Ермолаев И.В., Дэви Н.М., Бубнов М.О., Бессонова В.А. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИПОВОЙ МОЛИ- ПЕСТРЯНКИ <i>PHYLLOMORYCTER ISSIKII</i> (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) ВО ВТОРИЧНОМ АРЕАЛЕ МИНЁРА	60
Журавлёва Е.Н., Забалухев И.А., Шошина Е.И., Карпун Н.Н., Кириченко Н.И. ИНВАЗИЯ ЧУЖЕРОДНОГО ДОЛГОНОСИКА <i>ACLEES TAIWANENSIS</i> KÔNO, 1933 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE, MOLYTINAE) НА ЧЕРНОМОРСКОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ: БИОЛОГИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА НОВОГО ВРЕДИТЕЛЯ	69
Ильмаст Н.В., Кучко Я.А., Милянчук Н.П. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ СУДАКА (<i>SANDER LUCIOPERCA</i>), ВСЕЛЁННОГО В ОЗЕРО СУНДОЗЕРО (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)	82
Коляда Н.А., Ефременко А.А., Акулов Е.Н., Легалов А.А., Кириченко Н.И. НОВАЯ ТРОФИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ АБОРИГЕННОГО ТРУБКОВЕРТА <i>CYCNOTRACHELODES</i> <i>CYANOPTERUS</i> (MOTSCHULSKY, 1861) (COLEOPTERA, ATTELABIDAE) С СЕВЕРОАМЕРИ- КАНСКОЙ РОБИНИЕЙ ЛОЖНОАКАЦИЕВОЙ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ	89
Курина Е.М. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОНТО-КАСПИЙСКИХ АМФИПОД <i>PONTOGAMMARUS</i> <i>ROBUSTOIDES</i> (SARS, 1894) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ВОЛГИ, КАМЫ И ДОНА	96
Литихина Ю.А., Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н., Веселкин Д.В. ОСВЕЩЁННОСТЬ, ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, ПРОЕКТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ ТРАВЯНО- КУСТАРНИЧКОВОГО И МОХОВОГО ЯРУСОВ В ЗАРОСЛЯХ <i>SORBARIA SORBIFOLIA</i> (L.) A. BRAUN (ROSACEAE)	106
Петросян В.Г., Рубан Г. И., Барабанов В.В., Дергунова Н.Н., Осипов Ф.А. МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГРЕБНЕВИКА <i>MNEMIOPSIS LEIDYI</i> A. AGASSIZ, 1865 В КАСПИЙСКОМ МОРЕ В УСЛОВИЯХ ТЕКУЩЕГО И БУДУЩЕГО КЛИМАТА	116
Попов И.Ю., Абакумов Е.В. «РИСОВЫЕ ПОЛЯ» ВОКРУГ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА	136
Филиппов Д.А., Левашов А.Н., Макаров С.А., Платонов А.В., Комарова А.С. НАХОДКИ НЕКОТОРЫХ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ	144
Saidov N.T., Konechnaya G.Yu., Leostrin A.V. THE INVASIVE FLORA OF THE NORTH-WEST OF RUSSIA	157

ЕВРОПЕЙСКИЙ ОБЫКНОВЕННЫЙ ГОРЧАК *RHODEUS AMARUS* (ACHEILOGNATHIDAE) – ЧУЖЕРОДНЫЙ ВИД РЫБ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УРАЛ

© 2025 Болдырев В.С.^{а, *}, Яковлев С.В.^{б, **}, Випхло Е.В.^{а, ***}, Голоколенова Т.Б.^{а, ****}, Басько Ю.В.^{а, *****}, Гордеев Д.А.^{с, *****}

^а Волгоградский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Волгоград, 400001, Россия

^б Институт водных проблем РАН, Москва, 119333, Россия

^с Волгоградский государственный университет, Волгоград, 400062, Россия

e-mail: *neogobius@yahoo.com, **jack_sv@mail.ru, ***viphloeka@yandex.ru,
****lysak-alga@yandex.ru, *****basko_yulia@mail.ru, *****(dmitriy8484@bk.ru)

Поступила в редакцию 28.02.2025. После доработки 02.05.2025. Принята к публикации 15.05.2025

Приведены новые сведения о распространении и натурализации в р. Урал чужеродного вида рыб – европейского обыкновенного горчака *Rhodeus amarus*. Этот вид отмечен только на нескольких локалитетах 200-километрового участка р. Урал между устьями рек Колпачка и Алимбет, что, по-видимому, обусловлено относительно недавним вселением. Проникнуть сюда он мог из прудовых хозяйств, появление в которых стало следствием случайной интродукции вместе с объектами рыбоводства. Аргументом в пользу этого является тот факт, что текущее распространение горчака и амурского чебачка *Pseudorasbora parva*, другого недавно выявленного в р. Урал вселенца, почти совпадают. Изучены и проанализированы основные диагностические таксономические признаки, подтверждающие присутствие в р. Урал именно европейского горчака. Описана динамика расселения представителей рода *Rhodeus* на смежной с Уральским бассейном территории. Дана характеристика фитопланктона в местах обитания горчака и его питание, основой которого являются микроводоросли. В пищевом спектре их отмечено 90 видов. Наибольшее значение имеют представители диатомовых родов *Navicula* и *Amphora*. Судя по индексу избирательности, горчак предпочитает в большей степени представителей родов *Amphora*, *Synedra* и *Cymbella*. Низкими же значениями этого показателя характеризуются водоросли других таксономических групп родов *Cryptomonas*, *Oscillatoria*, *Cosmarium* и *Closterium*. Основу биомассы потребляемых низших растений составляют бентосные и планкто-бентосные виды. Охарактеризовано широкое распространение в Уральском бассейне двустворчатых моллюсков семейства Unionidae, являющихся нерестовым субстратом для горчака, открывающее перспективы к дальнейшему расселению этого вида.

Ключевые слова: инвазия, диагностические признаки, фитопланктон, питание, диатомовые водоросли, остракофилия, Unionidae, Каспийский бассейн.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-002-013

Введение

Биологические инвазии в настоящее время признают одной из глобальных мировых проблем. Трансформация видовых ареалов, обусловленная усилением антропогенного преобразования естественной среды и глобальными геоклиматическими изменениями, зачастую приводит к самым серьезным негативным последствиям для экосистем и наносит мировой экономике огромные убытки (Haubrock et al., 2021). Инвазионные пресноводные рыбы могут воздействовать на аборигенные сообщества через прямое хищ-

ничество и конкурентные взаимодействия, генетическую интрогрессию с близкородственными видами, передачу заболеваний и перенос паразитов (Tickner et al., 2020). Работы по мониторингу нежелательных инвазий являются важнейшим элементом комплекса мер по инвентаризации и сохранению биологического разнообразия, а также по поиску путей, направленных на минимизацию вреда от вселения чужеродных видов в новые местообитания [Gallardo et al., 2019].

Карпообразных рыб (Cypriniformes) евразийского рода *Rhodeus* характеризует дизъ-

юнктный естественный ареал с разрывом на протяжении всей Сибири. Самое широкое распространение среди видов Европы имеет европейский обыкновенный горчак *R. amarus* (Bloch, 1782). В последнее тысячелетие границы ареала этого пресноводно-солонатоводного вида существенно менялись под воздействием различных природных и антропогенных факторов. Считается, что к началу XII в. его распространение, помимо северной части Эгейского бассейна, в крупных понто-каспийских реках от Дуная до Дона было ограничено только их нижним и средним течением [Van Damme et al., 2007]. Развитие прудового рыбоводства в водоёмах Центральной и Западной Европы в XII–XVI вв., сопровождавшееся масштабными перевозками рыбы, способствовало широкому расселению горчака как объекта непреднамеренной интродукции. Самая холодная фаза Малого ледникового периода стала причиной последующего сокращения ареала этого термофильного вида. Потепление в конце XVIII в., активизация аквакультурных мероприятий и строительство каналов, нарушающих бассейновую изоляцию речных систем, снова способствовало расширению ареала горчака. К середине XX в. область его распространения сильно сократилась главным образом по причине загрязнения водоёмов Европы. В последние же полвека с улучшением экологии опять наблюдается интенсивное расширение ареала [Kozhara et al., 2007]. Этот короткоцикловый вид способен быстро наращивать численность в новых водоёмах с оптимальными условиями размножения [Беляев, 1962; Pietrock et al., 2022]. Имеющиеся данные по его термальной биологии дают основание рассматривать горчака в условиях глобального потепления климата как вид с высоким инвазионным потенциалом [Smith et al., 2004; Зданович, 2024].

Горчаков (семейство *Acheilognathinae*) характеризует сложная репродуктивная стратегия, при которой самки с помощью длинного яйцевода откладывают икру в мантийную полость двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*) семейства *Unionidae*, где после оплодотворения самцами происходит её инкубация. Развивающиеся эмбрионы находятся в жабрах

моллюска около месяца до достижения стадии плавающей личинки. По этой причине места обитания горчака в основном связаны с областью распространения перловиц *Unio* sp. и беззубок *Anodonta* sp. [Holcik, 1999; Smith et al., 2004; Богуцкая и др., 2009]. Этот вид рыб заселяет разнотипные водоёмы чаще лентического типа, но встречается и в быстротекущих реках.

Горчаков ранее в бассейне р. Урал не отмечали [Берг, 1949; Шапошникова, 1964; Чибилёв, 1993]. Противоречивые данные о поимке одного экземпляра (*Rhodeus* sp.) в р. Большая Караганка, левом притоке Урала в верхнем течении, появились в 2004 г. [Чибилёв, 2004; Чибилёв и др., 2004]. Характеристика диагностических признаков не приводилась. Каких-либо других данных о его присутствии в Уральском бассейне, подтверждённых фактическими материалами, больше не было [Чибилёв, Дебело, 2009; Kottelat, Freyhof, 2007; персональное сообщение А.А. Чибилёва (Оренбургский федеральный исследовательский центр УрО РАН)].

Целью работы является уточнение сведений о присутствии, современном распространении и таксономическом статусе горчака в бассейне р. Урал, характеристика его некоторых морфо-анатомических признаков и питания.

Материал и методика

Гидробиологический и ихтиологический материал на российском участке р. Урал собирали в ходе экспедиций в июле и сентябре 2022 г., апреле-мае и сентябре 2023 г. Сбор организмов донной фауны осуществлялся при помощи дночерпателей нескольких модификаций. В ходе натурных исследований собраны и обработаны [Кутикова, 1977; Определитель..., 2004] 223 пробы зообентоса. Донные биотопы на исследованных участках водных объектов были представлены преимущественно галечно-песчаным грунтом.

Основным орудием лова рыбы служил 6-метровый мальковый невод, изготовленный из дели с ячейей 4 мм и снабжённый кутком со вставкой из мельничного газа. Облавливали открытые или частично заросшие мягкими водными макрофитами прибрежные участки

с глубинами до 1.5 м. На каждой локации делали от 1 до 5 притонений по возможности в разных биотопах. При каждом лове определяли площадь обмёта неводом. Общая площадь облова составила 1.9 га. На участках, сильно заросших высшей водной растительностью, использовали дополнительно сачок диаметром 50 см с мешком из мельничного газа. В пойменных озёрах также выставляли на 1 час 1–2 жаберные сети с разноразмерной ячейей Nordic, состоящие из двенадцати 2.5-метровых вставок полотна высотой 1.5 м с шагом ячейи 5, 6.25, 8, 10, 12.5, 15.6, 19.5, 24, 29, 35, 43 и 55 мм. Общее количество выставленных сетей – 36. Всего учёт провели на 189 локациях (см. рис.), из которых 59 на самой реке, 64 на уральских притоках первого порядка, 19 – второго, 4 – третьего, 16 – в водохранилищах и 27 – в пойменных озерах. Часть локаций в разные годы и сезоны облавливали повторно. Весь улов разбирали по видам, просчитывали и промеряли на месте. Также в этой работе приводятся данные о присутствии горчака в

период 2004–2007 гг. в уловах 25-метрового малькового невода (шаг ячейи 4 мм) в прибрежье нижнего 200-километрового участка Волгоградского водохранилища.

За стандартную длину (SL) тела принимали расстояние от вершины рыла до конца гипурального комплекса. В отдельных случаях приводим длины общую (TL) и по Смитту (FL). Изучены некоторые морфологические характеристики горчака, диагностирующие европейских и несколько азиатских видов рода *Rhodeus*. У 30 экз. были исследованы следующие меристические признаки в соответствии с последними методическими подходами [Богущая и др., 2013; Kottelat, Freyhof, 2007]: число неветвистых и ветвистых лучей в спинном (D) и анальном (A) плавниках, общее количество чешуй в боковом ряду ($sq. l.$), включая заходящие на основания лучей хвостового плавника, и число прободённых чешуй в боковой линии (ll), количество жаберных тычинок на первой левой жаберной дуге ($sp. br.$). Последние два сближенных ветви-

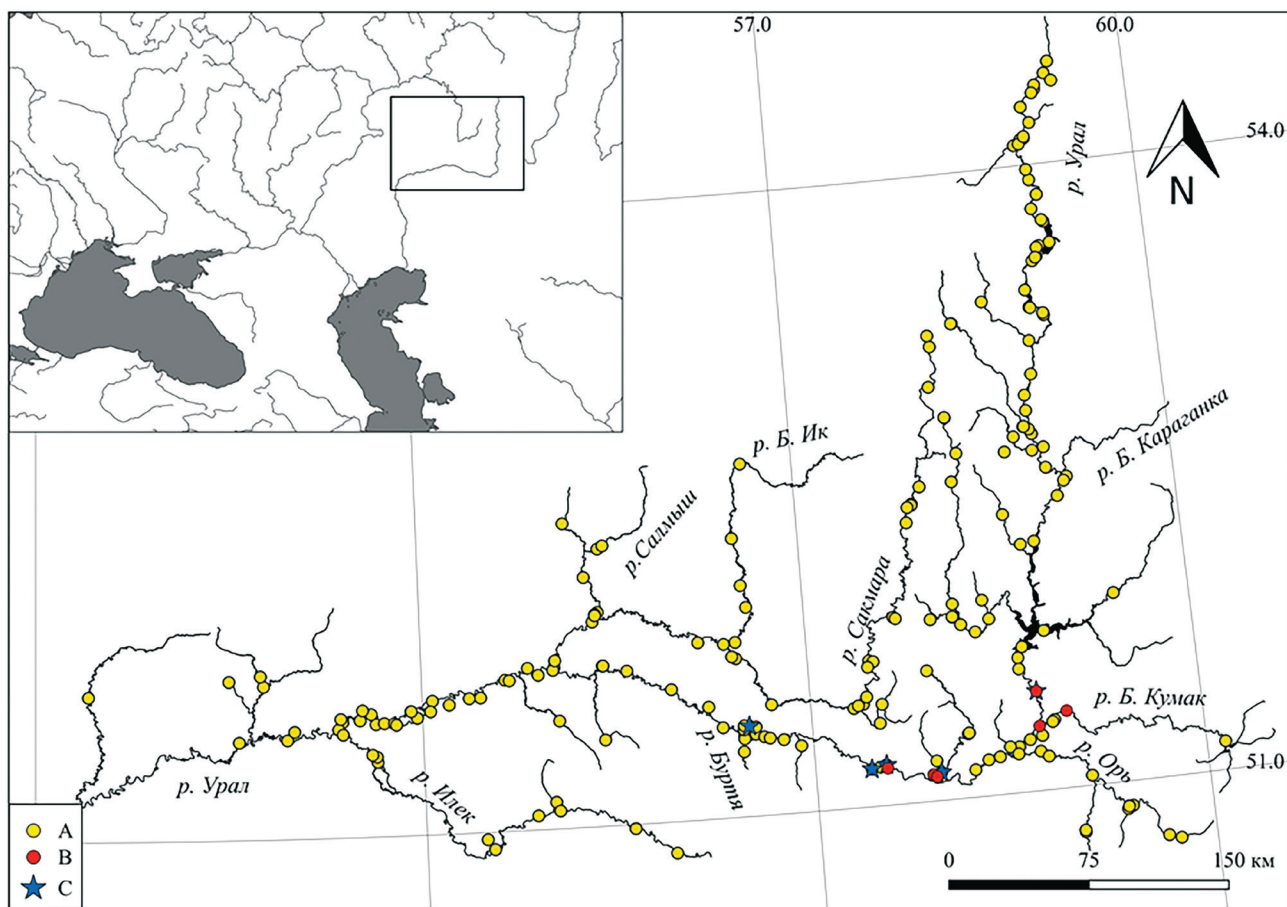


Рис. Точки сбора материала (А), места обнаружения горчака (В) и амурского чебачка (С) на российском участке р. Урал.

стых луча в непарных плавниках считали за один. Перед подсчётом костные структуры у рыб подкрашивали ализарином. У 7 экз. горчака *SL* 35–64 мм, измерены длина и ширина второй окологлазничной кости (infraorbitalia). Рентгенографическое исследование было проведено в Центре коллективного пользования ЗИН РАН (<https://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/>) на рентгенографической установке ПРДУ 2021. На снимках подсчитывали общее число позвонков (*vert.*), а также туловищные (*vert. abd.*), хвостовые (*vert. caud.*) и предорсальные (*vert. pred.*).

Для характеристики фитопланктона р. Урал на его 200-километровом участке между устьями рек Колпачка и Алимбет в сентябре 2023 г. отобраны в прибрежной зоне 4 пробы. Отбор и фиксацию проводили согласно общепринятой методике [Лаврентьева, Бульон, 1982; Методика изучения..., 1975]. Клетки подсчитывали с использованием камеры Нажотта объёмом 0.01 мл. Биомассу рассчитывали по методу приведённых геометрических фигур [Кузьмин, 1984]. При идентификации видовой принадлежности водорослей использовали серию определителей по разным таксономическим группам [Определитель..., 1951, 1954, 1959; Царенко, 1990; Komarek, Anagnostidis, 1998, 2005 и др.]. Доминирующими по численности и биомассе считались виды, имеющие в пробе более 10% от соответствующего показателя (Корнева, 1999). Классификация и валидные названия гидробионтов приведены в соответствии с международной зоологической номенклатурой [GBIF, 2023], с указанием синонимии по отдельным таксонам с дискуссионным статусом.

С целью изучения питания горчака исследовали содержимое 35 кишечника (19 самок и 16 самцов). Таксономический состав водорослей из пищевых комков идентифицировали до рода. Учёт клеток проводили в камере Нажотта; просчитывали всю камеру на наличие крупных форм и 10–20 полей зрения на наличие мелких. Осцилляторий (*Oscillatoria* sp.) в кишечниках учитывали подсчётом трихомов.

Выборка горчака, на которой изучали питание, была сформирована из особей, со-

бранных в светлое время суток на различных участках Уральского бассейна в 2022 и 2023 гг. Значимость пищевых организмов оценивали по частоте встречаемости (*F*, % от числа питавшихся рыб), численности (*N*, % от общего количества организмов) и массовой доле (*W*, % от общей массы пищевого комка). В качестве интегральной величины, характеризующей значимость отдельных компонентов питания, рассчитывали индекс относительной значимости – *Index of Relative Importance (IRI)* [Cortés, 1997]:

$$IRI = [F \times (N + W)] \times 100.$$

Учитывая частоту встречаемости кормовых объектов, их численность и массовую долю, индекс относительной значимости в значительной степени позволяет нивелировать недостатки оценки каждого из этих параметров [Liao et al., 2001]. Индексы избирания (*E*) рассчитывали по формуле Ивлева [1955].

Результаты и их обсуждение

Распространение, размерный состав, концентрация. За весь период работ в Уральском бассейне учтено 146.5 тыс. экз. 32 видов рыб, среди которых 4.0 тыс. особей горчака. Он был отмечен на шести локалитетах только 200-километрового участка р. Урал между устьями рек Колпачка и Алимбет. В самой реке осенью 2022 г. у с. Колпакское (51°28'43.18" с.ш., 58°44'29.74" в.д.) и с. Казачья Губерля (51°07'00.38" с.ш., 57°55'17.36" в.д.) (см. рис.) уловы горчака были представлены сеголетками *SL* 20–37 мм и взрослыми особями *SL* 55–64 мм. Их концентрация в этих двух локалитетах была высокая (8.3 и 6.2 экз/м²).

В сентябре 2023 г. горчак был учтён в Урале, помимо уже известного локалитета, у с. Казачья Губерля, у сёл Ударник (51°18'36.33" с.ш., 58°44'23.09" в.д.) и Подгорное (51°10'43.70" с.ш., 57°33'01.72" в.д.), а также в низовьях двух его притоков первого порядка – р. Большой Кумак у г. Новорск (51°22'11.57" с.ш., 58°57'28.98" в.д.) и р. Губерля в 4.3 км от устья (51°07'41.66" с.ш., 57°53'48.48" в.д.). У с. Ударник его концентрация составляла значительные 8.1 экз/м², в остальных локалитетах варьировала в пределах 0.1–0.4 экз/м². В уловах, как и в сентя-

Таблица 1. Характеристика меристических признаков горчака р. Урал

Признак	<i>A</i> ветвистые			<i>sq. l.</i>			<i>ll</i>					<i>sp. br.</i>		
	8	9	10	36	37	38	2	3	4	5	6	10	11	12
Кол-во рыб, экз.	2	27	1	8	18	4	3	7	12	7	1	20	9	1

Таблица 2. Количество позвонков в различных отделах позвоночника у горчака из р. Урал

Отдел	<i>vert.</i>			<i>vert. abd.</i>		<i>vert. caud.</i>			<i>vert. preD.</i>	
	35	36	37	18	19	17	18	19	11	12
Кол-во рыб, экз.	1	15	14	22	8	5	15	10	25	5

бре 2022 г., чётко выделялись две размерные группы – сеголетки *SL* 20–36 мм и взрослые особи *SL* 46–67 мм. Самой крупной особью в наших уловах была самка *SL* 67 (*TL* 82) мм и массой 8.8 г. Соотношение длина/масса аппроксимируется уравнением: $W = 1.18 \times 10^{-5} SL^{3.21}$ ($n = 35$, $R^2 = 0.99$).

Морфо-анатомическая характеристика, таксономический статус. Горчака из р. Урал характеризует следующий набор признаков: *D* III 9, *A* III (8)9(10), *sq. l.* 36–38, *ll* 2–6, *sp. br.* 10–11(12), *vert.* (35)36–37, *vert. corp.* 18–19, *vert. caud.* 17–19, *vert. preD.* 11–12 (табл. 1, 2).

Ширина второй окологлазничной кости составляет 25–36% её длины. Рот полунижний. У неполовозрелых рыб отсутствует тёмное пятно в передней части спинного плавника.

У особей *SL* 29–67 (в среднем 41.7) мм (*FL* 33.5–75 (46.9)) длина кишечника превышала *FL* в 2.1–4.2 (*SL* в 2.4–4.8) раза. Это соотношение у горчака в бассейне волжского притока р. Сура было менее 1.9 [Морева и др., 2017], что свидетельствует о существенном варьировании рассматриваемого признака.

В настоящее время в роде *Rhodeus* признают валидными до 29 видов рыб [Eschmeyer, 2024; Li et al., 2020a, б; Esmaeili et al., 2020; Froese, Pauly, 2024]. Основное таксономическое разнообразие приурочено к Восточной Азии. В Европе и Западной Азии обитают четыре аборигенных вида — *R. amarus*, *R. meridionalis*, *R. colchicus* и *R. caspius* [Li et al., 2020a], таксономический статус которых подтверждён молекулярно-генетическими исследованиями [Bohlen et al., 2006; Kawamura et al., 2014; Esmaeili et al., 2020]. Среди них самым большим ареалом, включающим значительную часть Европы, характеризуется

европейский обыкновенный горчак, ранее чаще рассматривавшийся [Берг, 1949] в силу незначительности морфологических отличий как подвид *R. sericeus*. Среди азиатских видов имелись немногочисленные факты вселения *R. ocellatus* в Европу (Германия) [Kottelat, Freyhof, 2007]. Этот вид аборигенный на территории материкового Китая, в последние десятилетия он значительно продвинулся на запад в Среднюю Азию вследствие случайных интродукций и в настоящее время встречается в водоёмах Узбекистана, Казахстана [Васильева и др., 2015] и Таджикистана [Artaev et al., 2024].

Ареал *R. meridionalis* ограничен бассейном Эгейского моря на Балканском полуострове, *R. colchicus* — черноморскими реками Закавказья в границах России и Грузии [Bogutskaya, Komlev, 2001], *R. caspius* — реками Южного Каспия от р. Кура до р. Горган, оз. Урмия и бассейном р. Тигр [Богущая и др., 2013; Esmaeili et al., 2020; Jouladeh-Roudbar et al., 2020]. Основная часть ареала *R. sericeus* ограничена Амурским бассейном. В России обитают 6 видов горчаков, два из которых в европейской части страны [Dyldin et al., 2023].

Горчак из р. Урал отличается от *R. sericeus* тем, что у последнего количество прободённых чешуй в боковой линии 5–10 [Берг, 1949; Li et al., 2020б]; у *R. colchicus* модальные значения *vert.* и *vert. abd.* — 35 и 17 соответственно, ширина второй окологлазничной кости составляет около 75% её длины [Bogutskaya, Komlev, 2001]; у *R. caspius sq. l.* — 34–37 [Esmaeili et al., 2020], у *R. meridionalis* — конечный рот, *ll* — до 11 [Kottelat, Freyhof, 2007]; у *R. ocellatus* число туловищных позвонков по одним данным 16–17 [Bogutskaya, Komlev, 2001], по другим — 13–15 [Васильева и др.,

2015], количество ветвистых лучей в *D* и *A* 11–13, у неполовозрелых особей в передней части *D* имеется тёмное пятно. Из этого следует вывод, что изученные морфологические и анатомические признаки обнаруженного в р. Урал горчака соответствуют *R. amarus*.

Находка этого вида в р. Урал отодвигает восточную границу его ареала в Европе. До этого она проходила по Волжскому бассейну [Van Damme et al., 2007; Kozhara et al., 2007]. По одним данным распространение горчака в Волге на 1990-е гг. было ограничено притоками её среднего течения – реками Ока, Москва и водоёмами Самарской области [Аннотированный..., 1998; Атлас..., 2002; Bohlen et al., 2006]. По другим – он присутствовал в реке шире и в 1950-е гг. отмечался на ниже расположенном участке, где в результате зарегулирования возникли позже Саратовское и Волгоградское водохранилища [Рыбы..., 2007; Ермолин, 2010; Шашуловский, Мосиаш, 2010]. С 1980-х гг. в этих крупных искусственных водоёмах горчак считался вполне обычным видом. В период 2004–2007 гг. его количественная доля в уловах малькового невода в правобережных балках нижнего участка Волгоградского водохранилища составлял 0.1–3.1 (в среднем 1.0) % от общего количества учтённых рыб (4.8–9.3 (6.8) тыс. экз.) (Болдырев, 2023; наши данные). Известен горчак в этом районе и в отдельных изолированных водоёмах Волжского бассейна, как, например, в обводнённом карьере (48°51'31.24" с.ш., 44°38'27.95" в.д.) у пос. Латошинка (данные Савченко А.Е., ЧОУ «Вайда», 2024 г.).

Как показали исследования конца 1990-х и 2000-х гг., ограниченное распространение горчак имел в эти годы в Волжском бассейне и ниже Волгоградской плотины. В ходе облова нескольких десятков городских водоёмов Волгограда этот вид был отмечен в 2001 г. в одном из прудов (48°37'45.51" с.ш., 44°24'55.74" в.д.) [Вехов, 2008, 2013]. Масштабное обследование в период 2006–2008 гг. озёр и ериков северной части Волго-Ахтубинской поймы [Вехов, Горский, 2010; Górski et al., 2011] также выявило горчака только локально в р. Судомойка (48°42'16.58" с.ш., 44°36'36.90" в.д.) (данные Вехова Д.А., Аз-

НИИРХ). В то же время горчак ни разу не был отмечен в 2000–2010-е гг. при регулярном облове мальковым неводом прибрежных мелководий незарегулированного участка Волги ниже плотины [Болдырев, 2020; Карабанов и др., 2020]. До недавнего времени не был известен он и в дельте [Коблицкая, 1966; Литвинов, Подоляко, 2013; Никитин, 2017].

Сведения, появившиеся в 2000-е гг., о присутствии горчака в дельте Волги, видимо, недостоверны [Van Damme et al., 2007]. В работе Позняка [1987], на которую Ван Дамм с соавторами [2007] ссылаются, такие данные отсутствуют. В работе того же 2007 г. [Kozhara et al., 2007], посвящённой вопросам расселения горчака, где Позняк является соавтором, такой информации нет.

С 2017 г. горчака *Rhodeus* sp. стали отмечать в калмыцкой прибрежной зоне Каспийского моря [Петрушкиева и др., 2021], а позже и в западной части аванделы р. Волга [Великоцкая, Подоляко, 2023; Никитин, 2024]. Появлению его здесь предшествовало быстрое расселение и рост численности *R. amarus* в Кубанском бассейне и водоёмах Кумо-Манычской впадины в 2000-е гг. [Пашков, 2005; Крымова, Пашков, 2013; Степаньян, Старцев, 2014]. Возможному проникновению горчака из Азовского бассейна в Северный Каспий могло способствовать появление в результате гидростроительства сложной сети водоподающих каналов, объединивших реки Кубань, Западный и Восточный Маныч, Кума и Терек в единую водную систему и широкое развитие прудового рыбоводства в Кавказском регионе [Пашков и др., 2004; Позняк и др., 2008]. Не исключён вариант и с расширением ареала *R. caspius* на север вдоль восточного побережья Каспийского моря в условиях потепления климата. В пользу последнего свидетельствует обнаружение вместе с горчаком у побережья Калмыкии корейской востробрюшки *Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) [Петрушкиева и др., 2021]. Этот восточноазиатский вид, широко распространившийся в последние десятилетия в водоёмах Средней и Передней Азии [Kamilov, Urchinov, 1995; Мирзоев и др., 2022; Jouladeh-Roudbar et al., 2020], недавно стал отмечаться и на Кавказе [Аджиев и др., 2013; Каимов,

Арсанукаев, 2018; Kuljanishvili et al., 2021]. Поимка его экземпляров совместно с *Rhodeus* sp., возможно, демонстрирует их синхронное расселение в северном направлении. Морфологически *R. caspius* и *R. amarus* очень близки. Точная идентификация возможна только с применением генетических методов.

До последнего времени имелось единственное указание на фактическую поимку в 2004 г. одного экземпляра горчака *R. amarus* в Уральском бассейне. Он отмечен в устьевом участке р. Большая Караганка, левом притоке р. Урал [Чибилёв и др., 2004]. В ближайших к этому месту двух локалитетах, обловленных в 2023 г., – это р. Малая Караганка (52°29'26.37" с.ш., 59°09'27.29" в.д.), левый приток р. Большая Караганка, и р. Урал ниже устья последней (52°28'21.34" с.ш., 59°07'55.67" в.д.), – этот вид не выявлен. Река Большая Караганка находится на значительном удалении от участка Урала, где нами обнаружено компактное присутствие горчака. Оно почти совпадает с текущим расселением в Уральском бассейне амурского чебака *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel, 1846) (см. рис.) [Болдырев и др., 2024], одного из самых широко распространённых азиатских вселенцев в водоёмах Европы. Это, по-видимому, свидетельствует в пользу того, что источник, место и время попадания этих видов в Урал один. Если сведения о поимке горчака в р. Большая Караганка в 2004 г. не были следствием ошибки с идентификацией, то, возможно, имела место разовая случайная интродукция без последующей натурализации.

Характеристика фитопланктона.

Фито- и бактериопланктон из проб на участке р. Урал, где было отмечено присутствие горчака, представлен 63 таксонами ниже родового ранга, принадлежащими к шести отделам. По числу видов здесь преобладали диатомовые (Bacillariophyta) – 38 и зелёные (Chlorophyta) – 17. Разнообразие других таксономических групп значительно ниже: криптофитовые (Cryptophyta) – 4, цианобактерии (Cyanobacteria) – 3, золотистые (Chrysophyta) – 2 и динофитовые (Dinophyta) – 1. Удельное видовое разнообразие (число видов в пробе) в среднем составило 24 таксона, что характеризуется как высокое.

В среднем численность организмов составила 3979 тыс. кл/л, с колебанием по отдельным участкам от 2156 до 7563 тыс. кл/л. Биомасса варьировала в пределах 0.95–5.64 мг/л, в среднем 3.18 мг/л. В планктоне р. Урал в период исследований доминировали диатомовые водоросли, составляющие в среднем 52% по численности и 74% по биомассе. Массовыми и доминирующими видами были представители криптофитовых, диатомовых и зелёных. Наибольшими частотой встречаемости (100%) и долей численности (11%) характеризовался *Komma caudata* (Geitler) D.R.A.Hill (= *Chroomonas acuta* Utermöhl (Определитель..., 1954)) из криптофитовых, а доминантами по биомассе – представители родов *Navicula* (26%), *Nitzschia* – (14%) и *Diatoma* (10%) из диатомовых. Значительную массовую долю имели виды диатомовых родов *Cymbella* (8%), *Cocconeis* (6%), *Gyrosigma* (4%) и криптофитовых – *Cryptomonas* (6%). Основу биомассы водорослевого фитоценоза составляют планкто-бентосные (52%) и бентосные (33%) виды [Барина и др., 2006].

Питание горчака. Питание изучали на выборке рыб SL 29–67 (в среднем 41.7) мм и массой 0.6–8.8 (2.5) г. Пища отмечена в кишечниках 33 из 35 экз. В пищевом спектре горчаков выявлено около 90 внутривидовых таксонов водорослей и бактерий из шести отделов и единично коловратки (Rotifera). По числу видов преобладали диатомовые – 60 и зелёные – 18. Разнообразие остальных таксономических групп было значительно ниже: цианобактерии – 6, эвгленовые (Euglenophyta) – 3, динофитовые – 2, криптофитовые – 1 и коловратки – 1 (*Lecane* sp.). Доля групп водорослей от общей биомассы, потребляемой горчаком, следующая: диатомовые – 97%, зелёные – 3%, остальные в сумме меньше 0.2%.

Наибольшее значение в питании горчака р. Урал имели диатомовые родов *Navicula* (IRI – 58), *Amphora* (13) и высокое (IRI – 3–7) – родов *Gyrosigma*, *Nitzschia*, *Diatoma*, *Cocconeis*, *Synedra* и *Cymbella*. Среди представителей родов с относительно высокой массовой долей (2–26%) в альгоценозе, отмеченных и в пищевых комках рыб, судя по индексу избирания, горчак предпочитает в большей степени только диатомей родов *Amphora* (*E* 0.8),

Synedra (0.5) и *Cymbella* (0.3). Низкими же значениями этого показателя (< -0.9) характеризуются другие таксономические группы – родов *Cryptomonas* (Криптофитовые), *Oscillatoria* (Цианобактерии), *Cosmarium* и *Closterium* (Зелёные). Основу биомассы потребляемых водорослей и бактерий составляют бентосные (52%) и планкто-бентосные (45%) виды.

Доминирование водорослей в питании горчака закономерно. Обычно именно они являются его основой [Беляев, 1962; Новиков, 2007; Морева и др., 2017; Holcik, 1999], реже, видимо, вынуждено переходит на потребление других организмов [Мовчан, Смирнов, 1983; Пашков, 2005].

Моллюски как нерестовый субстрат. Распространение и численность горчака в водоёмах напрямую зависят от наличия двусторчатых моллюсков семейства Unionidae, которых он использует в качестве нерестового субстрата [Беляев, 1962; Przybylski, Zieba, 2000]. В результате исследования [Yakovlev et al., 2024] в составе малакофауны водоёмов бассейна р. Урал был выявлен всего 41 вид, из представителей родов *Unio* и *Anodonta* – *A. cygnea* (Linnaeus, 1758), *A. anatina* (Linnaeus, 1758) (= *A. piscinalis* Nillson, 1823 [Определитель..., 2004]), *U. tumidus* Retzius, 1788 (= *Tumidiana tumida* (Philipson in Retzius, 1788) [Определитель..., 2004]) и *U. pictorum* (Linnaeus, 1758). Эти 4 вида отмечены в 35 из 223 проб (16%) как в самом Урале ниже с. Ительбаново до границы с Казахстаном, так и в водохранилищах (Верхнеуральское, Магнитогорское, Ириклинское, Ушкотинское на р. Ушкота (бассейн р. Орь), пруд на р. Донгуз у п. Экспериментальный), в нижних течениях его крупных притоков первого и второго порядков рек Большой Кумак, Орь и Камсак, Сакмара и Салмыш, Илек и в крупных пойменных озёрах (озеро у с. Алабайтал). Среди этих моллюсков самую большую численность (77%) имел *U. pictorum*. Широкое распространение представителей родов *Unio* и *Anodonta* в Уральском бассейне открывает перспективы дальнейшего расселения горчака, по крайней мере, в южном направлении в силу его относительной теплолюбивости.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность Ананьевой Н.Б. (ЗИН РАН, Санкт-Петербург) за организацию рентгенографического исследования и Николаевой Е.А. (ЦКП «Таксон») за помощь в его проведении.

Финансирование работы

Материал собран в рамках научно-исследовательской работы ИВП РАН по теме № 22-14-НИР/01.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Все экспериментальные протоколы были выполнены в соответствии с руководящими принципами ЕС по использованию лабораторных животных и уходу за ними (86/609 / СЕЕ) и при соблюдении правил, утверждённых распоряжением Президиума АН СССР от 2 апреля 1980 г. № 12000-496 и приказом Минвуза СССР от 13 сентября 1984 г. № 22. Лабораторных экспериментов и содержания животных в неволе в данной работе не проводилось. Все усилия были предприняты, чтобы использовать только минимальное количество животных, необходимое для получения надёжных научных данных.

Литература

- Аджиев М.Х., Якимов А.В., Завалихин С.П. О находке востробрюшки корейской (*Hemiculter leucisculus* (Basilewsky, 1855) в условиях Кабардино-Балкарии (Центральный Кавказ, РФ) // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2013. № 1 (1). С. 34–35.
- Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. М.: Наука, 1998. 220 с.
- Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 1 / под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2002. 379 с.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей –индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies studio, 2006. 498 с.
- Беляев Л.Д. Экологические факторы развития фауны рыб в водохранилищах на малых реках бассейна Днепра // Труды зонального совещания по типологии и биологическому обоснованию рыбохозяйственного использования внутренних (пресноводных) водоёмов южной зоны СССР. Кишинёв, 1962. С. 249–249.

- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Ч. 2. С. 469–925.
- Богущая Н.Г., Кияшко П.В., Насека А.М., Орлова М.И. Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 1: Рыбы и моллюски. СПб.: Тов-во научн. изд. КМК, 2013. 543 с.
- Богущая Н.Г., Насека А.М., Клишко О.К. Горчак и моллюск: необычный пример межвидовых отношений // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2009. Серия 3: Биология. 3. С. 31–42.
- Болдырев В.С. Обыкновенный рыбец *Vimba vimba* (Actinopterygii: Cyprinidae) на незарегулированном участке Нижней Волги // Российский журнал биологических инвазий. 2020. Т. 13, № 3. С. 2–11.
- Болдырев В.С. Ихтиофауна водоёмов и водотоков Щербаковской излучины Волги // Природный парк «Щербаковский»: история исследований, сохранение биоразнообразия, рекреационный потенциал: коллективная монография. Волгоград: Крутон, 2023. С. 186–192.
- Болдырев В.С., Яковлев С.В., Басько Ю.В., Випхло Е.В., Щукина А.М. Амурский чебачок *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) и ротан *Perccottus glenii* (Odontobutidae) – чужеродные виды реки Урал // Российский журнал биологических инвазий. 2024. Т. 17, № 3. С. 39–50. DOI:10.35885/1996-1499-17-3-039-050
- Васильева Е.Д., Мамилов Н.Ш., Магда И.Н. Новые виды карпообразных рыб (Cypriniformes) в фауне Балхаш-Илийского бассейна Казахстана // Вопросы ихтиологии. 2015. Т. 55, № 4. С. 379–385. DOI: 10.7868/S0042875215040177
- Великоцкая П.А., Подоляко С.А. Новые данные о биологии обыкновенного горчака *Rhodeus amarus* в дельте Волги // Актуальные проблемы особо охраняемых природных территорий-5. Конференция. 14–16 сентября 2023 г. Институте экологии ВБ РАН. Тольятти, 2023. С. 48–50.
- Вехов Д.А. Популяция серебряного карася *Carassius auratus* (Cypriniformes, Cyprinidae) с «золотыми» особями в пруду города Волгограда // Вопросы ихтиологии. 2008. Т. 48, № 3. С. 374–383.
- Вехов Д.А. Общая характеристика прудов Краснооктябрьского и Дзержинского районов Волгограда // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов: сб. статей III Международной науч.-практ. конф. (Волгоград, 7–10 октября 2013 г.). М.: Планета, 2013. С. 391–411. DOI: 10.13140/RG.2.1.2029.0004
- Вехов Д.А. Горский К. Состав ихтиофауны водоёмов северной части Волго-Ахтубинской поймы // в сб.: ООПТ Нижней Волги как важнейший механизм сохранения биоразнообразия: итоги, проблемы и перспективы: мат. Научно-практич. конф. Волгоград, 2010. С. 58–64.
- Зданович В.В. Избираемая европейским горчаком *Rhodeus amarus* (Acheilognathidae) температура и его двигательная активность в термоградиентном поле // Вопросы ихтиологии. 2024. Т. 64, № 4. С. 442–448.
- Ермолин В.П. Состав ихтиофауны Саратовского водохранилища // Вопросы ихтиологии. 2010. Т. 50, № 2. С. 280–284.
- Ивлев В.С. Экспериментальная экология питания рыб. М.: Пищепромиздат, 1955. 252 с.
- Каимов М.Г., Арсанукаев Д.Д. Инвазийные виды рыб в водоёмах Чеченской Республики // Рефлексия. 2018. № 5. С. 27–31.
- Карабанов Д.П., Павлов Д.Д., Никитин Э.В., Соломатин Ю.И., Кострыкина Т.А., Смирнов А.К., Столбунов И.А. Анализ видового состава, проблемы идентификации и путей расселения чужеродных видов рыб в бассейне реки Волги // Вестник Астраханского ГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 7–17. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-7-17
- Коблицкая А.Ф. Определитель молоди рыб дельты Волги. М.: Наука, 1966. 166 с.
- Корнева Л.Г. Сукцессия фитопланктона // Экология фитопланктона Рыбинского водохранилища. Тольятти: Самарский науч. центр, 1999. С. 89–148.
- Крымова Ю.Е., Пашков А.Н. Линейно-массовые характеристики обыкновенного горчака водоёмов Северо-Западного Кавказа // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: мат. XXVI Межреспубл. науч.-практ. конф. Краснодар, 2013. С. 88–90.
- Кузьмин Г.В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан: ДВНЦ АН СССР, 1984. 47 с.
- Кутикова Л.А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 512 с.
- Лаврентьева Г.М., Бульон В.В. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Фитопланктон и его продукция / Гос. НИИ озёр. и реч. рыб. хоз-ва, АН СССР. Зоол. ин-т. Л.: ГосНИОРХ, 1982. 32 с.
- Литвинов К.В., Подоляко С.А. Видовой состав и состояние ихтиофауны низовьев дельты Волги в 2006–2011 гг. в пределах Астраханского государственного природного заповедника. Прил. 2 // Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 1: Рыбы и моллюски. СПб.; М.: Т-во науч. изд. КМК, 2013. С. 516–525.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Мирзоев Н.М., Саидов А.С., Каримов Г.Н., Амиров А. Чужеродные виды рыб водоёмов Таджикистана // Известия НАН Таджикистана. 2022. № 2 (217). С. 36–41.
- Мовчан Ю.В., Смирнов А.И. Фауна України: Риби: Коропові: в 40 т. Київ: Наукова думка, 1983. Т. 8. В. 2. Ч. 2. 360 с.
- Морева О.А., Предвижкин М.А., Логинов В.В. и др. Морфологическая характеристика, особенности размножения и питания обыкновенного горчака *Rhodeus sericeus amarus* (Cyprinidae) реки Алатырь // Вопросы ихтиологии. 2017. Т. 57, № 5. С. 585–592. <https://doi.org/10.7868/S0042875217050149>
- Никитин Э.В. Численность и качественные характеристики мальков рыб на мелководном устьевом взморье реки Волги в летне-осенний период 2012 г. // Вестник Астраханского ГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 65–73.

- Никитин Э.В. Обыкновенный горчак – *Rhodeus amarus* (Bloch, 1782) – инвазивный вид водоёмов Астраханской области // Актуальные проблемы биоразнообразия и биотехнологии: мат. III Международной науч.-практ. конференции. Астрахань, 2024. С. 207–211.
- Новиков А.В. Морфобиологическая характеристика европейского горчака (*Rhodeus sericeus amarus* Bloch) из бассейна Верхней Волги в связи с расширением ареала // Ихтиологические исследования на внутренних водоёмах: мат. Междунар. науч. конф. Саранск, 2007. С. 119–122.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 6: Моллюски, полихеты, немуртины / под ред. С.Я. Цалолыхина. СПб., 2004. 528 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4: Диатомовые водоросли. М., 1951. 619 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6: Пирофитовые водоросли. М., 1954. 212 с.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8: Зелёные водоросли. Класс Вольвоксовые. М.; Л., 1959. 230 с.
- Пашков А.Н. Состав и особенности биологии рыб-акклиматизантов в водоёмах Азово-Черноморского побережья России (в пределах Краснодарского края) // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива. Т. 7: Апатиты, 2005. С. 263–276.
- Пашков А.Н., Плотииков Г.К., Шутлов И.В. Новые данные о составе и распространении видов-акклиматизантов в ихтиоценозах континентальных водоёмов Северо-Западного Кавказа // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Прил. 2004. № 1. С. 46–52.
- Петрушкиева Д.С., Бугаков А.А., Панфилий С.А., Панфилий А., Браташев В.Н. Видовой состав и численность молоди промысловых и встречающихся новых, непромысловых рыб Северного Каспия у побережья республики Калмыкия // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений: мат. VIII Научно-практической конференции с международным участием. Астрахань, 2021. С. 245–250.
- Позняк В.Г. О формировании ихтиофауны Состинских озёр // Животные водных и околотоводных биогеоценозов полупустыни / под ред. Г.М. Абдурахманова. Элиста: Изд-во Калмыцкого гос. ун-та, 1987. С. 97–103.
- Позняк В.Г., Коржов П.Н., Ветошкин А.А. Рыбы ирригационных водоёмов на юго-востоке Ставропольского края // Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных регионов России и сопредельных территорий: мат. XXI Международ. науч.-практ. конф. Краснодар, 2008. С. 74–75.
- Рыбы севера Нижнего Поволжья: в 3 кн. Кн. 1: Состав ихтиофауны, методы изучения / Е.В. Завьялов, А.Б. Ручин, Г.В. Шляхтин и др. Саратов: Изд-во Саратов. гос. ун-та, 2007. 208 с.
- Степаньян О.В., Старцева А.В. Современное состояние биоты водоёмов Кума-Манычской впадины: Усть-Манычское, Веселовское, Пролетарское и Чограйское водохранилища (обзор) // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 2 (59). С. 56–69.
- Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. АН УССР. Киев: Наук. думка, 1990. 198 с.
- Чибилёв А.А. Редкие рыбы Оренбургской области и их охрана: мат. для Красной книги Оренбургской области. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 32 с.
- Чибилёв А.А., Дебело П.В. Рыбы Урало-Каспийского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. Т. 2. 229 с.
- Чибилёв Е.А. Ихтиофауна рек музея-заповедника «Аркаим» // Тезисы Регион. науч.-практ. конф. «Проблемы сохранения биологического разнообразия на Южном Урале». Уфа, 2004. С. 127–128.
- Чибилёв Е.А., Гайдученко Л.Л., Плеханов Л.Н. Природа Аркаимской долины // Аркаим. По страницам древней истории Южного Урала. Сер.: Труды музея-заповедника «Аркаим». Челябинск: Крокус, 2004. С. 157–176.
- Шапошникова Г.Х. Биология и распространение рыб в реках уральского типа. М.: Наука, 1964. 170 с.
- Шашуловский В.А., Мосияш С.С. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. М.: Т-во научн. изд. КМК, 2010. 250 с.
- Artaev O., Levin B., Thoni R., Mirzoev N. Fish occurrence in Tajikistan. Version 1.2. Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences. 2024. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/d7h489> accessed via GBIF.org on 2025-01-27
- Bogutskaya N.G., Komlev A.M. Some new data to morphology of *Rhodeus sericeus* (Cyprinidae: Acheilognathinae) and a description of a new species, *Rhodeus colchicus*, from west Transcaucasia // Proc. Zool. Inst. 2001. Vol. 287. P. 81–97.
- Bohlen J., Slechtova V., Bogutskaya N.G., Freyhof J. Across Siberia and over Europe: phylogenetic relationships of the freshwater fish genus *Rhodeus* in Europe and the phylogenetic position of *R. sericeus* from the river Amur. Molecular Phylogenetics and Evolution. 2006. 40. P. 856–865.
- Cortés E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: Application to elasmobranch fishes // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1997. Vol. 54. P. 726–738.
- Dyldin Y.V., Orlov A.M., Hanel L., Romanov V.I., Fricke R., Vasil'eva E.D. Ichthyofauna of the Fresh and Brackish Waters of Russia and Adjacent Areas: Annotated List with Taxonomic Comments. 2. Order Cypriniformes, Suborders Catostomoidei, Cobitoidei and Cyprinoidei. Journal of Ichthyology. 2023. 63 (4). P. 636–686. <https://doi.org/10.1134/S0032945223040045>
- Esmaili H.R., Sayyadzadeh G., Japoshvili B., Eagderi S., Abbasi K., Mousavi-Sabet H. *Rhodeus caspius*, a new bitterling from Iran (Teleostei: Cypriniformes Acheilognathidae). Zootaxa. 2020. 4851 (2). P. 319–337. DOI: 10.11646/zootaxa.4851.2.6
- Eschmeyer W.N. (ed.). Catalog of fishes (<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcat-main.asp>. Version 12/2024).

- Froese R., Pauly D. (eds.). FishBase. World Wide Web electronic publication (www.fishbase.org. Version 12/2024).
- Gallardo B., Bacher S., Bradley B., Comín F.A., Gallien L., Jeschke J.M., Sorte C.J.B., Vilà M. InvasiBES: Understanding and managing the impacts of Invasive alien species on Biodiversity and Ecosystem Services // *NeoBiota*. 2019. 50. P. 109–122. <https://doi.org/10.3897/neobiota.50.35466>
- GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. GBIF Secretariat, 2023. <https://doi.org/10.15468/39omei> (11.02.2025)
- Górski K., De Leeuw J.J., Winter H.V., Vekhov D.A., Minin A.E., Buijse A.D., Nagelkerke L.A.J. Fish recruitment in a large, temperate floodplain: the importance of annual flooding, temperature and habitat complexity // *Freshwater Biology*. 2011. Vol. 56. No 11. P. 2210–2225.
- Holcik J. *Rhodeus sericeus* // The freshwater fishes of Europe. Vol. 5. Pt. 1. Cyprinidae. Wiebelsheim: AULA-Verlag, 1999. P. 1–32.
- Haubrock P.J., Turbelin A.J., Cuthbert R.N., Novoa A., Taylor N.G., Angulo E., Ballesteros-Mejia L., Bodey T.W., Capinha C., Diagne C., Essl F., Golivets M., Kirichenko N., Kourantidou M., Leroy B., Renault D., Verbrugge L., Courchamp F. Economic costs of invasive alien species across Europe // In: Zenni R.D., McDermott S., García-Berthou E., Essl F. (Eds). The economic costs of biological invasions around the world // *NeoBiota*. 2021. 67. P. 153–190. <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.58196>
- Jouladeh-Roudbar A., Ghanavi H.R., Doadrio I. Ichthyofauna from Iranian freshwater: annotated checklist, diagnosis, taxonomy, distribution and conservation assessment // *Zool. Stud.* 2020. 59:21. 303 p. DOI:10.6620/ZS.2020.59-21
- Kamilov G., Urchinov Z.U. Fish and fisheries in Uzbekistan under the impact of irrigated agriculture // *Inland fisheries under the impact of irrigated agriculture: Central Asia*. FAO Fisheries Circular. 1995. No 894. P. 10–41.
- Kawamura K., Ueda T., Arai R., Smith C. Phylogenetic relationships of bitterling fishes (Teleostei: Cypriniformes: Acheilognathinae), inferred from mitochondrial cytochrome B sequences // *Zool. Sci.* 2014. 31 (5). P. 321–329. DOI:10.2108/zs130233
- Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 1: Chroococcales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/1. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm, 1998. 548 p.
- Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 2: Oscillatoriales // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/2. München, 2005. 759 p.
- Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. Cornol, Switzerland; Berlin, Germany: Kottelat and Freyhof, 2007. 646 p.
- Kozhara A.V., Zhulidov A.V., Gollasch S. et al. Range extension and conservation status of the bitterling, *Rhodeus sericeus amarus* in Russia and adjacent countries // *Folia Zool.* 2007. Vol. 56, No 1. P. 97–108.
- Kuljanishvili T., Mumladze L., Japoshvili B., Mustafayev N., Ibrahimov S., Patoka J., Pipoyan S., Kalous L. 2021. The first unified inventory of non-native fishes of the South Caucasian countries, Armenia, Azerbaijan, and Georgia. // *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*. 2021. 422 (32). P. 1–16.
- Li F., Arai R., Liao T.Y. *Rhodeus flaviventris*, a new bitterling (Teleostei: Cyprinidae: Acheilognathinae) from China // *Zootaxa*. 2020a. 4790 (2). P. 329–340. <http://zoobank.org/urn:lsid:zoobank.org:pub:7AEF2B8D-B04C-4202-A5E7-AEAC2AF62E25>
- Li F., Liao T.Y., Arai R. Two new species of *Rhodeus* (Teleostei: Cyprinidae: Acheilognathinae) from the River Yangtze, China // *Journal of Vertebrate Biology*. 2020b. 69 (1). P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.25225/jvb.19055>
- Liao H., Pierce C.L., Larscheid J.G. Empirical assessment of indices of prey importance in the diets of predacious fish // *T. Am. Fish. Soc.* 2001. 130. P. 583–591. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(2001\)130<0583:EAOIOP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(2001)130<0583:EAOIOP>2.0.CO;2)
- Pietrock M., Ritterbusch D., Lewin W. C., Shumka S., Spirkovski Z., Ilik-Boeva D., Brämick U., Peveling R. The fish community of the ancient Prespa Lake (Southeast Europe): Non-indigenous species take over // *Fisheries & Aquatic Life*. 2022. 30. P. 112–124. DOI 10.2478/aopf-2022-0011
- Przybylski M., Zieba G. Microhabitat preferences of European bitterling, *Rhodeus sericeus*, in the Drzewickza River (Pilica basin). *Pol Arch Hydriobiol.* 2000. No 47. P. 99–114.
- Smith C., Reichard M., Jurajda P., Przybylski M. The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*) // *J. Zool.* 2004. Vol. 262, No 2. P. 107–124. <https://doi.org/10.1017/S0952836903004497>
- Tickner D., Opperman J.J., Abell R., Acreman M., Arthington A.H., Bunn S.E., ... Harrison I. Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: An emergency recovery plan. *BioScience*. 2020. 70. P. 330–342.
- Van Damme D.V., Bogutskaya N., Hoffmann R.C., Smith C. The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe // *Fish Fish.* 2007. Vol. 8, No 2. P. 79–106. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2007.00239.x>
- Yakovlev S.V., Polyanin V.O., Boldyrev V.S., Golokolenova T.B., Basko Yu.V., Cheresheva L.A. Hydrobiological characteristic of different parts of the Ural river basin in the Russian federation territory // *Water Resources*. 2024. Vol. 51. No 5. P. 738–763. DOI:10.1134/S0097807824701082

THE EUROPEAN BITTERLING (*RHODEUS AMARUS*: ACHEILOGNATHIDAE) – ALIEN FISH SPECIES IN THE URAL RIVER BASIN

© 2025 Boldyrev V.S.^{a,*}, Yakovlev S.V.^{b,**}, Viphlo E.V.^{a,***}, Golokolenova T.B.^{a,****},
Basko Yu.V.^{a,*****}, Gordeev D.A.^{c,*****}

^a Volgograd branch of the FSBSI «VNIRO», Volgograd, 400001, Russia

^b Water problems institute of the RAS, Moscow, 119333, Russia

^c Volgograd State University, Volgograd, 400062, Russia

e-mail: *neogobius@yahoo.com, **jack_sv@mail.ru, ***viphloeka@yandex.ru,
****lysak-alga@yandex.ru, *****basko_yulia@mail.ru, *****dmitriy8484@bk.ru

New information on the distribution of an alien species in the Ural River – the European bitterling (*Rhodeus amarus*) is provided. Individuals of this fish species have been recorded only in a few localities along a 200-kilometer section of the river between the mouths of the Kolpachka and Alimbet rivers, which is apparently due to its relatively recent introduction. The appearance of the species may be related to its occurrence in pond farms, in which it was accidentally introduced together with fish stocks for farming. An argument in favor of this is the current distribution of the bitterling, which coincided with that of the Stone moroko (*Pseudorasbora parva*), another recently identified invasive species in the Ural River. The study and analysis of the main diagnostic taxonomic features confirm the naturalization of the European bitterling in the Ural River, and the dynamics of the settlement of representatives of the genus *Rhodeus* in areas adjacent to the Ural basin was characterized. The phytoplankton in the feeding habitats of the bitterling, mainly microalgae, was also characterized. In total 90 species were noted in the species' food spectrum, the most important among which were representatives of the diatom *Navicula* spp. and *Amphora* spp. Judging by the selectivity index, the European bitterling prefers mostly representatives of the *Amphora* spp., *Synedra* spp. and *Cymbella* spp. Low values of this indicator are characteristic for taxa of the *Cryptomonas* spp., *Oscillatoria* spp., *Cosmarium* spp. and *Closterium* spp. The main biomass of algae consumed is made up of benthic and plankto-benthic species. As bivalves of the Unionidae family serve as a spawning substrate for the European bitterling, the wide distribution of these bivalves in the Ural basin has also been characterized, as their occurrence opens up the prospects for further dispersal of this species.

Keywords: invasion, diagnostic features, phytoplankton, nutrition, diatoms, Unionidae, Caspian basin.

АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КЛЁНА ЯСЕНЕЛИСТНОГО (*ACER NEGUNDO* L.) НА ФОНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В ГОРОДЕ МОСКВА

© 2024 Воробьева О.А., Черняева Е.В.* , Рысенков Д.А., Викторov В.П.

Московский педагогический государственный университет,
119991, ЦФО, Москва, улица Малая Пироговская, дом 1, строение 1,
e-mail: *evchernyaeva@mpgu.su

Поступила в редакцию 02.10.2024; после доработки 19.04.2025; принята к публикации 03.05.2025

В статье представлены результаты исследования закономерностей изменения аллелопатической активности инвазивного вида *A. negundo* L. на почвах с градиентом загрязнённости. В образцах листвы из 29 районов г. Москва с различными суммарными показателями загрязнения почв тяжёлыми металлами определили содержание фенольных антиоксидантов и фитотоксичность водных экстрактов в биотесте. Содержание фенольных антиоксидантов в листьях *A. negundo* в диапазоне от $13 \pm 0,26$ до $41,15 \pm 2,92$ мг/г коррелировало с уровнем загрязнения почв. Фитотоксичность водных экстрактов листьев статистически достоверно снижалась по градиенту повышения загрязнения почв и коррелировала с ним. Предполагается образование металлорганических комплексов с поглощёнными ионами тяжёлых металлов, в которых вещества, ответственные за аллелопатические свойства *A. negundo*, выполняют функцию лигандов. Обсуждается роль в инвазионном успехе *A. negundo* преадаптаций в сфере химической конкуренции за элементы минерального питания, опосредованных синтезом и накоплением фитотоксичных веществ-хелаторов.

Ключевые слова: *Acer negundo*, инвазивный вид, вторичная аллелопатия, фитотоксичность, тяжёлые металлы, суммарный показатель загрязнения почвы, металлоорганические комплексы.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-014-026

Введение

Чужеродный инвазивный вид клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), сем. *Sapindaceae*, в настоящее время широко распространён в урбоэкосистемах и сопредельных с ними территориях Евразии. Благодаря устойчивости к загрязнению и другим негативным факторам городской среды, *A. negundo* является самым распространённым деревом в озеленении населённых мест, в том числе в России [Виноградова и др., 2022]. В городах *A. negundo* формирует своеобразный тип мононасаждений с преимущественно синантропными видами трав под древесным пологом [Веселкин и др., 2018]. Натурализация и внедрение *A. negundo* в естественные фитоценозы приводит к их существенной трансформации, торможению естественного восстановления и снижению видового разнообразия [Гусев, 2016].

К настоящему времени успешность инвазивного распространения *A. negundo* не

получила исчерпывающего объяснения. Данный вопрос имеет большое экологическое и экономическое значение, его решение важно для понимания причин и движущих сил растительных инвазий. Одной из вероятных причин успеха называют аллелопатические свойства вида, которые являются предметом значительного числа исследований. Однако, несмотря на разнообразие экспериментальных подходов, полученные данные весьма противоречивы. В ряде работ аллелопатическая активность *A. negundo* подтверждена [Александров и др., 2019; Еременко, 2014; Яхновец, Юрченко, 2023], в то же время аналогичный результат получен при воздействии экстрактов листьев аборигенных видов деревьев [Веселкин, Рафикова, 2022]. В других исследованиях аллелопатическая активность была слабой или экстракты листьев оказывали стимулирующее действие (Цандекова, 2020; Nikolaeva et al., 2021). Влияние *A. negundo* на образования микоризы у трав

было незначительным [Веселкин и др., 2019], в процессе минерализации листового опада его фитотоксичность снижалась [Яхновец, Юрченко, 2023].

Во вторичном ареале *A. negundo* произрастает на антропогенно нарушенных территориях, для которых характерно загрязнение почв тяжёлыми металлами (ТМ). В последнее время вопрос о возможной взаимосвязи растительных инвазий с техногенным загрязнением почв широко обсуждается, в том числе в научных обзорах [Yand et al., 2007; Li et al., 2021]. Одним из возможных механизмов опосредованного участия загрязнителей в инвазивном успехе вида является вторичная аллелопатия (*elemental allelopathy*) [Morris et al., 2009]. Последняя развивается в результате аккумуляции растениями, преимущественно в надземной части, избыточных количеств ионов тяжёлых металлов. С опадом ионы металлов перемещаются в почву подкронового пространства, где со временем образуется их повышенная концентрация и, как следствие, усиливается фитотоксичность.

Согласно литературным данным, решающую роль в поглощении корнями ионов тяжёлых металлов играют вещества-хелаторы. Хелатирование является одним из механизмов детоксикации. Металлоорганические комплексы с ионами металлов образуются как в почве под воздействием корневых экссудатов, так и непосредственно в тканях корня. К настоящему времени единого мнения о механизмах поглощения и транспорта металлоорганических комплексов в растениях ещё не сложилось (Петухов и др., 2019). Внесение в почву синтетических хелаторов значительно увеличивало поглощение ионов тяжёлых металлов деревьями [Bian et al., 2018]. Взаимодействие ионов металлов с органическими соединениями может как положительно, так и отрицательно влиять на их фитотоксичность. У хелатированных ионов меди и никеля из листового опада инвазивного вида золотарника канадского *Solidago canadensis* фитотоксичность была значительно ниже, чем у свободных, у ионов кадмия — выше, последние действовали с аллелохимикатами синергически [Li et al., 2021]. В связи с большой массой опада у древесных видов — гипераккумуля-

торов тяжёлых металлов накопление ионов в подкроновой области способно, по мнению исследователей, оказывать существенное влияние на растительные сообщества [Boyd et al., 2001].

В надземной биомассе *A. negundo*, как сообщается, накопление ионов тяжёлых металлов не достигает концентрационного критерия гипераккумуляции. Однако среди древесных пород, используемых для озеленения примагистральных полос, *A. negundo* накапливал наибольшее количество свинца [Олива и др., 2021]. Избыточные количества свинца, меди, никеля, цинка, молибдена, накопленные к осени в надземной части, растения сбрасывали с листовым опадом [Ведерников и др., 2009]. В городских условиях *A. negundo* проявлял высокую чувствительность к загрязнителям, в соответствии с градиентом содержания металлов в почве изменялись длина, толщина и другие морфометрические показатели листьев [Савинов и др., 2018].

Тяжёлые металлы вызывают неспецифические защитные реакции растений на биохимическом уровне. Поступление металлов в растения вызывает окислительный стресс и, как следствие, повышение содержания низкомолекулярных фенольных соединений-антиоксидантов [Колупаев и др., 2019]. Содержание фенольных веществ в листьях увеличивается пропорционально количеству поступающих в них ионов металлов [Петухов и др., 2019; Li et al., 2021], что позволяет экспериментально установить проникновение ионов металлов в надземные органы растений. Кроме того, в ответ на действие стресс-факторов городской среды, в том числе ионов тяжёлых металлов, в растениях может расти содержание аллелохимических веществ [Гродзинский, 1965]. Исследований влияния ионов тяжёлых металлов на аллелопатические свойства инвазивных видов деревьев, в том числе *A. negundo*, не проводилось. Мы предположили, что накопление избытка ионов тяжёлых металлов в листьях *A. negundo* может усиливать его аллелопатическую активность, в том числе посредством вторичной аллелопатии, и таким образом повышать конкурентность по отношению к видам-аборигенам. Тяжёлые металлы являются

наиболее распространёнными загрязнителями в городе Москва, в трети районов столицы выявлено сильное и максимальное загрязнение [Ерофеева, Аникина, 2021]. Целью нашей работы являлось изучение закономерностей изменения фитотоксичности экстрактов листьев особей *A. negundo*, произрастающих в городе Москва на почвах с различным уровнем загрязнения тяжёлыми металлами.

Материал и методика

Места сбора образцов. Согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 (приложение 1), отнесение почв к различным числовым категориям загрязнения возможно по значению суммарного показателя загрязнения (СПЗ) (Методические ..., 1982). Места сбора образцов листьев выбирали, основываясь на данных картирования территории Москвы по загрязнению почв тяжёлыми металлами [Карта загрязнения...; СП 47.13330...]. Числовые категории СПЗ почв по тяжёлым металлам в городе Москва: 1 – слабый уровень загрязнения, 2 – умеренный, 3 – сильный, 4 – максимальный. Всего было собрано 29 образцов листьев в различных районах города, из них в числовой категории 1 было собрано три образца, 2 – двенадцать, 3 – десять, 4 – восемь образцов. В качестве нулевого контроля, а именно особей *A. negundo* с незагрязнённой тяжёлыми металлами почвы, собрали образец листьев с деревьев на опушке леса в Пушкинском районе Московской области (табл. 1).

Сбор образцов. Листья собрали в июле 2023 года с деревьев *A. negundo* высотой 5–8 метров примерно одного возраста, находившихся в генеративной фазе развития и произраставших на открытых участках. В каждой локации собирали по 10 листьев с каждого из десяти деревьев. Отбирали листья среднего размера без признаков повреждений вредителями и болезнями с нижних ветвей, ориентированных на север, запад, восток и юг.

Получение экстрактов. В лаборатории листья промыли водопроводной водой, высушили до воздушно-сухого состояния, измельчили и просеяли через сито с диаметром отверстий 2 мм. Из листьев одного сбора получали один смешанный образец (всего 30

образцов). Навески по 1 г сухого материала залили дистиллированной водой в соотношении 1 : 50 v/w (концентрация экстракта 2%) и настояли в темноте при комнатной температуре 24 часа. Полученные экстракты отфильтровывали через бумажный фильтр «Красная лента» и хранили в темноте при 4°C.

Биотестирование. В качестве тест-культуры использовали кресс-салат (*Lepidium sativum* L.), обладающий повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжёлыми металлами (Николаевский, 2002). Семена раннеспелых сортов кресс-салата (нами использован сорт Весенний) обладают высокой всхожестью, во время быстрого и дружного прорастания характеризуются активным метаболизмом, что делает их более чувствительными к токсикантам. В стерильные чашки Петри на один слой фильтровальной бумаги поместили по 10 семян.

Предварительно семена простерилизовали в течение 15 минут 10%-ным водным раствором гипохлорита натрия и промыли автоклавированной дистиллированной водой. Опыт провели в 5 аналитических повторностях по каждому варианту. В чашки Петри залили по 4 мл экстракта. В качестве контроля использовали аналитические повторности с дистиллированной водой. Каждые 12 часов в течение 5 суток отмечали всхожесть, длину корня и гипокотили. Биотестирование образцов листьев провели дважды, данные объединили.

Показатели прорастания. Средневзвешенный период прорастания одного семени (T_{cp}) и абсолютная скорость прорастания семян (V_{cp}) характеризуют кинетику прорастания семян тест-культуры. Для расчёта первого показателя использовали формулу:

$$T_{cp} = \sum(N_{\%n} \times T_n) / \sum N_{\%},$$

где T_{cp} – средневзвешенное значение периода прорастания семян; $N_{\%n}$ – доля проросших семян в процентах от общего числа семян в каждые отдельные часы n , T_n – число часов с момента закладки биотеста, $\sum N_{\%}$ – итоговый процент проросших семян на последний день наблюдений.

Абсолютную скорость прорастания семян рассчитали по формуле:

$$V_{cp} = N_n / n,$$

Таблица 1. Места сбора образцов листьев *A. negundo* в г. Москва

Числовая категория СПЗ почв по ТМ	Наименование места сбора	Административная единица (район)	Координаты места сбора образцов
–	Пушкино	Московская область, Пушкинский	56.023720° с.ш., 037.834882° в.д.
1	Строгино	Строгино	55.803384° с.ш., 037.419259° в.д.
	Сходненская	Южное Тушино	55.842177° с.ш., 037.419118° в.д.
	Ховрино	Ховрино	55.875469° с.ш., 037.480793° в.д.
2	Автозаводская	Даниловский	55.706708° с.ш., 037.656040° в.д.
	Ботанический Сад	Ростокино	55.842154° с.ш., 037.631306° в.д.
	Владыкино	Отрадное	55.842238° с.ш., 037.590579° в.д.
	Воробьёвы Горы	Гагаринский	55.708884° с.ш., 037.559376° в.д.
	Измайлово	Измайлово	55.786024° с.ш., 037.785164° в.д.
	Краснопресненская	Пресненский	55.757267° с.ш., 037.574770° в.д.
	Кропоткинская	Хамовники	55.745183° с.ш., 037.606471° в.д.
	Новослободская	Тверской	55.778034° с.ш., 037.594848° в.д.
	Павелецкая	Замоскворечье	55.731338° с.ш., 037.639426° в.д.
	Фили	Филёвский парк	55.748613° с.ш., 037.504549° в.д.
	Фрунзенская	Хамовники	55.730413° с.ш., 037.577219° в.д.
	Юго-Западная	Тропарёво-Никулино	55.668814° с.ш., 037.497732° в.д.
3	Авиамоторная	Лефортово	55.752932° с.ш., 037.718249° в.д.
	Алексеевская	Алексеевский	55.818670° с.ш., 037.667618° в.д.
	Бабушкинская	Бабушкинский	55.870759° с.ш., 037.743152° в.д.
	Дмитровская	Дмитровский	55.783198° с.ш., 037.618289° в.д.
	Красные Ворота	Красносельский	55.769168° с.ш., 037.651677° в.д.
	Охотный Ряд	Тверской	55.755223° с.ш., 037.613151° в.д.
4	Верхние Котлы	Нагатино-Садовники	55.683595° с.ш., 037.633434° в.д.
	ЗИЛ	Даниловский	55.697431° с.ш., 037.641653° в.д.
	Алма-Атинская	Капотня	55.647957° с.ш., 037.787242° в.д.
	Алтуфьево	Лианозово	55.906213° с.ш., 037.583385° в.д.
	Люблино	Люблино	55.677457° с.ш., 037.775661° в.д.
	Перово	Перово	55.752775° с.ш., 037.762453° в.д.
	Печатники	Печатники	55.696749° с.ш., 037.717371° в.д.
	Соколиная Гора	Соколиная Гора	55.773984° с.ш., 037.727254° в.д.

где V_{cp} – значение средней абсолютной скорости прорастания семян за период n суток, N_n – число проросших семян за период n суток; n – число суток, за которые проросли семена.

Итоговую всхожесть семян рассчитали по формуле

$$G_i = N_i \times 100 / N$$

где G_i – итоговая всхожесть семян, N_i – количество проросших семян, N – объём выборки.

Показатели линейного роста осевых органов проростков тест-культуры. Абсо-

лютную длину корня (RL) и гипокотили (L) измерили на 5-й день после посева. Абсолютную скорость роста корня (GRr) и гипокотили (GR) вычислили по формулам:

$$GRr = RL/n \text{ и } GR = L/n,$$

где GRr и GR – абсолютная скорость роста корня и гипокотили соответственно, n – число дней эксперимента.

Определение сухого веса и расчёт относительного содержания воды в тканях проростков тест-культуры. Сухой вес корня

(DWr) и гипокотили (DW) по каждому варианту опыта определили после просушивания навесок в термостате при 65 °C в течение 48 часов. При отсутствии изменения веса считали полученные данные окончательными. Относительное содержание воды в тканях корня () и гипокотили () рассчитали по формуле

$$W = (M_{сыр} - M_{сух}) / M_{сух},$$

где $W(Wr)$ – содержание воды, мг/мг сухого веса, $M_{сыр}$ – сырая масса (мг), $M_{сух}$ – сухая масса (мг).

Определение общего содержания фенольных веществ. В экстрактах содержание фенольных веществ определили спектрофотометрическим методом Фолина и Чокальтеу в модификации [Николаева и др., 2021]. Перед определением экстракты развели в 5 раз дистиллированной водой. Оптическую плотность растворов измеряли при 765 нм на спектрофотометре SmartSpec Plus Spectrophotometer “BioRad Laboratories” (США). Определение проводили в 2 биологических и 5 аналитических повторностях. Содержание суммы фенолов выражали в эквивалентах кофейной кислоты в пересчёте на единицу массы воздушно-сухих листьев (г/в-сухого веса). При построении калибровочной кривой в качестве стандарта использовали кофейную кислоту (Schuchardt, Мюнхен, Германия).

Статистическая обработка данных. Статистическую обработку провели с помощью программы PAST (PAleontological STatistics) версии 4.15. Визуализацию распределения значений в выборках осуществили с использованием диаграмм размаха данных (Box plot), влияние экстрактов листьев *A. negundo* из разных мест сбора образцов на тест-культуру при биотестировании – с помощью неметрического многомерного шкалирования (nMDS) по евклидовым расстояниям (Euclidian distance) между показателями. Проверку достоверности влияния уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами на аллелопатическую активность экстрактов провели при помощи линейного дискриминантного анализа (LDA). Проверку нормальности распределения данных в выборках выполнили с помощью теста Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk

test). Дальнейшую проверку значимости при однофакторном сравнении данных осуществили с использованием критерия Краскала-Уоллиса (Kruskal-Wallis test) или Манна-Уитни (Mann-Whitney test), что связано с ненормальностью распределения данных у большей части рассматриваемых выборок. Многофакторные сравнения были проведены с помощью перестановочной непараметрической MANOVA (PERMANOVA test). Из-за ненормальности распределений в выборках был применён непараметрический коэффициент корреляции Спирмена (Spearman’s correlation coefficient) для определения достоверности влияния фактора на отклик. В таблицах и тексте приведены средние значения со стандартной ошибкой $m \pm SE$.

Результаты

Многомерное шкалирование показало достоверное и значительное отличие полученных данных от данных водного контроля. По совокупности данных по всем показателям, полученным при биотестировании, и по содержанию фенольных веществ в листьях места сбора образцов оказалось возможным достоверно сгруппировать. Получившиеся четыре группы совпали с блоками 1–4, в которые объединили места сбора образцов по числовым категориям СПЗ, так как точность классификации при использовании линейного дискриминантного анализа (LDA) составила 90%, а общее различие между группами является значимым ($p \leq 0.001$, тест PERMANOVA) (рис. 1). Образец, представляющий нулевой контроль из Пушкинского района Московской области, по результатам опыта вошёл в 1-й блок, и в дальнейшем анализе его учитывали как образец из места сбора со слабым уровнем загрязнения почвы.

Анализ данных по отдельным показателям и группам показателей выявил следующую картину.

Содержание фенольных веществ в листьях. Между всеми образцами листьев из разных мест сбора обнаружено достоверное различие ($p \leq 0.001$, тест Kruskal-Wallis). Блоки по СПЗ также достоверно различались по этому показателю ($p \leq 0.01$, тест Kruskal-

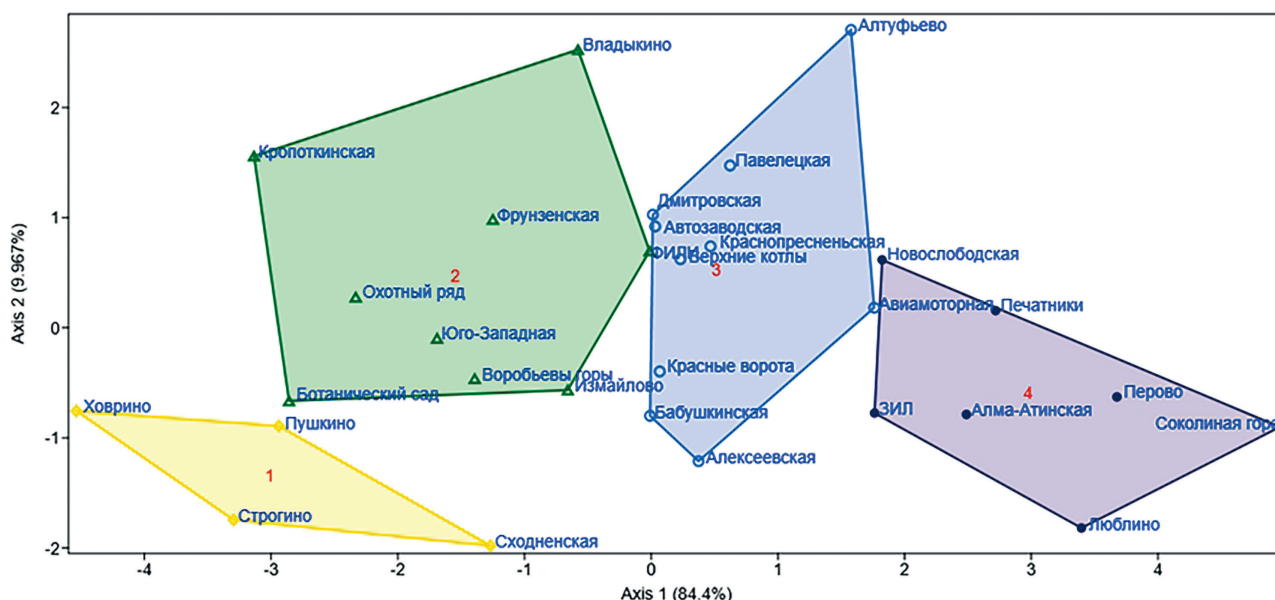


Рис. 1. Группы данных по результатам линейного дискриминантного анализа: числовые категории уровней загрязнения почв тяжёлыми металлами: 1 – слабое загрязнение, 2 – умеренное, 3 – сильное, 4 – максимальное.

Wallis) (табл. 2). Наименьшее содержание фенольных соединений отмечено в образце со слабозагрязнённой почвы (Сходненская), аномально высокое – в образцах с умеренно и сильно загрязнённой почвы (Владыкино, Алтуфьево). При этом попарное сравнение блоков показало статистически достоверное отличие 2-го и 3-го блока от 1-го ($p \leq 0.01$ в каждом случае, тест Mann-Whitney) и отсутствие значимого отличия как между 1-м и 4-м блоками, так и между 2-м и 3-м ($p > 0.05$, тест Mann-Whitney соответственно).

Анализ дисперсии данных по содержанию фенольных веществ выявил значительную асимметрию диаграмм в направлении более высоких показателей. Наиболее значительные различия наблюдались между блоками 1

и 2 с учётом асимметричного расположения медиан. Относительно высокая дисперсия может быть связана с чувствительностью показателя к разнородным локальным условиям роста деревьев, например к близости транспортных магистралей, топографии, экспозиции, к рекреационной нагрузке и другим стрессовым факторам (рис. 2).

Прорастание семян. Действие экстрактов листьев из разных мест сбора образцов на прорастание семян в биотесте достоверно различалось по показателям средневзвешенного периода прорастания одного семени T_{cp} ($p \leq 0.001$, тест Kruskal-Wallis) и абсолютной средней скорости прорастания V_{cp} ($p \leq 0.001$, тест Kruskal-Wallis). Статистически значимого различия по показателю полной всхожести

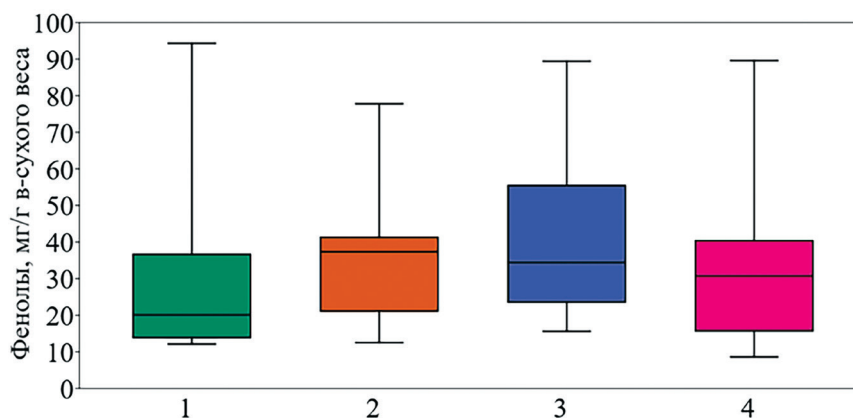


Рис. 2. Диаграмма размаха данных содержания фенольных веществ в образцах листьев *A. negundo* по блокам мест сбора образцов 1–4 с различными уровнями загрязнения почв тяжёлыми металлами: слабым, умеренным, сильным, максимальным соответственно.

Таблица 2. Содержание фенольных веществ в листьях и данные биотестирования экстрактов листьев (всхожесть и показатели линейного роста осевых органов проростков тест-культуры)

Блоки по СПЗ	Места сбора образцов	Содержание фенольных веществ мг/г в-сухого веса	Данные биотестирования				
			Всхожесть	Показатели линейного роста осевых органов проростков			
				<i>Gt</i> (%)	<i>RL</i> (мм)	<i>L</i> (мм)	<i>GRr</i> (мм/сутки)
Контроль		—	100	60,36±1,44	43,93±1,33	10,35±0,26	8,75±0,26
1	Пушкино	37,95±0,65	100	15,23±0,93	15,06±1,04	2,84±0,18	3,01±0,2
	Строгино	39,72±11,08	90±5,77	8,46±0,61	6,03±0,48	1,49±0,12	1,20±0,09
	Ховрино	15,84±0,39	96,66±3,33	10,7±1,44	11,66±1,09	2±0,28	2,33±0,21
	Сходненская	13±0,26	100	14,23±1,45	11,86±1,21	2,68±0,28	2,37±0,24
Среднее значение		26,6±3,64	96,7±1,88	12,2±0,62	11,2±0,57	2,25±0,12	2,23±0,11
2	Ботанический Сад	39,77±0,39	83,33±8,81	11,86±1,03	12,76±0,89	2,17±0,2	2,54±0,17
	Владыкино	76,91±0,37	86,66±6,66	21,7±1,77	21,83±1,41	4,14±0,35	4,36±0,28
	Воробьёвы Горы	40,39±0,72	93,33±6,66	17,3±0,78	12,16±0,72	3,33±0,15	2,43±0,14
	Измайлово	24,27±4,54	96,66±3,33	18,93±1,89	14,66±1,57	3,62±0,36	2,93±0,31
	Кропоткинская	40,72±0,53	96,66±3,33	17,43±1,52	22,56±1,11	3,29±0,3	4,51±0,22
	Охотный Ряд	37,32±0,44	93,33±3,33	18,13±1,15	15,43±1,23	3,43±0,22	3,08±0,24
	Фили	13,29±0,3	100	26,23±1,97	19,46±1,11	5±0,38	3,89±0,22
	Фрунзенская	21,93±0,93	93,33±3,33	19,86±1,68	19,16±1,44	3,78±0,33	3,83±0,28
	Юго-Западная	21,7±1,68	100	22,9±1,6	13,2±0,92	4,38±0,31	2,64±0,18
Среднее значение		35,2±2,46	93,7±1,7	19,4±0,55	16,8±0,45	3,68±0,10	3,36±0,09
3	Авиамоторная	20,73±0,39	93,33±3,33	26,6±2,46	17,63±1,76	5,13±0,48	3,52±0,35
	Автозаводская	23,35±0,63	100	21,3±1,84	22,83±1,43	4,18±0,36	4,56±0,28
	Алексеевская	43,54±7,25	100	20,2±1,92	16,6±1,69	3,86±0,38	3,32±0,33
	Алтуфьево	82,79±2,92	86,66±6,66	27,26±1,76	28,83±1,46	5,25±0,35	5,76±0,29
	Верхние Котлы	79,73±1,16	80±5,77	21,46±2,22	13,4±1,8	4,11±0,44	2,68±0,36
	Дмитровская	27,94±2,98	96,66±3,33	14,8±1,5	27,23±2,56	2,86±0,29	5,44±0,51
	Краснопресненская	37,9±1,67	100	27,03±1,53	19,13±0,87	5,22±0,29	3,82±0,17
	Красные Ворота	41,15±0,18	100	27,7±1,78	14,83±0,9	5,40±0,35	2,96±0,18
	Бабушкинская	33,83±0,74	100	16,43±1,5	16,5±1,6	3,08±0,3	3,3±0,32
	Павелецкая	20,01±1,63	100	21,43±2,04	13,76±1,13	4,14±0,4	2,58±0,22
Среднее значение		41,1±2,9	95,6±1,49	22,4±0,63	19,1±0,58	4,32±0,12	3,79±0,11
4	ЗИЛ	38,28±1,05	96,66±3,33	27,1±2,36	16,3±1,91	5,24±0,46	3,26±0,38
	Алма-Атинская	40,19±0,44	96,66±3,33	23,26±2,35	21,86±2,27	4,51±0,46	4,37±0,45
	Люблино	14,12±0,23	96,66±3,33	34,46±2,31	20,63±0,99	5,84±0,44	4,12±0,19
	Новослободская	17,63±0,206	100	34,1±1,33	20,56±1,05	6,62±0,26	4,11±0,21
	Перово	30,71±3,89	93,33±3,33	22,7±1,9	20,3±1,24	4,3±0,37	4,06±0,24
	Печатники	34,67±10,31	93,33±6,66	36,33±2,33	17,66±0,93	7,05±0,45	3,53±0,18
	Соколиная Гора	41,49±3,76	100	33,96±2,74	24,06±2,09	6,75±0,54	4,81±0,41
Среднее значение		31,3±2,55	96,7±1,25	30,3±0,9	20,2±0,61	5,76±0,17	4,04±0,12

Примечания. 1. Блоки по СПЗ: 1 – со слабым, 2 – умеренным, 3 – сильным, 4 – максимальным уровнем загрязнения. 2. *RL* и *L* – длина корня и длина гипокотыля на 5-й день биотеста соответственно; *GRr* и *GR* – средняя скорость роста корня и гипокотыля соответственно. 3. Жирным шрифтом выделены данные, статистически отличные от контроля в каждом отдельном столбце, $p \leq 0.05$.

Таблица 3. Данные биотестирования экстрактов листьев *A. negundo* (скорость прорастания семян, содержание сухого веса и оводненность тканей проростков), средние значения по блокам СПЗ.

Варианты опыта		Контроль	Блоки по СПЗ			
			1	2	3	4
Показатели прорастания семян	T_{cp} (час)	25,6±1,6	29,8±2,62	26,8±1,31	30,4±1,83	30,7±2,11
	V_{cp} (семян/сутки)	4,46±0,1	4,1±0,17	4,2±0,08	3,85±0,13	3,72±0,18
Показатели сухого веса и относительного содержания воды в тканях проростков	DWr мг/растение	0,64±0,05	0,59±0,04	0,68±0,02	0,66±0,03	0,68±0,03
	Wr мг/мг сухого веса	0,6±0,17	0,92±0,2	0,57±0,07	0,92±0,23	0,84±0,30
	DW мг/растение	0,37±0,05	0,52±0,04	0,41±0,02	0,36±0,02	0,34±0,02
	W мг/мг сухого веса	1,82±0,3	1,83±0,86	1,77±0,15	2,89±0,5	2,59±0,31

Примечания. 1. Блоки по СПЗ: 1 – со слабым, 2 – умеренным, 3 – сильным, 4 – максимальным уровнем загрязнения. 2. T_{cp} – средневзвешенный период прорастания одного семени; V_{cp} – средняя скорость прорастания семян; DWr и Wr – сухой вес и относительное содержание воды в тканях корня проростков соответственно; DW и W – сухой вес и относительное содержание воды в тканях гипокотилия проростков соответственно.

Gt ($p > 0.05$, тест Kruskal-Wallis) не обнаружено, за исключением образцов из мест сбора с аномально высоким содержанием фенолов (Владыкино, Алтуфьево, Верхние Котлы) (см. табл. 2). В целом можно говорить о наличии достоверной разницы между образцами из разных мест сбора по показателям прорастания ($p \leq 0.05$, тест PERMANOVA). В то же время блоки по СПЗ не отличались между собой как по каждому из этих показателей ($p > 0.05$ в каждом случае, тест Kruskal-Wallis), так и по всем показателям прорастания в совокупности ($p > 0.05$, тест PERMANOVA) (табл. 3). Таким образом, показатели прорастания семян в биотесте не зависели от уровня загрязнения почвы в местах сбора образцов.

Сухой вес и оводненность тканей проростков. Показатели сухого веса корня и гипокотилия, относительного содержания воды в тканях корня и гипокотилия проростков статистически значимо отличались между собой ($p \leq 0.001$ в каждом случае, тест Kruskal-Wallis). Образцы из разных мест сбора достоверно различались и по совокупности этих показателей ($p \leq 0.05$, тест PERMANOVA). В то же время между блоками данных по СПЗ не обнаружено достоверного различия по показателям сухого веса и оводнённости тканей корня ($p > 0.05$ в каждом случае, тест Kruskal-Wallis), однако найдено

значимое отличие по указанным показателям гипокотилия ($p \leq 0.001$ в каждом случае, тест Kruskal-Wallis) (см. табл. 3). Итак, влияния уровня загрязнения в местах сбора образцов на эти показатели в целом не обнаружено ($p > 0.05$, тест PERMANOVA).

Линейный рост осевых органов проростков. Торможение скорости роста корня образцами со слабозагрязнённых почв было в 1,8–2,5 раза сильнее, чем с максимально загрязнённых (см. табл. 2). Аналогичные результаты получены и по росту гипокотилия. Длина корня и гипокотилия, а также абсолютная средняя скорость роста корня и гипокотилия тест-культуры при воздействии экстрактов листьев из разных мест сбора достоверно отличались от контрольных показателей в меньшую сторону ($p \leq 0.001$ во всех случаях, тест Kruskal-Wallis), в 3,9–5 раз у образцов со слабозагрязнённых почв, в 1,8–2,2 раза – у образцов с максимально загрязнённых (см. табл. 2). Торможение линейного роста корня и гипокотилия статистически достоверно различалось между блоками по СПЗ как по каждому из показателей по отдельности ($p \leq 0.001$ во всех случаях, тест Kruskal-Wallis), так и в совокупности ($p \leq 0.001$, тест PERMANOVA).

Большинство значений длины корня и гипокотилия проростков тест-культуры располагалось на диаграммах размаха компактно, в

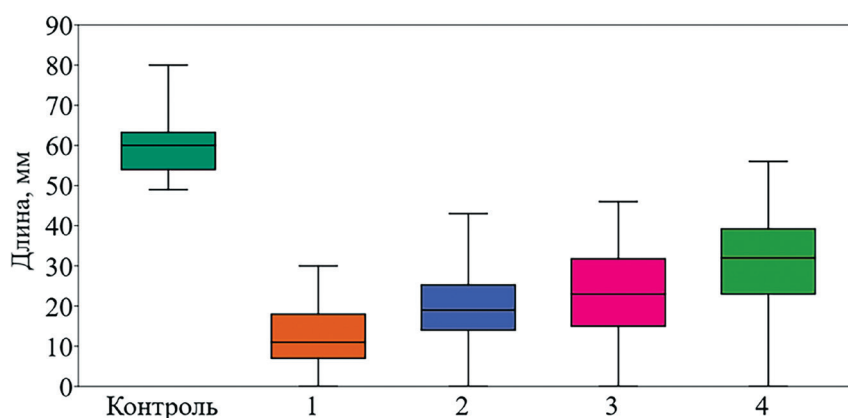


Рис. 3. Диаграмма размаха данных длины корня проростков тест-культуры на 5-й день биотеста по блокам мест сбора образцов 1–4 с различными уровнями загрязнения почвы тяжёлыми металлами: слабым, умеренным, сильным, максимальным соответственно.

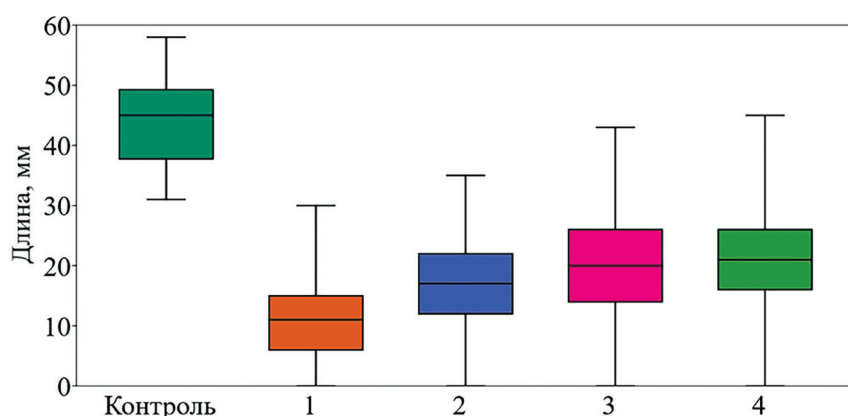


Рис. 4. Диаграмма размаха данных длины гипокотилия проростков тест-культуры на 5-й день биотеста по блокам мест сбора образцов 1–4 с различными уровнями загрязнения почвы тяжёлыми металлами: слабым, умеренным, сильным, максимальным соответственно.

ограниченном диапазоне величин, с малым отличием от дисперсии данных контроля с водой (рис. 3, 4). Низкую степень дисперсии подтверждает и относительная симметрия диаграмм, что свидетельствует о нормальности распределения данных и достоверности обнаруженных различий между выборками.

Обнаружена прямая зависимость между уровнем загрязнения и показателями длины и скорости роста осевых органов проростков. Корреляционный анализ показал умеренную

силу зависимости показателей роста корня от уровня загрязнения и слабую – гипокотилия (табл. 4).

Обсуждение

Линейный дискриминантный анализ показал достоверную связь уровней загрязнения почв города тяжёлыми металлами с совокупностью данных по всем исследованным показателям. Однако анализ по отдельным показателям выявил определяющее значение

Таблица 4. Корреляция между уровнем загрязнения почв тяжёлыми металлами и показателями линейного роста осевых органов проростков тест-культуры в биотесте

Факторы		Длина корня (RL)	Длина гипокотилия (L)	Скорость роста корня (GRr)	Скорость роста гипокотилия (GR)
Числовая категория СПЗ почв по ТМ	<i>p</i>	2.3554E-47	7.767E-18	2.4697E-46	1.1259E-18
	Коэффициент Спирмена	0.45571	0.2895	0.45115	0.2882

Примечание: жирным шрифтом выделены статистически значимые значения ($p \leq 0.05$).

данных содержания фенольных соединений в листьях и линейного роста осевых органов проростков тест-культуры в биотесте. Взаимосвязь между этими показателями мы видим следующим образом.

Содержание фенольных антиоксидантов в листьях *A. negundo* позволило оценить уровень накопления ионов тяжёлых металлов в листовом аппарате растений, поскольку количество фенольных веществ коррелирует с количеством поступивших ионов (Петухов и др., 2019). Полученные результаты согласуются с сообщениями, что в норме количество фенольных веществ в листьях клёна ясенелистного составляет 13–15 мг/г сухого веса, однако при воздействии загрязняющих веществ оно возрастало на 15–30% при слабом загрязнении и в 2–3 раза при сильном загрязнении (Малахова, 2001). Таким образом, ближе всего к контрольным значениям было содержание фенольных соединений в образцах листьев из Ховрино и Сходненской (см. табл. 2). Установлено, что у растений в зонах с большой техногенной нагрузкой способность к синтезу фенольных соединений ниже, чем у контрольных образцов, и коррелирует с уровнем загрязнения почвы (Ведерников и др., 2009; Никитина и др., 2016). Таким образом, по нашим данным, на почве с максимальным загрязнением (образцы блока 4) растения поглощали ионы тяжёлых металлов в количествах, подавляющих синтез фенольных антиоксидантов, поэтому содержание последних в листьях *A. negundo* было в среднем ниже, чем в образцах из мест с умеренным и сильным загрязнением (образцы блоков 2 и 3). Наиболее низким содержание фенольных веществ было в образцах со слабозагрязнённых мест блока 1, что означает, что растения аккумулировали незначительное количество ионов тяжёлых металлов. У образцов из мест с умеренным и сильным загрязнением содержание фенольных антиоксидантов было наиболее высоким, то есть особи *A. negundo* аккумулировали значительно больше ионов металлов, чем на слабозагрязнённых почвах, и меньше, чем на почвах с максимальным загрязнением, поскольку значительного нарушения синтеза фенольных веществ ионы металлов в этих локациях не вызвали.

Торможение линейного роста корня и гипокотили проростков тест-культуры при биотестировании является наиболее информативным показателем фитотоксичности испытуемых веществ (Иванов, 2011) и используется для оценки уровня аллелопатической активности (Гродзинский, 1965). Фенольные антиоксиданты, как показало биотестирование, не оказывали влияния на фитотоксичность экстрактов, поскольку длина корня и гипокотили проростков находилась в прямой зависимости и коррелировала с уровнем загрязнения почвы в местах сбора образцов, а не с количеством фенольных веществ в листьях (см. табл. 4).

Ионы металлов, поступившие в листья деревьев в локациях с максимальным загрязнением, вызвали значительное, в 2–2,5 раза, снижение фитотоксичности экстрактов по сравнению с образцами из локаций со слабым загрязнением (см. табл. 2). Несмотря на это фитотоксичность экстрактов всё ещё оставалась высокой, и у проростков тест-культуры отсутствовали характерные для ионов тяжёлых металлов физиологические повреждения (Петухов, 2019), а именно: нарушение поглощения воды корнями и снижение относительного содержания воды в тканях (см. табл. 3). К настоящему времени накопилось достаточно информации о том, что некоторые вещества, ответственные за аллелопатическую активность, могут выполнять функцию лигандов (Kato-Noguchi, 2023). В связи с этим мы полагаем, что снижение фитотоксичности экстрактов является результатом взаимной детоксикации ионов металлов и веществ-комплексобразователей с фитотоксичными свойствами. Причину обнаруженной закономерности было бы правомерно связать с историей интродукции *A. negundo*. Массовое применение *A. negundo* в городском зелёном строительстве началось с конца XIX века на фоне усиливающегося загрязнения окружающей среды [Виноградова и др., 2022]. У интродуцированных растений увеличилось содержание хелаторов с фитотоксическими свойствами. Они могли накапливаться в небольших количествах в органах *A. negundo* под давлением естественного отбора первоначально, вероятно, с целью улучшения

поглощения элементов минерального питания, которые в почвах естественных растительных сообществ в природном ареале не всегда присутствуют в достаточных количествах или находятся в малодоступной форме. В пользу такого предположения свидетельствует установленная преадаптация высокой фенотипической пластичности семян *A. negundo* в инвазионных популяциях по отношению к доступности питательных веществ [Lamarque et al., 2013].

Согласно полученным данным, фитотоксичность листьев *A. negundo* увеличивалась по градиенту снижения загрязнённости почвы. Вероятно, в естественных фитоценозах, в условиях конкуренции за элементы минерального питания, особи инвазионных популяций *A. negundo* способны к проявлению максимальной аллелопатической активности. Этим может объясняться высокая скорость распространения *A. negundo* в природных сообществах, хотя аллелопатия, скорее всего, не является единственной или главной причиной успеха. Она дополняет комплекс факторов, характерных для вида, а именно: сильную корневую конкуренцию, высокий темп накопления надземной биомассы, засухоустойчивость, нетребовательность к почвенным условиям [Виноградова и др., 2022].

Определённой проблемой в нашем исследовании был поиск образцов для нулевого контроля, то есть растений, произрастающих на почвах без загрязнения тяжёлыми металлами, в связи с тем, что *A. negundo* во вторичном ареале тяготеет к антропогенно преобразованным территориям. По нашим данным, на 5-й день биотестирования экстракта листьев семян *A. negundo*, выращенных из собранных в городе семян на почвосмеси «Универсальная» в лабораторных условиях, итоговая средняя длина корня проростков тест-культуры была ниже аналогичного значения для слабозагрязнённой почвы на 40,74%, что не противоречит обнаруженной закономерности. Некоторая погрешность исследования также может быть связана с разнообразием городских веществ-загрязнителей, среди которых могут быть не только тяжёлые металлы, но и нефтепродукты, фенолы. Мы предполагаем также, что большинство исследований ал-

лелопатии *A. negundo* проведено с особями, произрастающими на загрязнённых почвах, и этим могут быть объяснены упомянутые выше противоречия данных.

Заключение

Гипотеза о более высокой аллелопатической активности *A. negundo* на загрязнённых тяжёлыми металлами почвах в нашем эксперименте не подтвердилась. Фитотоксичность экстрактов листьев *A. negundo* была достаточно высокой во всех образцах, однако значительно и статистически достоверно снижалась по градиенту повышения уровня загрязнения. Полученные результаты позволили нам трансформировать первоначальную гипотезу в другое предположение о более сложной взаимосвязи фитотоксичности листьев *A. negundo* с уровнем загрязнения почв тяжёлыми металлами и двойственности функций веществ-хелаторов. На сильно загрязнённой почве, как мы полагаем, эти соединения обеспечивают детоксикацию проникающих в клетки ионов тяжёлых металлов и повышают устойчивость растений. При слабой загрязнённости почв и в естественных сообществах они способствуют более эффективному поглощению элементов минерального питания, особенно при их дефиците, и в качестве тремозителей угнетают конкурирующую подкрановую растительность. Длительное культивирование на загрязнённых почвах интродуцированного вида с преадаптацией в сфере химической конкуренции за элементы минерального питания, вероятно, могло индуцировать синтез дополнительного количества фитотоксичных хелаторов в отдельных популяциях как адаптивную защитную реакцию. При контакте с незагрязнёнными территориями эти популяции оказались способны дать начало процессу инвазионного распространения. Мы полагаем, что дальнейшее изучение особенностей поглощения ионов тяжёлых металлов может иметь важное значение для понимания механизма инвазии *A. negundo*. В будущих исследованиях необходимо сосредоточить внимание на идентификации и количественном анализе веществ, ответственных за фитотоксические свойства *A. negundo*, изучить особенности поглощения

растением ионов различных металлов, устойчивость металлорганических комплексов во внешней среде.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках плана НИР кафедры ботаники по тематике 1.6.2.4. «Закономерности формирования основных типов взаимодействия организмов в экосистемах».

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Александров Д.С. Влияние экстрактов листового опада клёна остролистного и клёна ясенелистного на прорастание семян и начальные этапы роста газонных трав и декоративных однолетников // Вестник ландшафтной архитектуры. 2019. № 19. С. 3–6.
- Ведерников К.Е., Бухарина И.Л., Шумилова М.А. Динамика содержания тяжёлых металлов в ассимиляционном аппарате древесных растений в условиях техногенной среды // Химическая физика и мезоскопия. 2009. Т. 11, № 4. С. 483–489.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.П., Костина М.В. Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.): морфология, биология, оценка инвазивности. М.: Изд-во КМК, 2022. 218 с.
- Веселкин Д.В., Киселева О.А., Екшибаров Е.Д., Рафикова О.С., Коржиневская А.А. Богатство и численность проростков из почвенного банка семян в куртинах инвазивного вида *Acer negundo* L. // Российский журнал биологических инвазий. 2018. Т. 11, № 1. С. 18–25.
- Веселкин Д.В., Рафикова О.С., Енгибаров Е.Д. Почва из зарослей инвазивного *Acer negundo* неблагоприятна для образования микоризы у аборигенных видов трав // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80, № 3. С. 214–225.
- Веселкин Д.В., Рафикова О.С. Влияние водных вытяжек из листьев клёна ясенелистного и листьев местных видов деревьев на раннее развитие растений // Экология. 2022. № 2. С. 87–85.
- Гусев А.П. Чужеродные виды как причина блокировки восстановительных процессов (на примере юго-востока Белоруссии) // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 3. С. 10–14.
- Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Основы химического взаимодействия растений. Киев: Наукова думка, 1965. 200 с.
- Еременко Ю. А. Аллелопатическая активность инвазионных древесных видов // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7, № 2. С. 33–39.
- Ерофеева В.В., Аникина Е.В. Оценка загрязнения почв урбанизированных экосистем (на примере г. Москва) // МНИЖ. 2021. № 4 (106). Ч. 2. С. 53–57.
- Иванов В.Б. Клеточные механизмы роста растений. М.: Наука, 2011. 104 с.
- Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами // Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии ред. элементов / сост. Б.А. Ревич и др. М.: ИМГРЭ, 1982. 111 с.
- Малахова Е.С. Некоторые физико-химические характеристики растений в условиях техногенного загрязнения // Естественные науки и экология. Межвузовский сб. науч. трудов. 2001. Вып. 6. С. 213–217.
- Никитина В.С., Аюпова Р.Н., Яминева Э.З. Фенольные соединения высших растений и диагностика состояния окружающей среды // Вестник Башкирского университета, 2016, Т. 2, № 3. С. 303–306.
- Николаева Т.И., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификации и сравнения // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 291–299.
- Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М: Московский университет леса, 2002. 220 с.
- Олива Т.В., Колесниченко Е.Ю., Панин С.И., Манохина Л.А. Аккумуляция тяжёлых металлов древесными породами и сельскохозяйственными культурами в условиях примагистральной экосистемы // Успехи современного естествознания. 2021. № 12. С. 184–193.
- Петухов А.С., Хридохин Н.А., Петухова Г.А., Кремлева Т.А. Фенольная система защиты растений в условиях загрязнения среды г. Тюмени тяжёлыми металлами // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 161, № 1. С. 93–107.
- Савинов А.Б., Никитин Ю.Д., Ерофеева К.А. Биоиндикационный аспект изменчивости листьев *Acer negundo* L. при загрязнении городских почв // Проблемы региональной экологии. 2018. № 5. С. 45–47. DOI. 10.24411/1728-323x-2019-150045
- СП 47.13330.2016 СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. АИИС. 2016. 122 с.
- Карта загрязнения почвы в Москве химическими элементами. http://www.etomesto.ru/map-eco_chemical/. Проверено 15.12.2024.
- Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В., Кабашникова Л.Ф. Антиоксидантная система растений: клеточная компартментация, защитные и сигнальные функции, механизмы регуляции // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. Т. 55, № 5. С. 419–440.
- Цандекова О.Л. Роль аллелопатического влияния *Acer negundo* L. на рост травянистых растений // Вестник

- НВГУ. 2020. № 1. С. 15–18. DOI.org/10.36906/2311-4444/20-1/03
- Яхновец М.Н., Юрченко Е.О. Оценка биологической активности экстрактов из листьев *Acer negundo* и *Robinia pseudoacacia* на проростках тест-культур // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2023. № 3. С. 20–31. http://www.etomesto.ru/map-eco_chemical/
- Bian X., Cui J., Tang B., Yang L. Chelant-induced phytoextraction of heavy metals from contaminated soils: a review // Poland Journal of Environmental Studies. 2018. Vol. 27. № 6. P. 2417–2424. DOI: 10.15244/pjoes/81207
- Boyd R.S., Jaffre T. Phytoenrichment of soil Ni content by *Seberia acuminata* in New Caledonia and the concept of elemental allelopathy // South African Journal of Science. 2001. Vol. 97. № 11. P. 535–538.
- Kato-Noguchi H. Isolation and identification of allelochemicals and their activities and functions // Journal of Pesticide Science. 2023. P. 1–14. Open access article. DOI: 10.1584/jpestics.D23-052
- Lamarque L.J., Porté A.J., Eymeric C., Lasnier J-B., Lortie C.J., Delzon S. A test for pre-adapted phenotypic plasticity in the invasive tree *Acer negundo* L. // PLoS ONE. 2013. Open Access. e74239. DOI.org/10.1371/journal.pone.0074239.
- Li J.L., Zhanrui W., Yueming D., Yizhou D., Zhi-Cong B., Asim Z., Xiao J.L., Guanlin R., Esawy J., Hui D. Interactions between invasive plants and heavy metal stresses: a review // Journal of Plant Ecology. 2021. Vol. 15. P. 429–436. DOI.10.1093/jpe/rtab100
- Morris C., Grossl P.R., Call C.A. Elemental allelopathy: processes, progress, and pitfalls // Plant Ecol. 2009. Vol. 202. P. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9470-6>
- Nikolaeva A.A., Golosova E.V., Shelepova O.V. Allelopathic activity *Acer negundo* leaf litter as vector invasion species into plant communities // BIO Web of Conferences. Northern Asia Plant Diversit. 2021. 38. 00088. P. 1–7. DOI.org/1051/bioconf/20213800088
- Yand R., Tang J., Chen X., Ru-Yi. Invasive and non-invasive plants differ in response to soil heavy metal lead contamination // Botanical Studies. 2007. Vol. 48. P. 453–458.

ASH-LEAVED MAPLE (*ACER NEGUNDO* L.) ALLELOPATHY ON POLLUTED MOSCOW SOIL

© 2024 Vorobyova O.A., Chernyaeva E.V.*, Rysenkov D.A., Viktorov V.P.

Moscow Pedagogical State University, 119991, Central Federal District,
Moscow, Malaya Pirogovskaya Street, building 1
e-mail: *evchennyaeva@mpgu.su

The article presents the results of a search for patterns of the changes in allelopathic activity of the invasive species *A. negundo* L. on soils with a gradient of contamination. In leaf samples from 29 districts of Moscow with different total indicators of soil pollution with heavy metals, the content of phenolic antioxidants and phytotoxicity of aqueous extracts was determined in the biotest. The content of phenolic antioxidants in *A. negundo* leaves in the range from 13 ± 0.26 to 41.15 ± 2.92 mg/g correlated with the level of soil pollution. Phytotoxicity of aqueous leaf extracts decreased statistically significantly along the gradient of increased soil pollution and correlated with it. The formation of metal-organic complexes with absorbed heavy metal ions is assumed, in which the substances responsible for allelopathic properties perform the function of ligands. The role of pre-adaptations in the field of chemical competition for mineral nutrition elements mediated by the synthesis and accumulation of phytotoxic chelating substances in the invasive success of *A. negundo* is discussed.

Keywords: *Acer negundo*, invasive species, elemental allelopathy, phytotoxicity, heavy metals, total index of soil pollution, metal-organic complexes.

НАХОДКИ ИНВАЗИОННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ГОРНОЗАВОДСКОЙ ЗОНЫ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2025 Голованов Я.М.^{*}, Абрамова Л.М., Гладких С.И.^{**}

Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН, г. Уфа, 450080, Россия

e-mail: ^{*}jaro1986@gmail.ru; ^{**}work@sgradkikh.ru

Поступила в редакцию: 24.02.2025; После доработки: 25.04.2025; Принята к публикации: 08.05.2025

В статье приводятся данные о распространении инвазионных видов растений в пределах Горнозаводской зоны Челябинской области. Зафиксировано 166 локалитетов 27 инвазионных и потенциально инвазионных видов растений. Из них 5 видов первого инвазионного статуса, 7 – второго, 10 – третьего и 5 потенциально инвазионных видов. Впервые приводится 9 видов, рекомендуемых для включения в региональную Чёрную книгу. Наиболее часто на исследуемой территории отмечаются *Acer negundo*, *Hordeum jubatum*, *Erigeron canadensis* и *Matricaria discoidea*. Вероятно дальнейшее расселение в полустепных и естественных местообитаниях *Bidens frondosa*, *Elodea canadensis*, *Heracleum sosnowskyi* и *Impatiens glandulifera*. Необходим мониторинг за их дальнейшим распространением.

Ключевые слова: новые местонахождения, инвазионные виды растений, Южный Урал, Челябинская область.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-027-043

Введение

Биологические инвазии являются постоянно возрастающей угрозой для биоразнообразия, социальной безопасности и экономики, ежегодный ущерб от них составляет сотни миллиардов долларов США [Zenni et al., 2021, Haubrock et al., 2021; Дгебуадзе, 2023; Petrosyan et al., 2023]. Растительные инвазии представляют собой значительную опасность для устойчивости экосистем, наносят существенный вред экономике и здоровью человека [Виноградова и др., 2010; Abramova, Golovanov, 2024], поэтому они занимают одно из первых мест среди текущих и будущих экологических угроз [Seebens et al., 2020]. Инвазионные виды, обладая высокой адаптивностью и конкурентоспособностью, способны вытеснять местные виды, нарушая биологическое разнообразие и экосистемные функции. Это приводит к деградации природных сообществ, снижению их продуктивности и утрате генетического разнообразия [Abramova, 2012].

Таким образом, воздействие инвазионных видов растений несёт значительные экосистемные риски. В населённых пунктах распространение ряда чужеродных видов

способно значительно ухудшить среду жизни населения [Голованов, Абрамова, 2013; Golovanov et al., 2022]. Устойчивое управление процессами инвазий требует комплексного подхода, включающего мониторинг, раннее выявление и контроль распространения чужеродных видов.

Инвазии чужеродных видов как угроза для биоразнообразия экосистем изучаются нами на Южном Урале (ЮУ) с 90-х годов XX века. Так, исследования инвазионной флоры в Республике Башкортостан (РБ) позволили выявить в общей сложности 457 чужеродных видов [Мулдашев и др., 2017], из которых 93 инвазионных вида включены в «Чёрную книгу флоры Республики Башкортостан» [Абрамова и др., 2021]. Также активно изучается распространение инвазионных видов и в других регионах ЮУ. Для Оренбургской области (ОО) был составлен предварительный «чёрный список», в который вошли 63 инвазионных вида растений [Abramova, Golovanov, 2024], 12 видов отнесены к наиболее агрессивным видам первого статуса.

В предварительный чёрный список флоры Челябинской области (ЧО) [Merker et al., 2023] было включено 64 вида растений из

53 родов и 29 семейств. К видам первого инвазионного статуса отнесено 10 видов: *Acer negundo*, *Cerasus tomentosa*, *Echinocystis lobata*, *Elaeagnus angustifolia*, *Elodea canadensis*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Hippophaë rhamnoides*, *Hordeum jubatum*, *Malus baccata*, *Ulmus pumila*. К видам второго статуса – 18 видов (*Amelanchier spicata*, *Solidago canadensis*, *Impatiens glandulifera*, *Impatiens parviflora* и др.), к видам третьего – 25 (*Galinsoga parviflora*, *Gypsophila perfoliata*, *Lactuca serriola*, *Urtica cannabina* и др.), четвёртого – 11 (*Centaurea diffusa*, *Portulaca oleracea*, *Sisymbrium officinale* и др.). Лидируют виды североамериканского происхождения – 21 вид. Также начаты планомерные работы по выявлению конкретных локалитетов и их общего распространения для уточнения «чёрного списка», при этом исследованы южные районы области, где были отмечены местообитания таких видов, как: *Bassia scoparia*, *Collomia linearis*, *Echinocystis lobata*, *Elaeagnus angustifolia*, *Iva xanthiifolia*, *Onopordum acanthium*, *Rhaponiticum repens*, *Sisymbrium volgense*, *Xanthium albinum* [Голованов, Абрамова, 2020]. Настоящая статья дополняет ранее полученные данные о чужеродных видах растений во флоре ЧО, в частности особенности их распространения в пределах Горнозаводской зоны на севере ЧО, включающей целый ряд небольших и средних городов с горнодобывающей и металлургической промышленностью, а также населённых пунктов сельского типа.

Полученный материал позволяет существенно дополнить знания о расселении и экологии инвазионного компонента флоры изучаемой территории и послужит основой для написания в будущем Чёрной книги флоры Челябинской области.

Материалы и методы

Полевые исследования проводились в 2023–2024 гг. маршрутным методом в пределах Горнозаводской зоны ЧО (Ашинский, Каслинский, Саткинский р-ны; Верхнеуфалейский, Златоустовский, Карабашский, Миасский, Нязепетровский, Усть-Катавский городские округа; Катав-Ивановское, Кусинское, Юрюзанское городские поселения) (см. рисунок).

Горнозаводская зона – историческая часть ЧО в северной части ЮУ. Центр горнозаводской зоны – город Златоуст. В 1994 г. была образована Ассоциация муниципальных образований горнозаводского края Челябинской области «Горный Урал» с площадью 8325 км², включающая 11 муниципальных районов и городских округов. В состав горнозаводской зоны ЧО входят города – центры металлургической промышленности ЮУ, а также развитая транспортная сеть, в частности федеральная трасса М5 – «Урал» и участок Транссибирской магистрали. Все вышесказанное обуславливает важность территории исследований в плане инвазий чужеродных видов растений.

Согласно ботанико-географическому районированию область исследования относится к лесной зоне, подзоне горных среднетаёжных тёмнохвойных лесов хребтовой полосы Урала, подзоне хвойно-широколиственных и южнотаёжных хвойных лесов западного склона Урала [Колесников, 1961, Куликов, 2005]. Охвачены Зюраткульско-Иремельский и Миньярский подрайоны широколиственно-тёмнохвойных лесов, Юрюзанско-Златоустовский подрайон сосново-берёзовых лесов, Верхнеуфимский район широколиственно-тёмнохвойных и южнотаёжных хвойных лесов, Катав-Златоустовский район широколиственно-тёмнохвойных и сосново-берёзовых лесов, Уфалейско-Сысертский, Вишневогорско-Ильменский и Кундравинско-Учалинский районы сосново-берёзовых лесов.

Преобладают серые лесные почвы. Климат умеренно континентальный. Сумма положительных среднесуточных температур за период с температурой выше 10°C составляет от 1500–1800°C. Продолжительность безморозного периода составляет 93–112 дней. Глубина промерзания почвы, достигающая максимума в конце марта, составляет от 60–70 см. Горно-лесная зона является районом избыточного увлажнения – годовая сумма осадков составляет 500–800 мм.

В ходе экспедиционных исследований были выявлены новые локалитеты инвазионных видов растений. Указывались конкретные места произрастания, даты находки, в случае

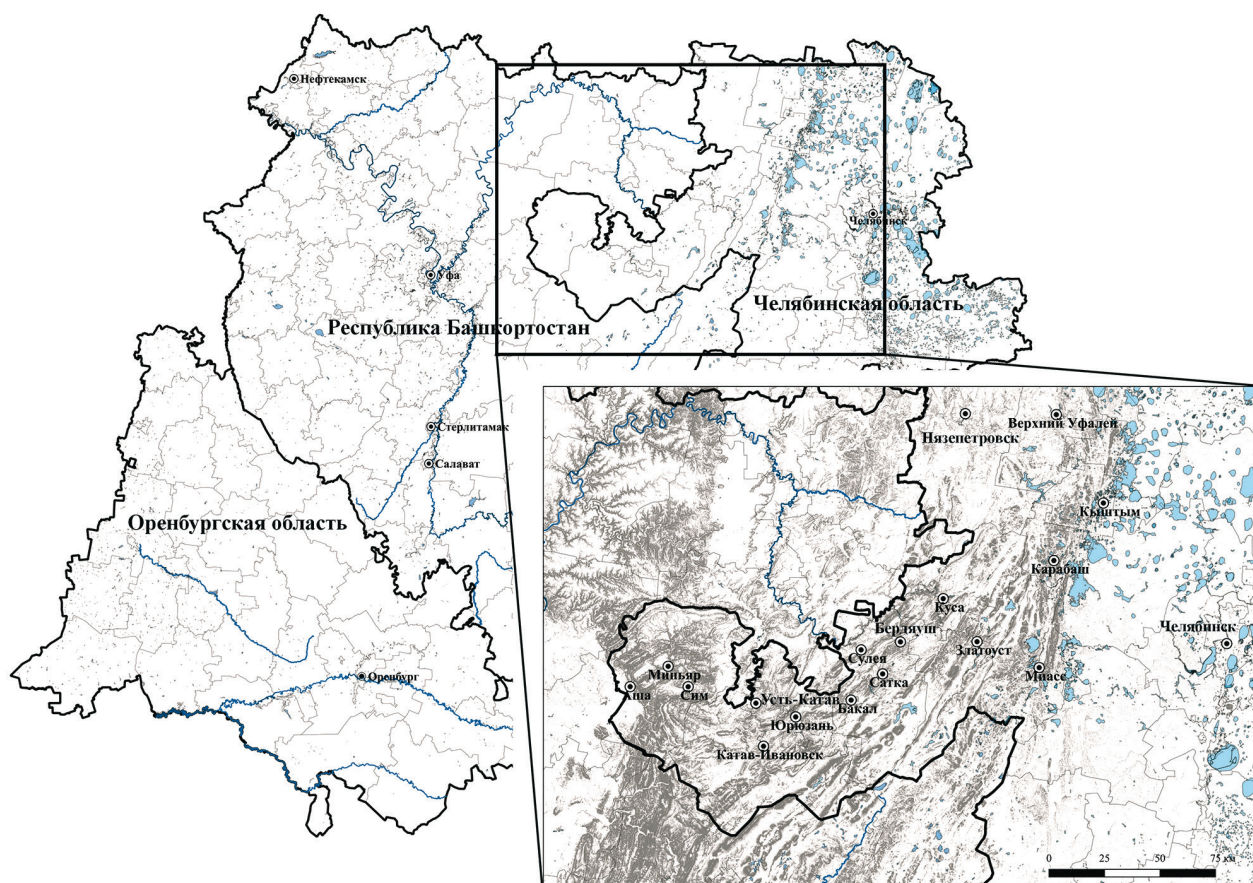


Рис. Местоположение основных исследованных населённых пунктов Горнозаводской зоны Челябинской области.

гербарного образца – порядковый номер, представленность в Чёрных книгах и списках ЮУ, краткое описание распространения в ЧО и экологии вида в пределах изученной территории. Латинские названия растений с указанием синонимов приведены в соответствии с “World Flora Online” [World..., 2025]. Список видов приведён в алфавитном порядке.

В статье мы придерживались наиболее распространённой классификационной схемы чужеродных видов растений [Баранова и др., 2018, Мулдашев и др., 2017].

При определении характеристики видов по отношению к увлажнению использовались сведения, применённые П.В. Куликовым в «Конспекте флоры Челябинской области» [2005]: гигрофит – вид избыточно увлажнённых местообитаний с высокой влажностью воздуха и почвы; гигромезофит – вид, предпочитающий условия, промежуточные между условиями существования гигрофитов и мезофитов; мезофит – наземный вид, приспособленный к обитанию в среде с более или менее достаточным, но не избыточным увлажнением почвы; ксеромезофит

– вид, занимающий промежуточное положение между мезофитами и мезоксерофитами; мезоксерофит – вид, занимающий промежуточное положение между мезофитами и ксерофитами.

Жизненные формы приведены по И.Г. Серебрякову [1962].

Инвазионные виды разделены на четыре группы опасности согласно рекомендациям по ведению и разработке региональных «Чёрных книг» [Нотов и др., 2010] и работам из смежных регионов [Абрамова и др., 2021; Abramova, Golovanov, 2024].

Статус 1. Виды, которые активно внедряются в естественные и полуестественные сообщества, изменяют облик экосистем, нарушают сукцессионные связи, выступают в качестве эдификаторов и доминантов, образуют значительные по площади одновидовые заросли, вытесняют или препятствуют возобновлению видов природной флоры.

Статус 2. Чужеродные виды, активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных полуестественных и естественных местообитаниях.

Статус 3. Чужеродные виды, расселяющиеся и натурализующиеся в настоящее время в нарушенных местообитаниях, в ходе дальнейшей натурализации некоторые из них, по-видимому, смогут внедриться в полустественные и естественные сообщества.

Статус 4. Потенциально инвазионные виды.

Результаты исследований

В результате полевых исследований было зафиксировано 166 локалитетов; 27 инвазионных и потенциально инвазионных видов растений. Их список по соответствующим инвазионным статусам и с необходимыми характеристиками местонахождений приведён ниже.

Статус 1

1. *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et A. Gray (Cucurbitaceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 1) [Абрамова и др., 2021], Чёрный список флоры ОО (статус 1) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 1) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Ранее приводились следующие указания местонахождений вида: г. Аша, ж.-д. ст. Вязовая, гг. Сатка, Миасс, Кыштым, р. Миасс близ с. Долгодеревенское, р. Багаряк, с. Бродокалмак, р. Увелька, пос. Карагайский [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Катав-Ивановское городское поселение, г. Катав-Ивановск (54.754622 с.ш., 58.210845 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н, г. Миньяр (55.063502 с.ш., 57.582538 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Кусинский район, г. Куса (55.335010 с.ш., 59.445306 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Миасский городской округ, пос. Нижний Атян (54.994590 с.ш., 59.875889 в.д.), 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Лианоидный однолетник. Стебли тонкие, сильно разветвленные, в узлах коротко пушистые, до 5–6 м длиной, лазающие с помо-

щью 3–4-раздельных усиков. Мезофит. Эуке-нофит, эргазиофит, эпекофит или агриофит. Встречается, как правило, в прибрежных местообитаниях по берегам водотоков, образует обширные популяции, встречаясь в прибрежных ивняках. Конечная фаза натурализации – внедрение вида в приречные кустарниковые фитоценозы, свойственные виду в естественном ареале, что приводит к вытеснению аборигенных видов растений и соответственно снижению биоразнообразия.

2. *Elodea canadensis* Michx (Hydrocharitaceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 1) [Абрамова и др., 2021], Чёрный список флоры ОО (статус 1) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 1) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Встречается во всех районах. Часто в лесной, лесостепной зоне Зауралья, лесостепной зоне Предуралья, степной зоне [Куликов, 2005]. Конкретных местонахождений не приводится. Вероятно, вид широко встречается по всей ЧО, но для составления полноценной картины его распространения необходимы специальные исследования.

Нами обнаружен: Катав-Ивановское городское поселение, г. Катав-Ивановск (54.763540 с.ш., 58.215917 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав (54.927077 с.ш., 58.165814 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н, г. Сим (54.977987 с.ш., 57.676838 в.д.), г. Миньяр (55.074021 с.ш., 57.562456 в.д.). 11.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Миасский городской округ, г. Миасс (55.056045 с.ш., 60.095486 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Погруженный в воду многолетник с длинным, часто ветвистым стеблем. Гидрофит. Эукенофит, ксенофит, агриофит. *E. canadensis* приурочена к прудам, участкам водотоков с небольшим течением и прочим водоёмам. Вид является крайне мощным конкурентом в условиях водоёмов умеренной полосы, при внедрении в них способен активно вытеснять

аборигенные виды, формируя на больших площадях монодоминантные заросли.

3. *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Apiaceae)

Естественный ареал: Кавказ.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 1) [Абрамова и др., 2021], Чёрный список флоры ЧО (статус 4) [Merker et al., 2023]. Учитывая его биологические особенности, а также расселение по транспортным магистралям, в том числе и в естественных сообществах, мы предлагаем повысить его инвазионный статус.

Распространение в ЧО. Ранее отмечены локалитеты вида: близ г. Юрюзань, близ пос. Мухомово и пос. Марксист [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Саткинский муниципальный округ, ряд локалитетов по автомобильной магистрали М5 (54.864683 с.ш., 58.53374 в.д.; 54.983301 с.ш., 59.012743 в.д.), 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Многолетник с удлинённым прямостоячим, округлым, бороздчатым стеблем, достигающим 3 м высоты. Мезофит. Эуконофит, ксенофит, эфекофит. Встречается по обочинам дорог и лесным опушкам, пустырям. В местах инвазии негативно воздействует на естественные фитоценозы, вытесняя аборигенные виды растений и вызывая обеднение видового состава.

4. *Hordeum jubatum* L. (Poaceae)

Естественный ареал: Северная Америка, север Дальнего Востока.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 1) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 1) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 1) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Повсеместно отмечается часто в лесной и степной зонах, лесостепных зонах Предуралья и Зауралья. Встречается во всех районах области [Куликов, 2005]. Конкретные местонахождения вида не приводились.

Нами обнаружен: Катав-Ивановское городское поселение, г. Катав-Ивановск (54.753513 с.ш., 58.205836 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н, г. Миньяр (55.055742

с.ш., 57.518161 в.д.), г. Сим (54.988469 с.ш., 57.687184 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Саткинский р-н: г. Сатка (55.028957 с.ш., 58.971828 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И., пос. Бердяуш (55.159228 с.ш., 59.138188 в.д.). 20.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав (54.936759 с.ш., 58.180581 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Миасский городской округ: пос. Нижний Атян (54.993536 с.ш., 59.876334 в.д.), пос. Верхний Атян (55.009548 с.ш., 59.898819 в.д.), г. Миасс (55.050432 с.ш., 60.109599 в.д.), пос. Северные Печи (55.205481 с.ш., 60.154515 в.д.), с. Новоандреевка (55.335469 с.ш., 60.230324 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Карабашский городской округ, г. Карабаш (55.487728 с.ш., 60.200496 в.д.). 16.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, пос. Тайгинка (55.621470 с.ш., 60.497003 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., г. Кыштым (55.726850 с.ш., 60.543300 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.912647 с.ш., 60.456629 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, пос. ж.-д. станции Силач (55.993262 с.ш., 60.427203 в.д.), г. Верхний Уфалей (56.062229 с.ш., 60.243752 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск (56.018389 с.ш., 59.589549 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинское городское поселение, г. Куса (55.337496 с.ш., 59.442196 в.д.). 19.07.2024 Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинский р-н, с. Медведевка (55.224949 с.ш., 59.498395 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.,

Многолетник с многочисленными голыми стеблями 10–40 см высотой. Мезофит. Эуконофит, ксеноэргазиофит, эфекофит или агриофит. Широко встречается по обочинам дорог, антропогенным местообитаниям, в населённых пунктах. Вид на территории ЮУ активно натурализуется в естественные галофитные и луговые сообщества, изменяя их облик и вытесняя аборигенные виды растений.

Статус 2

1. *Collomia linearis* Nutt. (Polemoniaceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 2) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 4) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Ранее обнаружен в лесной зоне, лесостепной зоне Предуралья, лесостепной зоне Зауралья и Западно-Сибирской равнины, изредка в степной зоне ЧО (хр. Таганай) [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н, пос. Кропачево, ж.-д. пути, № 3274 (55.011778 с.ш., 57.986524 в.д.). 08.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; г. Аша, ж.-д. пути, № 3245 (54.996521 с.ш., 57.264022 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Саткинский р-н, пос. Сулея, Симская ж.-д. станция (55.056255 с.ш., 57.706530 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.913193 с.ш., 60.456683 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.,

Однолетник 15–30 см высотой, в верхней части ветвистый. Мезофит. Эукенофит, ксенофит, эпекофит или агриофит. Встречается по ж.-д. насыпям.

2. *Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson (*Hippophae rhamnoides* L.). (Elaeagnaceae)

Естественный ареал: Восточная Азия.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 2) [Абрамова и др., 2021]. Ранее вид был включён в black-list ЧО со статусом 1 [Merker et al., 2023], учитывая слабую натурализацию в естественных фитоценозах, мы рекомендуем понизить его до статуса 2.

Распространение в ЧО. Ранее изредка отмечалось в лесной зоне и лесостепной зоне Зауралья. Ж.-д. ст. Бердяуш, оз. Чебаркуль, Ильменское, Сугомак, Сосновский, Чебаркульский р-ны, окр. г. Челябинск, Красноармейский р-н [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Саткинский р-н, г. Сатка (55.032490 с.ш., 58.965318 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких

С.И.; Миасский городской округ, г. Миасс (55.047634 с.ш., 60.059308 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Карабашский городской округ, г. Карабаш (55.484272 с.ш., 60.233771 в.д.). 16.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Златоустовский городской округ, г. Златоуст (55.159071 с.ш., 59.636495 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Двудомный кустарник высотой 1,5–5 м, с буро-зелёной, жёлто-бурой или чёрной корой, с многочисленными ветвями и колючками 2–7 см длиной. Мезофит. Гемикенофит, ксенофит, эпекофит или агриофит. Плодовое растение, отмечается в одичавшем виде на ж.-д. насыпях, по окраинам городов, на различных нарушенных местообитаниях.

3. *Erigeron canadensis* L. (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.) (Asteraceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 2) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Ранее отмечался часто в лесной, степной, лесостепной зонах Предуралья и Зауралья без конкретных локалитетов [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Аша (55.000583 с.ш., 57.238579 в.д.), г. Миньяр (55.055742 с.ш., 57.519569 в.д.), пос. станции Симская (55.056168 с.ш., 57.706675 в.д.), пос. Кропачево ж.-д. пути (55.011955 с.ш., 57.986631 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Саткинский р-н: г. Бакал (54.938064 с.ш., 58.809180 в.д.), г. Сатка (55.032551 с.ш., 58.985185 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И., пос. Бердяуш (55.158491 с.ш., 59.153380 в.д.). 20.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Катав-Ивановское городское поселение, г. Катав-Ивановск (54.768171 с.ш., 58.228912 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав (54.936986 с.ш., 58.180598 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Юрюзанское городское поселение, г. Юрюзань

(54.860884 с.ш., 58.413677 в.д.). 09.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Миасский городской округ, пос. Верхний Атлян (55.011113 с.ш., 59.897806 в.д.), г. Миасс (55.050432 с.ш., 60.109599 в.д.), с. Новоандреевка (55.335469 с.ш., 60.230324 в.д.). 16.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.726835 с.ш., 60.548269 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.911706 с.ш., 60.456901 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, пос. ж.-д. станция Силач (55.993848 с.ш., 60.427449 в.д.), г. Верхний Уфалей (56.062229 с.ш., 60.243237 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск (56.016833 с.ш., 59.592034 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинское городское поселение, г. Куса (55.333755 с.ш., 59.438706 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинский р-н, с. Медведевка (55.224826 с.ш., 59.498223 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.,

Однолетник 3–150 см высотой. Мезофит. Гемикенофит, ксенофит, эпекофит или агриофит. Встречается на сорных местах, залежах, карьерах, обочинах дорог, ж.-д. станциях.

4. *Epilobium pseudorubescens* A.K. Skvortsov (Onagraceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 4) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Изредка встречается в степной, лесной, лесостепной зоне Предуралья и лесостепной зоне Зауралья. Известен близ с. Аратское; Погранично-Казахстанского степного района (оз. Камышное). По мнению П.В. Куликова [2005], встречается во всех районах лесной и лесостепной зон, но конкретные локалитеты им не указаны.

Нами обнаружен: Юрюзанское городское поселение, г. Юрюзань, № 3372 (54.857277 с.ш., 58.437709 в.д.). 09.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Саткинский р-н, г. Бакал, № 3358

(54.940564 с.ш., 58.804111 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н, г. Миньяр, ж.-д. станция, ж.-д. пути, № 3356 (55.055612 с.ш., 57.517640 в.д.), г. Аша, ж.-д. станция, № 3355. (54.995695 с.ш., 57.268156 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Златоустовский городской округ, г. Златоуст (55.177696 с.ш., 59.704980 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Травянистый однолетник или двулетник с зимующими розетками в основании побега. Стебель высотой 30–100 см. Гигромезофит. Эукенофит, ксенофит, эпекофит или агриофит. Встречается по обочинам дорог, берегам водоёмов, в населённых пунктах.

5. *Impatiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae)

Естественный ареал: Южная Азия.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 2) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Как одичавшее растение отмечена в гг. Аша, Златоуст, Сатка, Юрюзань, Катав-Ивановск, Миасс, Троицк, пос. Усть-Курышка [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н: г. Сим, берег ручья в зоне частной застройки (54.988235 с.ш., 57.690161 в.д.), г. Миньяр, № 3296 (55.067484 с.ш., 57.602400 в.д.). 11.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Катав-Ивановское городское поселение, г. Усть-Катав, № 3290 (54.929192 с.ш., 58.164840 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск (56.055707 с.ш., 59.610423 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.703206 с.ш., 60.542019 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Однолетник, от 0,5 до 2 м высотой. Мезофит. Эукенофит, эргазиофит, колонофит или агриофит. Культивируемый и дичающий вид, формирует монодоминантные сообщества в тенистых, увлажнённых фитоценозах по берегам небольших рек и ручьёв в пределах населённых пунктов.

6. *Impatiens parviflora* DC. (Balsaminaceae)

Естественный ареал: Средняя Азия.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 4) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Встречается очень редко в лесостепной зоне. Известно место произрастания в д. Баишево, в Челябинском бору [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав, № 3401 (54.927455 с.ш., 58.179179 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Однолетнее травянистое растение высотой до 80 см. Декоративное растение, культивируемое и изредка дичающее. Мезофит. Эуконофит, эргазиофит, эфемерофит. Произрастает по тенистым сыроватым местам в населённых пунктах.

7. *Solidago canadensis* L. (Asteraceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 1) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 4) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Встречается в лесной, редко в степной зоне. В культуре по всей области, уход из культуры отмечен в гг. Аша и Троицк [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Миньяр, заброшенные сады, № 3308 (55.067484 с.ш., 57.602400 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Многолетник 1,5–2 м высотой с прямыми короткими и мягко опушёнными стеблями. Мезофит. Гемикенофит, эргазиофит, эпекофит или агриофит. Образует монодоминантные сообщества в полуестественных фитоценозах на территории давно заброшенных садово-огородных участков, а также в их окрестностях.

Статус 3

1. *Bassia scoparia* (L.) A.J. Scott (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.) (Chenopodiaceae)

Естественный ареал: степные и полупустынные районы Евразии.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 3) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Широко распространённый инвазионный вид в степной и лесостепной зонах области, в горной её части приурочен исключительно к ж.-д. путям.

Нами обнаружен: Миасский городской округ, г. Миасс, ж.-д. пути (55.061868 с.ш., 60.103203 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, г. Верхний Уфалей (56.051193 с.ш., 60.248078 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск, ж.-д. пути, № 3407 (56.019591 с.ш., 59.580322 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Сильно ветвистый однолетник 30–150 см высотой, стебли зелёные или под осень краснеющие. Мезоксерофит. Эуконофит, ксеноэргазиофит, эпекофит. Встречается по ж.-д. насыпям.

2. *Bromus squarrosus* L. (Poaceae)

Естественный ареал: Средиземноморье.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024].

Распространение в ЧО. Ранее отмечался очень редко в лесостепной зоне Зауралья и в степной зоне (Уйский бор, пос. Крутойярский) [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Аша, ж.-д. станция (54.996297 с.ш., 57.265150 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Однолетник 30–60 см высотой. Мезофит. Эуконофит, ксенофит, эпекофит. Встречается по ж.-д. насыпям.

3. *Galinsoga parviflora* Cav. (Asteraceae)

Естественный ареал: Южная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ЧО (статус 3) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Редко встречается в лесной, лесостепной зоне Зауралья, степной зоне: оз. Большое Миассово, гг. Кыштым, Челябинск, окр. пос. Красногорский, с. Октябрьское, г. Магнитогорск, пос. Агаповка.

Нами обнаружен: Юрюзанское городское поселение, г. Юрюзань (54.857341 с.ш., 58.437407 в.д.). 09.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым, цветник, № 3415 (55.709856 с.ш., 60.539193 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Однолетник 20–60 см высотой. Мезофит. Эуконофит, ксенофит, эпекофит. Вид распространен преимущественно на засоренных цветниках.

4. *Gypsophila perfoliata* L. (Asteraceae)

Естественный ареал: Юго-Восточная Европа, Западная Азия.

На ЮУ включён в Чёрный список флоры ЧО (статус 3) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Встречается в г. Сатка, ж.-д. ст. Кисегач, Флюсовая, г. Миасс, ж.-д. ст. Синеглазово, близ границы области в д. Мал. Белоносова, г. Катайск [Куликов, 2005]. На сегодня этот галофитный, степной вид широко расселился по ж.-д. путям по всей горной части ЧО, вплоть до высот 500 м н.у.м.

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Аша, ж.-д. пути, № 3310 (54.996303 с.ш., 57.265010 в.д.). 10.07.2023 г., пос. Кропачево, ж.-д. станция (55.011957 с.ш., 57.986970 в.д.). № 3286. 08.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Усть-Катавский городской округ г. Усть-Катав, ж.-д. станция (54.936668 с.ш., 58.180675 в.д.). № 3287. 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Верхнеуфалейский городской округ, г. Верхний Уфалей, № 3469 (56.050288 с.ш., 60.249224 в.д.). 18.07.2024 г., Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск, ж.-д. пути, № 3407 (56.019349 с.ш., 59.579225 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинский р-н, с. Медведевка, ж.-д. пути (55.224869 с.ш., 59.499351 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Златоустовский город-

ской округ, г. Златоуст, ж.-д. пути (55.197409 с.ш., 59.713792 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Саткинский р-н, пос. Бердяуш (55.158663 с.ш., 59.135312 в.д.). 20.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Многолетник, стебли при основании лежачие, затем приподнимающиеся, 40–100 см высотой, в верхней части сильноветвистые, голые, ниже вместе с листьями короткопушистые. Мезофит. Эуконофит, ксенофит, колонофит или эпекофит. Вид распространён преимущественно по ж.-д. насыпям на щебнистых субстратах.

5. *Matricaria discoidea* DC. (*Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt.) (Asteraceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ЧО (статус 2) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Ранее отмечалась частая встречаемость в степной и лесной зонах, лесостепной зоне Предуралья и лесостепной зоне Зауралья. Встречается во всех районах области [Куликов, 2005]. Конкретные локалитеты не указывались.

Нами обнаружен: Саткинский р-н: г. Бакал (54.938064 с.ш., 58.809180 в.д.), пос. Бердяуш (55.161034 с.ш., 59.144153 в.д.), пос. Сибирка (54.870528 с.ш., 58.995958 в.д.), пос. Сулея (55.133447 с.ш., 58.879608 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Катав-Ивановское городское поселение, г. Катав-Ивановск (54.753513 с.ш., 58.205836 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Катав-Ивановский р-н: с. Аратское (54.889718 с.ш., 57.890868 в.д.), д. Первуха (54.833599 с.ш., 58.607266 в.д.), с. Верхняя Катавка (54.618786 с.ш., 58.282750 в.д.), с. Меседа (54.771164 с.ш., 58.697457 в.д.), с. Серпиевка (54.857212 с.ш., 57.861017 в.д.), с. Тюлюк (54.610538 с.ш., 58.773059 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н: г. Миньяр (55.070912 с.ш., 57.548467 в.д.), пос. Кропачево (55.012775 с.ш., 57.980386 в.д.), ж.-д. станция Симская (55.056258 с.ш., 57.706766 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Усть-Катавский го-

родской округ, г. Усть-Катав (54.930289 с.ш., 58.174709 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Юрюзанское городское поселение, г. Юрюзань (54.853677 с.ш., 58.425276 в.д.). 09.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Миасский городской округ: пос. Верхний Атян (55.009548 с.ш., 59.898819 в.д.), г. Миасс (55.050432 с.ш., 60.109599 в.д.), пос. Северные Печи (55.205481 с.ш., 60.154515 в.д.), с. Новоандреевка (55.335469 с.ш., 60.230324 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.707882 с.ш., 60.538958 в.д.). 17.07.2024 г.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.911152 с.ш., 60.456840 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, пос. ж.-д. станции Силач (55.995257 с.ш., 60.428377 в.д.), г. Верхний Уфалей (56.054673 с.ш., 60.221107 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск (56.053924 с.ш., 59.595449 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинский р-н, г. Куса (55.337496 с.ш., 59.442196 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Златоустовский городской округ, г. Златоуст (55.173113 с.ш., 59.672425 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Однолетник 5–30 см высотой. Терофит. Однолетник. Мезофит. Гемикенофит, ксенофит, эпекофит. Встречается по улицам, около дорог, на выгонах, предпочитает влажные участки.

6. *Senecio viscosus* L. (Asteraceae)

Естественный ареал: Южная Европа.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021], Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024] и Чёрный список флоры ЧО (статус 3) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Ранее обнаруживался на ж.-д. ст. Бердяуш, г. Златоуст, близ пос. Ук, г. Кыштым, г. Миасс, ж.-д. станция Кисегач, Флюсовая, г. Копейск, г. Магнитогорск, с. Варна.

Нами обнаружен: Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав, ж.-д. пути (54.936881 с.ш., 58.180742 в.д.). 14.07.2023

г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н: г. Сим, пос. Кропачево ж.-д. пути (55.011795 с.ш., 57.986592 в.д.). 11.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.724026 с.ш., 60.565830 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.912873 с.ш., 60.456573 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Однолетник с неприятным запахом, 5–50 см высотой, липкий из-за железистого опушения. Ксеромезофит. Эукенофит, ксенофит, эпекофит. Вид распространён преимущественно по ж.-д. путям, обочинам дорог, сорным местообитаниям.

Статус 4

1. *Centaurea diffusa* Lam. (Asteraceae)

Естественный ареал: Юго-Западная Азия.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 4) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024], Чёрный список флоры ЧО (статус 4) [Merker et al., 2023].

Распространение в ЧО. Изредка отмечается в степной зоне. Наша находка позволяет предположить, что вид способен проникать по транспортным путям в горную часть ЧО.

Нами обнаружен: Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав, ж.-д. пути, № 3280 (54.935866 с.ш., 58.185817 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Двулетник 15–20 см высотой. Мезофит. Ксеромезофит. Эукенофит, ксенофит, эфемерофит. Вид на изучаемой территории распространён по ж.-д. путям.

Инвазионные виды, не включённые ранее в black-list ЧО

1. *Amaranthus albus* L. (Amaranthaceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 2) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО, мы рекомендуем включить его как потенциально инвазионный вид со статусом 4.

Распространение в ЧО. Отмечается редко в лесостепной зоне Зауралья и Западно-Сибирской равнины, спорадически в степной зоне: г. Южноуральск [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н, пос. станции Симская, ж.-д. пути, № 3297, (55.056318 с.ш., 57.706745 в.д.), 11.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Однолетнее растение высотой 15–60 см. Ксеромезофит. Эукенофит, ксенофит, эпекофит. Встречается по ж.-д. насыпям в населённых пунктах.

2. *Artemisia sieversiana* Willd. (Asteraceae)

Естественный ареал: Южная Сибирь, Центральная Азия.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО. Учитывая активное расселение вида на нарушенных местообитаниях, особенно в степной зоне, мы рекомендуем включить его в список со статусом 3.

Распространение в ЧО. В лесной зоне, в лесостепной зоне Зауралья и Западно-Сибирской равнины, спорадически отмечается в степной зоне [Куликов, 2005]. Конкретные локалитеты не указаны.

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Миньяр; ж.-д. станция Симская (55.056296 с.ш., 57.707760 в.д.); ж.-д. станция г. Аша, ж.-д. пути № 3244, (54.998512 с.ш., 57.254132 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.911396 с.ш., 60.456717 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Однолетник или малолетник 30–100 см высотой. Мезофит. Кенофит, ксенофит, эпекофит. Встречается по обочинам дорог, ж.-д. насыпям, сорным местам.

3. *Bidens frondosa* L. (Asteraceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 1) [Абрамова и др., 2021], Чёрный список флоры ОО (статус 1) [Abramova, Golovanov, 2024].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО. Учитывая его расселение и натурализацию в естественных экосистемах, мы предлагаем включить его в список со статусом 1.

Распространение в ЧО. Возможны находки, обнаружен у границы области на Ириклинском водохранилище [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав, берег Катавского пруда, № 3285 (54.927447 с.ш., 58.159656 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н, г. Сим, берег ручья в зоне частной застройки, № 3276 (54.987105 с.ш., 57.678454 в.д.). 11.07.2023 г.; г. Аша, сырая канава, № 3246 (55.005386 с.ш., 57.228693 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Однолетник, обычно 50–75 см высотой. Гигрофит. Эукенофит, ксенофит, агриофит. Встречается в прибрежно-водных местообитаниях. Крайне негативно воздействует на естественные фитоценозы и аборигенные виды растений. В частности *B. frondosa* имеет конкурентное превосходство перед аборигенной *B. tripartita*, вытесняя её из сообществ.

4. *Lepidium densiflorum* Schrad. (Brassicaceae)

Естественный ареал. Северная Америка.

На ЮУ включён: в Чёрную книгу флоры РБ (статус 3) [Абрамова и др., 2021] и Чёрный список флоры ОО (статус 3) [Abramova, Golovanov, 2024].

Распространение в ЧО. В лесной зоне, в лесостепной зоне Зауралья и Западно-Сибирской равнины, часто отмечается в степной зоне [Куликов, 2005], без конкретных локалитетов.

Ранее вид не был включён в black-list ЧО. Учитывая его достаточно широкое расселение в антропогенных сообществах, мы предлагаем включить его в список со статусом 3.

Нами обнаружен: Ашинский р-н: пос. ж.-д. станции Симская (55.056414 с.ш., 57.703259 в.д.), г. Аша, ж.-д. пути, № 3265 (54.995780 с.ш., 57.267714 в.д.). 11.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И., пос. Кропачево, ж.-д. станция (55.012017 с.ш., 57.986856 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Глад-

ких С.И., г. Миньяр (55.059349 с.ш., 57.540572 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Катав-Ивановский район, г. Катав-Ивановск (54.757944 с.ш., 58.197330 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав. № 3401 (54.936877 с.ш., 58.156969 в.д.). 14.07.2023 г.; Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Саткинский р-н, пос. Сулея (55.133447 с.ш., 58.879608 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Миасский городской округ: г. Миасс (55.027675 с.ш., 60.122033 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., с. Новоандреевка (55.335469 с.ш., 60.230324 в.д.). 16.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, пос. Тайгинка (55.629329 с.ш., 60.505005 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Каслинский р-н, пос. ж.-д. станции Маук (55.912745 с.ш., 60.456677 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, г. Верхний Уфалей (56.051140 с.ш., 60.248653 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск (56.053632 с.ш., 59.601793 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Златоустовский городской округ, г. Златоуст (55.139069 с.ш., 59.673368 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Одно- или двулетник 5–45 см высотой, стебли покрыты короткими головчатыми волосками. Ксеромезофит. Эукенофит, ксенофит, эпекофит. В основном встречается вдоль дорог, по улицам в населённых пунктах, на прочих сорных местообитаниях.

5. *Lupinus polyphyllus* Lindl. (Fabaceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён в Чёрную книгу флоры РБ (статус 2) [Абрамова и др., 2021].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО, мы рекомендуем включить его как потенциально инвазионный вид со статусом 4.

Распространение в ЧО. Ранее отмечался близ г. Аша, у слияния рек Большая и Малая Аша, Ильменский заповедник, оз. Большой Теренкуль [Куликов, 2005].

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Миньяр (55.064038 с.ш., 57.605734 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.

Травянистый двулетник или короткоживущий многолетник высотой 50–150 см. Мезофит. Эукенофит, эргазиофит, колонофит. Культивируется в населённых пунктах как декоративное, встречается одичавшим по на территории заброшенных садов.

6. *Oxalis stricta* L. (*Xanthoxalis stricta* (L.) Small) (Oxalidaceae)

Естественный ареал: Северная Америка.

На ЮУ включён в Чёрную книгу флоры РБ (статус 4) [Абрамова и др., 2021].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО, мы рекомендуем включить его как потенциально инвазионный вид со статусом 4.

Нами обнаружен: Миасский городской округ, г. Миасс (55.052412 с.ш., 60.104549 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.708260 с.ш., 60.544171 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Многолетнее растение 15–45 см высотой. Культивируется в населённых пунктах как декоративное, встречается одичавшим на заброшенных цветниках. Мезофит. Эукенофит, эргазиофит, колонофит.

7. *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl. (Poaceae)

Естественный ареал: юг Европы, Кавказ, Средняя Азия.

Включён в Чёрную книгу флоры РБ (статус 4 – за исключением лесостепной и степной зоны) [Абрамова и др., 2021].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО, мы рекомендуем включить его со статусом 3, за исключением лесостепной и степной зон.

Распространение в ЧО. Для степной и лесостепной зон ЧО естественный галофитный вид. Активно вселяется и в дальнейшем расселяется по транспортным магистралям (автомобильным дорогам и ж.-д. путям) в горной части области вплоть до высот 650 м н.у.м. На активное расселение вида повлияло повсеместное использование противогололедных реагентов.

Нами обнаружен: Ашинский р-н, г. Миньяр (55.057671 с.ш., 57.530247 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Гладких С.И., Абрамова Л.М.; Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав (54.936467 с.ш., 58.182401 в.д.). 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Гладких С.И., Абрамова Л.М.; Юрюзанское городское поселение, г. Юрюзань (54.860834 с.ш., 58.413883 в.д.). 09.07.2023 г. Голованов Я.М., Гладких С.И., Абрамова Л.М.; Саткинский район, пос. Сулея (55.133447 с.ш., 58.879608 в.д.). 10.07.2023 г. Голованов Я.М., Гладких С.И., Абрамова Л.М.; Миасский городской округ: пос. Верхний Агтян (55.009140 с.ш., 59.898225 в.д.), г. Миасс (55.037446 с.ш., 60.117527 в.д.). 15.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Карабашский городской округ, г. Карабаш (55.464026 с.ш., 60.215053 в.д.). 16.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.725290 с.ш., 60.563779 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Каслинский р-н, поселок ж.-д. станции Маук (55.906396 с.ш., 60.456689 в.д.). 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, г. Верхний Уфалей (56.049934 с.ш., 60.249846 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Нязепетровский городской округ, г. Нязепетровск (56.017754 с.ш., 59.590184 в.д.). 18.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кусинское городское поселение, г. Куса (55.341357 с.ш., 59.432065 в.д.). 19.07.2024 Голованов Я.М.; Златоустовский городской округ, г. Златоуст (55.199401 с.ш., 59.721802 в.д.). 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Саткинский р-н, пос. Бердяуш (55.159621 с.ш., 59.146256 в.д.). 20.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Многолетние раскидисто-кустистые зелёные растения с коленчато изогнутыми в нижней части стеблями 15–50 см высотой и до 2 мм толщиной. Мезофит. Эукенофит, ксенофит, эпектофит. Обочины дорог, ж.-д. пути, у жилья в населённых пунктах.

8. *Senecio dubitabilis* C. Jeffrey & Y.L. Chen (Asteraceae)

Естественный ареал: Казахстан, Южная Сибирь.

Не включался в чёрные книги и списки регионов ЮУ.

Распространение в ЧО. На 2010 г. приводилось всего лишь одно местонахождение вида [Куликов, 2010]. Наши данные свидетельствуют о значительном расширении вторичного ареала вида в регионе. В настоящее время активно расселяется по ж.-д. путям в горной части ЧО наряду с *S. viscosus*. Ранее вид не был включён в black-list ЧО, мы рекомендуем включить его со статусом 3.

Нами обнаружен: Юрюзанское городское поселение, г. Юрюзань, у западного выезда из города. № 3361 (54.845220 с.ш., 58.397120 в.д.). 09.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Ашинский р-н, пос. станции Симская, межпутный участок. № 3359 (55.056143 с.ш., 57.706611 в.д.). 11.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Усть-Катавский городской округ, г. Усть-Катав, ж.-д. станция (54.936746 с.ш., 58.181590 в.д.). № 3284. 14.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Златоустовский городской округ, г. Златоуст (55.117435 с.ш., 59.771236 в.д.), 19.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Верхнеуфалейский городской округ, г. Верхний Уфалей, ж.-д. пути (56.061954 с.ш., 60.243475 в.д.), № 3418. 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.; Кыштымский городской округ, г. Кыштым (55.686512 с.ш., 60.560839 в.д.), 17.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Растения стержнекорневые, 5–20 см высотой. Стебли простые или иногда ветвистые от самого основания. Ксеромезофит. Эукенофит, ксенофит, эпектофит. Встречается по ж.-д. насыпям, обочинам дорог.

9. *Symphyotrichum × salignum* (Willd.) G.L. Nesom (Asteraceae)

Естественный ареал: возникший в Европе гибридогенный вид.

На ЮУ включён в Чёрную книгу флоры РБ (статус 4) [Абрамова и др., 2021].

Ранее вид не был включён в black-list ЧО, мы рекомендуем включить его как потенциально инвазионный вид со статусом 4.

Нами обнаружен: Саткинский р-н, г. Бакал, пустырь, № 3397 (54.936328 с.ш.,

58.809121 в.д.). 12.07.2023 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М., Гладких С.И.; Карабашский городской округ, г. Карабаш, сырая низина у домов, № 3464 (55.487316 с.ш., 60.200416 в.д.). 16.07.2024 г. Голованов Я.М., Абрамова Л.М.

Многолетнее голое растение высотой 60–150 см с ползучим корневищем. Мезофит. Эуконофит, эргазиофит, колонофит. Культивируется в населённых пунктах как декоративное, встречается одичавшим у жилья.

Обсуждение

Горнозаводская зона ЧО занимает наиболее возвышенную часть ЮУ с влажным и умеренным континентальным климатом. На её территории исторически сложился комплекс крупных населённых пунктов, связанных с металлургической промышленностью и соответственно развитой транспортной сетью.

В результате полевых исследований 2023–2024 гг. на территории Горнозаводской зоны Челябинской области выявлено 166 локалитетов (полученные данные представлены в таблице), 27 инвазионных и потенциально инвазионных видов растений. Из них 5 видов первого, 7 – второго, 10 – третьего инвазионного статуса и 5 потенциально инвазионных видов.

Для *Elaeagnus rhamnoides* инвазионный статус был снижен с первого до второго. Впервые приводится 9 видов, рекомендуемых для включения в региональную Чёрную книгу: *Bidens frondosa* со статусом 1; *Artemisia sieversiana*, *Lepidium densiflorum*, *Puccinellia distans* (за исключением лесостепной и степной зон), *Senecio dubitabilis* со статусом 3; *Amaranthus albus*, *Lupinus polyphyllus*, *Oxalis stricta*, *Symphyotrichum* × *salignum* со статусом 4.

Таблица. Число новых локалитетов инвазионных видов растений Горнозаводской зоны ЧО (статусы указаны в соответствии с полученными данными)

№	Вид	Число локалитетов
Статус 1		
1.	<i>Hordeum jubatum</i>	21
2.	<i>Elodea canadensis</i>	5
3.	<i>Echinocystis lobata</i>	4
4.	<i>Bidens frondosa</i>	3
5.	<i>Heracleum sosnowskyi</i>	2
Статус 2		
1.	<i>Erigeron canadensis</i>	20
2.	<i>Collomia linearis</i>	5
3.	<i>Epilobium pseudorubescens</i>	5
4.	<i>Elaeagnus rhamnoides</i>	4
5.	<i>Impatiens glandulifera</i>	5
6.	<i>Impatiens parviflora</i>	1
7.	<i>Solidago canadensis</i>	1
Статус 3		
1.	<i>Matricaria discoidea</i>	27
2.	<i>Puccinellia distans</i>	14
3.	<i>Lepidium densiflorum</i>	13
4.	<i>Gypsophila perfoliata</i>	8
5.	<i>Senecio dubitabilis</i>	6
6.	<i>Senecio viscosus</i>	5
7.	<i>Artemisia sieversiana</i>	4
8.	<i>Bassia scoparia</i>	3
9.	<i>Galinsoga parviflora</i>	2
10.	<i>Bromus squarrosus</i>	1
Статус 4		
1.	<i>Symphyotrichum</i> × <i>salignum</i>	2
2.	<i>Oxalis stricta</i>	2
3.	<i>Amaranthus albus</i>	1
4.	<i>Centaurea diffusa</i>	1
5.	<i>Lupinus polyphyllus</i>	1
Итого:		166

Большинство отмеченных инвазионных видов имеют североамериканское происхождение (15 видов). Четыре вида имеют первичный ареал в регионах Средней Азии, и тёплых областях Европы – 2 вида. Такие виды встречаются, как правило, в наиболее ксерофитных городских местообитаниях (ж.-д. пути). Среди векторов инвазии преобладает случайное проникновение (19 видов), 8 видов отнесены к «беглецам из культуры».

Среди наиболее агрессивных инвазионных видов первого статуса наиболее широко в Горнозаводской зоне ЧО распространён *Hordeum jubatum*. Этот чужеродный вид, наряду с *Acer negundo*, является одним из наиболее часто встречающихся на территории ЧО. *Hordeum jubatum* активно расселяется по путям сообщения, встречается в массе в населённых пунктах в городских дворах на пустырях и прочих антропогенных местообитаниях. Сходная тенденция наблюдается и в РБ [Абрамова и др., 2021], где *Hordeum jubatum* как активно расселяется по антропогенным местообитаниям (ж.-д. путям и автомагистралям), так и натурализуется в естественных сообществах. При проведении исследований нами не учитывался *Acer negundo*, так как он отмечается практически во всех населённых пунктах рассматриваемой территории. *Acer negundo* можно отнести к наиболее широко распространённым инвазионным видам ЮУ, он встречается от степной до бореально-лесной природных зон как в пределах населённых пунктов, так и в пойменных лесах [Абрамова и др., 2021; Abramova, Golovanov, 2024].

Elodea canadensis и *Bidens frondosa* натурализуются в водных и прибрежно-водных местообитаниях, необходим дальнейший мониторинг водных объектов для выявления целостной картины распространения видов. Оба вида также достаточно широко отмечаются и в соседних регионах. *Elodea canadensis* встречается практически во всех типах водоёмов от рек и озёр до техногенных водоёмов различных природных зон [Абрамова и др., 2021], *Bidens frondosa* активно расселяется в Предуралье по поймам крупных рек: реки Белая, Урал, Самара и др. [Абрамова и др., 2021; Abramova, Golovanov, 2024].

Опасения вызывает расселение *Heracleum sosnowskyi*, который отмечается по обочинам дорог и пустырям, натурализуется в опушенных фитоценозах. Вероятно дальнейшее распространение вида, особенно вдоль крупных транспортных магистралей. На территории соседних южноуральских регионов вид отмечается на северо-западе Башкортостана [Абрамова и др., 2021], где встречается в сходных местообитаниях, при этом вероятно дальнейшее проникновение вида с территории Среднего Урала, поскольку там этот вид распространён более широко.

Erigeron canadensis, вид второго инвазионного статуса, отмечается на широком спектре антропогенных местообитаний: от ж.-д. путей до берегов водоёмов в населённых пунктах. Среди эргазиофитов – «беглецов из культуры» – *Impatiens glandulifera* встречается в массе в крупных городах по сырым местообитаниям. Для ЮУ характерно тяготение вида к регионам с более влажным климатом – северной половине РБ, при этом в степной и лесостепной зонах вид практически не отмечается [Абрамова и др., 2021].

Широким распространением на нарушенных местообитаниях характеризуются *Matricaria discoidea*, *Lepidium densiflorum* и *Puccinellia distans*. Расселение двух последних видов в целом для ЮУ также связано и с транспортными магистралями. Тенденцию к расширению вторичного ареала проявляют «железнодорожные» растения – *Gypsophila perfoliata*, *Senecio dubitabilis* и *S. viscosus*. Эти виды отмечаются в сходных местообитаниях и в сопредельных регионах, однако не проявляют столь активной тенденции к расселению. *Gypsophila perfoliata* как природный вид отмечается в степной зоне ОО.

Полученные сведения о локалитетах инвазионных видов растений дополняют представления о флористическом разнообразии ЧО и могут быть использованы как федеральными органами по фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), так и широким кругом учёных.

Заключение

В результате проведённых исследований было выявлено 166 локалитетов 27 ин-

вазионных и потенциально инвазионных растений, большинство из которых являются случайно интродуцированными североамериканскими видами. Наиболее часто отмечаются *Acer negundo*, *Hordeum jubatum*, *Erigeron canadensis* и *Matricaria discoidea*. Вероятно дальнейшее расселение в полустепенных и естественных местообитаниях *Bidens frondosa*, *Elodea canadensis*, *Heracleum sosnowskyi* и *Impatiens glandulifera*, необходимо продолжить мониторинг за этими видами. Для ряда видов: *Artemisia sieversiana*, *Bidens frondosa*, *Lepidium densiflorum*, *Senecio dubitabilis*, предложено включение в региональную Чёрную книгу ЧО.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН № FMRS-2025-0018 по теме: «Биологическое разнообразие растительных ресурсов России: состояние, динамика, экология видов и сообществ, сохранение генофонда, проблемы интродукции, воспроизводства и неистощительного использования».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

Абрамова Л.М., Голованов Я.М., Мулдашев А.А. Чёрная книга флоры Республики Башкортостан. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 174 с.

Баранова О.Г., Щербakov А.В., Сенатор С.А., Панасенко Н.Н., Сагалаев В.А., Саксонов С.В. Основные термины и понятия, используемые при изучении чужеродной и синантропной флоры // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. № 4. С. 4–23.

Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.

Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Инвазивные виды растений в городах южной промышленной зоны Республики Башкортостан // Известия Алтайского государственного университета. 2013. № 3-1 (79). С. 027–030.

Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Материалы к «чёрным спискам» Оренбургской и Челябинской областей. Сообщение 2 // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2020. № 4 (36). С. 117–123.

Дгебуадзе Ю.Ю. Биологические инвазии чужеродных видов – глобальный вызов последних десятилетий // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93, № 9. С. 814–823. DOI: 10.31857/S0869587323090050

Колесников Б.П. Очерк растительности Челябинской области в связи с её геоботаническим районированием // Флора и лесная растительность Ильменского государственного заповедника им. В.И. Ленина. Труды Ильменск. гос. заповед. им. В.И. Ленина. Свердловск: УФАН СССР. 1961. № 8. С. 105–129.

Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург; Миасс: Геотур, 2005. 537 с.

Куликов П.В. Определитель сосудистых растений Челябинской области. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 933 с.

Мулдашев А.А., Абрамова Л.М., Голованов Я.М. Конспект адвентивных видов растений Республики Башкортостан. ФГБНУ Ботанический сад-институт Уфимского научного центра Российской академии наук, ФГБНУ Уфимский институт биологии Российской академии наук. Уфа: Гилем, 2017. 167 с.

Нотов А.А., Виноградова Ю.К., Майоров С.Р. О проблеме разработки и ведения региональных Чёрных книг // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 4. С. 54–86.

Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.

Abramova L.M. Expansion of invasive alien plant species in the republic of Bashkortostan, the Southern Urals: Analysis of causes and ecological consequences // Russian Journal of Ecology. 2012. Vol. 43. No. 5. P. 352–357. DOI: 10.1134/S1067413612050037

Abramova L.M., Golovanov Ya. M. Materials to the black book of flora of Orenburg oblast // Russian Journal of Biological Invasions. 2024. Vol. 15 (1). P. 1–10. DOI: 10.1134/S2075111724010028

Golovanov Ya., Abramova L., Drap M., Lebedeva M. Vascular plants occurrences in the Southern Urals industrial towns (Sterlitamak and Salavat) // Biodiversity Data Journal. 2022. Vol. 10. P. 77148. DOI: 10.3897/BDJ.10.E77148

Haubrock P., Cuthbert R., Sundermann A., Diagne C., Golivets M., Courchamp F. Economic costs of invasive species in Germany // NeoBiota. 2021. Vol. 67. P. 225–246. DOI: 10.3897/neobiota.67.59502

Merker V.V., Abramova L.M., Golovanov Ya. M. Development of the “black list” of the flora for the Chelyabinsk region of Russia // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023). 2023. Vol. 389. P. 02026. DOI: 10.1051/e3sconf/202338902026

Petrosyan V.G., Osipov F.A., Fenova I. Yu [et al.]. The TOP-100 most dangerous invasive alien species in Northern

- Eurasia: invasion trends and species distribution modelling // *NeoBiota*. 2023. Vol. 82. P. 23–56. DOI: 10.3897/neobiota.82.96282
- Seebens H., Bacher S., Blackburn T., Capinha C., Dawson W., Dullinger S., Genovesi P., Hulme P., van Kleunen M., Kühn I., Jeschke J., Lenzner B., Liebhold A., Pattison Z., Pergl J., Pyšek P., Winter M., Essl F. Projecting the continental accumulation of alien species through to 2050 // *Global Change Biology*. 2020. Vol. 27. No 5. P. 970–982. DOI: 10.1111/gcb.15333
- World Flora Online. Available online: <https://www.world-floraonline.org/> (Accessed on 19.02.2025).
- Zenni R.D., Essl F., García-Berthou E., McDermott S. The economic costs of biological invasions around the world // *NeoBiota*. 2021. Vol. 67. P. 1–9. DOI: 10.3897/neobiota.67.69971

RECORDS OF INVASIVE PLANT SPECIES WITHIN THE GORNOZAVODSKAYA ZONE OF THE CHELYABINSK REGION

© 2025 Golovanov Ya.M.^{*}, Abramova L.M., Gladkikh S.I.^{**}

South Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, 450080 Russia

e-mail: *jaro1986@gmail.ru; **work@sgladkikh.ru

The article presents the data on distribution of invasive plant species within the Gornozavodskaya zone of the Chelyabinsk region. A hundred and sixty six localities, 27 invasive and potentially invasive plant species were recorded. Among them, there are 5 species of the first, 7 – second, 10 species of the third invasive status and 5 potentially invasive species. The 9 species recommended for inclusion in the regional Black Book are listed for the first time. *Acer negundo*, *Hordeum jubatum*, *Erigeron canadensis* and *Matricaria discoidea* are the most commonly recorded. Further dispersal in semi-natural and natural habitats of *Bidens frondosa*, *Elodea Canadensis*, *Heracleum sosnowskyi* and *Impatiens glandulifera* is possible. Their further distribution should be monitored.

Keywords: new locations, invasive plant species, Southern Urals, Chelyabinsk Region.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ В РОССИИ ТРОПИЧЕСКОГО ПОСТЕЛЬНОГО КЛОПА *CIMEX* *HEMIPTERUS* И ЕГО ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ В СРАВНЕНИИ С ОБЫКНОВЕННЫМ ПОСТЕЛЬНЫМ КЛОПОМ *C. LECTULARIUS* (HEMIPTERA: HETEROPTERA: CIMICIDAE)

© 2025 Голуб Н.В.^а, Игнатъева В.В.^{б**}, Голуб В.В.^{б***}

^аЗоологический институт РАН, Санкт-Петербург, 199034, Россия

^бВоронежский государственный университет, Воронеж, 394018, Россия

e-mail: *nvgolub@mail.ru, **immore36@yandex.ru, ***v.golub@inbox.ru

Поступила в редакцию 6.03.2025; После доработки 25.04.2025; Принята к публикации 16.05.2025

Аннотация. Чужеродный тропический постельный клоп *Cimex hemipterus* (Fabricius, 1803) впервые указывается для городов России: Йошкар-Ола (Республика Марий Эл), Казань (Республика Татарстан), Липецк, Ростов-на-Дону. Описывается известное в настоящее время полное распространение вида в России. Приводятся предварительные сведения об относительной частоте встречаемости тропического постельного клопа и обыкновенного постельного клопа *C. lectularius* Linnaeus, 1758. По оригинальным и литературным данным описываются цитогенетические особенности обоих видов: число хромосом, системы половых хромосом, распределение в кариотипе кластеров рибосомных генов.

Ключевые слова: *Cimex hemipterus*, чужеродный вид, первые региональные указания, хромосомные числа, системы половых хромосом, FISH, 18S рДНК.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-044-052

Введение

Тропический постельный клоп *Cimex hemipterus* (Fabricius, 1803) в настоящее время, кроме тропиков и субтропиков, широко распространён как инвазивный вид в ряде стран в суббореальном и бореальном природных поясах, наряду с обычным постельным клопом *C. lectularius* Linnaeus, 1758. Появившись во второй половине XX – начале XXI в. в Корею, Израиле и Великобритании [Péricart, 1996; Gapon, 2016; Golub et al., 2020], тропический постельный клоп к настоящему времени стал космополитом [Doggett et al., 2003, 2008; Campbell et al., 2016; Balvín et al., 2021]. Его широкому распространению способствует обитание в жилых помещениях, многочисленность и возможность быть транспортированным на всех стадиях развития. Как установлено по результатам молекулярных исследований, *C. hemipterus* в некоторых европейских странах локально укоренился и образовал местные популяции [Balvín et al., 2021].

К настоящему времени в России *C. hemipterus* указан из нескольких городов европейской части [Gapon, 2016; Golub et al., 2020; Рославцева, 2020; Голуб, 2024]. Встречаемость и численность тропического клопа могут быть высокими. В частности на объектах Москвы численность *C. hemipterus* чуть ли не превышает таковую обыкновенного постельного клопа *C. lectularius* [Хряпин, 2017; Рославцева, 2020]. Имеются также сведения о том, что в жилых помещениях *C. hemipterus* вытесняет аборигенный вид *C. lectularius* [Gapon, 2016].

В публикациях, посвящённых тропическому постельному клопу, помимо распространения, освещены различные стороны его организации на организменном, цитологическом и молекулярном уровнях, разнообразные проявления жизнедеятельности, вопросы численности, вредоносности и организации мероприятий по его уничтожению в жилых помещениях [Doggett et al., 2003, 2008; Balvín et al., 2015, 2021; Campbell et al., 2016; Хря-

пин и др., 2017]. Тем не менее такие вопросы, как мониторинг динамики вторичного ареала паразита, его взаимоотношения в единой экологической нише с обыкновенным постельным клопом, фундаментальные особенности организации и функционирования на клеточном и генетическом уровнях, нуждаются в дальнейшей и более глубокой разработке.

Целью настоящей работы является обобщение сведений о расширяющемся распространении тропического постельного клопа *C. hemipterus* в России и получение новых данных фундаментального характера о его цитогенетических особенностях.

Материал и методы

Материал, положенный в основу настоящей статьи, собирался и поставлялся для изучения в форме фиксированных объектов (влажных и сухих), серий фотографий и видеороликов сотрудниками организаций, осуществляющих выявление паразитов, санитарную обработку и реализующих препараты для обработки жилых и производственных помещений. Список этих организаций и характер представленных материалов представлены ниже.

Воронеж: магазин «Аймор» (ИП Игнатьева В.В.), фиксированный материал. Липецк: ООО «Нимфа», фиксированные особи фото- и видеоматериалы. Йошкар-Ола и его пригороды (Республика Марий Эл): «Дезцентр ЭКО», ИП Шалагин Р.М., фото- и видеоматериалы имаго, личинок и яиц. Казань (Республика Татарстан): «Дезцентр ЭКО», ИП Шалагин Р.М., фотоматериалы. Ростов-на Дону: ООО «Вита-проф», фото- и видеоматериалы имаго, личинок и яиц.

Фото- и видеосъёмки в Йошкар-Оле, Липецке, Казани и Ростове-на-Дону проводились с использованием смартфонов Oppo Reno 7 и Oppo Reno 8T в режиме микрофотографирования с линзами 15-кратного увеличения и углом обзора 65°.

Материал, включающий имаго и личинок *C. hemipterus* и *C. lectularius*, для идентификации доставлялся в лабораторию зафиксированным в этиловом спирте (70%-ном) и сухом виде в пластиковых пробирках типа Эппендорф. Для кариологических исследова-

ний собранных живых клопов (имаго самцов) помещали в пластиковые пробирки объёмом 1.5–2.0 мл с фиксирующей жидкостью, содержащей 3 части этилового спирта (96%-ного) и 1 часть ледяной уксусной кислоты. Фиксированный таким образом материал хранился при температуре +4°C вплоть до приготовления давленных хромосомных препаратов из тканей семенных фолликулов.

Идентификация фиксированных в спирте и в спирт-уксусной смеси особей на фотографиях и видеоматериалах проводилась по признакам, содержащимся в публикациях предыдущих авторов, по разработанному нами определительному ключу [Golub et al., 2020] и на основе сравнения с экземплярами, хранящимися в фондовой коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) и коллекции кафедры зоологии и паразитологии Воронежского государственного университета.

Для изучения цитологических особенностей *C. hemipterus* использовался метод флуоресцентной гибридизации in situ (FISH). Процедура FISH проводилась в соответствии с опубликованным протоколом [Grozeva et al., 2015]: зонд 18S рДНК (фрагмент около 1200 b.p.) амплифицировали с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) и маркировали биотином-11-dUTP (Fermentas, EU) с использованием специфических праймеров: 18S_F (50-GATCCTGCCAGTAGTCATATG-30) и 18S_R (50-GAGTCAAATTAAGCCGCAGG-30). Геномную ДНК выделяли из клопа *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758). Хромосомные препараты обрабатывали 100 г/мл РНКазы А и 5 мг/мл раствора пепсина для удаления избытка РНК и белков. Хромосомы денатурировали в гибридизационной смеси, содержащей меченый 18S рДНК-зонд, с добавлением блокирующего реагента и затем гибридизовали в течение 42 ч при 37°C. Детекция зонда 18S рДНК проходила с помощью конъюгата авидин-флуоресцеин. Далее хромосомный препарат заключали в реагент, обеспечивающий защиту от выцветания (ProLong Gold с ДНК-красителем DAPI), накрывали покровным стеклом и изучали с помощью флуоресцентного микроскопа Leica DM 6000 при увеличении объектива 100х. Изображения

получали с помощью камеры Leica DFC 345 FX с использованием программного обеспечения Leica Application Suite 4.5.0 с модулем Image Overlay.

Результаты и обсуждение

Встречаемость *Cimex* spp. в городах России по изученным материалам в 2023–2025 гг.

C. hemipterus. Воронеж: 28 имаго и личинок разных возрастов, 01.2023–12.2024. Липецк (указывается впервые): 18 имаго и личинок разных возрастов, 20.11.2024, 19.01.2025; видеоматериалы, записанные 19.01.2025, с демонстрацией активности трёх особей. Йошкар-Ола (указывается впервые): 4 имаго, 5 личинок разных возрастов, 12 яиц, 12, 25.12.2024, 14.01.2025; фотографии и видеоматериалы, демонстрирующие самку, откладывающую яйца, самку с несколькими отложенными яйцами, яйца на брюшной стороне самки, активных личинок разных возрастов (рис. 1, А–D, рис. 2, А, В). Казань (указывается впервые): 3 имаго, 4 личинки разных возрастов, 6 яиц, 29.04, 29.11.2024; фотографии (рис. 1, В). Ростов-на-Дону (указывается впервые): 1♀, 6 личинок разных возрастов, 25 яиц, 08.2024; фотографии (рис. 1, С, D).

C. lectularius. Воронеж: 1♂, 1♀, 17.10.2023. Йошкар-Ола: 1♀; фотография, 06.02.2025.

Таким образом, за два года наблюдений и отбора проб в жилых помещениях перечисленных выше городов установлено, что из двух видов постельных клопов по встречаемости резко преобладает тропический постельный клоп. В Воронеже случай заселения жилого помещения обыкновенным постельным клопом *C. lectularius* был установлен только один раз – в 2023 г.; в 2024 г. этот вид не был встречен. В Йошкар-Оле заселение обыкновенным постельным клопом было также зафиксировано только один раз в 2025 г.

В других обследованных городах в пробах из заселённых помещений, судя по фиксированным особям и фотоснимкам, встречался только тропический клоп. Более точные данные о соотношении численности тропического и обыкновенного постельных клопов в одном жилом помещении или в одном населённом пункте в наших наблюдениях

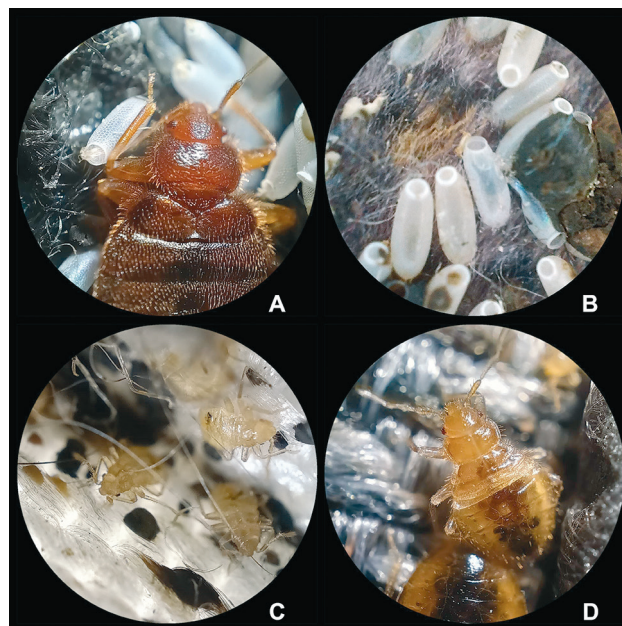


Рис. 1. *Cimex hemipterus*. Живые особи на разных стадиях развития в жилых помещениях: А – самка с отложенными яйцами (Йошкар-Ола, 25.12.2024), В – развивающиеся яйца (Казань, 29.04.2024), С – личинки 2-го возраста и экскременты на ткани (Ростов-на-Дону; август 2024); D – личинка 4-го возраста (Ростов-на-Дону; август 2024). Фото В.Ю. Захарова (А, В) и В.И. Гузаировой (С, D).

отсутствуют в связи с их быстрым уничтожением сотрудниками профилактических организаций. Однако даже полученные приблизительные данные свидетельствуют о сильном преобладании встречаемости *C. hemipterus* по сравнению с *C. lectularius* в жилых помещениях обследованных городов и о вытеснении тропическим постельным клопом обыкновенного постельного клопа в населённых пунктах, расположенных в умеренном географическом поясе. Такое замещение одного эктопаразита другим в единой экологической нише является, очевидно, следствием травматического способа оплодотворения у постельных клопов, подробно описанного Ж. Перикаром [Péricart, 1972].

По сообщениям сотрудников указанных выше организаций, численность *C. hemipterus* в заселённых помещениях была высокой и очень высокой (без проведения количественных учётов). Клопы активно передвигались, самки откладывали яйца в дневное время суток, что позволяло проводить фото- и видеосъёмки (см. рис. 2, А). Обнаружена самка *C. hemipterus* с прикреплёнными на нижней стороне брюшка развивающимися яйцами



Рис. 2. *Cimex hemipterus*: А – самка с только что вышедшим из половых путей яйцом (несоответствие размеров тела клопа и яйца – следствие расположения их на разной высоте); В – яйца с выходящими из некоторых из них личинками 1-го возраста на брюшной стороне самки (Йошкар-Ола, 25.12.2024). Фото В.Ю. Захарова.

(см. рис. 2, В). Поскольку фотография сделана сразу же после переворачивания самки брюшной стороной вверх рукой фотографа, очевидно, что в спокойном состоянии яйца находились непосредственно под брюшком самки. Удерживание самкой яиц на опушённой брюшной стороне тела может быть связано со способом распространения яиц с выходящими из них личинками 1-го возраста.

Распространение в России *C. hemipterus*

В России к настоящему времени вид известен из Санкт-Петербурга, Москвы, Смоленска, Гусь-Хрустального, Йошкар-Олы (Республика Марий Эл), Казани (Республика Татарстан), Саранска (Республика Мордовия), Липецка, Воронежа, Белгорода, Ростова-на-Дону [Гарон, 2016; Хряпин и др., 2017, 2019; Golub et al., 2020; Рославцева, 2020; Prisniy, 2020; Голуб, 2024; настоящее сообщение] (рис. 3).

Таким образом, на основании ранее опубликованных данных и результатов проведённого нами изучения присутствия *C. hemipterus* в разных городах России установлено, что вид широко распространён на значительной части её европейской территории, на востоке – фактически до границы с азиатской частью. Сведения о присутствии тропического постельного клопа на Урале и в Сибири отсутствуют.

В пределах крупного населённого пункта, г. Воронеж, за два года проведения учётов установлено, что заселение тропическим постельным клопом происходит в одинаковой степени как многоквартирных домов, так и частных.

Цитологические особенности *C. hemipterus* и *C. lectularius*

Постельные клопы *C. hemipterus* и *C. lectularius* относятся к хорошо изученному в кариологическом отношении роду. В насто-



Рис. 3. Пункты обнаружения тропического постельного клопа *Cimex hemipterus* в России.

ящее время имеются данные о кариотипах 16 видов *Cimex* из 20 описанных [Grozeva, Nokkala, 2002; Sadílek et al., 2013, 2019; для остальных ссылок см. Ueshima, 1979]. Хромосомы постельных клопов, как и у других Cimicidae и в целом Heteroptera, голокинетические, т.е. без локализованной центромеры [Hughes-Schrader, Schrader, 1961; Ueshima, 1979]. Хромосомы такого типа нередко подвергаются перестройкам – разделением и слияниям. Образовавшиеся в результате перестроек фрагменты хромосом или слившиеся хромосомы ведут себя в последующих клеточных циклах как интактные, что приводит к внутривидовой и межвидовой изменчивости хромосомных чисел [White 1973].

Для *C. hemipterus* и *C. lectularius*, как и для всех представителей рода *Cimex*, а также для большинства других клопов характерно специфическое поведение аутосом и половых хромосом в мейозе: аутосомные биваленты демонстрируют нормальную последовательность мейотических делений с сегрегацией и расхождением гомологичных хромосом в первом, редукционном, делении и расхождением сестринских хроматид во втором, эквационном, делении мейоза. В то же время для половых хромосом характерен «постредукционный мейоз» с эквационным первым и редукционным вторым мейотическими делениями [Ueshima, 1979; Grozeva et al., 2010].

В роде *Cimex* диплоидные хромосомные числа варьируют от $2n = 22$ до $2n = 47$, при этом количество аутосом стабильно и составляет у разных видов $2n = 26$ или $2n = 28$, тогда как вариабельность кариотипов обеспечивается различием в количестве половых хромосом. У представителей рода выявлена наиболее часто встречающаяся у клопов система половых хромосом типа XX/X_Y, а также система множественных половых хромосом типа XX/X₁X₂Y + 0–18X [см. сводку Ueshima, 1979].

Число хромосом в диплоидном наборе у *C. lectularius* варьирует от $2n = 29$ до $2n = 47$. При этом число аутосом у этого вида остается постоянным, $2n = 26$, тогда как число половых хромосом у самцов варьирует от трёх (X₁X₂Y) до 21 (X₁X₂Y + 18X) в разных популяциях, а иногда и между самцами одной

популяции [Slack, 1938, 1939a, b; Darlington, 1939; Ueshima, 1967; Sadílek et al., 2013]. Дополнительные хромосомы в кариотипе *C. lectularius* традиционно рассматриваются как фрагменты половой X-хромосомы, возникшие в результате разделений и сохранившиеся в кариотипе как самостоятельные элементы хромосомного набора. Такой вывод был сделан на основании сходства мейотического поведения сверхчисленных хромосом с поведением исходной X-хромосомы [Slack, 1938, 1939a, b; Darlington, 1939; Ueshima, 1967; Sadílek et al., 2013]. Не исключается и то, что дополнительные хромосомы могли возникнуть в результате других перестроек X-хромосомы, например дупликаций [Sadílek et al., 2019].

Данные об изменчивости хромосомных чисел у *C. hemipterus* отсутствуют. Самцы во всех изученных популяциях имеют одинаковый кариотип $2n = 31$ ($28 + X_1X_2Y$) [Sadílek et al., 2013, 2019; настоящее сообщение].

Для изучения цитологических особенностей *C. hemipterus* мы использовали метод флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH), который является эффективным и точным инструментом для физического картирования специфических последовательностей ДНК на хромосомах. Применение FISH с 18S рДНК-пробой позволяет выявить количество и хромосомное распределение локусов рДНК в кариотипе, что обеспечивает дополнительные хромосомные маркеры, полезные для понимания структуры генома и эволюции таксонов разного ранга. Следует отметить, что в отношении тропического постельного клопа FISH с 18S рДНК-пробой был применён нами впервые. С помощью этого метода в кариотипе *C. hemipterus* локусы 18S рДНК были выявлены на половой хромосоме X₁. На стадии метафазы I мейоза половые хромосомы демонстрируют хроматидное расщепление, и яркие достаточно крупные гибридизационные сигналы обнаруживаются терминально на обеих хроматидах (рис. 4). В отличие от *C. hemipterus*, в кариотипе *C. lectularius* локусы 18S рДНК располагаются терминально на двух половых хромосомах X₁ и Y [Grozeva et al., 2010]. Следует отметить, что терминальное расположение локусов 18S рДНК являет-

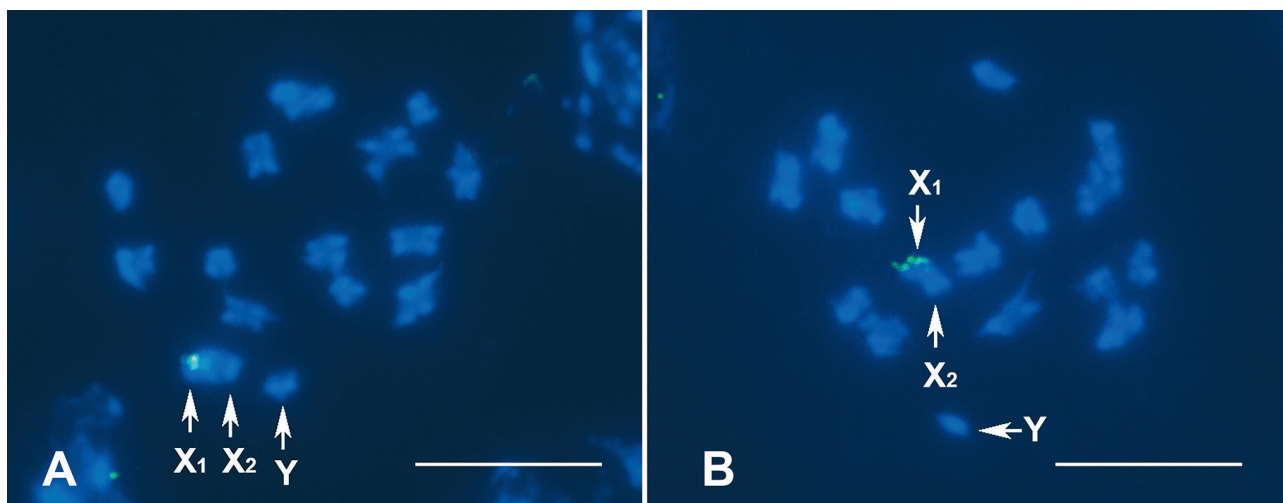


Рис. 4. Кариотип *Cimex hemipterus* после обработки методом FISH с 18S рДНК-пробой: А – стадия МІ (метафаза I мейоза), гибридизационный сигнал выявлен на половой X₁ хромосоме (зелёный цвет); В – половые хромосомы демонстрируют хроматидное расщепление как следствие «постредукционного мейоза». Шкала = 10 μm.

ся наиболее распространённым у Heteroptera [Grozeva et al., 2015; Golub et al., 2022, 2023].

Способность кластеров рДНК изменять своё хромосомное положение в кариотипах близкородственных видов была ранее показана для поцелуйных клопов Triatominae (Reduviidae) [Panzeria et al., 2012, 2021] и клопов-кружевниц Tinginae (Tingidae) [Golub et al., 2022]. Механизмы, ответственные за сдвиги локусов рДНК, остаются неизвестными. Учитывая отсутствие хиазм между половыми хромосомами постельных клопов, можно предположить, что в данный процесс вовлечены транспозоны. Известно, что отдельные классы транспозонов способны захватывать целые гены и перемещать их в разные области генома хозяина, вызывая возникновение новых локусов с возможной последующей делецией исходных участков [Cabrero, Camacho, 2008; Raskina et al., 2008; Nguyen et al., 2010; Panzeria et al., 2021]. Транспозируемые элементы («прыгающие гены») составляют значительную часть большинства эукариотических геномов. Ситуация, наблюдаемая у постельных клопов, позволяет предположить, что мобильность кластеров рДНК в процессе эволюции кариотипов в роде *Cimex* может быть обусловлена транспозируемыми элементами, которые связаны с локусами рибосомной ДНК, что приводит к изменениям в их хромосомном распределении.

Таким образом, несмотря на большое морфологическое сходство *C. hemipterus* и

C. lectularius, между видами существуют значительные кариологические и цитогенетические различия в числе хромосом и в локализации в кариотипе локусов 18S рДНК, при этом оба вида сохраняют основные цитогенетические черты рода *Cimex*.

Заключение

Заселённость помещений тропическим постельным клопом *Cimex hemipterus* к настоящему времени установлена в 11 городах европейской части России: Санкт-Петербурге, Москве, Смоленске, Гусь-Хрустальном, Саранске, Воронеже, Белгороде, Йошкар-Оле, Казани, Липецке, Ростове-на-Дону. При этом в последних четырёх городах в 2023–2025 гг. вид был отмечен впервые. Сведений о присутствии этого вида на Урале и в Сибири нет.

Во всех заселённых тропическим постельным клопом помещениях отмечается его высокая численность, активность и откладка яиц в дневное время суток. Во всех городах, обследованных нами (Воронеже, Йошкар-Оле, Казани, Липецке, Ростове-на-Дону), встречаемость *C. hemipterus* была во много раз выше встречаемости *C. lectularius*: за два года отбора проб только дважды в г. Воронеж, и один раз в г. Йошкар-Ола был зафиксирован обыкновенный постельный клоп *C. lectularius*. В пробах из помещений других обследованных городов в 2023–2025 гг. (Казани, Липецке, Ростове-на-Дону) обыкновенный постельный клоп не был обнаружен. Эти

данные свидетельствуют о замещении тропическим клопом обыкновенного постельного клопа в данной экологической нише, т.е. в помещениях в условиях умеренного географического пояса.

Между *C. hemipterus* и *C. lectularius* существуют значительные различия на хромосомном уровне. Во-первых, виды различаются по числу хромосом – 28 аутосом в диплоидном наборе у *C. hemipterus* и 26 аутосом у *C. lectularius*. Во-вторых, виды отличаются хромосомными системами определения пола – X_1X_2Y у самцов *C. hemipterus* и $(X_1X_2Y + 0-18X)$ у самцов *C. lectularius*. Также примечательным является внутри и межпопуляционное разнообразие хромосомных чисел у *C. lectularius*, тогда как изученные популяции *C. hemipterus* характеризуются стабильным кариотипом. Возможно, это связано с тем, что кариологических данных для тропического клопа существенно меньше, чем для *C. lectularius*. В-третьих, виды различаются по локализации кластеров рибосомной ДНК – на одной половой хромосоме у *C. hemipterus* и на двух половых хромосомах у *C. lectularius*. Выявленные нами кариологические и цитогенетические различия между видами постельных клопов показывают перспективность использования методов хромосомного анализа для изучения этой группы.

Благодарности

Авторы выражают благодарность В.Ю. Захарову (Дезцентр «ЭКО», г. Йошкар-Ола), В.Е. Коротычу (ООО «Нимфа», г. Липецк), В.И. Гузайровой (ООО «Вита-проф», г. Ростов-на Дону), сотрудникам магазина «Аймор» (ИП Игнатьева В.В.) за оказание помощи в сборе коллекционного материала по двум видам постельных клопов и предоставление фото- и видеоматериалов.

Финансирование

Кариологическая часть исследования выполнена в рамках государственного задания № 125012901042-9.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Голуб В.Б. Семейство Cimicidae Latreille, 1802 – постельные клопы // Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) европейской части России и Урала / под ред. Д.А. Гапона. Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2024. С. 207–209.
- Рославцева С.А. Современное распространение постельных клопов в мире (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2020. Вып. 99, № 3. С. 270–273. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-3-270-273>
- Хряпин Р.А., Юнаков П.А., Пугаев С.Н., Матвеев А.А. Новые, необычные и редко встречающиеся объекты медицинской дезинсекции в жилых и производственных помещениях г. Москвы // Дезинфекционное дело. 2017. № 4 (98). С. 39–42.
- Balvín, O., Roth S., Vilímová J. Molecular evidence places the swallow bug genus *Oeciacus* Stål within the bat and bed bug genus *Cimex* Linnaeus (Heteroptera: Cimicidae) // Systematic Entomology. 2015. Vol. 40. P. 652–665. <https://doi.org/10.1111/syen.12127>
- Balvín O., Sasínková M., Martinů J. et al. Early evidence of establishment of the tropical bedbug (*Cimex hemipterus*) in Central Europe // Medical and Veterinary Entomology. 2021. Vol. 35, No 3. P. 462–467. <https://doi.org/10.1111/mve.12522>
- Cabrero J., Camacho J.P.M. Location and expression of ribosomal RNA genes in grasshoppers: Abundance of silent and cryptic loci // Chromosome Research. 2008. Vol. 16. P. 595–607. <https://doi.org/10.1007/s10577-008-1214-x>
- Campbell B.E., Hoehler P.G., Buss L.J., Baldwin, R.W. Recent documentation of the tropical bedbug (Hemiptera: Cimicidae) in Florida since the common bed bug resurgence // Florida Entomologist. 2016. Vol. 99. P. 549–551. <https://doi.org/10.1653/024.099.0333>
- Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region, 6 (Supplement). (Aukema B., Rieger Chr. and Rabitsch W. Eds). Entomological Society, Amsterdam, Netherland. 2013. 629 p.
- Darlington C.D. The genetical and mechanical properties of the sex chromosomes. V. *Cimex* and Heteroptera // Journal of Genetics. 1939. Vol. 39. P. 101–138.
- Doggett S.L., Geary M.J., Crowe W.J., Wilson P., Russell, R.C. Has the tropical bed bug, *Cimex hemipterus* (Hemiptera: Cimicidae), invaded Australia? // Environmental Health Journal. 2003. No 3. P. 80–82.
- Doggett S.L., Russell R.C. The resurgence of bedbugs, *Cimex* spp. (Hemiptera: Cimicidae) in Australia // Proceedings of the Sixth International Conference on UrbanPests. OOK-Press. 2008. Budapest.
- Gapon D.A. First records of the tropical bed bug *Cimex hemipterus* (Heteroptera: Cimicidae) from Russia // Zoosystematica Rossica. 2016. Vol. 25, No. 2. P. 239–242. <https://doi.org/10.31610/zsr/2016.25.2.239>

- Golub V.B., Aksenenko E.V., Soboleva V.A., Kornev I.I. New data on the distribution of the tropical bed bug *Cimex hemipterus* and the Western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Cimicidae, Coreidae) in the European Part of Russia // Russian Journal of Biological Invasions. 2020. Vol. 11, No. 2. P. 97–100. <https://doi.org/10.1134/S2075111720020046>
- Golub N.V., Golub V.B., Anokhin B.A., Kuznetsova V.G. Comparative cytogenetics of lace bugs (Tingidae, Heteroptera): New data and a brief overview // Insects. 2022. Vol. 13. P. 608–625. <https://doi.org/10.3390/insects13070608>
- Golub N.V., Maryańska-Nadachowska A., Anokhin B.A., Kuznetsova V.G. Expanding the chromosomal evolution understanding of lygaeoid true bugs (Lygaeoidea, Pentatomomorpha, Heteroptera) by classical and molecular cytogenetic analysis // Genes. 2023. Vol. 14. P. 725–738. <https://doi.org/10.3390/genes14030725>
- Grozeva S., Nokkala S. Achiasmatic male meiosis in *Cimex* sp. (Heteroptera, Cimicidae) // Caryologia. 2002. Vol. 55. P. 189–192. <https://doi.org/10.1080/00087114.2002.10589276>
- Grozeva S., Kuznetsova V., Anokhin B. Bed bug cytogenetics: karyotype, sex chromosome system, FISH mapping of 18S rDNA, and male meiosis in *Cimex lectularius* Linnaeus, 1758 (Heteroptera: Cimicidae) // Comparative Cytogenetics. 2010. Vol. 4. P. 151–160. <https://doi.org/10.3897/compcytogen.v4i2.36>
- Grozeva S., Anokhin B., Kuznetsova V.G. Bed bugs (Hemiptera) // In: Protocols for Cytogenetic Mapping of Arthropod Genomes (Sharakhov I. Ed.). CRC Press, Taylor and Francis: Boca Raton, FL, USA, 2015. P. 285–326.
- Hughes-Schrader S., Schrader F. The kinetochore of the Hemiptera // Chromosoma. 1961. Vol. 12. P. 327–350. <https://doi.org/10.1007/BF00328928>
- Nguyen P., Sahara K., Yoshido A. et al. Evolutionary dynamics of rDNA clusters on chromosomes of moths and butterflies (Lepidoptera) // Genetica. 2010. Vol. 138. P. 343–354. <https://doi.org/10.1007/s10709-009-9424-5>
- Panzeria Y., Pita S., Ferreiro M.J. et al. High dynamics of rDNA cluster location in kissing bug holocentric chromosomes (Triatominae, Heteroptera) // Cytogenetic and Genome Research. 2012. Vol. 138. P. 56–67. <https://doi.org/10.1159/000341888>
- Panzeria F., Pita S., Lorite P. Chromosome structure and evolution of Triatominae: A review. In Triatominae – The Biology of Chagas Disease Vectors. Entomology in Focus (Guarneri A. & Lorenzo M. Eds). Springer: New York, NY, USA, 2021. Vol. 5. P. 65–99.
- Péricart J. Hémiptères Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Ouest-paléarctique // Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen, 7. Masson, Paris, 1972. 404 p.
- Péricart J. Family Cimicidae Latreille, 1802 – bed-bugs // In: Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region, 2 (Aukema B. & Rieger C. Eds). Entomological Society, Wageningen, Netherland, 1996. P. 141–144.
- Prisniy Y.A. Detection of the tropical bed bug *Cimex hemipterus* (Fabricius, 1803) In Belgorod (Russia) // Field Biologist Journal. 2020. Vol. 2, No. 4. P. 272–275. <https://doi.org/10.18413/2658-3453-2020-2-4-272-275>
- Raskina O., Barber J.C., Nevo E. et al. Repetitive DNA and chromosomal rearrangements: speciation-related events in plant genomes // Cytogenetic and Genome Research. 2008. Vol. 120, No 3–4. P. 351–357. <https://doi.org/10.1159/000121084>
- Sadílek D., Štáhlavský F., Vilímová J., Zima J. Extensive fragmentation of the X chromosome in the bed bug *Cimex lectularius* Linnaeus, 1758 (Heteroptera, Cimicidae): A survey across Europe // Comparative Cytogenetics. 2013. Vol. 7. P. 253–269. <https://doi.org/10.3897/compcytogen.v7i4.6012>
- Sadílek D., Urfus T., Vilímová J. Genome size and sex chromosome variability of bed bugs feeding on animal hosts compared to *Cimex lectularius* parasitizing human (Heteroptera: Cimicidae) // Cytometry A. 2019. Vol. 95. P. 1158–1166. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.23905>
- Slack H.D. Chromosome numbers in *Cimex* // Nature. 1938. Vol. 142. P. 358.
- Slack H.D. The chromosomes of *Cimex* // Nature. 1939a. Vol. 143. P. 78.
- Slack H.D. Structural hybridity in *Cimex* L. // Chromosoma. 1939b. Vol. 1. P. 104–118.
- Ueshima N. Supernumerary chromosomes in the human bed bug *Cimex lectularius* Linn. (Cimicidae: Hemiptera) // Chromosoma. 1967. Vol. 20. P. 311–331.
- Ueshima N. Hemiptera II. Heteroptera // In: Animal Cytogenetics (John B. Ed.) Vol. 3. Insecta 6. Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger, 1979. P. 1–117.
- White M.J.D. Animal Cytology and Evolution, 3 ed. London: Cambridge University Press., 1973. 468 p.

NEW DATA ON THE DISTRIBUTION OF THE TROPICAL BED BUG *CIMEX HEMIPTERUS* AND ITS CYTOGENETIC FEATURES IN COMPARISON WITH COMMON BED BUG *C. LECTULARIUS* (HEMIPTERA: HETEROPTERA: CIMICIDAE) IN RUSSIA

© 2025 Golub N.V.^{a*}(<https://orcid.org/0000-0002-6048-9253>), Ignatieva V.V.^{b**},
Golub V.B.^{b***}(<https://orcid.org/0000-0002-7390-9536>)

^a Zoological Institute of the RAS, Saint Petersburg, 199034, Russia

^b Voronezh State University, Voronezh, 394018, Russia

e-mail: ^{*}nvgolub@mail.ru, ^{**}immore36@yandex.ru, ^{***}v.golub@inbox.ru

The alien tropical bed bug *Cimex hemipterus* (Fabricius, 1803) is indicated for the cities of Russia: Yoshkar-Ola (Republic of Mari El), Kazan (Republic of Tatarstan), Lipetsk, Rostov-on-Don for the first time. The presently known complete distribution of the species in Russia is described. Preliminary information on the relative frequency of occurrence of the tropical bed bug and the common bed bug, *C. lectularius* Linnaeus, 1758, is given. Cytogenetic features such as number of chromosomes, sex chromosome systems, distribution of ribosomal gene clusters in the karyotype of both species are described based on original and literature data.

Key words: *Cimex hemipterus*, Heteroptera, alien species, first regional indications, chromosome number, sex chromosome systems, FISH, 18S rDNA.

НОВЫЕ НАХОДКИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ ЖУКОВ-ДОЛГОНОСИКОВ (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2025 Дедюхин С.В.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет», Ижевск 426034, ул. Университетская, 1/1
e-mail: ded@udsu.ru

Поступила в редакцию 19.12.2024; После доработки 15.03.2025; Принята к публикации 11.05.2025

Впервые приводятся сведения о находках трёх чужеродных видов жуков-долгоносиков (*Magdalis margaritae*, *Orchestes steppensis* и *Otiorhynchus smreczynskii*) в населённых пунктах юго-запада Западной Сибири, значительно дополняющие данные об их вторичных ареалах. Европейский партеногенетический вид *O. smreczynskii*, ранее обнаруженный в некоторых крупных городах Южной Сибири, впервые приводится для Курганской и Тюменской областей. *M. margaritae* и *O. steppensis* – восточнопалеарктические по происхождению виды, связанные с *Ulmus pumila*, зарегистрированы в г. Курган. Из них *O. steppensis*, имеющий обширный вторичный участок ареала на юге европейской части России, в Западной Сибири был известен только в Зауралье Челябинской области, а *M. margaritae*, пока не найденный в Европе, обнаружен более чем в 1300 км к западу от ранее известных его местонахождений.

Ключевые слова: жуки-долгоносики, Curculionidae, Западная Сибирь, Курганская область, Тюменская область, чужеродные виды, новые находки.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-053-059

Введение

Долгоносикообразные жуки (Curculion-oidea) – самая разнообразная группа жуков-фитофагов. Некоторые из долгоносиков в настоящее время активно расширяют свои ареалы либо в результате их непреднамеренного завоза, либо самопроизвольно вслед за антропогенным расселением их потенциальных кормовых растений [Коротяев, 2013; Korotyaev, 2016; Дедюхин, 2019а, 2019б; Забалуев и др., 2019; Забалуев, 2023; Дедюхин, Плакхина, 2024]. Хотя состав этого надсемейства на территории Западной Сибири установлен с высокой степенью полноты [Legalov, 2020], однако ежегодно целенаправленные исследования приносят дополнения к фауне этого обширного региона [Сергеева, Дедюхин, 2021, 2024; Дедюхин, 2023а, 2023б]. В ходе исследований последних лет в пределах Тюменской и Курганской областей были зарегистрированы три чужеродных вида жуков-долгоносиков. Цель данной работы – проанализировать современные ареалы этих видов с учётом новых находок.

Материал и методы

Материалы для данной работы получены в ходе комплексного изучения жуков-фитофагов юго-западных областей Западной Сибири в течение 2021–2024 гг. В качестве основных подходов применялись энтомологическое кошение и сбор непосредственно с кормовых растений (ручным способом либо отряхиванием имаго в сачок). Кроме того, проводился визуальный учёт специфических повреждений, оставляемых жуками-фитофагами на растениях.

Фотографии жуков *Magdalis margaritae* и *Orchestes steppensis* сделаны И.А. Забалуевым (Зоологический музей МГУ, Москва), *Otiorhynchus smreczynskii* – И.Н. Костиным (Удмуртский государственный университет, Ижевск), фотографии кормовых растений видов – автором данной статьи.

Все сборы хранятся в коллекции автора. Номенклатура видов и общие данные об их распространении приняты по последней версии «Каталога долгоносикообразных жуков Палеарктики» [Alonso-Zarazaga et al., 2024].

Результаты и их обсуждение

Magdalis (Aika) margaritae Barrios, 1984 (рис. 1, А)

Материал. Курганская обл.: г. Курган, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, парковая территория, интенсивно восстанавливающееся после глубокой омолаживающей обрезки дерево *Ulmus pumila* L. (рис. 2, А), молодой побег с нежными листьями, 55.4944° с. ш., 65.3055° в. д., 10.09.2018, С.В. Дедюхин (1♂, 1♀).

Восточнопалеарктический вид, распространённый в Монголии, Северном Китае и на юге Дальнего Востока России [Korotyaev, Sofronova, 2016; Alonso-Zarazaga et al., 2024]. Монофаг на вязе мелколистном, или приземистом (*U. pumila*). Естественный ареал этого дерева охватывает южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока России, Монголию и Северный Китай, юго-восток Средней Азии. С 1950 гг. он широко используется в озеленении в городах и при создании защитных лесных полос в степных, субаридных и аридных областях Сибири, Казахстана и европейской части СССР (до Причерноморья включительно) [Линдеман, 1981], а также в США, куда был завезён в 1905 году и в дальнейшем широко распространился во многих штатах [Johnson, 1966].

В последнее время появились сообщения об обнаружении *M. margaritae* на юге Сибири, западнее нативного ареала. Впервые в Сиби-

ри он был отмечен в Красноярском крае, куда, вероятно, завезён вместе с посадочным материалом *U. pumila*, используемым для создания полезащитных насаждений и озеленения городов [Акулов и др., 2014], затем в Бурятии [Korotyaev, Sofronova, 2016] и в г. Кемерово [Коротяев, Ефимов, 2023].

Таким образом, наша находка вида в Кургане (первая в Зауралье), находится в 1300 км к западу от места нахождения его в Кемерово (рис. 3). Интересно, что этот вид до сих пор не обнаружен в Европе, хотя другой специализированный консорт *U. pumila* – *Orchestes steppensis*, с которым *M. margaritae* в Кургане собран совместно, в настоящее время широко распространён в европейской части России (см. следующий очерк). Показательно, что в Восточной Европе пока нет не только *M. margaritae*, но и практически отсутствуют специализированные на этом вязе жуки-короеды (Scolytinae), а их комплекс на *U. pumila* там полностью сформирован за счёт евро-кавказских видов, связанных с местными ильмовыми [Никулина, Мартынов, 2018].

Orchestes (s. str.) steppensis Korotyaev, 2016 (рис. 1, В)

Материал. Курганская обл.: г. Курган, 5-й микрорайон, пустырь, 55.4705° с. ш., 65.2686° в. д., кошение по нижним веткам крупного дерева *Ulmus pumila*, 23.06.2024, С.В. Дедюхин (1 экз.); Национальный медицинский исследовательский центр травма-

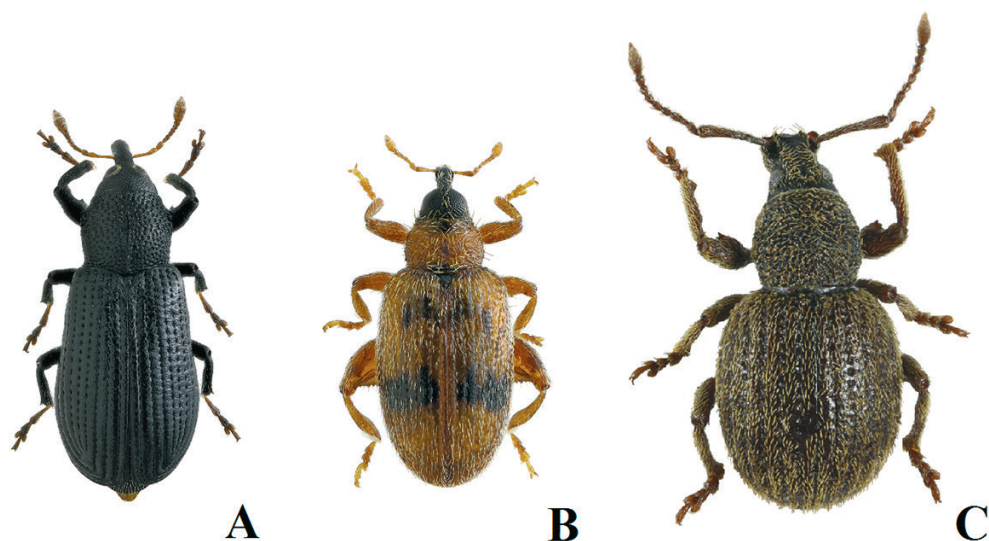


Рис. 1. Чужеродные виды жуков-долгоносиков на территории Западной Сибири: А – *Magdalis margaritae*; В – *Orchestes steppensis*; С – *Otiorhynchus smreczynskii*.



Рис. 2. Кормовые растения чужеродных видов жуков-долгоносиков: **А** – вяз мелколистный (*Ulmus pumila* L.) в сквере НМИЦ ТО им. акад. Г.А. Илизарова (г. Курган), на котором собраны жуки *Magdalis margaritae* и *Orchestes steppensis*; **В** – корневая поросль сирени (*Syringa vulgaris* L.) со специфическими бухтовидными повреждениями листьев, оставленными жуками *Otiorhynchus smreczynskii*.

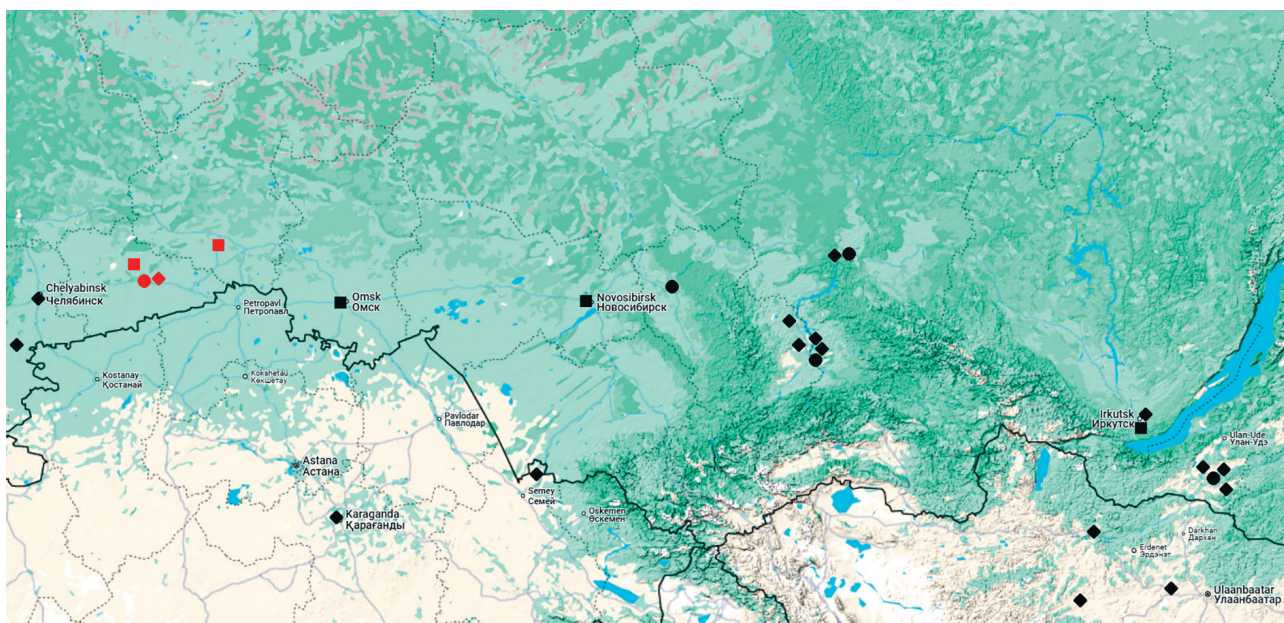


Рис. 3. Места находок чужеродных жуков-долгоносиков в Западной Сибири и на сопредельных территориях. Красным цветом отмечены места новых находок; чёрным цветом – ранее известные местонахождения видов [Акулов и др., 2014; Korotyaev, Sofronova, 2016; Korotyaev, 2016; Коротяев, Ефимов, 2023]. Символом «круг» обозначены места находок *Magdalis margaritae*; символом «ромб» – *Orchestes steppensis*; символом «квадрат» – *Otiorhynchus smreczynskii*.

тологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, парковая территория, интенсивно восстанавливающийся после глубокой омолаживающей обрезки *U. pumila* L. (см. рис. 2, А), 55.4944° с. ш., 65.3055° в. д., молодой побег с нежными листьями, 24.06.2024, С.В. Дедюхин (1 экз.).

Восточнопалеарктический по происхождению вид, естественный ареал которого охватывает Монголию, Северный Китай, юг Восточной Сибири (Забайкалье) и Дальнего Востока России [Korotyaev, 2016; Забалуев и др., 2019; Alonso-Zarazaga et al., 2024]. *O. steppensis* был описан лишь в 2016 году [Korotyaev, 2016]. До этого он ошибочно указывался либо как восточнопалеарктический вид *O. mutabilis* Boheman, 1843 [Коротяев, 2013; Арзанов, 2014; Arzanov, 2015], либо как европейские виды *O. betuleti* (Panzer, 1795) [Страхова, Зотов, 2010] и *O. alni* Linnaeus, 1758 [Исаев, 2000]. Под последним названием этот вид приводится для Северной Америки (США), куда был завезён вместе с *U. pumila*, интродуцированным из Восточной Азии [Anderson et al., 2007; Looney et al., 2012].

В результате экспансии этого вида на запад его вторичный ареал в настоящее время включает практически весь юг европейской части России до Крыма включительно [Забалуев и др., 2019]. В Предкавказье он известен из Ставропольского края, Калмыкии [Коротяев, Ряскин, 2018] и Дагестана [Забалуев, 2023], в Северном Приазовье – в Донецкой Народной Республике (Новоазовск) [Arzanov et al., 2021] (вероятно, на основе данной находки приводится для территории Украины в Палеарктическом каталоге [Alonso-Zarazaga et al., 2024]), в Приднестровье – в Ростовской [Арзанов, 2014] и Воронежской [Коротяев, Ряскин, 2018] областях, в Среднем и Нижнем Поволжье – в Ульяновской [Исаев, 2000], Саратовской, Волгоградской и Астраханской областях [Korotyaev, 2016; Коротяев, Ряскин, 2018].

Единичная находка сделана в посадках вязов в лесной зоне Европейской России (Ярославская область) [Власов, 2019]. Приведён также для Челябинской области (сборы Р.В. Филимонова) [Коротяев, 2013; Коротяев, Ряскин, 2018]. Известен в Восточном, Центральном и Западном Казахстане [Korotyaev,

2016]. Популяции, сформировавшиеся в результате непреднамеренного завоза, были обнаружены на юго-западе Восточной Сибири (Красноярск и Хакасия) [Korotyaev, 2016]. Таким образом, наша находка в Кургане существенно дополняет сведения о вторичном ареале этого вида между Енисеем и Южным Зауральем (см. рис. 3).

O. steppensis – специализированный листовый минер на *U. pumila*, но, по крайней мере, в некоторых районах европейской части России и в Северной Америке он может переходить и на аборигенные виды вязов (*U. laevis* L. и *U. glabra* Huds.) [Страхова, Зотов, 2010; Коротяев, Ряскин, 2018]. В Кургане жуки *O. steppensis* были собраны на основном кормовом растении (совместно с *Magdalis margaritae*).

В целом наши данные подтверждают мнение об использовании искусственных насаждений фитофагами вязов в качестве современных коридоров распространения в широтном направлении [Korotyaev, Sofronova, 2016; Коротяев, 2021]. Причём расселение специализированных консортов *Ulmus pumila* по посадкам происходит в разное время и разными темпами. Так, на юго-западе Восточной Сибири (Хакасия: Абакан) в городских посадках *U. pumila* недавно обнаружен ещё один восточнопалеарктический долгоносик – *Orchestes ruber* (Ter-Minassian, 1953) [Коротяев, 2021], в Западной Сибири пока не найденный.

***Otiorhynchus (Podoropelmus) smreczynskii* Cmoluch, 1961 (рис. 1, С)**

Материал. Тюменская обл.: Ишимский р-н, д. Синицына, 56.0156° с. ш., 69.4769° в. д., 13.08.2021, специфические повреждения на листьях корневой поросли сирени (*Syringa vulgaris* L.) (рис. 2, В); там же, в листовой подстилке, С.В. Дедюхин (1 экз.). Курганская обл.: Кетовский муниципальный округ, пос. Старый Просвет, 55.6007° с. ш., 65.0461° в. д., молодая поросль *S. vulgaris*, 26.06.2024, специфические повреждения на листьях, С.В. Дедюхин.

O. smreczynskii – европейский по происхождению партеногенетический вид, распространяющийся за пределы первичного ареала

с посадочным материалом. В Центральной Европе и на большей части Европейской России вид встречается исключительно в населённых пунктах, особенно в городах (в парках, скверах, садах, аллеях и дворах). Имаго активны ночью, повреждают листья сирени, в меньшей степени – целого ряда других кустарников и молодых деревьев, используемых в озеленении, днём прячутся в подстилке. Наиболее интенсивные повреждения листьев наблюдаются на корневой поросли и в нижних частях кроны на высоте до полуметра [Dieckmann, 1980; Дедюхин, 2014, 2019а, 2019б; Коротяев, Ряскин, 2018; Забалуев и др., 2019; Gosik et al., 2023; Дедюхин, Плакшина, 2024].

В природных местообитаниях вид обнаружен только в Северном Причерноморье и на сопредельных территориях степной и юга лесостепной зон (Запорожская, Ростовская и Белгородская области, Донбасс) [Коротяев, Ряскин, 2018; Arzanov et al., 2021].

В Северной Азии вид был известен только в крупных городах (Омск, Новосибирск и Иркутск), при этом в последней сводке [Legalov, 2020] указан как *O. rotundus* Marseul, 1872 (= *O. smreczynskii* Smoluch, 1968). Однако валидность обоих видов убедительно обоснована в ряде других публикаций [Коротяев, Ряскин, 2018; Забалуев и др., 2019; Gosik et al., 2023] (обоеполюй вид *O. rotundus* известен только в Европе), что принято и в каталоге долгоносикообразных жуков Палеарктики [Alonso-Zarazaga et al., 2024]. Находки *O. smreczynskii* в Курганской и на юге Тюменской областей – первые в этих регионах и во многом закрывают разрыв в его известном ареале между Предуральем и Прииртышьем (см. рис. 3). Причём вид здесь найден в сельских населённых пунктах, что, вероятно, свидетельствует о достаточно давнем его вселении в регион.

Заключение

Таким образом, сведения, содержащиеся в статье, наглядно демонстрируют взаимный обмен видами жуков-фитофагов между восточнопалеарктической и европейской фаунами, активно идущий в настоящее время по антропогенно изменённым местообитаниям Западной Сибири, и подчёркивают актуаль-

ность проведения регулярных мониторинговых обследований в местах, где широко представлены интродуцированные растения, в частности используемые в озеленении.

Благодарности

Автор глубоко признателен Н.И. Науменко (Удмуртский государственный университет, Ижевск) за организационную помощь при проведении исследований, а также И.А. Забалуеву (Зоологический музей МГУ, Москва) и И.Н. Костину (Удмуртский государственный университет, Ижевск), сделавшим фотографии жуков.

Финансирование работы

Подготовка статьи выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ «Биоразнообразие природных экосистем Заволжско-Уральского региона: история его формирования, современная динамика и пути охраны» (FEWS-2024-0011).

Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных её автором.

Литература

- Акулов Е.Н., Борисова Х.В., Легалов А.А. Первая находка *Magdalis margaritae* Barrios, 1984 (Coleoptera, Curculionidae) из Сибири // Евразийский энтомологический журнал. 2014. Т. 13, вып. 1. С. 31–32.
- Арзанов Ю.Г. Новые интересные находки долгоносиков (Coleoptera: Curculionidae) на юге европейской части России // Кавказский энтомологический бюллетень. 2014. Т. 10, вып. 1. С. 107–110.
- Власов Д.И. Находка долгоносика *Orchestes steppensis* Kor. (Coleoptera, Curculionidae: Rhamphini) в Ярославской области // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98, вып. 4. С. 870–872.
- Дедюхин С.В. Новые данные по фауне и экологии долгоносикообразных жуков (Coleoptera, Curculionidae) Вятско-Камского региона и Среднего Предуралья // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2014. Т. 24, вып. 1. С. 73–84.
- Дедюхин С.В. Формирование группировок жуков-фито-

- фагов (Coleoptera: Chrysomelidae и Curculionoidea) на адвентивных и культивируемых растениях в условиях Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2019а. Т. 29, вып. 1. С. 49–62.
- Дедюхин С.В. О южных видах жуков-долгоносиков (Coleoptera: Curculionoidea) в фауне г. Ижевска // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2019б. Т. 29, № 4. С. 463–470.
- Дедюхин С.В. Первая находка *Ceutorhynchus potanini* Korotyaev, 1980 (Coleoptera, Curculionoidea) в Западной Сибири // Евразийский энтомологический журнал. 2023а. Т. 22, вып. 4. С. 201–203. DOI: 10.15298/euroasentj.22.04.03
- Дедюхин С.В. Интересные находки долгоносикообразных жуков (Coleoptera, Curculionoidea) на Среднем Урале и в Западной Сибири // Евразийский энтомологический журнал. 2023б. Т. 22, вып. 6. С. 304–308. DOI: 10.15298/euroasentj.22.06.05
- Дедюхин С.В., Плакхия Е.В. Анализ состава листоедов и долгоносиков (Coleoptera: Chrysomelidae и Curculionoidea) Ботанического сада Пермского государственного национального исследовательского университета (на основе сборов в почвенные ловушки) // Промышленная ботаника. 2024. Вып. 24, № 3. С. 18–27. DOI: 10.5281/zenodo.14112146
- Забалуев И.А. Новые данные по чужеродным видам жуков-долгоносиков (Insecta, Coleoptera, Curculionidae) европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2023. № 2. С. 68–76. DOI: 10.35885/1996-1499-16-2-68-76
- Забалуев И.А., Беньковский А.О., Карпун Н.Н. Curculionidae Долгоносики // Справочник по чужеродным жесткокрылым европейской части России. Ливны: ИП Мухаметов Г.В., 2019. С. 219–274, 519–520.
- Исаев А.Ю. Дополнительные данные по фауне жуков-долгоносиков (Coleoptera, Curculionoidea: Arionidae, Dryophthoridae, Curculionidae) Ульяновской области // Насекомые и паукообразные Ульяновской области. Ульяновск, 2000. С. 65–82.
- Коротяев Б.А. Об изменении ареалов некоторых видов жесткокрылых (Coleoptera: Coccinellidae, Bruchidae, Curculionidae) в равнинной части Северо-Западного Кавказа (Россия) // Энтомологическое обозрение. 2013. Т. 92, вып. 3. С. 626–629.
- Коротяев Б.А. О находке долгоносика *Orchestes ruber* (Т.-М.) (Coleoptera, Curculionidae: Rhamphini) на вязе приземистом в Абакане // Энтомологическое обозрение. 2021. Т. 100, вып. 3. С. 192–200. DOI: 10.31857/S0367144521030138
- Коротяев Б.А., Ефимов Д.А. О находке долгоносика *Magdalis margaritae* Barrios (Coleoptera, Curculionidae: Magdalini) в городе Кемерово и роли посадок вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) на юге Сибири в обмене фитофагами между европейскими и восточнопалеарктическими лесными массивами с участием вязов // Энтомологическое обозрение. 2023. Т. 102, вып. 3. С. 554–556. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0367144523030188>
- Коротяев Б.А., Ряскин Д.И. Новые данные о распространении долгоносика *Orchestes steppensis* Kor. (Coleoptera, Curculionidae: Rhamphini) в европейской части России // Энтомологическое обозрение. 2018. Т. 97, вып. 1. С. 175–178.
- Линдеман Г.В. Естественно-растущий вяз мелколистный. М.: Наука, 1981. 91 с.
- Никулина Т.В., Мартынов В.В. Жуки-короеды (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), связанные с вязом приземистым (*Ulmus pumila* L.) в условиях его интродукции // X Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: материалы Международной конференции (Санкт-Петербург, 22–25 октября 2018 г.). Т. 1: Насекомые и прочие беспозвоночные животные. СПб., 2018. С. 79.
- Сергеева Е.В., Дедюхин С.В. Новые данные по фауне жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Тюменской области // Евразийский энтомологический журнал. 2021. Т. 20, вып. 1. С. 9–14. DOI: 10.15298/euroasentj.20.1.2
- Сергеева Е.В., Дедюхин С.В. Новые данные по фауне долгоносикообразных жуков (Coleoptera, Curculionoidea) Тюменской области. Сообщение 5 // Евразийский энтомологический журнал. 2024. Т. 23, вып. 1. С. 56–58. Прил.: 22–24.
- Страхова И.С., Зотов, А.А. Изучение биологии и паразитокомплекса (Hymenoptera: Eulophidae) минирующего долгоносика *Orchestes betuleti* (Panzer, 1795). (Coleoptera: Curculionidae) в Ульяновской области // Кавказский энтомологический бюллетень. 2010. Т. 6, вып. 2. С. 203–206.
- Alonso-Zarazaga M.A., Barrios H., Borovec R., Caldara R., Colonnelli E., Gültekin L., Hlaváč P., Korotyaev B., Lyal C.H.C., Machado A., Meregalli M., Pierotti H., Ren L., Sánchez-Ruiz M., Sforzi A., Silfverberg H., Skuhrovec J., Trýzna M., Velázquez de Castro A.J., Yunakov N.N. Cooperative Catalogue of Palaearctic Coleoptera Curculionoidea. Work Version 3.3. 2024. (Электронный ресурс). <http://weevil.info/content/palaearctic-catalogue>. Accessed: 10.09.2024.
- Anderson R.S., O'Brien Ch.W., Salsbury G.A., Krauth S.J. *Orchestes alni* (L.) Newly Discovered in North America (Coleoptera: Curculionidae) // Journal of the Kansas Entomological Society. 2007. Vol. 80, iss. 1. P. 78–79.
- Arzanov Yu.G. A revised checklist species of the Curculionoidea (Coleoptera, excluding Scolytinae) of Rostov Oblast and Kalmykia, the southern part of European Russia // Journal of Insect Biodiversity. 2015. Vol. 12, No 3. Pp. 1–32. <http://dx.doi.org/10.12976/jib/2015.3.12>
- Arzanov Yu.G., Martynov V.V., Nikulina T.V. A contribution to the fauna of weevil beetles (Coleoptera: Curculionoidea) of the Central Donbass // Caucasian Entomological Bulletin. 2021. Vol. 17, iss. 1. P. 5–44. <http://dx.doi.org/10.23885/181433262021171-544>.
- Dieckmann L. Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Coleoptera – Curculionidae (Brachycerinae, Otiorhynchinae, Brachyderinae) // Beiträge zur Entomologie. 1980. Vol. 30, No 1. P. 145–310.

- Gosik R., Sprick P., Wrzesień M., Dzyr A., Krstić O., Toševski I. Developmental Biology and Identification of a Garden Pest, *Otiorhynchus (Podoropelmus) smreczynskii* Cmoluch, 1968 (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae), with Comments on Its Origin and Distribution // *Insects*. 2023. Vol. 14, iss. 360. P. 1–28. <https://doi.org/10.3390/insects14040360>
- Johnson E.W. Ornamental and windbreak trees for the southern Great Plains // *Agricultural Research Service, US Department of Agriculture*, 34–77. 1966. 52 p.
- Korotyaev B.A. New data on the changes in the abundance and distribution of several species of beetles (Coleoptera) in European Russia and the Caucasus // *Entomological Review*. 2016. Vol. 96, iss. 5. P. 620–630. DOI: 10.1134/S0013873816050080
- Korotyaev B.A., Sofronova E.V. New data on the distribution and host plants of weevils (Coleoptera, Curculionoidea: Apionidae, Curculionidae) in the South of Baikal Siberia and in Mongolia // *Entomological Review*. 2016. Vol. 96, iss. 9. P. 1289–1296. DOI: 10.1134/S0013873816090104
- Legalov A.A. Revised checklist of weevils (Coleoptera: Curculionoidea excluding Scolytidae and Platypodidae) from Siberia and the Russian Far East // *Acta Biologica Sibirica*. 2020. Vol. 6. P. 437–549. DOI: 10.3897/abs.6.e59314
- Looney C., Humble L.M., Cranshaw W. *Orchestes alni* (L.) (Coleoptera: Curculionidae): New Records from Western North America with Notes on Parasitoids // *The Coleopterists Bulletin*. 2012. Vol. 66, iss. 1. P. 63–66.

NEW RECORDS OF ALIEN WEEVILS (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) IN THE WESTERN SIBERIA

© 2024 Dedyukhin S.V.

Federal State Educational Institution of Higher Education «Udmurt State University», Izhevsk, 426034,
Universitetskaya street, 1/1
E-mail: ded@udsu.ru

For the first time, information is provided on the finds of three alien species of weevils (*Magdalis margaritae*, *Orchestes steppensis* and *Otiorhynchus smreczynskii*) in settlements of the Southwest of Western Siberia, which significantly supplements the data on their secondary ranges. The European parthenogenetic species *O. smreczynskii*, previously found in some large cities of Southern Siberia, is recorded for the first time for the Kurgan and Tyumen regions. *M. margaritae* and *O. steppensis* are the species of East Palaearctic origin related to *Ulmus pumila* L., registered in Kurgan. Of these, *O. steppensis*, which has an extensive secondary range in the South of the European part of Russia, was known in Western Siberia only in the Trans-Urals of the Chelyabinsk Region. *M. margaritae*, not yet found in Europe, was discovered more than 1300 km west of its previously known locations.

Keywords: weevils, Curculionidae, Western Siberia, Kurgan Region, Tyumen Region, alien species, new records.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИПОВОЙ МОЛИ-ПЕСТРЯНКИ *PHYLLONORYCTER ISSIKII* (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) ВО ВТОРИЧНОМ АРЕАЛЕ МИНЁРА

© 2025 Ермолаев И.В.¹, Дэви Н.М.², Бубнов М.О.², Бессонова В.А.²

¹Удмуртский государственный университет, Ижевск, 426034, Россия
e-mail: ermolaev-i@yandex.ru

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург, 620144, Россия

Поступила в редакцию 21.01.2025; После доработки 23.03.2025; Принята к публикации 11.05.2025

Исследование влияния колебаний температуры на динамику численности липовой моли-пестрянки *Ph. issikii* в период 2001–2024 гг. в г. Ижевск показало, что в условиях нехватки теплообеспеченности у минёра преобладает однолетний цикл развития. Реализация однолетней генерации моли, как правило, приводит к росту численности его популяции, а реализация двух поколений – к её снижению.

Временное исчезновение *Ph. issikii* на значительных территориях происходит в результате влияния экстремально высоких температур на развитие гусениц минёра и экстремально низких температур на вышедших после зимней диапаузы имаго.

Ключевые слова: температура, липовая моль-пестрянка, *Phyllonorycter issikii*.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-060-068

Введение

Липовая моль пестрянка *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) – инвазионный вид дальневосточного происхождения [Kirichenko et al., 2022; Lu et al., 2022]. Вторичный ареал этого минёра охватывает значительную часть липовых насаждений Европы, РФ и Кавказа [Ермолаев, Рублёва, 2017; Kirichenko et al., 2017; 2022]. Хроническое повреждение листьев липы минёром оказывает негативное влияние на ростовые и генеративные характеристики дерева [Ермолаев, Зорин, 2011a]. Последнее обстоятельство приводит к значительным экономическим потерям регионального пчеловодства.

Исследование экологических факторов, влияющих на динамику численности популяций *Ph. issikii*, традиционно сводили к вопросам изучения биологии минёра [Ермолаев, Зорин, 2011b; Ермолаев, Ижболдина, 2012] и его взаимодействия с комплексами аборигенных биотических факторов (преимущественно паразитоидов) [Ермолаев и др., 2011; 2018; 2019; 2023; 2024]. Понимание функционирования системы «абиотические факторы

– *Ph. issikii*» позволяет лучше понять ряд механизмов, лежащих в основе инвазии минёра. Например, наша попытка экспериментально оценить дальность разлёта моли [Ермолаев, Токарева, 2015] привела к открытию расселения вида в воздушных течениях, т.е. по средствам анемохории. Этим можно объяснить высокий показатель радиальной скорости инвазии [Tobin et al., 2015] *Ph. issikii*: 42.2 км в год [Ермолаев, Рублёва, 2017]. К сожалению, специальных работ, посвящённых исследованию роли отдельных абиотических факторов в существовании популяций минёра, не существует.

Цель представленной работы – обобщить выявленные факты влияния колебаний температуры на динамику численности популяций *Ph. issikii* во вторичном ареале минёра.

Материал и методика

Материалы, связанные с влиянием температуры на динамику численности *Ph. issikii*, собирали в течение 24 полевых сезонов (2001–2024 гг.) преимущественно на примере популяций минёра г. Ижевск (56°87' с. ш., 53°17' в. д.). Для этой цели в период

2001–2006 гг. оценивали плотность заселения первым поколением минёра 40 модельных деревьев липы на каждой из пробных площадях № 1, 2 и 3, заложенных в липовых насаждениях близ города [Ермолаев и др., 2011]. В период 2007–2024 гг. эту работу проводили на примере 160 модельных деревьев пробной площади № 4 [Ермолаев, Домрачев, 2020].

Влияние зимних температур на выживаемость имаго *Ph. issikii* исследовали в конце марта 2018 г. Для этого на пробной площади № 4 были выбраны 5 елей, погибших в 2016 г. Бабочки моли при выборе мест для зимовки отдают предпочтение погибшим хвойным деревьям с отслаивающейся корой, под которой собираются в массе. С помощью стремянки на высоте 3–4 м каждого дерева топором аккуратно снимали кору деревьев. На обратной стороне коры подсчитывали количество живых и мёртвых бабочек на площади 30×30 см.

Влияние заморозка на выживаемость вышедших из диапаузы бабочек *Ph. issikii* изучили в мае – июне 2024 г. Для этого исследовали повреждённость минёром зелёных насаждений липы в семи городах: Омске (55°02' с. ш., 73°31' в. д.), Тюмени (57°16' с. ш., 65°47' в. д.), Кургане (55°43' с. ш., 65°32' в. д.), Челябинске (55°16' с. ш., 61°37' в. д.), Екатеринбурге (56°79' с. ш., 60°60' в. д.), Уфе (54°60' с. ш., 56°1' в. д.) и Ижевске. В Ижевске и Екатеринбурге оценили плотность заселения 10 деревьев липы на каждой из 30 выбранных площадках. В г. Ижевск площадки были заложены на улицах 30 лет Победы, 9 Января, Азина, В. Сивкова, Красногеройская, Ленина, М. Горького, Динамовская, Л. Толстого, Молодёжная, Новоажимова, Орджоникидзе, Промышленная, Пушкинская, Союзная, Студенческая, Удмуртская, Халтурина, в скверах Дружбы, Заречный, им. А. Титова, Победы, переулках Ударный и Широкий, на бульваре Гоголя, в Городке Машиностроителей, в Березовой Роще, в парке им. Кирова и оружейника Драгунова, а также на Шабердинском тракте. В г. Екатеринбург площадки заложили на улицах Бабушкина, Бебеля, Готвальда, Ильича, Кировградская, Культуры, Кунарская, Первомайская и Титова, в парках «Таганская слобода», им. 22-го Партсъезда, им. 50-летия ВЛКСМ, им. Павлика Морозова, на

Аптекарской, Основинский, Харитоновский, Южный, Чкалова, Энгельса, близ драмтеатра, киноконцертного театра «Космос», оперного театра, стадиона «Динамо», площади Труда и 1-й Пятилетки, педагогического университета, Суворовского училища, Дворца молодёжи, проспекта Ленина и переулка Рижский. На каждом дереве считали количество мин *Ph. issikii* на 100 листьях липы, выбранных на стволовой ветви нижнего яруса северной экспозиции. Среднюю суточную температуру в семи названных городах получили как среднее восьми учётов температуры, измеренной на метеостанции города через каждые 3 часа в течение суток. Материалы, характеризующие погоду городов, взяты из архива фактической погоды Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/archive-pogoda>). При оформлении рисунков по распространению липовой моли-пестрянки *Ph. issikii* в городах Ижевск и Екатеринбург в 2024 г. были использованы карты 2ГИС.

Результаты и их обсуждение

В первичном и на значительной части вторичного ареала *Ph. issikii* даёт две генерации [Ермолаев, Домрачев, 2020]. Низкая теплообеспеченность на востоке вторичного ареала создаёт условие доминирования здесь однолетней генерации минёра (рис. 1). Эта особенность была отмечена в Ярославской области [Клепиков, 2005], Удмуртской Республике [Ермолаев, Домрачев, 2020] и Пермском крае [Ермолаев и др., 2024a], а также в Свердловской [Богачева и др., 2018; Ермолаев и др., 2019], Тюменской, Омской и Новосибирской [Ермолаев и др., 2023] областях.

Наше исследование, проведённое в период 2001–2024 гг. на постоянной пробной площади в г. Ижевск, показало, что минёр имел однолетний цикл развития в 70.8% случаев. Вторую генерацию моли наблюдали при условии, что первая генерация бабочек успевала завершить своё развитие в третьей декаде июня (2006, 2010, 2013, 2015, 2016, 2021, 2024 гг.). В случае если это происходило в июле, то второго поколения не было. При этом большинство молей нового поколения в течение недели залезало в трещины коры липы и уходило в состояние диапаузы.

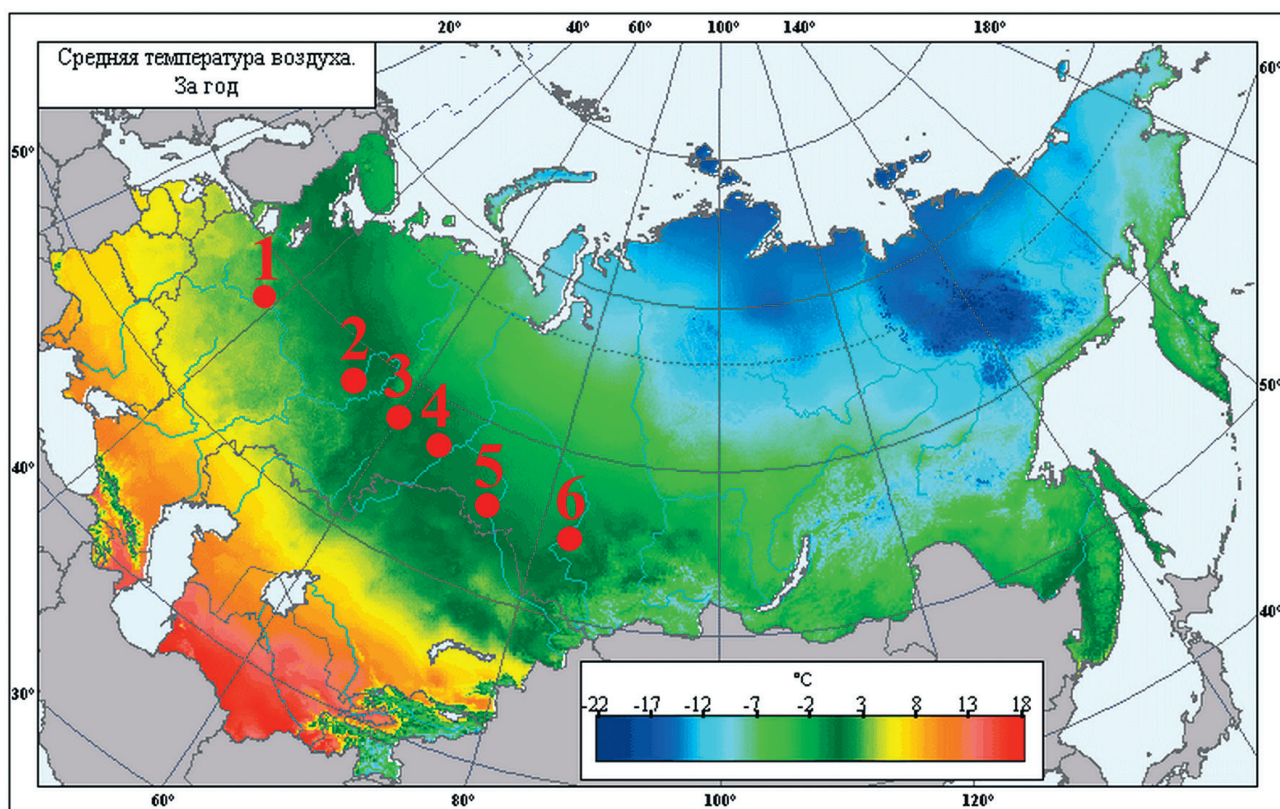


Рис. 1. Территория с преобладанием одной генерации *Ph. issikii*: красные точки: 1 – г. Ярославль, 2 – г. Ижевск, 3 – г. Екатеринбург, 4 – г. Тюмень, 5 – г. Омск, 6 – г. Новосибирск.

Изменчивость фенологии оказывает влияние на динамику численности *Ph. issikii*. При этом реализация однолетней генерации минёра, как правило, приводит к росту численности его популяции, а реализация двух поколений – к её снижению. Механизмы этого явления были рассмотрены нами ранее [Ермолаев, Домрачев, 2020].

Механизм, обеспечивающий строгую синхронизацию сезонного цикла насекомого к локальным условиям в местах их обитания, как правило, чрезвычайно сложен [Саулич, 1999; Саулич, Волкович, 2004] и для *Ph. issikii* остаётся не изученным. Колебание числа поколений минёра в Удмуртии, по всей вероятности, является результатом влияния температуры на сдвиг календарных сроков развития. При этом гусеницы (реагирующие на фотопериодические условия) попадают на периоды с разной продолжительностью дня [Данилевский, 1961, с. 189].

Картина выхода первого поколения бабочек *Ph. issikii* на одной локации может ежегодно варьировать. Значительная изменчивость времени появления листьев липы на нашей пробной площади (от 4 мая в 2023 г. до

29 мая в 2012 г.) и разная динамика теплообеспеченности в течение вегетации оказывают существенное влияние на динамику появления имаго. За период наблюдений появление первого поколения минёра в г. Ижевск сдвигалось на месяц: от 18 июня (2021 г.) по 21 июля (2017 г.). Схожую задержку в развитии *Ph. issikii* в 2017 г. наблюдали и в соседней Кировской области в заповеднике «Нургуш» (Кировская обл.) [Целищева, 2017]. Известны случаи и других значительных фенологических сдвигов. Так, в 1990 г. в Московской области в связи с весенним похолоданием сроки развития минёра также были смещены на месяц [Осипова, 1992; 1995]. В результате вылет второго поколения начался лишь во второй декаде сентября. При этом в другие годы (период наблюдений 1988–1994 гг.) такие смещения не превышали 2–3 недели [Осипова, 1995]. В 2001–2002 гг. лёт бабочек второго поколения в Москве наблюдали в сентябре – октябре [Козлова, 2006; Гниненко, Козлова, 2007].

Влияние температуры на динамику численности в популяциях *Ph. issikii* может зависеть и от рельефа местности. Особенно это

заметно в долине крупной реки. Даже в годы с максимальной плотностью заселения *Ph. issikii* на пробной площади № 4 под г. Ижевск (например, 5 и более мин на лист в 2004, 2005, 2006, 2015, 2018, 2021, 2023 гг.) этот показатель в долине р. Кама (близ биостанции Удмуртского государственного университета «Сива») не превышал величины 0.25 мин на лист. По всей вероятности, это явление связано с негативным влиянием частых локальных заморозков при ночном выхолаживании воздуха в низинных участках долины на разные стадии развития минёра. Схожий эффект наблюдали при исследовании популяции тополевой моли-пестрянки *Ph. populifoliella* (Treitschke, 1833) (Gracillariidae) близ р. Ангара [Фролов, 1948].

Крайне негативный эффект на численность развивающихся гусениц оказывают экстремально высокие температуры. Например, аномально жаркий июль и август 2010 г. негативно повлияли на жизнеспособность имаго второго поколения *Ph. issikii* в г. Ижевск. В результате плотность популяции минёра в 2011 г. была снижена во многих насаждениях до нуля. То же произошло и с тополевой молью-пестрянкой *Ph. populifoliella*, хронический очаг которой существовал в Ижевске с 2002 г. Засуха и высокая температура воздуха 2017 г. в Сербии также привела к гибели большинства гусениц второй второго поколения моли [Dobrosavljevic et al., 2018]. К сожалению, механизм влияния засухи на жизнеспособность молей-пестрянок остался не известен.

Экстремальное проявление температуры летом 2010 г. привело к временному исчезновению липовой моли-пестрянки по всем липовым насаждениям Удмуртии [Ермолаев, Рублёва, 2017]. Отдельные растения липы, заселённые в 2011 г. минёром, были найдены нами только в низинах и на дне оврагов. В результате появилась уникальная возможность проследить динамику нарастания численности моли при заселении ею липняка. Если в 2011 г. плотность заселения первой генерации моли на нашей пробной площади была $1,6 \pm 0,4$ ($n = 150$, где n – количество модельных деревьев) мин на 100 листьев, то в 2012 и 2013 гг. этот показатель составил $51,6 \pm 7,9$ ($n = 143$) и $213,0 \pm 12,3$ ($n = 140$) мин на 100

листьев соответственно. Если в 2011 г. только отдельные модельные деревья липы на пробной площади были заселены молью, то уже в 2012 г. число заселённых деревьев составило 100% [Ермолаев, Рублёва, 2017]. Другими словами, в условиях Удмуртии *Ph. issikii* проходит три фазы инвазии (появления, становления и распространения) [Liebhold, Tobin, 2008; Liebhold et al., 2023] всего за три года.

В разных частях вторичного ареала бабочки *Ph. issikii*, по-видимому, по-разному переносят зиму. Так, в условиях Среднего и Нижнего Поволжья минёр с трудом проходит этот период [Аникин и др., 2016]. С этим авторы связывают малочисленность первого поколения минёра. Напротив, в центральной части РФ бабочки *Ph. issikii* успешно зимовали при температурах ниже -25°C [Масляков, Ижевский, 2011]. Так, холодная зима 2005–2006 гг. в Москве (температура воздуха ниже -25°C держалась более 10 дней) не оказала существенного влияния на зимующих бабочек [Гниненко, Козлова, 2008]. То же было отмечено нами под Ижевском. Так, в 27–29 декабря 2002 г. средняя суточная температура воздуха составила $-32,3$, $-34,2$ и $-36,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. При этом бабочки успешно перенесли зимовку. Наша оценка, проведённая в конце марта 2018 г. на пробной площади № 4, показала, что смертность бабочек за зимний период может составлять около 15–20%.

Весенние заморозки могут негативно влиять на численность вышедших из диапаузы бабочек *Ph. issikii*. Вторая половина апреля 2024 г. в восточной части вторичного ареала *Ph. issikii* была тёплой. Например, средняя суточная температура выше 10°C в Екатеринбурге и Тюмени продержалась 5 суток, в Челябинске, Кургане и Омске – 6 суток, в Ижевске и Уфе – 7 и 9 суток соответственно. При этом показатель достигал в большинстве городов более 20°C (рис. 2). В результате все бабочки *Ph. issikii* вышли из зимней диапаузы. Наше исследование, проведённое с помощью пирометра в г. Ижевск, показало, что первые бабочки *Ph. issikii* могут выходить из зимней диапаузы при нагреве коры зимовочного дерева уже в 7°C .

Дальнейшее снижение температуры ниже 0°C в сочетании с выпадением снежного по-

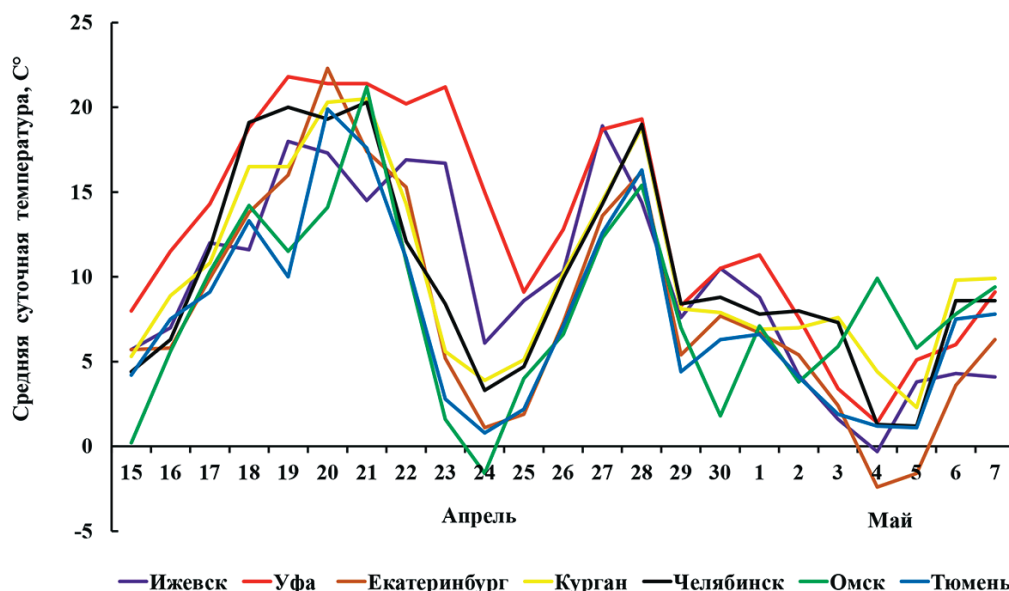


Рис. 2. Динамика средней суточной температуры в период с 15.04.2024 по 07.05.2024 в семи городах РФ, по данным архива фактической погоды Гидрометцентра России (<https://meteoinfo.ru/archive-pogoda>).

крова привело к гибели моли на значительной территории Предуралья, Урала, Зауралья и Западной Сибири. В Западной Сибири было несколько волн заморозков. В Омске ночные отрицательные температуры держались с 23 по 26 апреля (до -6.1°C) и с 29 апреля по 3 мая (до -4.1°C). В Тюмени это явление наблюдали 24–25 апреля (до -1.8°C), с 29 по 30 апреля (до -2.2°C) и 4 по 6 мая (до -3.6°C). На остальной территории заморозок прошёл с 4 по 6 мая. При этом ночная температура воздуха опускалась в Кургане до -1.1°C , в Челябинске, Екатеринбурге, Уфе и Ижевске – до -2.3 , -3.6 , -4.8 и -4.1°C соответственно.

Вместе с *Ph. issikii* на территории Урала и Западной Сибири исчез и другой инвазивный вид – дубовая широкоминирующая моль *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798) (Gracillariidae). В последние годы этот аборигенный вид расширял свой ареал в том числе и на восток [Ермолаев и др., 2024б]. Детальное исследование дубовых посадок в парке Омского государственного агроуниверситета (г. Омск, 02.06.2024), в экопарке Затюменский (г. Тюмень, 03.06.2024), в дендрарии ботанического сада УрО РАН (г. Екатеринбург, 04.06.2024) показало полное отсутствие этого вида. Ранее этот минёр давал очаги в пер-

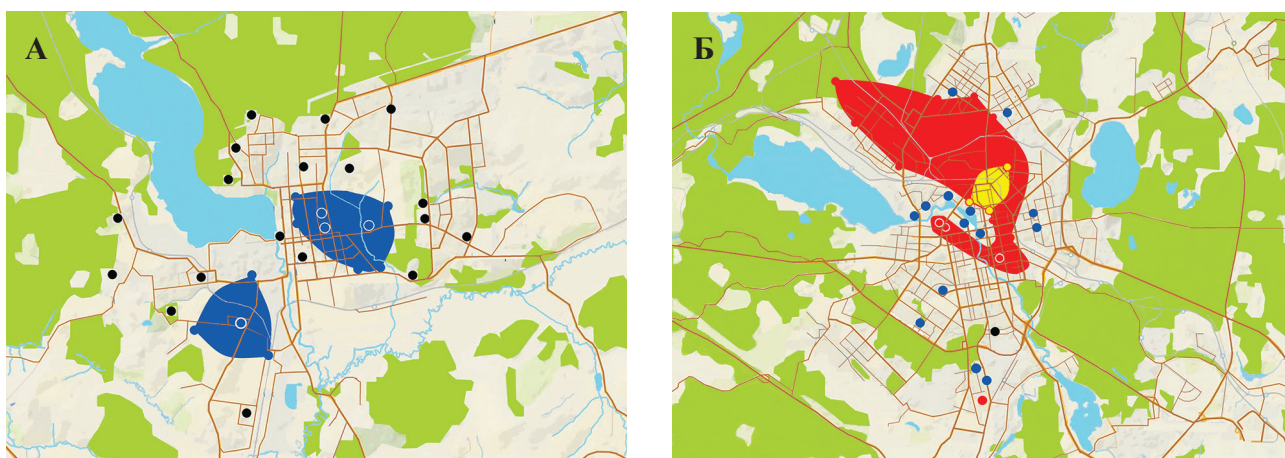


Рис. 3. Распространение липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* в Ижевске (А) и Екатеринбурге (Б) в июне 2024 г.: плотность заселения минёром липы представлены разным цветом: чёрные точки – моль не обнаружена; синие точки и области – плотность заселения находится в диапазоне от 1 до 2 мин на 100 листьев; красные точки и область – плотность заселения от 2 до 4 мин на 100 листьев; жёлтые точки и область – более 4 мин на 100 листьев.



Рис. 4. Листья липы мелколистной *Tilia cordata* Mill., повреждённые заморозком (Уфа, 05.06.2024, фото: Ермолаев И.В.).

вой [Гайвас и др., 2019] и третьей [Замшина, 2023] локаций. Башкирская (близ г. Уфа) и удмуртская (долина р. Сива) популяции *A. brongniardella* выжили. При этом плотность заселения дубов этим минёром упала до минимальных показателей.

Детальное исследование липовых насаждений на примере Ижевска и Екатеринбурга показало, что в крупных городах отдельные особи бабочек *Ph. issikii* способны выживать даже в условиях проявления экстремальных температур вследствие значительной гетерогенности температурных условий. Подобные условия создаются за счёт теплового загрязнения. Общеизвестно, что над городами формируется тёплый слой воздуха высотой до 200 м. При этом температура воздуха в городе бывает на 0.5–5.0 °C выше, чем в пригороде [Ландсберг, 1983; Musco, 2016]. То же отмечено и для Ижевска [Климат Ижевска, 1979, с. 87], и для Екатеринбурга [Климат Свердловска, 1981, с. 55]. Результаты наших исследований показаны на рисунке 3. По сути дела, рисунки распределения *Ph. issikii* отражают картину теплового загрязнения городов на 4–6 мая 2024 г. В Ижевске (рис. 3, А) выявлены две области с плотностью заселения от 1 до 2 мин на 100 листьев. Первая (слева) связана с территорией металлургического завода «Ижсталь» и частным сектором, вторая (справа) – с центром города и частным сектором. Более крупный г. Екатеринбург (рис. 3, Б) позволил сформировать

значительную область моли с плотностью заселения более 2 мин на 100 листьев в центре и промышленном северо-западе города. В центральной части города выявлена зона со значительно более высокой плотностью заселения лип минёром: с 4.7 до 8.5 мин на 100 листьев. Интересно, что местоположение этой области практически совпадает с зоной хронического очага тополевой моли-пестрянки *Ph. populifoliella* [Ермолаев, 2019, см. рис. 1], существовавшего в городе, по крайней мере, с 1918 г. [Колосов, 1918] по начало 1980-х гг. [Данилова, 1981]. Кроме того, на юге Екатеринбурга была выявлена локальная точка с высокой плотностью заселения липы *Ph. issikii* (5.9 мин на 100 листьев): в парке на Аптечной. По всей вероятности, этот случай связан с соседством этой локации с Заводом керамических изделий.

Негативное влияние поздневесеннего заморозка на яйцекладку моли исследовали 22–23 мая 2002 г. в Ижевске. Средние суточные температуры здесь составили –0.4 и –1.2 °C соответственно. В результате часть листовой пластинки липы была отморожена и погибла. В свою очередь это привело к гибели некоторого количества яиц, отложенных минёром на лист. При этом негативное влияние данного фактора на трёх пробных площадях было различно. Если снижение плотности первого поколения минёра на пробной площади № 2 было значительным (на 59.8% от показателя предыдущего года), на пробной

площади № 1 – умеренным (на 22.4%), то на пробной площади № 3 какого-либо влияния на динамику численности вообще не было. По всей вероятности, влияние поздневесеннего заморозка может зависеть как от рельефа местности, так и от структуры насаждения. Схожий эффект мы наблюдали в 2024 г. в липняке к югу от Уфы. Среди исследованных популяций *Tilia cordata* к моменту заморозков 4–6 мая (см. рис. 2) только местные успели раскрыть листья (рис. 4).

Заключение

Низкая теплообеспеченность на востоке вторичного ареала *Ph. issikii* создаёт условие доминирования здесь однолетней генерации минёра. За 24 года наблюдений в г. Ижевск *Ph. issikii* имел однолетний цикл развития в 70.8% случаев. Реализация однолетней генерации моли, как правило, приводит к росту численности его популяции, а реализация двух поколений – к её снижению. Экстремально высокие температуры в период развития гусениц, как и экстремально низкие температуры во время выхода имаго из зимней диапаузы, могут приводить к временно-локальному исчезновению инвазионного вида на значительной территории.

Благодарности

Выражаем благодарность С.Ю. Синёву, С.В. Барышниковой (Зоологический институт РАН) и А.В. Селиховкину (Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет) за поддержку работы на разных этапах её выполнения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Все экспериментальные протоколы были выполнены в соответствии с руководящими принципами ЕС по уходу и использованию лабораторных животных (86/609 / СЕЕ) и при соблюдении правил, утверждённых распоряжением Президиума АН СССР от 2 апреля 1980 № 12000-496 и приказом Минвуза СССР

от 13 сентября 1984 № 22. Все усилия были предприняты, чтобы использовать только минимальное количество животных, необходимое для получения надёжных научных данных.

Финансирование работы

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 25-26-00026).

Литература

- Аникин В.В., Золотухин В.В., Кириченко Н.И. Минирующие моли-пестрянки (Lepidoptera: Gracillariidae) Среднего и Нижнего Поволжья. Ульяновск: Корпорация технологий продвижения, 2016. 152 с.
- Архив фактической погоды Гидрометцентра России. 2025. // (<https://meteoinfo.ru/archive-pogoda>) (Accessed on 14.01.2024).
- Богачева И.А., Замшина Г.А., Николаева Н.В. Массовые и многочисленные насекомые-филлофаги деревьев и кустарников Екатеринбурга // Фауна Урала и Сибири. 2018. № 1. С. 46–73.
- Гайвас А.А., Шевченко Н.Ю., Христин В.В., Лещина М.М. Моль дубовая широкоминирующая, вредитель дубовых насаждений ФГБОУ ВО Омский ГАУ // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения С.И. Леонтьева. Омск: Омский государственный аграрный ун-т, 2019. С. 443–447.
- Гниненко Ю.И., Козлова Е.И. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Прибалтике // Информационный бюллетень ВПРС МОББ. Биологические методы в интегрированной защите плодовых и лесных насаждений. Познань-Пушкино. 2007. № 37. С. 18–21.
- Гниненко Ю.И., Козлова Е.И. Прогрессирующие вредители липы в городских посадках // Защита и карантин растений. 2008. № 1. С. 47.
- Данилевский А.С. Фотопериодизм и сезонное развитие насекомых. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1961. 243 с.
- Данилова А.П. Распространение тополевой моли в зелёных насаждениях Свердловска // Фауна Урала и Европейского Севера. Свердловск: Уральский государственный ун-т, 1981. Вып. 9. С. 122–128.
- 2ГИС. 2025. // (<https://2gis.ru>) (Accessed on 14.01.2025)
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоологический журнал. 2011а. Т. 90, № 6. С. 717–723.
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Особенности распределения липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в естественных насаждениях // Зоологический журнал. 2011б. Т. 90, № 10. С. 1193–1196.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Ижболдина Н.В. Паразиты как фактор смертности липовой моли-пестрян-

- ки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) // Зоологический журнал. 2011. Т. 90, № 1. С. 24–32.
- Ермолаев И.В., Ижболдина Н.В. Влияние плотности популяции липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* Kumata (Lepidoptera, Gracillariidae) на соотношение внутривидовых форм // Энтомологическое обозрение. 2012. Т. 91, № 1. С. 131–142.
- Ермолаев И.В., Токарева П.С. Особенности разлёта бабочек липовой моли-пестрянки // Защита и карантин растений. 2015. № 2. С. 50.
- Ермолаев И.В., Рублёва Е.А. История, скорость и факторы инвазии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) в Евразии // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 1. С. 2–19.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Домрачев Т.Б. О влиянии паразитоидов (Hymenoptera, Eulophidae) на выживаемость липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Удмуртии // Зоологический журнал. 2018. Т. 97, № 4. С. 401–407.
- Ермолаев И.В. Экологические механизмы непериодической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки – *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80, № 6. С. 451–476.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Герасимова Н.А., Королёва Е.А., Лушников Н.Н., Петров А.И., Пчельников А.А. Паразитоиды (Hymenoptera) липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) разных городов Российской Федерации и роль этих паразитоидов в смертности инвазивного вида // Зоологический журнал. 2019. Т. 98, № 4. С. 407–414.
- Ермолаев И.В., Домрачев Т.Б. Влияние количества генераций на динамику численности липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera: Gracillariidae) в Удмуртии // Российский журнал биологических инвазий. 2020. № 4. С. 66–80.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Белокобыльский С.А., Тюлькин Ю.А., Егоренкова Е.Н. Паразитоиды (Hymenoptera, Eulophidae, Braconidae) как фактор смертности липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Зауралье и Западной Сибири // Зоологический журнал. 2023. Т. 102, № 7. С. 790–798.
- Ермолаев И.В., Ефремова З.А., Белокобыльский С.А., Курбатов В.В., Егоренкова Е.Н. Паразитоиды (Hymenoptera, Eulophidae, Braconidae) как фактор смертности липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Предуралье // Зоологический журнал. 2024а. Т. 103, № 4. С. 58–65.
- Ермолаев И.В., Яценко И.О., Рысин С.Л., Абдулхакова А.А. Кормовые растения дубовой широколиственной моли *Acrocercops brongniardella* (Fabricius, 1798) (Gracillariidae) // Российский журнал биологических инвазий. 2024б. № 3. С. 102–112.
- Замшина Г.А. К изучению инвазивной дубовой широколиственной моли *Acrocercops brongniardella* в городе Екатеринбурге // Фауна Урала и Сибири. 2023. № 2. С. 70–73.
- Клепиков М.А. Обзор фауны кривоусых крохоток-молей и молей-пестрянок (Lepidoptera: Bucculatricidae, Gracillariidae) Ярославской области // Эверсмания. Энтомологические исследования в Европейской России и соседних регионах. Тула: Гриф и К, 2005. Вып. 3–4. С. 56–62.
- Климат Ижевска. Л.: Гидрометиздат, 1979. 135 с.
- Климат Свердловска. Л.: Гидрометиздат, 1981. 191 с.
- Козлова Е.И. Липовая минирующая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* Kumata – вредитель липы в европейской части России // Защита леса от вредителей и болезней: сборник статей. М.: ВНИИЛМ, 2006. С. 75–77.
- Колосов Ю.М. Тополёвая моль // Зауральский край. Екатеринбург. 1918. № 50. С. 4.
- Ландсберг Г.Е. Климат города. Л.: Гидрометиздат, 1983. 248 с.
- Масляков В.Ю., Ижевский С.С. Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России. М.: ИГРАН, 2011. 289 с.
- Осипова А.С. Липовая моль-пестрянка – распространяющийся вредитель липы // Экология и защита леса. СПб.: Санкт-Петербургская лесотехническая академия, 1992. С. 75–77.
- Осипова А.С. Комплекс беспозвоночных-филлофагов Приокско-Террасного биосферного заповедника и его использование в лесном мониторинге: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Московский государственный ун-т леса, 1995. 22 с.
- Саулич А.Х. Сезонное развитие насекомых и возможности их расселения. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 1999. 248 с.
- Саулич А.Х., Волкович Т.А. Экология фотопериодизма насекомых. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2004. 276 с.
- Фролов Д.Н. Тополёвая моль – вредитель зелёных насаждений Иркутска // Труды Иркутского государственного ун-та. Серия биологическая. 1948. Т. 3, № 2. С. 1–20.
- Целищева Л.Г. Динамика повреждений листьев липы мелколистной членистоногими минёрами и галлообразователями в заповеднике «Нургуш» в 2015–2017 гг. // Труды государственного природного заповедника «Нургуш». Киров: Типография «Старая Вятка», 2017. Т. 4. С. 132–139.
- Dobrosavljevic J., Markovic Č., Stojanovic A. Contribution to the knowledge of *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) in Serbia // Acta entomologica. 2018. Vol. 23, No 1. P. 25–32.
- Kirichenko N.I., Triberti P., Ohshima I., Haran J., Byun B.-K., Li H., Augustin S., Roques A., Lopez-Vaamonde C. From east to west across the Palearctic: phylogeography of the invasive lime leaf miner *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae) and discovery of a putative new cryptic species in East Asia // PLoS ONE. 2017. Vol. 12, No 2. e0171104. P. 1–22.
- Kirichenko N.I., Zakharov E.V., Lopez-Vaamonde C. Tracing the invasion of a leaf-mining moth in the Palearctic through DNA barcoding of historical herbaria // Scientific Reports. 2022. 12: 5065 [https://doi.org/10.1038/s41598-022-08894-7] (Accessed on 14.01.2025).

- Liebhold A.M., Tobin P.C. Population ecology of insect invasions and their management // Annual Review of Entomology. 2008. Vol. 53. P. 387–408.
- Liebhold A.M., Brockerhoff E.G., McCullough D.G. Chapter 23. Forest insect invasions and their management // Forest entomology and pathology. Vol. 1: Entomology. J.D. Allison, T.D. Paine, B. Slippers, M.J. Wingfield (eds.). Springer, 2023. P. 789–810.
- Lu M., Li E., Liu P., Liu T. Leaf-mining moths of the genus *Phyllonorycter* Hübner (Lepidoptera: Gracillariidae: Lithocolletinae) associated with Malvaceae in China, with descriptions of one new species // Zootaxa. 2022. 5205. No 3. P. 265–280 [https://doi.org/10.11646/zootaxa.5205.3.5] (Accessed on 14.01.2025).
- Musco F. Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario. N.Y.: Springer. 2016. 396 p.
- Tobin P.C., Liebhold A.M., Roberts E.A., Blackburn L.M. Chapter: 9. Estimating spread rates of non-native species: the gypsy moth as a case study // Pest risk modeling and mapping for invasive alien species (ed. R.C. Venette). 2015. P. 131–144.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE POPULATION DYNAMICS OF *PHYLLONORYCTER ISSIKII* (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) IN THE SECONDARY RANGE OF THE MINER

© 2025 Ermolaev I.V.¹, Devi N.M.², Bubnov M.O.², Bessonova V.A.²

¹Udmurt State University, Izhevsk, 426034, Russia

e-mail: ermolaev-i@yandex.ru

²Institute of Plant and Animal Ecology, Ekaterinburg, 620144, Russia

The influence of temperature fluctuations on the population dynamics of the lime leafminer *Ph. issikii* was studied during the period 2001–2024 in Izhevsk City. During the observation period the miner had one generation per year in 70.8% of cases. The implementation of one-year generation of the miner as a rule leads to an increase in the size of its population, and the implementation of two generations leads to its decrease.

Temporary disappearance of *Ph. issikii* in large areas occurs as a result of the influence of extremely high temperatures on the development of the miner larvae and extremely low temperatures on adults emerging after winter diapause.

Key words: temperature, lime leafminer, *Phyllonorycter issikii*.

ИНВАЗИЯ ЧУЖЕРОДНОГО ДОЛГОНОСИКА *ACLEES TAIWANENSIS* KÔNO, 1933 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE, MOLYTINAE) НА ЧЕРНОМОРСКОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ: БИОЛОГИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА НОВОГО ВРЕДИТЕЛЯ

© 2025 Журавлёва Е.Н.^а, Забалуев И.А.^б, Шошина Е.И.^а, Карпун Н.Н.^{а**},
Кириченко Н.И.^{с,д,е *}

^аФедеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр РАН», Сочи, 354002, Россия

^бИнститут лесоведения РАН, Московская обл., с. Успенское, 143030, Россия

^сИнститут леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН – обособленное подразделение ФИЦ
Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск, 660036, Россия

^дИнститут экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск, 660041, Россия

^еКрасноярский филиал Всероссийского центра карантина растений, Красноярск, 660020, Россия
e-mail: *nkirichenko@yahoo.com; **nkolem@mail.ru

Поступила в редакцию 29.01.2025. После доработки 23.03.2025. Принята к публикации 11.05.2025

В статье приводятся сведения о первой находке тайваньского инжирного долгоносика *Aclees taiwanensis* Kôno, 1933 (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) в России. В 2023 г. в Сочи в плодовом питомнике в древесине усыхающих саженцев инжира *Ficus carica* L. (Moraceae) были обнаружены личинки, а на листьях – питающиеся имаго жука. Вид был идентифицирован по морфологическим признакам имаго и с помощью ДНК-баркодинга. В Сочи *A. taiwanensis* уже сформировал устойчивую популяцию: нами зафиксировано два поколения вида с пиком лёта имаго в середине июля и в начале октября. Внутривидовая изменчивость *A. taiwanensis*, рассчитанная по гену COI мтДНК для 28 образцов из инвазионного ареала (из России [Сочи], Италии, Франции, Южной Кореи) и природного ареала (Тайвань) составила 0.77%. По ДНК-баркодинговому фрагменту гена COI образец вида из Сочи был идентичным таковыми из Италии и Франции. Предположительно инвазия долгоносика на Черноморское побережье России произошла из Южной Европы с посадочным материалом кормовых растений. В статье приводятся диагностические признаки вида, фотографии имаго и личинок жука, повреждений саженцев инжира, даётся обзор трофических связей и современного распространения, а также обсуждается потенциальная угроза инжиру в агроценозах и декоративных насаждениях на российском Кавказе.

Ключевые слова: первое обнаружение, долгоносик, чужеродный вид, ДНК-баркодинг, Сочи, *Ficus carica*.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-069-081

Введение

Долгоносики (Curculionidae) – самое крупное семейство растительноядных жесткокрылых (Coleoptera), насчитывающее в мире более 62 тысяч видов, в фауне России – более 2 тысяч видов [Забалуев, 2017]. Некоторые представители семейства расширяют свои ареалы, в том числе в связи с хозяйственной деятельностью человека. К 2023 г. в европейской части России задокументировано 22 чужеродных вида долгоносиков [Справочник, 2019; Забалуев, 2023].

Подсемейство Molytinae имеет повсеместное распространение с наибольшим разнообразием в тропических и субтропических регионах [Bouchard et al., 2011]. Относящийся к данному подсемейству род *Aclees* Schoenherr, 1835, включает 22 вида, распространённых в Африке, Индии, Восточной Азии и Австралии. Род изучен недостаточно, некоторые виды плохо различаются между собой, прочие требуют описания [Meregalli et al., 2020b].

В 2021–2023 гг. в ходе фитосанитарного мониторинга агроценозов субтропических

культур Сочинского Причерноморья были выявлены усыхающие саженцы и молодые растения инжира *Ficus carica* L. В верхней части кроны распутившиеся молодые листья были уже увядшими, в нижней части ствола присутствовала буровая мука, отверстия и экскременты. При вскрытии повреждений коры и древесины внутри ствола обнаружены питающиеся в ходах личинки, а позднее на ветвях инжира были отмечены и имаго, питающиеся почками, листьями и плодами. По морфологическим и молекулярно-генетическим признакам вредитель был идентифицирован как *Aclees taiwanensis* Kôno, 1933 – долгоносик из подсемейства Molytinae, имеющий ориентальное происхождение с первичным ареалом на о. Тайвань [Meregalli et al., 2020b; EPPO, 2021]. Данная находка является первой для России.

В статье приводятся данные по фенологии, жизненному циклу, трофическим связям чужеродного вида, обсуждается его потенциальная вредоносность для инжира на российском Кавказе. Дополнительно проанализированы ДНК-штрихкоды образцов вида из инвазионного ареала (Россия (г. Сочи), стран Европы и Восточной Азии (Южная Корея)) и первичного ареала (о. Тайвань).

Материалы и методы

Регулярные маршрутные обследования агроценозов, декоративных насаждений и озеленения интерьеров проводились нами на территории Сочинского Причерноморья в 2020–2024 гг. Один раз в 10–14 дней осматривали случайно выбранные внешне здоровые растения, а при обнаружении увядающих и усыхающих растений уделяли им большое внимание с целью выявления причины повреждений [Карпун, 2010а].

Первый случай усыхания молодого 4–5-летнего растения инжира обыкновенного (*F. carica*) и питание на нём крупных чёрных долгоносиков в частном саду (дачный участок) в Хостинском районе г. Сочи задокументирован нами 06.10.2021. Установить вредителя на тот момент не представилось возможным, поскольку заселённое растение и пойманный жук были оперативно утилизированы. Второй случай гибели двух молодых

растений инжира отмечен также в Хостинском районе г. Сочи в ноябре 2022 г. в плодородном питомнике Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр РАН» (далее – ФИЦ СНЦ РАН). Внутри стволов усыхающих деревьев нами были обнаружены две личинки жуков. Попытка дорастить личинки до имаго в лабораторных условиях ($23 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность $65 \pm 5\%$ и фотопериод 16:8 L:D) не удалась.

В связи с этими находками с начала вегетационного сезона 2023 г. в фокусе нашего внимания были растения рода фикус (*Ficus*): в агроценозах и декоративных насаждениях – фикус обыкновенный *F. carica* (более 200 растений, в составе агроценозов), карликовый *F. pumila* L. (30 растений, в вертикальном озеленении), в интерьерах – Бенджамина *F. benjamina* L. (10 растений) и лировидный *F. lyrata* Warb. (6 растений). Растения разных возрастов осматривали на предмет повреждения и поиска питающихся насекомых.

Обнаруженных в повреждённых растениях личинок и жуков фиксировали в 96%-ном спиртовом растворе, часть жуков была наколото на булавки и помещена в коллекцию. Повреждённые растения и насекомых фотографировали цифровой камерой Fujifilm X30. Фотографии имаго и эдеагуса были получены камерой Canon EOS 5D Mark IV с макрообъективом Canon MP-E 65 (Япония). Для снимков применяли технологию совмещения изображений (стекинг) с помощью программы Zerene Stacker v1.04, окончательную обработку проводили в программе Adobe Photoshop CS6.

Морфологическая идентификация. Видовую идентификацию проводили по внешним морфологическим признакам и строению гениталий самца [Meregalli et al., 2020a, b]. Пол имаго определяли по наличию у самцов небольшого вдавления у основания брюшка, а также по различию формы и положению последнего тергита брюшка (изогнутого книзу у самцов и горизонтально расположенного у самок) [Farina et al., 2021].

ДНК-баркодинг. Задняя нога одного экземпляра жука из Сочи была использована для ДНК-баркодинга – секвенирования гена COI мтДНК (658 п.н.). Секвенирование вы-

Таблица 1. Образцы *Aclees taiwanensis*, ДНК-штрихкоды которых использовались для оценки генетических дистанций

№	Полевой номер образца	Номер образца в BOLD (Process ID)	Страна	Номер доступа в генбанке
Инвазионный ареал				
1	NK2239	NALAS090-23	Россия*	PV250221
2	LR881419	GBMND2447-21	Италия	LR881419
3	LR881427	GBMND2455-21	Италия	LR881427
4	LR881430	GBMND2458-21	Италия	LR881430
5	LR881431	GBMND2459-21	Италия	LR881431
6	LR881432	GBMND2460-21	Италия	LR881432
7	LR881415	GBMND2443-21	Франция	LR881415
8	LR881425	GBMND2453-21	Франция	LR881425
9	LR881426	GBMND2454-21	Франция	LR881426
10	LR881428	GBMND2456-21	Франция	LR881428
11	LR881429	GBMND2457-21	Франция	LR881429
12	OL677361	GBMNF53670-22	Южная Корея	OL677361
13	OL677362	GBMNF53671-22	Южная Корея	OL677362
14	OL677363	GBMNF53672-22	Южная Корея	OL677363
15	OL677364	GBMNF53673-22	Южная Корея	OL677364
16	OL677365	GBMNF53674-22	Южная Корея	OL677365
17	OL677366	GBMNF53675-22	Южная Корея	OL677366
18	OL677367	GBMNF53676-22	Южная Корея	OL677367
19	OL677368	GBMNF53677-22	Южная Корея	OL677368
20	OL677369	GBMNF53678-22	Южная Корея	OL677369
Природный ареал				
21	LR881416	GBMND2444-21	Тайвань	LR881416
22	LR881417	GBMND2445-21	Тайвань	LR881417
23	LR881418	GBMND2446-21	Тайвань	LR881418
24	LR881420	GBMND2448-21	Тайвань	LR881420
25	LR881421	GBMND2449-21	Тайвань	LR881421
26	LR881422	GBMND2450-21	Тайвань	LR881422
27	LR881423	GBMND2451-21	Тайвань	LR881423
28	LR881424	GBMND2452-21	Тайвань	LR881424

*Сборщики: образец № 1 – Журавлева Е.Н.; № 2–11, 21–28 – Taddei A.; № 12–20 – Kim S., Lee H.-j., Lee S., Suh S.-j., Lee J.-H. Сбор осуществлен в Сочи 16.07.2023.

полнялось согласно стандартному протоколу [Ivanova et al., 2006] в Канадском центре ДНК-баркодинга при Гуэлфском университете (Канада). Полученный сиквенс не содержал псевдогенов и стоп-кодонаов. Идентификацию образца из Сочи осуществляли в генетической базе BOLD (The Barcode of Life Data System) [Ratnasingham, Hebert, 2007]. О корректной идентификации судили по принадлежности ДНК-штрихкода образца из Сочи к уникальному BIN (Barcode Index Number) вида – числовому коду вида в генетической

базе BOLD [Ratnasingham, Hebert, 2013]. Для оценки генетических дистанций в филогенетический анализ вовлекали ДНК-штрихкоды 27 образцов вида из инвазионного (Европа – Италия и Франция; Азия – Южная Корея; в сумме 19 образцов) и природного (о. Тайвань, 8 образцов) ареалов (табл. 1).

Сведения об образцах и их сиквенсы размещены на хранение в генбанк (GenBank, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) и генетическую базу BOLD и доступны для ознакомления и скачивания по ссылке: [dx.doi.](https://doi.org/10.26907/2542-0410.2023.1.100)

org/10.5883/DS-ACLEESRU. Филогенетическое дерево строили с использованием метода максимального правдоподобия (Maximum likelihood), модели Кимура (Kimura 2-parameter model) и бутстрэп-метода (Bootstrap method) с реализацией 1000–2500 итераций в компьютерном приложении MEGA (версия 11.00.13) [Tamura et al., 2021]. Для укоренения дерева использовали образец долгоносика *Orchestes rusci* (Herbst, 1795) (Coleoptera: Curculionidae, Curculioninae), собранный в Новосибирске (Россия), 10.07.2012, Кириченко Н.И. (coll.).

Результаты

Coleoptera, Curculionidae, Molytinae, Hylobiini

Aclees taiwanensis Kôno, 1933

Английское название вида: black fig weevil [EPPO, 2021].

Русское название вида: мы предлагаем использовать название «тайваньский инжирный долгоносик».

Исследованный материал

Россия, Сочи, ул. Тепличная, 43.5967° N, 39.7637° E: 8 личинок, из стволов *Ficus carica*, 03.07.2023, Е.Н. Журавлёва, Е.И. Шошина; 13 имаго (8 самок, 5 самцов), при питании на *F. carica*, 16.07.2023, Е.Н. Журавлёва, Е.И. Шошина коллекция ФИЦ ШЦ РАН), 1 имаго подвергнут ДНК-баркодированию (process ID: NALAS090-23; BIN: BOLD:AEN7023); 8 имаго (4 самки, 4 самца), на *F. carica*, 15.10.2023, Е.Н. Журавлёва (4 имаго помещены в частную коллекцию И.А. Забалуева, 1 – в коллекцию Зоологического музея МГУ, 3 – в коллекцию ФИЦ ШЦ РАН).

Морфология

Жуки крупные (самцы 14.5–17.0 мм, самки 16.0–17.8 мм, без учёта головотрубки), с чёрным слабо блестящим телом, которое сверху покрыто очень редкими желтоватыми узкими чешуйками, а снизу – более длинными и многочисленными чешуйками. Переднеспинка, основная половина и вершины надкрылий покрыты мучнистым сероватым или розоватым налётом, при этом бока переднеспинки, волнистая поперечная перевязь у

середины надкрылий и их вершины в более густом беловатом налёте. Данный налёт легко стирается и хорошо выражен только у живых молодых жуков, часто от рисунка остаётся только волнистая перевязь на надкрыльях, а у мёртвых коллекционных жуков налёт стирается полностью (рис. 1, А).

Головотрубка примерно такой же длины, как переднеспинка, слабо изогнутая, покрыта очень грубыми морщинистыми точками, не имеет полового диморфизма. Глаза плоские. Лоб между глазами с вдавленной ямкой. Жгутик усиков 7-члениковый, членики с 1-го по 6-й покрыты только редкими торчащими тонкими волосками, 7-й членик в густом шелковистом покрове из мелких чешуек. Булава усиков покрыта такими же чешуйками, как 7-й членик жгутика, очень сильно удлинённая, состоит только из двух видимых члеников, поскольку 2-й и 3-й членики срослись между собой, последний членик булавы продолговатый, его длина в 2.5 раза превышает ширину. Переднеспинка с почти параллельными боками, покрыта очень грубой морщинисто-точечной скульптурой. Крылья хорошо развиты, жуки способны летать. Надкрылья удлинённые, с выпуклыми плечевыми бугорками. Бороздки надкрылий не углублены, состоят из очень крупных прямоугольных точек, 1-я и 2-я бороздки содержат примерно по 18–20 точек каждая, промежутки между точками примерно равны длине самих точек. Ноги крепкие, все бёдра на внутренней стороне у середины с крупным зубцом, а голени на вершине с серповидным загнутым вовнутрь зубцом – ункусом. Лапки с широким двулопастным 3-м члеником.

Пенис самца (рис. 1, Б) примерно в 2.5 раза длиннее своей ширины, сильно склеротизирован, с почти параллельными боками, на вершине отчётливо треугольно вытянут, в боковой проекции (рис. 1, В) равномерно изогнут. Гастральная спикула (spiculum gastrale) представлена на рис. 1, Г.

Диагностические признаки

Род *Aclees* отличается от других родов продолговатой булавой усиков, состоящей только из двух видимых члеников [Morimoto,

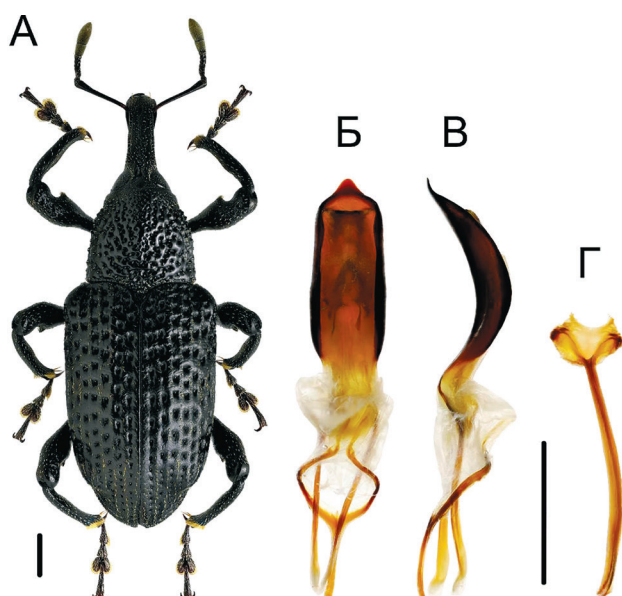


Рис. 1. Имаго и генитальный аппарат самца *Aclees taiwanensis*, Сочи, 2023 г.: А – имаго; Б – эдеагус, вид сверху; В – тоже, вид сбоку; Г – гастральная спикула (spiculum gastrale) (фото И.А. Забалуева). Шкала 2 мм.

1982]. *Aclees taiwanensis* отличается от других видов рода грубой пунктировкой верхней стороны головотрубки, формой переднеспинки и грубой морщинисто-точечной скульптурой её диска; кроме того, у этого вида 1-я и 2-я бороздки надкрылий содержат по 18–20 точек, расстояния между точками примерно равны длине точек, чешуйки на промежутках ланцетовидные, более удлинённые, чем у близких видов, расположены хаотично и не образуют выраженных рядов, также отличается формой эдеагуса самца и некоторыми другими признаками.

Во вторичном ареале *A. taiwanensis* своими крупными размерами и внешним видом легко отличается от большинства жуков-долгоносиков европейской фауны. Только виды систематически близкого рода *Hylobius* Germar, 1817, такие как *H. excavatus* (Laicharting, 1781), имеют некоторое сходство с ним, но отличаются наличием небольших жёлтых чешуйчатых пятен на надкрыльях, менее грубой скульптурой верхней стороны и коротко-овальной булавой усиков, состоящей из трёх видимых члеников, причём её последний членик конический, примерно равной длины и ширины. Некоторое сходство с *A. taiwanensis* имеют также крупные виды рода *Liparus* Olivier, 1807, но они наземные, бескрылые, с округлёнными плечевыми бу-

горками, а поверхность их верхней стороны голая и гладкая, без грубых складок и точек.

Биология и фенология

Регулярные наблюдения за популяцией *A. taiwanensis* в условиях влажных субтропиков России (Сочинского Причерноморья) позволили установить, что долгоносик развивается в двух поколениях с пиками лёта в середине июля и в начале октября. Молодые имаго визуально отличались по отсутствию воскового налёта на надкрыльях, поэтому их отрождение было хорошо заметно и учтено. Копулирующие имаго второго поколения были отмечены вплоть до 09.12.2023. С понижением температуры во второй декаде декабря взрослые жуки уходили на зимовку в почву у основания стволов кормовых растений. В Италии и Франции (где вид также является чужеродным) указано круглогодичное присутствие взрослых насекомых на растениях [Perrin, 1997, Ciampolini et al., 2005, Mouttet et al., 2020].

В Сочи соотношение полов в 2023 г. составило 1.0:1.5 (самцы : самки). Преобладали самки, что может говорить о нарастании численности популяции. Подобная картина, когда самки численно преобладают в популяции, характерна для начальных этапов инвазии, что наблюдалось в первые годы инвазии в регион коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) [Захарченко, 2021].

Перед откладкой яиц самки с помощью головотрубки прогрызают углубление в основании ствола или скелетных корней в почве и откладывают в них светлые овальные яйца. Нами яйцекладки отмечались только в основании скелетных корней в почве с 1-й декады мая по 1-ю декаду ноября, по 1–3 яйца в бороздке (углублении). По литературным данным, известно, что самка может откладывать от 58 до 186 яиц [Farina et al., 2021, Tani et al., 2023]. Личинки проходят пять возрастов, достигая к пятому возрасту длины тела 21–24 мм. Перед окукливанием личинка подготавливает камеру, темнеет, меняя цвет со светло-сливочного на карамельно-коричневый. В условиях Сочи стадия куколки длилась 21–24 дня. Имаго после отрождения светлые, какое-

-то время находятся в кукольной камере, в течение нескольких суток темнеют. Характерный восковой рисунок на надкрыльях они приобретают только через 15–20 дней после выхода.

Трофические связи

Имаго и личинки *A. taiwanensis* питаются исключительно на растениях из рода *Ficus*: *F. carica*, *F. benjamina*, *F. microcarpa* L. (syn. *F. retusa* L.), *F. lyrata* (syn. *F. pandurata* Hance) и др. [Farina et al., 2021; Schrader, 2022; Mazur, 2024]. В Сочи имаго и личинки долгоносика обнаружены только на *F. carica*, повреждая комлевую часть ствола, почки, листья, завязи и плоды растения.

Вредоносность

В 2023 г. в плодовом питомнике ФИЦ СНИЦ РАН было обследовано 105 саженцев инжира обыкновенного 3–7-летнего возраста, из которых 62 растения (т.е. 59% всех осмотренных саженцев) несли признаки повреждения *A. taiwanensis*. На саженцах были задокументированы пожелтение и усыхание распутившихся листьев, отмирание побегов, буровая мука и отверстия в комлевой части ствола (рис. 2, А–Д, Ж). Позднее были обнаружены капли экссудата оранжевого цвета, выступающие наружу, которые служили дополнительным признаком повреждения ствола и нахождения в нём личинки (рис. 2, Д–З). При вскрытии стволов и корней шести растений внутри выявлены личиночные ходы и питающиеся личинки (рис. 2, Ж–З). В стволах двух растений находилось по одной личинке, в других четырёх стволах, ближе к корневой части, находилось по две личинки. Жуки наносили дополнительный вред, питаясь почками, листьями (рис. 3) и плодами. К весне 2024 г. все заселённые 62 саженца погибли и были утилизированы.

Длительное возделывание культуры инжира на Черноморском побережье Кавказа привело к формированию здесь комплекса фитофагов и фитопатогенов, среди которых наиболее значимыми являются инжирная молелистовертка *Choreutis nemorana* Hübner (Lepidoptera: Choreutidae), инжирная листоблошка *Homotoma ficus* L. (Hemiptera:

Carsidaridae) и мозаика инжира, возбудитель – вирус *Fig mosaic virus*, FMV [Айба и др., 2023]. *Aclees taiwanensis* пополняет список опасных вредителей инжира в регионе. При дальнейшем распространении вид будет сложно контролировать. Это связано с трудностями ранней диагностики заселения растений, поскольку личинки вида (наиболее вредящая стадия) ведут скрытный образ жизни и быстро (за 1–2 года) вызывают усыхание растений. На Черноморском побережье Кавказа *A. taiwanensis* даёт две генерации и может быстро наращивать численность и вредить.

Вид представляет угрозу южноевропейским питомникам, садам и дикорастущим растениям рода *Ficus* [EPPO, 2021; Schrader, 2022; Tani et al., 2023]. Основной вред причиняют личинки, которые проделывают ходы в верхней части корневой системы растений и внутри ствола, нарушая транспорт веществ и вызывая тем самым увядание и последующую гибель деревьев. Имаго питаются почками, недозрелыми плодами, листьями и бутонами растений, не нанося растению значимых повреждений [EPPO, 2021].

В борьбе с *A. taiwanensis* химические инсектициды и энтомопатогенные грибы не показали своей эффективности [Ciampolini et al., 2005, 2007; Gargani et al., 2016]. Для разработки действенных приёмов борьбы с этим вредителем требуется более глубокое изучение его распространения и биологии (фенологии, плодовитости, трофических связей и др.) в условиях инвазионного ареала. По опыту зарубежных исследователей эффективным приёмом борьбы с данным видом является удаление заселённых растений с их последующей утилизацией (дроблением или сжиганием) [Schrader, 2022].

Современный ареал

Вид являлся эндемиком о. Тайвань [Meregalli et al., 2020b; EPPO, 2021]. В Европе *A. taiwanensis* был впервые зарегистрирован как *A. cribratus* в 1997 г. во Франции [Perrin, 1997]. В 2005 г. он выявлен в питомниках Италии и ошибочно определён как *A. sp. cf. foveatus*; в последующем широко распространился в стране [Ciampolini et al., 2005; Benelli

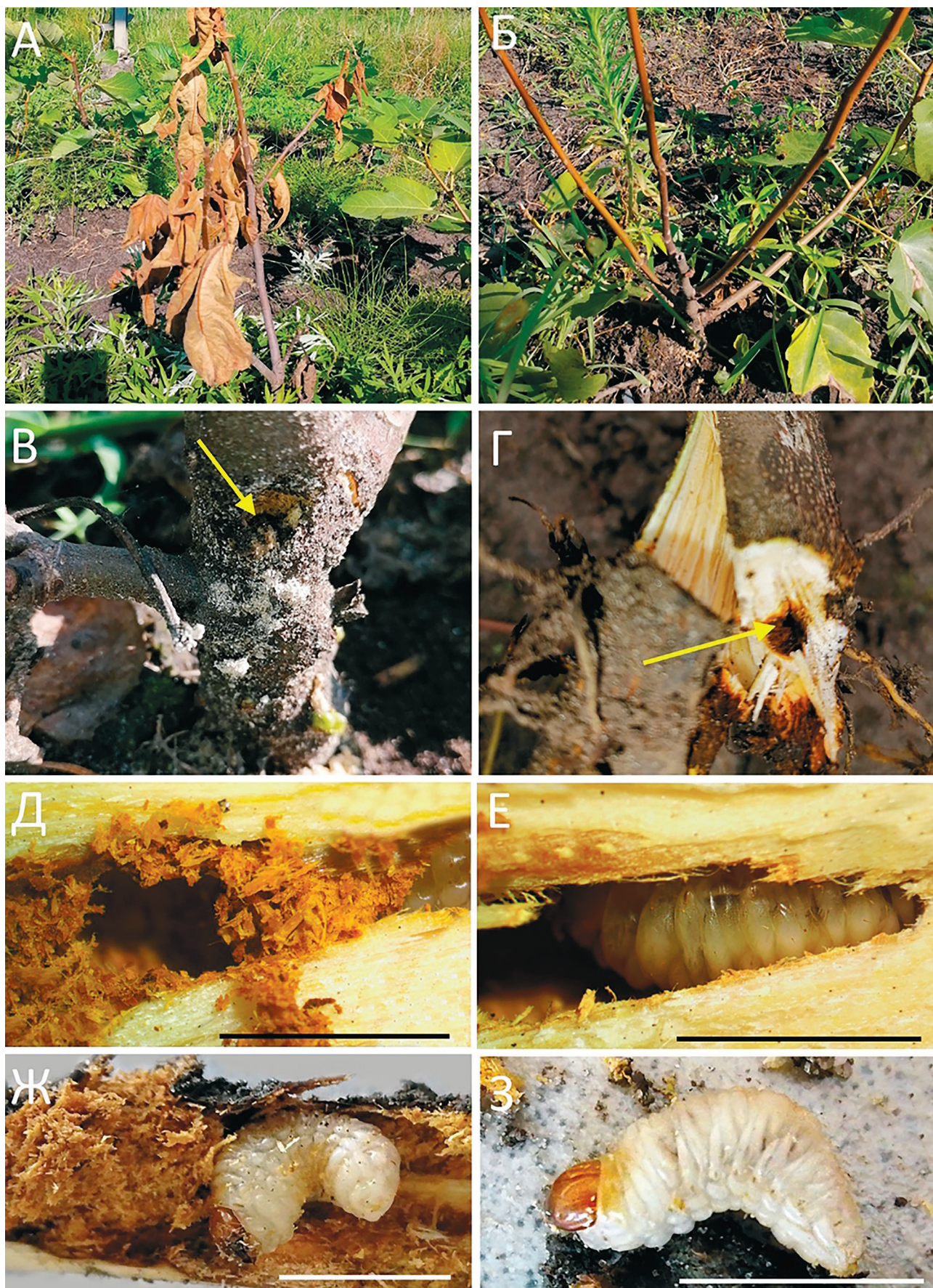


Рис. 2. Саженцы инжира обыкновенного, повреждённые *Aclees taiwanensis*, г. Сочи, 2023 г.: А, Б – увядшие саженцы инжира обыкновенного; В – отверстие в комлевой части и буровая мука на стволе; Г – ход личинки внутри ствола; Д – буровая мука, смешанная с экскрементами личинки; Е, Ж – личинка третьего возраста; З – личинка пятого возраста. Шкала 1 см. Фото Е.Н. Журавлевой и Е.И. Шошиной.

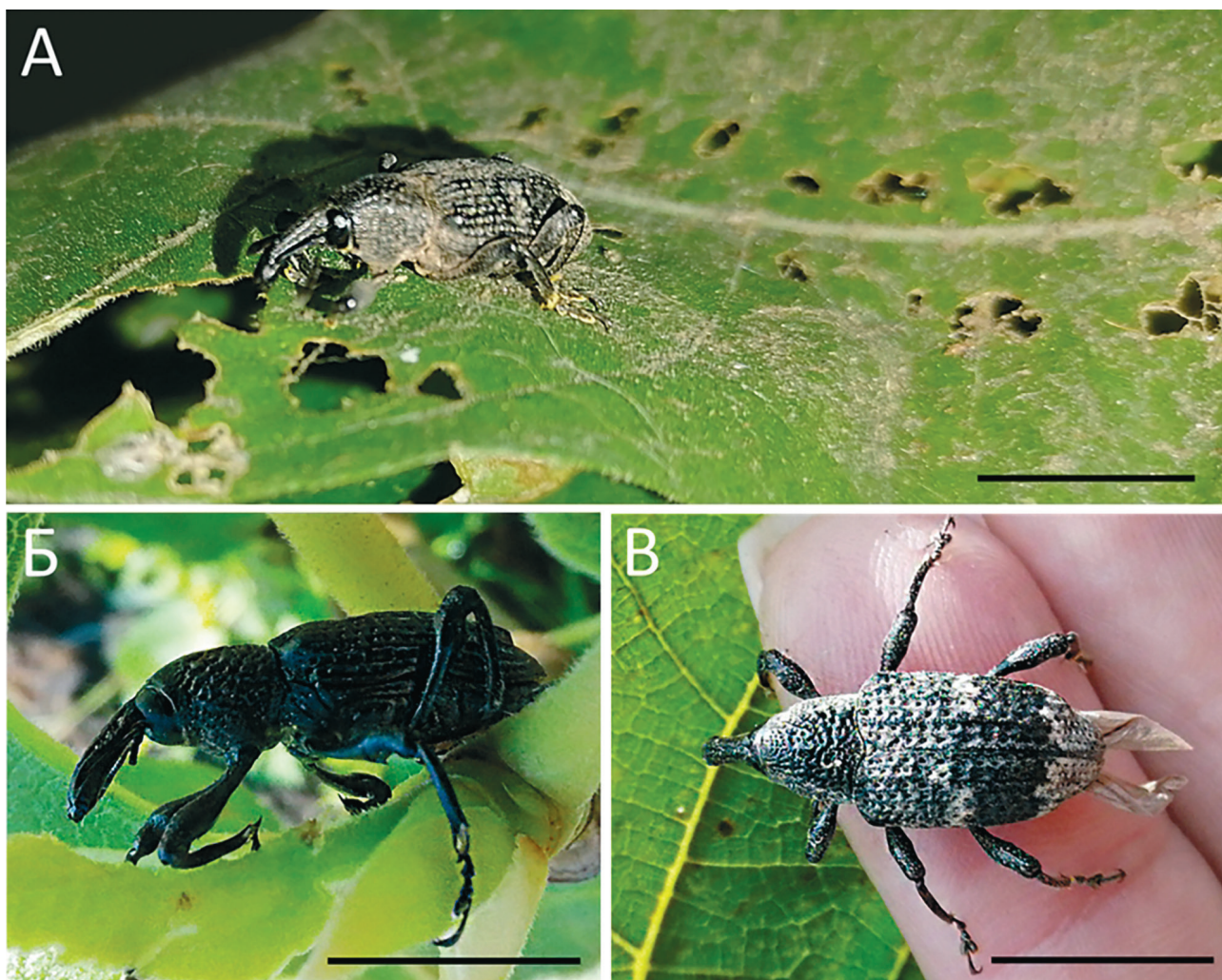


Рис. 3. Питающиеся имаго *Aclees taiwanensis* на инжире обыкновенном, Сочи, 2023 г.: А – погрызы на взрослом листе; Б – питание на молодых листьях; В – внешний вид имаго с дорсальной стороны. Шкала 1 см. Фото Е.Н. Журавлевой и Е.И. Шошиной.

et al., 2014; Meregalli et al., 2020a; Farina et al., 2021]. В 2020 г. *A. taiwanensis* обнаружен в Южной Корее [Hong et al., 2020], в 2022 г. в питомнике в Германии (Федеральная земля Рейнланд-Пфальц) [Schrader, 2022], в 2023 г. в Словении [Alonso-Zarazaga et al., 2023] и России (Краснодарский край, Сочи) [данная статья], в 2024 г. в Польше [Mazur et al., 2024].

Молекулярно-генетические характеристики

Вид жука (по образцу, собранному в Сочи) был определён по ДНК-штрихкоду на платформе генетической базы BOLD как *A. taiwanensis*. Все образцы из Европы и Азии, вовлечённые в филогенетический анализ (рис. 4), имели одинаковый BIN в BOLD: BOLD:АЕН7023, относящийся к данному виду.

По гену COI мтДНК сочинский образец имел 100%-ное сходство с образцами из Италии и Франции (см. рис. 3, кластер, выделенный красным прямоугольником). Примечательно, что ни один из тайваньских или южнокорейских образцов не вошёл в данный кластер. Напротив, образцы из Азии сформировали отдалённые кластеры. Исключение составили три образца из Тайваня, которые сформировали один кластер с образцом из Франции, расположившись по соседству с кластером, в который вошёл образец из Сочи. Между 9 сиквенсами жука из Южной Кореи различий выявлено не было.

При анализе 28 образцов из современного ареала вида максимальное значение внутривидовой изменчивости по гену COI мтДНК составило 0.77%. Оно было выявлено между образцами из Южной Кореи и Франции (GBMND2443-21).

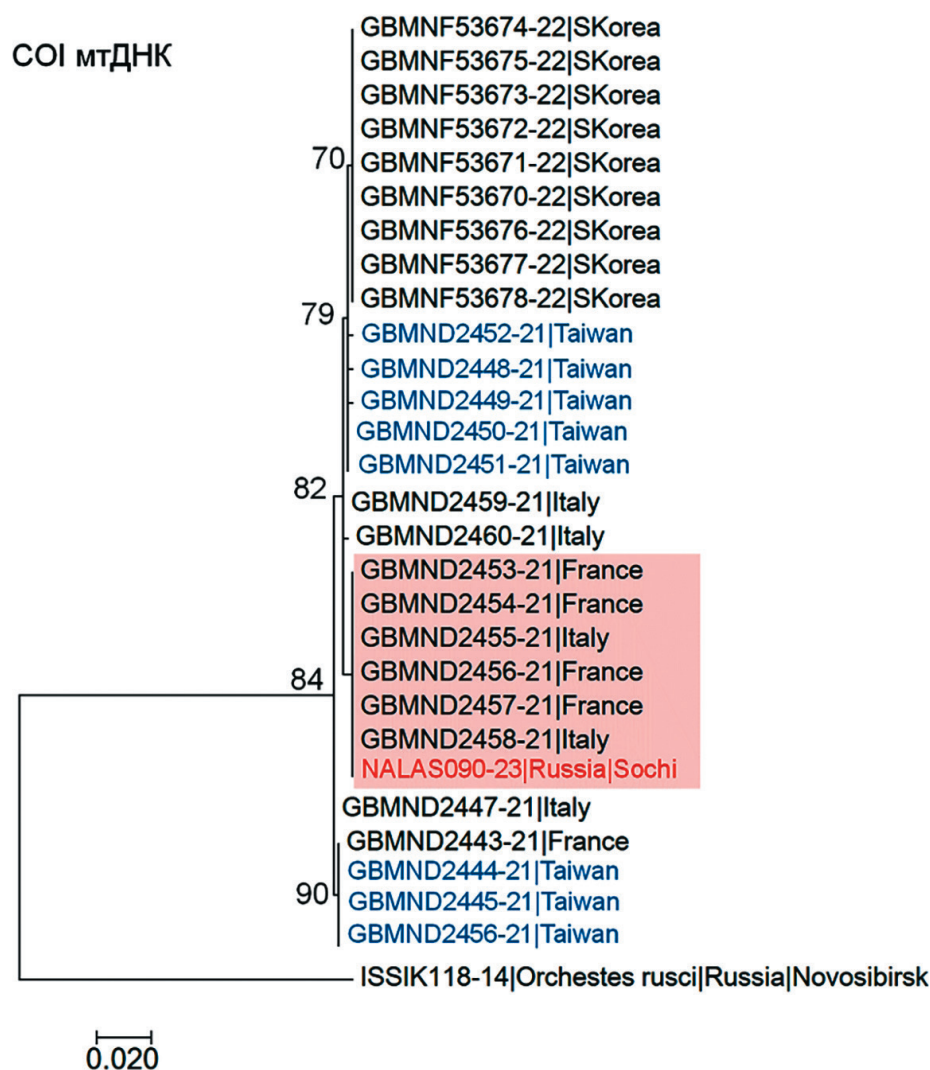


Рис. 4. Филогенетическое дерево *A. taiwanensis*, построенное для 28 образцов из современного ареала вида на основе анализа сиквенсов гена COI мтДНК с применением метода максимального правдоподобия, двухпараметрической модели Кимуры и бутстрэп-метода, $p < 0.05$: в подписи для каждого образца указаны: номер образца в BOLD (начинается с GBMND или NALAS) и страна (для образцов из России указаны города). Длина ветви отражает степень родства. Рядом с ветвями указаны значения бутстрэп-анализа.

Обсуждение результатов

Учитывая мягкие климатические условия и богатый флористический состав, Черноморское побережье Кавказа – благоприятный регион для вселения растительноядных чужеродных видов насекомых. Только за первые два десятилетия XXI века здесь выявлено более 60 новых видов – вредителей древесных пород, в том числе два вида долгоносиков – *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Curculionidae, Dryophthorinae) и *Otiorhynchus armadillo* (Rossi, 1792) (Curculionidae, Entiminae) [Volkovitsh, Karpun, 2017; Справочник, 2019; Карпун, 2018; Karpun et al., 2022; Kirichenko et al., 2023; Zhuravleva et al., 2023a,b; Карпун и др., 2024]. Регулярное

обследование декоративных насаждений и агроценозов региона является крайне эффективным методом раннего выявления новых видов фитофагов.

Фитосанитарные обследования в Сочи позволили обнаружить тайваньского инжирного долгоносика (*A. taiwanensis*). В условиях субтропического климата Сочинского Причерноморья этот чужеродный вид уже показывает выраженную вредоносность. Все растения, имевшие признаки заселения и повреждения долгоносиком в 2023 г., погибли в 2024 г.

Наши молекулярно-генетические исследования указывают на невысокую внутривидовую вариабельность вида по гену COI мтДНК: её максимальное значение составило

всего 0.77%. Это позволяет с высокой точностью идентифицировать вид по исследованному фрагменту гена. По ДНК-штрихкоду образец из Сочи оказался аналогичным таковым из Италии и Франции – стран вторичного ареала вида. Данные результаты позволяют предположить, что вид проник в Сочи в результате ступенчатой инвазии – расселения из ранее занятой видом территории в Европе. Аналогичные закономерности установлены и для других чужеродных видов, выявленных в Сочи в предыдущие годы [Карпун, 2018].

Вектором инвазии вида предположительно являлся посадочный материал инжира. В последние годы регион Сочинского Причерноморья активно развивается как центр спортивного, горного и пляжного туризма, в связи с этим здесь были благоустроены и озеленены большие площади. Для этого в Сочи завозился крупномерный посадочный материал из питомников Италии и Испании [Карпун, 2019; Клемешова, 2022].

Инжир обыкновенный, или фикус карийский, – популярный вид растений для объектов частного озеленения в районе Сочи, где используется в качестве экзотического элемента в составе сложных древесно-кустарниковых групп [Карпун, 2010] и в субтропических плодовых садах. Крупномерные саженцы этой культуры активно завозились в регион [Клемешова, 2024]. Примечательно, что рядом с питомником, где был выявлен очаг *A. taiwanensis*, находилось предприятие по измельчению растительных отходов и приготовлению компостов. Возможно, туда были привезены и какое-то время складировались погибшие растения инжира, из которых в период хранения могли вылететь жуки.

Версия проникновения *A. taiwanensis* в регион вместе с посадочным материалом согласуется с данными зарубежных авторов, которые в качестве вектора инвазии вида на новые территории приводят исключительно посадочный материал [Mouttet et al., 2020; Farina et al., 2021; Tani et al., 2023].

Выводы

В результате регулярных фитосанитарных обследований, проводимых в условиях влажных субтропиков Черноморского побережья

России, выявлен чужеродный вид – тайваньский инжирный долгоносик *A. taiwanensis*. Данная находка – первое указание вида для Российской Федерации. Полученные данные свидетельствуют о существующем риске расселения агрессивного вредителя инжира на юге России. Наше исследование предполагает проникновение *A. taiwanensis* в Россию из Европы, где его растения-хозяева (виды рода *Ficus*) присутствуют в составе как агроценозов, так и декоративных насаждений.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на выяснение способностей *A. taiwanensis* повреждать разные виды рода *Ficus*, оценку его потенциального вреда, а также на поиск эффективных мер контроля популяций фитофага в агроценозах Краснодарского, Ставропольского краёв, в республиках Крым, Адыгея, Дагестан, а также ближайшего соседа – Республики Абхазия. Также необходимо получение дополнительных молекулярно-генетических данных для изучения филогеографии и закономерностей инвазии тайваньского инжирного долгоносика на европейском континенте.

Вклад авторов

Концептуализация, написание первоначального варианта, анализ литературных данных: Журавлёва Е.Н., Карпун Н.Н., Кириченко Н.И.; методология Карпун Н.Н., Кириченко Н.И.; визуализация: Забалуев И.А., Кириченко Н.И., Журавлёва Е.Н.; полевые и лабораторные исследования: Журавлёва Е.Н., Шошина Е.И.; идентификация вида по морфологическим признакам: Забалуев И.А., генетические исследования Кириченко Н.И.

Все авторы ознакомились и согласны с опубликованной версией рукописи.

Финансирование работы

Фитосанитарный мониторинг насаждений, выявление нового вида долгоносика и изучение его биологии проведены в рамках реализации государственного задания ФИЦ СЦ РАН FGRW-2025-0002, № госрегистрации 125021202045-8, анализ литературных источников и генетические исследования – в рамках гранта РНФ (№ 22-16-00075).

Благодарности

Авторы благодарны М.Д. Омарову, Т.Е. Лобовой, В.В. Миллеру и С.А. Ерошенко (ФИЦ ШНЦ РАН, Сочи, Россия), оказавшим помощь в изучении *A. taiwanensis* в плодовом питомнике.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Айба Л.Я., Карпун Н.Н., Булгаков Т.С., Шинкуба М.Ш., Михайлова Е.В., Акаба Ю.Г., Журавлёва Е.Н., Шошина Е.И. Атлас вредителей и болезней субтропических культур и фундука на Черноморском побережье Кавказа. Сухум – Сочи, 2023. 300 с. ISBN 978-5-904533-50-2
- Забалуев И.А. Аннотированный каталог видов долгоносиков (Curculionidae) России (база данных) // Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи. 2017 // URL: https://www.zin.ru/ANIMALIA/COLEOPTERA/RUS/curcu_ru.htm. Проверено: 30.10.2024.
- Забалуев И.А. Новые данные по чужеродным видам жуков-долгоносиков (Insecta, Coleoptera, Curculionidae) европейской части России // Российский журнал биологических инвазий. 2023. Т. 16 (2). С. 68–76. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-16-2-68-76>
- Захарченко В.Е. Биоэкологические особенности коричнево-мраморного клопа (*Halyomorpha halys* Stål) во влажных субтропиках России и меры борьбы с ним: дисс. ... к.б.н. М., 2021. 176 с.
- Карпун Н.Н. Защита растений. Методика обследования насаждений: методические указания к проведению летней учебной практики. Сочи: СГУТиКД, 2010а. 49 с.
- Карпун Н.Н. Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты: дис. ... д-ра биол. наук. Сочи, 2018. 399 с.
- Карпун Н.Н. Особенности формирования фауны дендрофильных инвазионных вредителей во влажных субтропиках России в начале XXI века // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 228. С. 104–119. DOI:10.21266/2079-4304.2019.228.104-119
- Карпун Н.Н., Рындин А.В., Михайлова Е.В. Исследования отдела защиты растений Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр РАН»: актуальные вопросы и перспективы // Субтропическое и декоративное садоводство. 2024. Вып. 91. С. 9–28. DOI: 10.31360/2225-3068-2024-91-9-28
- Карпун Ю.Н. Субтропическая декоративная дендрология. СПб.: ВВМ, 2010б. 580 с.
- Клемешова К.В. Анализ видового состава декоративных насаждений курортного района «Имеретинский» // Субтропическое и декоративное садоводство. 2022. Вып. 83. С. 25–36. DOI: 10.31360/2225-3068-2022-83-25-36
- Клемешова К.В. 2024. Перс. сообщ.
- Справочник по чужеродным жесткокрылым европейской части России / сост. М.Я. Орлова-Беньковская. Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2019. 882 с. ISBN 978-5-904246-80-8
- Aclees taiwanensis* (ACEETW). EPPO, 2021. <https://gd.eppo.int/taxon/ACEETW>. Проверено: 23.01.2025.
- Alonso-Zarazaga M., Barrios H., Borovec R., Bouchard P., Caldarà R., Colonnelli E., Gültekin L., Hlaváč P., Korotyaev B., Lyal C.H.C., Machado A., Meregalli M., Pierotti H., Ren L., Sánchez-Ruiz M., Sforzi A., Silfverberg H., Skuhrovec J., Trýzna M., Velázquez de Castro A.J., Yunakov N. Cooperative Catalogue of Palaearctic Coleoptera Curculionidae. 2nd Edition // Monografías electrónicas SEA. Avda. Zaragoza (Spain). 2023. Vol. 14. 780 pp. http://sea-entomologia.org/MeSEA14_2023.pdf. Проверено: 17.01.2024.
- Benelli G., Meregalli M., Canale A. Field Observations on the mating behavior of *Aclees* sp. cf. *foveatus* Voss (Coleoptera: Curculionidae), an exotic pest noxious to fig orchards // Journal of Insect Behavior. 2014. 27. P. 419–427. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9437-5>
- Bouchard P., Bousquet Y., Davies A.E., Alonso-Zarazaga M.A., Lawrence J.F., Lyal C.H.C., Newton A.F., Reid C.A.M., Schmitt M., Ślipiński S.A., Smith A.B.T. Family-group names in Coleoptera (Insecta) // ZooKeys. 2011. Vol. 88. 972 pp. <https://doi.org/10.3897/zookeys.88.807>
- Ciampolini M., Regalin R., Farnesi I., Lorenzi C. Prime osservazioni sulla bio-etologia di *Aclees* sp. (Curculionidae, Molytinae) esiziale a *Ficus carica* L in Italia // Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura. 2007. Ser. II, Vol. 39 (1). P. 51–60.
- Ciampolini M., Regalini R., Perrin H. *Aclees cribratus*, nuovo per l'Italia nocivo al fico allevato in vivaio. // L'Informatore Agrario. Verona. 2005. LXI. Vol. 47. P. 69–71.
- EPPO Reporting Service no. 08. 2021. Num. article: 2021/175. <https://gd.eppo.int/reporting/article-7114>. Проверено: 16.10.2024.
- Farina P., Mazza G., Benvenuti C., Cutino I., Giannotti P., Conti B., Bedini S., Gargani E. Biological notes and distribution in Southern Europe of *Aclees taiwanensis* Kôno, 1933 (Coleoptera: Curculionidae): A new pest of the fig tree // Insects. 2021. Vol. 12 (1). 5. <https://doi.org/10.3390/insects12010005>
- Gargani E., Mazza G., Benvenuti C., Torrini G., Strangi A., Pennacchio F., Roversi P. Biological control of *Aclees* sp. cf. *foveatus* and first recovery of an associate *Beauveria bassiana* strain // Redia. 2016. Vol. XCIX. P. 29–33. <http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-99.16.05>
- Hong K.J., Park D.K., Lee S.M. First report of the exotic fig weevil, *Aclees taiwanensis* Kôno (Coleoptera: Curculionidae) in Korea // Korean Journal of Applied Entomology. 2020. Vol. 59 (4). P. 277–280. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2020.08.0.041>

- Ivanova N.V., de Waard J.R., Hebert P.D.N. An inexpensive, automation-friendly protocol for recovering high-quality DNA // *Molecular Ecology Notes*. 2006. Vol. 6. P. 998–1002. DOI: 10.1111/J.1471-8286.2006.01428.X
- Karpun N.N., Zhuravleva E.N., Shoshina E.I., Kirichenko N.I. First record of the alien cotton leaf roller *Haritalodes derogata* (Lepidoptera: Crambidae) on the Black sea coast of Russia // *Far Eastern Entomologist*. 2022. Vol. 465. P. 12–21. <https://doi.org/10.25221/fee.465.3>
- Kirichenko N.I., Karpun N.N., Zhuravleva E.N., Shoshina E.I., Anikin V.V., Musolin D.L. Invasion genetics of the horse-chestnut leaf miner, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), in European Russia: a case of successful involvement of citizen science in studying an alien insect pest // *Insects*. 2023. Vol. 14 (2). 117. <https://doi.org/10.3390/insects14020117>
- Mazur M., Grzywocz J., Żyła W. First case of introducing the exotic weevil *Aclees taiwanensis* Kôno, 1933 (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) in Poland // *Polish Journal of Entomology*. 2024. Vol. 93 (1). P. 1–4. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3168>
- Meregalli M., Boriani M., Bollino M., Hsu C.-F. Review of the species of *Aclees* described by Kôno (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) // *Zootaxa*. 2020a. Vol. 4768 (1). P. 146–150. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4768.1.10>
- Meregalli M., Boriani M., Taddei A., Hsu C.F., Tseng W.Z., Mouttet R. A new species of *Aclees* from Taiwan with notes on other species of the genus (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) // *Zootaxa*. 2020b. Vol. 4868 (1). P. 001–026. <https://doi.org/10.11646/ZOO-TAXA.4868.1.1>
- Morimoto K. (1982) The family Curculionidae of Japan. I. Subfamily Hylobiinae // *Esakia*. 1982. Vol. 19. P. 51–121. <https://doi.org/10.5109/2423>
- Mouttet R., Haran J., Boriani M., Meregalli M., Taddei A., Panchaud K., Vernier F., Streito J.C. *Aclees* sp. pest of fig trees newly established in French mainland (Coleoptera Curculionidae) – French // *L'Entomologiste*. 2020. Vol. 76 (2). P. 65–68. <https://www.researchgate.net/publication/340886103>
- Perrin H. Récoltes accidentelles de Curculionidae tropicaux en France métropolitaine (Coleoptera) // *L'Entomologiste*. 1997. Vol. 53 (4). P. 155–158.
- Ratnasingham S., Hebert P.D.N. A DNA-based registry for all animal species: The Barcode Index Number (BIN) System // *PLOS ONE*. 2013. Vol. 8 (7). e66213. P. 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066213>
- Ratnasingham S., Hebert P.D.N. BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>) // *Molecular Ecology Notes*. 2007. Vol. 7. P. 355–364. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>
- Schrader G. Express PRA for *Aclees taiwanensis* (Julius Kühn-Institute, Institute for National and International Plant Health) 04-05-2022. https://pflanzenengesundheit.julius-kuehn.de/dokumente/upload/Aclees-taiwanensis_exprpra_en.pdf. Проверено: 16.10.2024.
- Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis version 11 // *Molecular Biology and Evolution*. 2021. Vol. 38 (7). P. 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Tani C., Conti B., Bedini S. Biological insights on the invasive fig pest *Aclees taiwanensis* Kôno, 1933 (Coleoptera: Curculionidae) // *Insects*. 2023. Vol. 14 (3). 223. <https://doi.org/10.3390/insects14030223>
- Volkovitch M.G., Karpun N.N. A new invasive species of buprestid beetles in the Russian fauna: *Lamprodila (Palmar) festiva* (L.) (Coleoptera, Buprestidae), a pest of Cupressaceae // *Entomological Review*. 2017. Vol. 97 (4). P. 425–437. DOI: 10.1134/S0013873817040042
- Zhuravleva E.N., Gnezdilov V.M., Tishechkin D.Y., Mikhailenko A.P., Shoshina E.I., Karpun N.N., Musolin D.L. First records of *Graphocephala fennahi* Young, 1977 and *Pochazia shantungensis* (Chou & Lu, 1977) (Hemiptera: Cicadellidae, Ricaniidae) in Russia // *EPPO Bulletin*. 2023a. Vol. 53. P. 139–144. <https://doi.org/10.1111/epp.12910>
- Zhuravleva E.N., Golub V.B., Kirichenko N.I., Shoshina E.I., Soboleva V.A., Karpun N.N., Musolin D.L. First record of the azalea lace bug *Stephanitis pyrioides* (Scott, 1874) (Hemiptera: Heteroptera: Tingidae) in the European part of Russia: Molecular genetics and taxonomy of an alien pest // *EPPO Bulletin*. 2023b. Vol. 53 (3). P. 643–651. <https://doi.org/10.1111/epp.12946>

INVASION BY THE ALIEN WEEVIL *ACLEES TAIWANENSIS* KÔNO, 1933 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE, MOLYTINAE) ON THE BLACK SEA COAST OF RUSSIA: BIOLOGY AND MOLECULAR GENETICS OF A NEW PEST

© 2025 Zhuravleva E.N.^a, Zabaluev I.A.^b, Shoshina E.I.^a, Karpun N.N.^{a**},
Kirichenko N.I.^{c,d,e,*}

^aFederal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, 354002, Russia

^bInstitute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, Moscow Region, Uspenskoe, 143030, Russia

^cSukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center
«Krasnoyarsk Science Center SB RAS», Krasnoyarsk, 660036, Russia

^dInstitute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russia

^eAll-Russian Plant Quarantine Center, Krasnoyarsk branch, Krasnoyarsk, 660020, Russia

e-mail: [*nkirichenko@yahoo.com](mailto:nkirichenko@yahoo.com); [**nkolem@mail.ru](mailto:nkolem@mail.ru)

The paper presents the first record of the black fig weevil, *Aclees taiwanensis* Kôno, 1933 (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae), in Russia. In 2023, its larvae were detected in the wood of drying fig seedlings *Ficus carica* L. (Moraceae) and few imago were observed feeding on fig leaves in an orchard nursery in Sochi. The species was identified based on morphological features of imago and through DNA barcoding. Two generations were recorded in Sochi, with picks of adult emergence in mid-July and early October. The maximum intraspecific genetic variability, which was estimated based on the COI gene of mtDNA for 28 specimens of *A. taiwanensis* from the invaded range (Russia [Sochi], Italy, France, South Korea) and native range (Taiwan), was 0.77%. In DNA barcoding fragment, the specimen from Sochi was identical to those from Italy and France. The species was likely introduced to the Black Sea coast of Russia from Southern Europe with plants for planting. The paper provides diagnostic features of the species, along with the images of imago, larvae and damaged fig seedlings. It also reviews trophic associations and current distribution and discusses the potential threat to fig plantations in agroecosystems and ornamental plantings in the Russian Caucasus.

Keywords: first record, weevil, adventive species, DNA barcoding, Sochi, *Ficus carica*.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA*), ВСЕЛЁННОГО В ОЗЕРО СУНДОЗЕРО (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

© 2025 Ильмаст Н.В., Кучко Я.А., Милянчук Н.П.

Институт биологии Карельского научного центр РАН, Петрозаводск 185910;
e-mail: ilmast@mail.ru

Поступила в редакцию 21.01.2025 . После доработки 26.04.2025. Принята к публикации 18.05.2025

В работе представлены результаты исследования биологических показателей судака (*Sander lucioperca*), вселённого в озеро Сундозеро (бассейн Балтийского моря). Показано, что его преднамеренная интродукция с целью улучшения качественного состава ихтиофауны имела положительный результат. Высокие потенциальные возможности судака и благоприятные условия обитания в озере способствовали его успешной натурализации. По биологическим показателям он ближе к судaku из материнского водоёма – Сямозера. Успешность вселения судака определилась сходством экологических условий водоёмов-доноров и водоёма-реципиента, обеспеченностью пищей вселенца на всех этапах жизненного цикла и благоприятными условиями для его размножения. В настоящее время отмечено саморасселение судака из озера Сундозеро по р. Суна в озеро Пандозеро.

Ключевые слова: пресноводные экосистемы, интродукция, натурализация, судак, особенности биологии.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-082-088

Введение

Проблема сохранения биологического разнообразия в настоящее время является одной из наиболее значимых, поскольку в результате хозяйственной деятельности человека происходят резкие изменения природных систем. Установлено, что наиболее существенные изменения в рыбном населении пресноводных экосистем вызывают такие антропогенные факторы, как гидростроительство, нерациональный промысел, вселение новых видов, техногенное загрязнение [Решетников и др., 1982; Дгебуадзе, 2003; Алимов и др., 2012; Павлов, Стриганова, 2005; Dgebuadze, 2014; Kriksunov et al., 2011 Sterligova, Ilmast, 2017 и др.].

Республика Карелия имеет хорошо развитую гидрографическую сеть, относящуюся к бассейнам Белого и Балтийского морей. Она представлена большей частью небольшими реками, которые соединяют многочисленные озёра, образуя озёрно-речные системы. Основными структурными элементами гидрографической сети являются озёра и водохранилища. Кроме того, в пределах республики находится около 50% акватории Ладожского

и 80% – Онежского озёр, являющихся крупнейшими пресноводными водоёмами Европы. Озёрность территории с учётом этих больших водоёмов достигает 21%, и этот показатель является одним из самых высоких в мире [Филатов и др., 2001; Стерлигова и др., 2016].

Пресноводная ихтиофауна Карелии неоднородна как по качественному составу, так и по количеству видов. В настоящее время она представлена 47 видами, наиболее богаты в видовом отношении водные экосистемы южной Карелии бассейна Балтийского моря (бассейн Ладожского озера – 42 вида, Онежского – 39 видов). В водоёмах средней и северной Карелии (бассейн Белого моря) встречается 28 видов. Для внутренних водоёмов региона характерна сравнительно высокая встречаемость ценных видов рыб. Однако во многих озёрах они или отсутствуют, или крайне немногочисленны. Особенно неблагоприятный для рыбного хозяйства состав ихтиофауны свойствен малым и многим средним озёрам Карелии [Ильмаст, 2012].

С целью повышения рыбопромысловой продуктивности водных экосистем и улучше-

ния качественного состава ихтиофауны в республике в разные годы проводились работы по интродукции ценных видов рыб. Рыбоводные работы осуществляли по двум направлениям: расселение местных ценных видов рыб и интродукция новых видов из других регионов страны. Анализ результатов рыбоводных работ показал, что расселение аборигенных видов в условиях Карелии оказалось более эффективным. Виды, интродуцированные из отдалённых регионов, за исключением горбуши, в водоёмах вселения отмечаются редко [Sterligova, Ilmast, 2009].

В Карелии насчитывается более 60 тысяч озёр и только в 20 из них обитает судак *Sander lucioperca* [Озёра Карелии, 1959; Кудерский, 1962; Петрова, Кудерский, 2006; Sterligova, Ilmast, 2009]. С целью улучшения качественного состава ихтиофауны водоёмов в республике проводились работы по его интродукции. Начиная с 1948 г. судака вселяли в 14 озёр средней и северной части Карелии, где он ранее отсутствовал. Натурализация его произошла в 10 озёрах вселения. В работе О.А. Поповой [1979] отмечается, что для вселенца необходимы соответствующие гидрологические, гидрохимические и гидробиологические условия, и если они не подходят для его обитания, то и результат получается отрицательный

В большинстве публикаций по интродукции судака в водоёмы Карелии [Бурмакин, 1963; Маханькова, 1964; Салтуп, 1967; Кудерский, Сонин, 1968, Кудерский, 2001 и др.] не рассматривались вопросы биологии судака в новых условиях обитания. Поэтому особый интерес представляют исследования биологических показателей судака в водоёме вселения – Сундозере.

Целью исследований являлось оценка биологических показателей популяции судака, вселённого в озеро Сундозеро (южная Карелия).

Материалы и методы

Материалом для написания работы послужили результаты ихтиологических исследований в 2018–2023 гг. на озере Сундозеро (рис. 1).

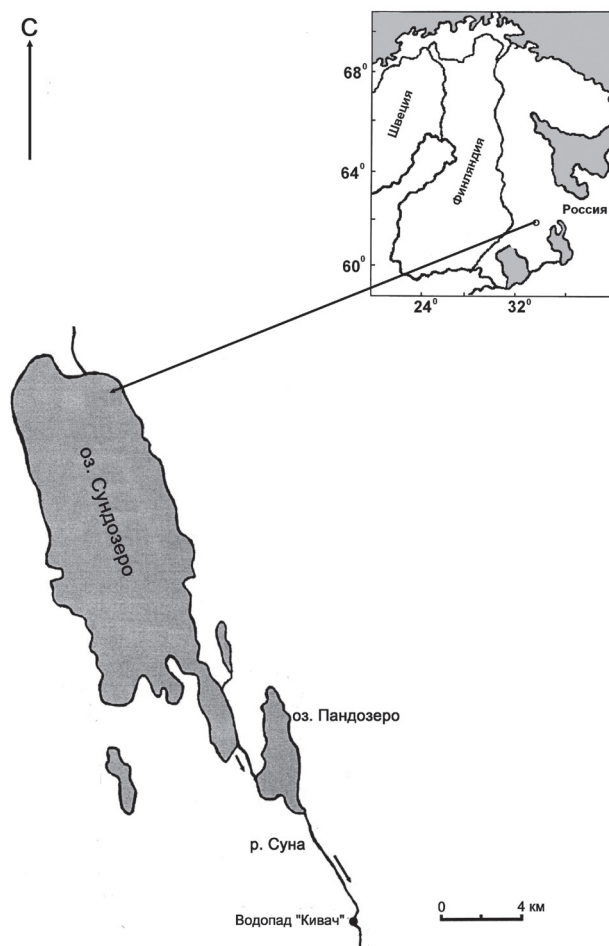


Рис. 1. Карта схема исследуемых водоёмов.

Озеро Сундозеро принадлежит к бассейну Балтийского моря. Котловина водоёма – ледниково-тектонического генезиса. В озеро впадает р. Нива и несколько ручьёв. В северную часть озера впадает р. Суна, которая проходит через всё озеро в направлении с севера на юго-восток. Южная часть озера входит в состав Государственного природного заповедника «Кивач». Площадь озера составляет 50 км². Озеро вытянуто с северо-запада на юго-восток [Озёра Карелии, 2013]. Водоём достаточно глубокий, средняя глубина – 10 м, максимальная – 41,5 м. Показатель условного водообмена составляет 0,33, т.е. водные массы озера заменяются водой с водосбора один раз в 3 года.

По своему химическому составу водные массы озера относятся к гидрокарбонатному классу группы Са с минерализацией 66–85 мг/л. Величина рН – слабощелочная. Содержание биогенов (фосфора и азота) в воде, а также количественные показатели планктона и бентоса озера позволяют отнести его к

Таблица 1. Лимнологические показатели озера Сундозеро [Озёра Карелии, 2013]

Показатель	Величина
Географические координаты озера	62°23' с.ш., 33°52' в.д.
Высота над уровнем моря, м	60
Площадь водосбора, км ²	300
Площадь озера, км ²	50
Длина озера, км	15,3
Ширина средняя, км	3.27
Ширина наибольшая, км	5,3
Глубина средняя, м	10
Глубина максимальная, м	41.5
Коэффициент условного водообмена	0.33
Объём водной массы, км ³	0.50
Прозрачность, м	1.8
pH	7.5
Азот общий, мг/л	0.05–0.86
Фосфор общий Р, мг/л	0.001–0.002
Биомасса зоопланктона, г/м ³	1.0
Биомасса бентоса г/м ²	3.1
Количество видов рыб, шт.	14

олиго-мезотрофному типу водоёмов [Милиус и др., 1987; Хендерсон-Селлерс, Марклэнд, 1990; Китаев, 2007; Фрумин и др., 2021]. Лимнологические показатели водоёма приведены в таблице 1.

Опытный лов рыбы в летне-осенний периоды проводили стандартным набором жёстких сетей (длина 30 м, высота 1.5–3.0 м, ячей 14–60 мм). Сетные порядки выставлялись в разных участках озера (литораль, пелагиаль) и на различных глубинах. Камеральную обработку ихтиологического материала проводили по общепринятым методикам [Чугунова, 1959; Правдин, 1966; Методическое пособие..., 1974; Дгебуадзе, Чернова, 2009]. Рыб измеряли, взвешивали, устанавливали пол, степень зрелости гонад, плодовитость. Возраст рыб определяли по чешуе. Латинские названия рыб приводятся по изданию «Рыбы в заповедниках России» [2010]. Объём собранного материала приведён в таблице 2.

Результаты исследований и их обсуждение

Рыбное население Сундозера представлено 14 видами (7 семейств): европейская ря-

Таблица 2. Объём собранного и обработанного материала по судаку Сундозера

Показатель	Количество рыб, экз.
Возраст, линейно-весовой рост	89
Плодовитость	32
Питание	53

пушка *Coregonus albula* (L.), сиг обыкновенный *C. lavaretus* (L.), европейская корюшка *Osmerus eperlanus* (L.), обыкновенная щука *Esox lucius* L., лещ *Abramis brama* (L.), уклейка *Alburnus alburnus* (L.), язь *Leuciscus idus* (L.), елец *L. leuciscus* (L.), плотва *Rutilus rutilus* (L.), налим *Lota lota* L., ёрш *Gymnocephalus cernuus* L., речной окунь *Perca fluviatilis* L., судак *Sander lucioperca* (L.), обыкновенный подкаменщик *Cottus gobio* L. Доминирующими видами в водоёме являются окунь, ёрш, плотва. В целом ихтиофауна озера относится к 4 фаунистическим комплексам (Никольский, 1980; Sterligova et al., 2014). Основу биомассы в обоих водоёмах формируют рыбы бореального равнинного и понтического пресноводного комплексов.

Впервые на возможность и целесообразность расселения судака в республике указал П.Ф. Домрачев (1929). В 1935 г. были начаты работы по искусственному разведению судака в Онежском (Виролайнен, 1946) и Ладожском озерах (Головков, 1936; Лапицкий, 1941). В результате этих работ была разработана методика выдерживания производителей в садках и определены возможности инкубации икры во влажной атмосфере. В озеро Сундозеро в 1965–1970 гг. было вселено 6,8 млн экз. разновозрастного судака. Маточными озерами были Сямозеро и Онежское.

В результате рыбоводных работ в озере Сундозеро появился новый промысловый вид. В настоящее время отмечено его саморасселение по р. Суна в озеро Пандозеро [Ilmast et al., 2024].

Судак характеризуется длительным жизненным циклом, некоторые особи достигают возраста 24 лет, однако возрастной состав уловов судака в Сундозере был представлен особями от 2+ до 11+, доминировали рыбы на 8–9 году жизни (более 60%).

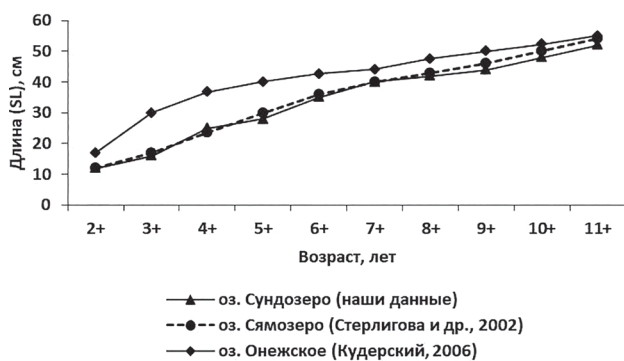


Рис. 2. Линейный рост судака исследуемых водоёмов.

Размеры судака в период исследования в опытных уловах колебались от 12 до 52 см, масса от 30 г до 1,7 кг. Судак с максимальными размерами встречается в уловах редко, в основном преобладают особи длиной (SL) 35–42 см, массой от 790 г до 1 кг.

Анализируя данные линейно-весового роста, можно сделать вывод, что у судака в озере Сундозеро показатели роста ближе к росту судака озера Сямозеро (рис. 2, 3). Высокие показатели роста онежского судака определяются более богатой кормовой базой и большими площадями для нагула.

В Сундозере судак становится половозрелым в возрасте 6–7 лет (самцы), самки в возрасте 7–8 лет. Нерестится судак в Сундозере в конце июня – июле при температуре воды 15°C на лудах с каменистыми, песчаными грунтами на глубинах до 4 м, что характерно для водоёмов Карелии (Стерлигова и др., 2016). Инкубация икры продолжается около 20 дней. В 2022 г. абсолютная плодовитость (АП) судака Сундозера колебалась от 100 до 270 тыс. икринок (рис. 4). Абсолютная плодовитость судака находится в прямой зависимости от размера и массы самок. По показателям

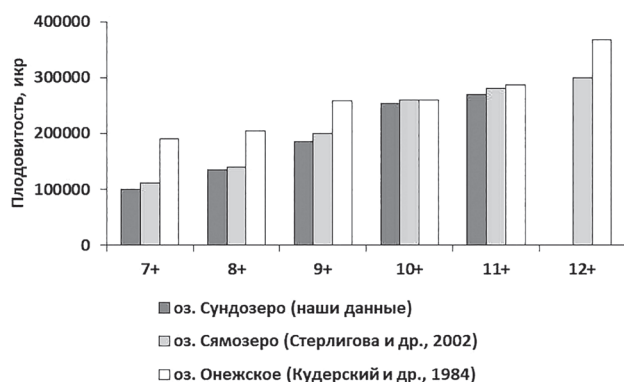


Рис. 4. Показатели абсолютной плодовитости судака исследуемых водоёмов.

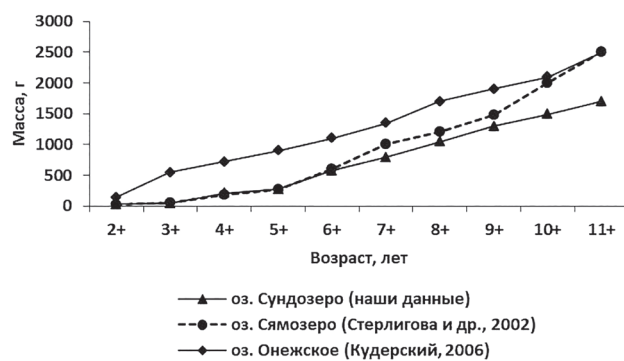


Рис. 3. Весовой рост судака исследуемых водоёмов.

абсолютной плодовитости судак Сундозера ближе к судaku Сямозера.

По питанию судак относится к хищнику подстерегающее-преследующего типа (Попова, 1975, 1979). Основное время охоты приходится на ночное и вечернее время. Молодь судака после рассасывания желточного мешка питается зоопланктоном. На втором-третьем месяце жизни судак переходит на питание крупными беспозвоночными, а также молодью рыб. К концу первого года жизни он преимущественно питается массовыми видами рыб (Попова, 1979). Спектр питания судака Сундозера состоял (по массе) из окуня (40%), ряпушки (25%), ерша (18%) и плотвы (12%), реже встречались уклейка и остальные рыбы (рис. 5). Спектр питания судака Сямозера более разнообразен благодаря богатой кормовой базе [Стерлигова и др., 2002].

Следует отметить, что судак, являясь ценным промысловым видом, выступает как биологический мелиоратор, способствующий снижению численности мелкого окуня, ерша, уклейки и плотвы в водоёмах.

Заключение

Анализ результатов исследований показал, что преднамеренная интродукция судака в озеро Сундозеро с целью улучшения качественного состава его ихтиофауны имела положительный результат. Высокие потенциальные возможности судака и благоприятные условия обитания в озере способствовали успешной его натурализации. В новом водоёме судак сформировал самовоспроизводящуюся популяцию. По биологическим показателям он ближе к судaku из материнского водоёма – Сямозера. В настоящее время от-

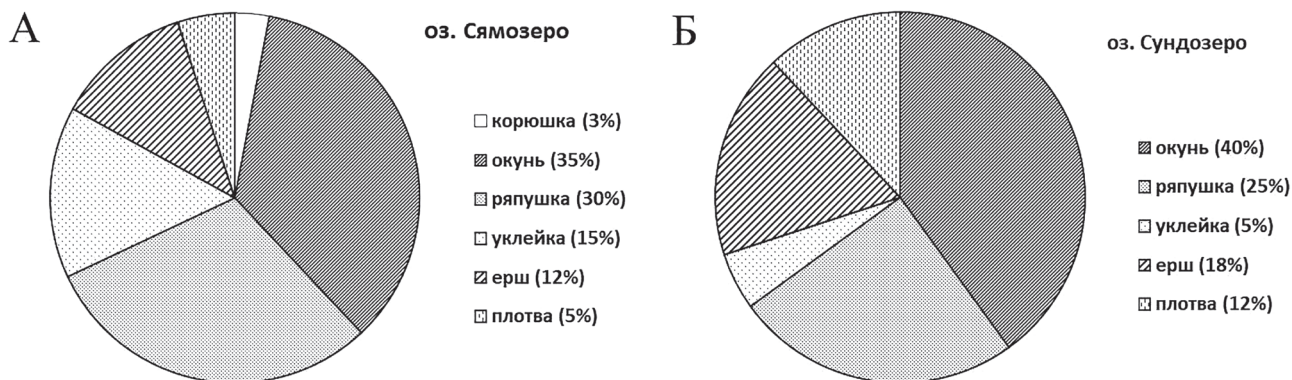


Рис. 5. Спектр питания судака озёр Сундозера (А) и Сямозера (Б) (% по массе).

мечено саморасселение данного вида по р. Суна в озеро Пандозеро.

Успешность вселения судака определялась сходством экологических условий водоёмов-доноров и водоёма-реципиента, обеспеченностью пищей вселенца на всех этапах жизненного цикла и благоприятными условиями для его размножения.

Для сохранения популяции судака на современном этапе необходимо проведение мероприятий, включающих регулирование промысла, охрану его производителей в период нереста и проведение мелиоративных работ на нерестилищах.

Финансирование

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Карельского научного центра РАН.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует.

Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объектов изучения.

Литература

- Алимов А.Ф., Балущкина Е.В., Бульон В.В. и др. Динамика биологического разнообразия и биоресурсов континентальных водоёмов. СПб: Наука, 2012. 369 с.
- Бурмакин Е.В. Акклиматизация пресноводных рыб в СССР // Изв. НИИ озёр. и реч. рыб. хоз-ва. 1963. Т. 53. С. 299–315.
- Виротайнен М.П. Изучение методики искусственного разведения судака Онежского озера // Тр. Карело-Финского отд. ВНИОРХ. 1946. Т. 2. С. 309–322.
- Головков Г.А. Опытные работы по разведению судака на Ладожском озере в 1935 г. // За рыбную индустрию Севера. 1936. № 7, 8. С. 40–42.
- Дгебуадзе Ю.Ю. Национальная стратегия, состояние, тенденции, исследования, управление и приоритеты в отношении инвазий чужеродных видов на территории России // Инвазии чужеродных видов в Голарктике. Борок: Рыбинский Дом печати, 2003. С. 26–34.
- Дгебуадзе Ю.Ю., Чернова О.Ф. Чешуя костистых рыб как диагностическая и регистрирующая структура. М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2009. 315 с.
- Домрачев П.Ф. Озёра Заонежья // Тр. Олонецкой научной экспедиции. 1929. Вып. 3, ч. 8. С. 37–84.
- Ильмаст Н.В. Рыбное население пресноводных экосистем Карелии в условиях их хозяйственного освоения: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ИПЭЭ РАН, 2012. 44 с.
- Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 395 с.
- Кудерский Л.А. Особенности биологии судака озёр Карелии // Тр. VII Науч. конф. по изуч. внутренних водоёмов Прибалтики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 67–76.
- Кудерский Л.А. Акклиматизация рыб в водоёмах России: состояние и пути развития // Вопросы рыболовства. 2001. Т. 2, № 1 (5). С. 6–68.
- Кудерский Л.А. Изменения в региональных ихтиофаунах водоёмов Европейской части России в результате антропогенных влияний // Сб. науч. тр. НИИ озёр. и реч. рыб. хоз-ва. Экологические аспекты воздействия гидростроительства на биоту акватории Восточной части Финского залива. 2006. Т. 2, вып. 331. С. 159–194.
- Кудерский Л.А., Александрова Т.Н., Гуляева А.М. Биология судака Онежского озера // Сб. науч. Тр. ГосНИОРХ. Вып. 216. 1984. С. 11–35.
- Кудерский Л.А., Сонин В.П. Обогащение ихтиофауны внутренних водоёмов Карелии // Акклиматизация рыб и беспозвоночных в водоёмах СССР. М.: Наука, 1968. С. 123–133.
- Лапицкий И.И. К вопросу об искусственном разведении леща и судака на Ладожском озере // Метод гипофизарных инъекций и его роль в воспроизводстве рыбных запасов. Л.: ЛГУ, 1941. С. 88–113.

- Маханькова С.Б. Больше судака в озёрах Карелии // Рыбоводство и рыболовство. 1964. № 2. С. 14.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.
- Милиус А., Линдпере А.В., Стараст Х.А. и др. Статистическая модель трофического состояния малых светловодных озёр // Водные ресурсы. 1987. № 3. С. 50–59.
- Никольский Г.В. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. М.: Пищевая промышленность, 1980. 182 с.
- Озёра Карелии: природа, рыбы и рыбное хозяйство (справочник). Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1959. 618 с.
- Озёра Карелии. Справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
- Павлов Д.С., Стриганова Б.Р. Биологические ресурсы России и основные направления фундаментальных исследований // В сб.: Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 4–20.
- Петрова Л.П., Кудерский Л.А. Водлозеро: природа, рыбы, рыбный промысел. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 134–143.
- Попова О.А. Особенности питания хищных рыб Псковско-Чудского водоёма в период резкого падения численности снетка // Основы биопродуктивности внутренних водоёмов Прибалтики. Вильнюс, 1975. С. 90–93.
- Попова О.А. Роль хищных рыб в экосистемах // Изменчивость рыб пресноводных экосистем. М.: Наука, 1979. С. 106–145.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Наука, 1966. 376 с.
- Решетников Ю.С., Попова О.А., Стерлигова О.П. и др. Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма. М.: Наука, 1982. 248 с.
- Рыбы в заповедниках России: в 2 т. / под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2010. Т. 1. 627 с.
- Салтуп Б.Н. Зарыбление карельских озёр судаком // Рыбное хоз-во. 1967. № 1. С. 24–25.
- Стерлигова О.П., Павлов В.Н., Ильмаст Н.В. и др. Экосистема Сямозера (биологический режим, использование). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2002. 120 с.
- Стерлигова О. П., Ильмаст Н. В., Савосин Д.С. Круглотротые и рыбы пресных вод Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2016. 224 с.
- Филатов Н.Н., Литвиненко А.В., Фрейндлинг В.А. и др. Каталог озёр и рек Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. 290 с.
- Фрумин Г.Т., Куликович А.В., Горельшев А.Ю. Методы расчёта допустимых фосфорных нагрузок // Тр. КарНЦ РАН. 2021. Вып. 4. С.163–168.
- Хендерсон-Селлерс Б., Марклэнд Х. Умирающие озёра. Л.: Наука, 1990. 279 с.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 162 с.
- Dgebuadze Yu. Yu. Invasions of Alien Species in Holarctic: Some Results and Perspective of Investigations // Russian Journal of Biological Invasions. 2014. Vol. 5. No. 2. P. 61–64. DOI: 10.1134/S2075111714020039
- Ilmast N.V., Sterligova O.P., Kuchko Ya.A., Savosin E.S., Milyanchuk N.P. Current state of the Pandozero Lake ecosystem, Kivach State Nature Reserve, Karelia // Ecosystem Transformation. 2024. Vol. 7. No. 4. P. 162–173. DOI: 10.23859/estr-230411
- Kriksunov E.A., Bobyrev A.E. and Burmenskii V.A. Resource availability and its role in development of invasion processes // Biol. Bull. Rev. 2011. Vol. 1. No. 1. P. 57–70. DOI: 10.1134/S207908641101004X
- Sterligova O.P. and Ilmast N.V. Species-colonizers in the water systems of Karelia // Journal of Ichthyology. 2009. Vol. 49. No. 4. P. 331–338. DOI: 10.1134/S0032945209040055
- Sterligova O.P. and Ilmast N.V. Population dynamics of invasive species of smelt *Osmerus eperlanus* in Lake Syamozero (South Karelia) // Journal of Ichthyology. 2017. Vol. 57. No. 5. P. 730–738. DOI: 10.1134/S0032945217050162
- Sterligova O.P., Ilmast N.V., and Pervozvansky V.Y. Fish population in specially protected areas of the Republic of Karelia // Journal of Ichthyology. 2014. Vol. 54. No. 9. P. 706–714. DOI: 10.1134/S0032945214060150

BIOLOGICAL INDICES OF THE POPULATION OF INTRODUCED PIKE-PERCH (*SANDER LUCIOPERCA*) INTO THE LAKE SUNDOZERO, SOUTH KARELIA

Ilmast N.V., Kuchko Ya.A., Milyanchuk N.P.

Institute of Biology KarRC RAS,
Petrozavodsk 185910;
e-mail: ilmast@mail.ru

The results of the study of the biological indices of the pike-perch (*Sander lucioperca*), introduced into the Lake Sundozero, the Baltic Sea basin, are reported. It is shown that its purpose-oriented introduction, attempted for the qualitative improvement of fish fauna composition, has been successful. High potential possibilities of pike-perch and favorable environmental conditions have contributed to its naturalization. In biological indices it is more similar to pike-perch from the parent water body, Lake Syamozero. The successful introduction of pike-perch was determined by similarity in environmental conditions between donor water bodies and the recipient water body, sufficient food supply for the colonizer at all stages of its life cycle and favorable reproduction conditions. Now, self-settling of pike-perch from Sundozero to Pandozero along the Suna River is registered.

Keywords: freshwater ecosystems, introduction, naturalization, pike-perch, distinctive biological features.

НОВАЯ ТРОФИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ АБОРИГЕННОГО ТРУБКОВЕРТА *CYCNOTRACHELODES CYANOPTERUS* (MOTSCHULSKY, 1861) (COLEOPTERA, ATTELABIDAE) С СЕВЕРОАМЕРИКАНСКОЙ РОБИНИЕЙ ЛОЖНООКАЦИЕВОЙ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

© Коляда Н.А.^{1*}, Ефременко А.А.², Акулов Е.Н.³, Легалов А.А.^{4,5},
Кириченко Н.И.^{2,3,6**}

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток, 690022, Россия

²Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН – обособленное подразделение ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск, 660036, Россия

³Красноярский филиал Всероссийского центра карантина растений, Красноярск, 660020, Россия

⁴Институт систематики и экологии животных СО РАН, Новосибирск, 630091, Россия

⁵Томский государственный университет, Томск, 634050, Россия

⁶Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск, 660041, Россия
email: *kolyada18@rambler.ru, **nkirichenko@yahoo.com

Поступила в редакцию 13.02.2025. После доработки 15.03.2025. Принята к публикации 15.05.2025

Впервые на юге Дальнего Востока России – в Приморском крае – выявлена новая трофическая связь трубноверта *Cycnotrachelodes cyanopterus* (Motschulsky, 1861) с североамериканским древесным растением *Robinia pseudoacacia*, используемым в озеленении населённых пунктов региона. Единичные повреждения трубноверта (скрученные в трубки листочки с питающимися внутри личинками) были найдены в городах Артём, Большой Камень и Спасск-Дальний. В работе приводится краткий обзор биологии и экологии вида, иллюстрируются повреждения листьев, а также самец и самка жука, выращенные из двух листовых трубок. При отсутствии у растения устойчивости к новому консументу вполне вероятно ожидать подъёма численности *C. cyanopterus* в Приморском крае. Необходимо дальнейшее изучение распространения *C. cyanopterus* и оценка его воздействия на новое кормовое растение.

Ключевые слова: местное насекомое, чужеродное растение, *Robinia pseudoacacia*, новая трофическая ассоциация, Приморский край.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-089-095

Введение

В ландшафтном дизайне населённых пунктов Приморского края используется широкий ассортимент декоративных древесных растений [Малышева, 2020]. Существенное влияние на их рост, развитие и декоративность оказывают насекомые-фитофаги [Кузнецов, Стороженко, 2010]. Среди вредителей, повреждающих декоративные насаждения, встречаются как аборигенные, так и чужеродные виды [Насекомые – вредители..., 1995; Масляков, Ижевский, 2011].

В озеленении населённых пунктов Приморского края достаточно широко распространён североамериканский интродуцент – робиния ложноакациевая *Robinia pseudoacacia*

L. (Fabaceae). На Дальнем Востоке России этот вид растений известен с начала XX века. С 1908 г. *R. pseudoacacia* культивировалась С.И. Еловицким во Владивостоке [Василук и др., 1987]. В настоящее время на юге материковой части региона робиния ложноакациевая используется в озеленении 84 населённых пунктов Приморского края [Коляда, 2021]. В них вид представлен деревьями высотой до 23 м. В последнее время робиния стала использоваться и в озеленении г. Хабаровска [Борзенкова, Цыренова, 2024]. Растение обладает высокой декоративностью во время цветения, имеет среднюю зимостойкость [Коляда, 2022]. Вследствие ухода из культуры и самостоятельного распространения *R.*

pseudoacacia была включена в список флоры Дальнего Востока России [Павлова, 1989]. В Приморском крае *R. pseudoacacia* проявляет инвазионные свойства, внедряется в природные экосистемы. Такие же свойства это североамериканское растение проявляет и в других регионах России и частях мира [Roy et al., 2020; Виноградова и др., 2021].

С робинией ложноакациевой связан целый спектр насекомых-вредителей. Последние нередко проникают на территорию вторичного ареала вида. Некоторые из них появились и на российском Дальнем Востоке. Мониторинг насаждений в Приморском крае позволил выявить ряд специализированных фитофагов *R. pseudoacacia* – чужеродных для края и России в целом. К их числу относятся белоакациевая листовая галлица *Obolodiplosis robiniae* (Hald., 1847) (Diptera: Cecidomyiidae) [Гниненко, Главендекич, 2010], пилильщик ложной акации *Nematus tibialis* Newman, 1873 (Hymenoptera: Tenthredinidae) [Коляда, 2024], североамериканская минирующая моль *Chrysaster ostensackenella* (Fitch, 1859) (Lepidoptera: Gracillariidae) [Kirichenko et al., 2023, 2024].

Трубоверты (Coleoptera, Attelabidae) – группа жесткокрылых насекомых, особенностью которых является сворачивание листьев или их частей в характерные трубки, в которых питаются и развиваются их личинки [Легалов, 2004]. Мировая фауна трубовертов насчитывает около 1300 видов, большая часть которых сосредоточена в субтропическом и тропическом поясах [Legalov, 2007]. В хозяйственной деятельности человека эта группа насекомых играет важную роль, поскольку многие ее представители являются вредителями сельского и лесного хозяйства [Тер-Минасян, 1950; Легалов, 20056; 2006].

Фауна и биология трубовертов отдельных районов России, главным образом её азиатской части, довольно хорошо изучены [Легалов, 2006]. На Дальнем Востоке биология трубовертов исследуется с 1915 г. [Дюкин, 1915], и с тех пор были получены многочисленные данные по их биологии и экологии [Азарова, Купянская, 1972; Азарова, 1974, 1981; Егоров, 1996].

В литературных источниках трубоверты на *R. pseudoacacia* до настоящего времени

не были упомянуты. В данной статье приводятся сведения о первой находке аборигенного вида трубоверта *Cycnotrachelodes cyanopterus* (Motschulsky, 1861), широко распространённого на Дальнем Востоке, на североамериканской робинии ложноакациевой.

Материалы и методы

Исследования проводили в Приморском крае в семи населённых пунктах (города Артём, Спасск-Дальний, Арсеньев, Уссурийск, Партизанск, Большой Камень и пос. Синий Гай) в июне – октябре 2024 г. маршрутным способом. В каждом населённом пункте в посадках визуально осматривали листья на 10–15 деревьях *R. pseudoacacia* на наличие повреждений насекомых.

Материалом для данной публикации послужили находки трубок из листьев на *R. pseudoacacia* в трёх населённых пунктах Приморского края. Четыре листовых трубки транспортировали в лабораторию Горнотажной станции – филиала ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Их размещали по одной в чашки Петри, содержали при температуре +25°C и влажности 60% до отрождения имаго (таким образом была выведена одна самка). Пятую листовую трубку доставили в лабораторию лесной зоологии Института леса (ИЛ) СО РАН (г. Красноярск), где при аналогичных условиях содержания был выведен самец жука. Оба имаго жука были смонтированы и помещены в энтомологическую коллекцию ИЛ СО РАН.

Повреждённые листья фотографировали фотоаппаратом Sony Cyber-Shot DSC-W830 (Япония, Sony Group Corporation), жука фотокамерой, встроенной в смартфон Honor200 ELI-NK9 (Китай, Honor Device Co., Ltd.).

Результаты и обсуждение

Coleoptera, Attelabidae (Трубоверты)

Cycnotrachelodes cyanopterus (Motschulsky, 1861)

Синонимы: *Apoderus coloratus* Faust, 1882

Исследованные локалитеты и образцы (Рис. 1). РОССИЯ, Приморский край, г. Артём, 43°22'45" с. ш., 132°17'20" в. д., 40 м н.у.м., 2 листовых трубки на *R. pseudoacacia*, 06.07.2024, Коляда Н.А. (coll.), из 1 трубки

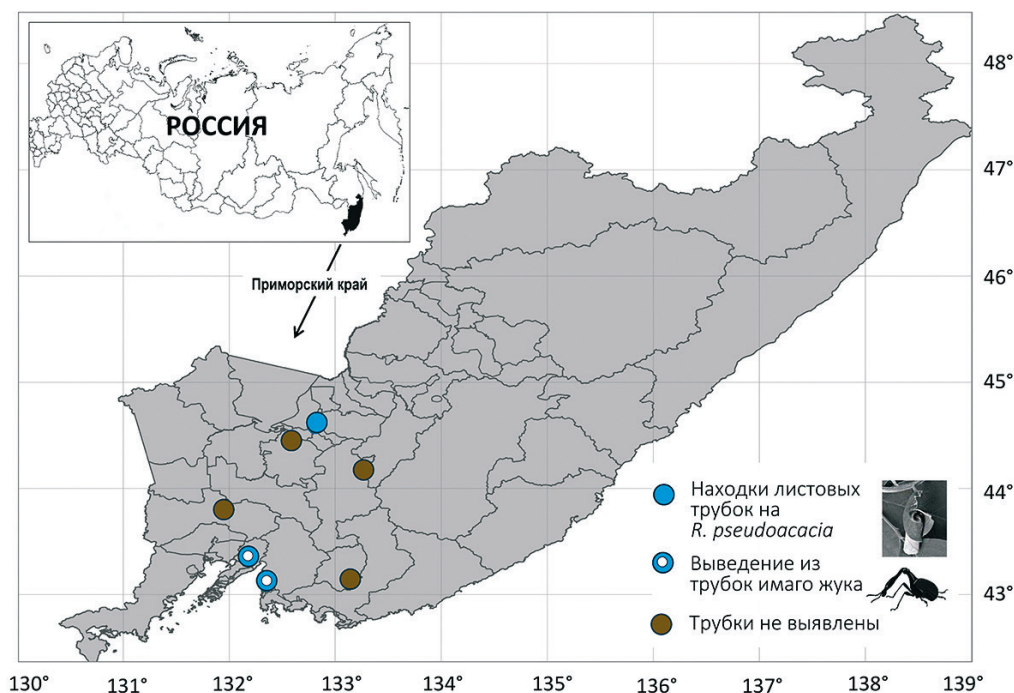


Рис. 1. Точки находок повреждений трубковерта *Cynotrachelodes cyanopterus* на листьях *Robinia pseudoacacia* в Приморском крае в июне – октябре 2024 г.

выведена самка жука, 25.07.2024 (em.), Акулов Е.Н., Легалов А.А. (leg.); г. Большой Камень, 43°07' с. ш. 132°21' в. д., 50 м н.у.м, 1 трубка на *R. pseudoacacia*, 03.08.2024, Ефременко А.А. (coll.), из 1 трубки выведен самец жука, 23.08.2024 (em.), Акулов Е.Н., Легалов А.А. (leg.); г. Спасск-Дальний, 44°36' с. ш., 132°49' в. д., 93 м н.у.м, 1 трубка на *R. pseudoacacia*, 04.08.2024, Коляда Н.А. (coll.).

Распространение вида. Вид встречается в Северо-Восточной Азии – в России (юго-восток Забайкальского края, юг Амурской области, Еврейская автономная область, юг Хабаровского и Приморского краев), а также в Китае, Корее и Японии [Легалов, 2005a, 2009; Legalov, 2020; Alonso-Zarazaga et al., 2023].

Кормовые растения. В качестве кормового растения вида известна лишь леспедеца двуцветная, *Lespedeza bicolor* Turcz. (Fabaceae) [Тер-Минасян, 1950]. Наши находки листовых трубок на *R. pseudoacacia* в Приморском крае и успешное выведение из них имаго свидетельствуют о новой трофической связи аборигенного жука с североамериканским растением. Учитывая филогенетическое родство привычного кормового растения жука (леспедецы) и нового (робинии) – оба из сем. Бобовые (Fabaceae), – новая трофиче-

ская связь вполне закономерна. Единичные находки повреждений на *R. pseudoacacia* в Приморском крае в 2024 г. и отсутствие фактов выявления характерных повреждений на этом растении в прежние годы (несмотря на долгосрочный мониторинг насаждений растения в крае) свидетельствуют о том, что эта трофическая связь между местным видом жука и чужеродным видом растений является совсем недавней в России. В 2004 г. жук также был выведен А.А. Легаловым из листовых трубок с *R. pseudoacacia* в окрестностях г. Пекин (Китай) (неопubl. данные). Для других стран Северо-Восточной Азии (Корея, Япония), в которые *R. pseudoacacia* была также в своё время интродуцирована, сведений о развитии *C. cyanopterus* на этом чужеродном растении нами в литературе не найдено.

Биология. Процесс приготовления самкой *C. cyanopterus* будущего места для развития потомства описан в работе А.Б. Егорова [1992]. Самки делают из листочков как лево, так и правозакрученные трубки, которые остаются висеть на ветке кормового растения и после отрождения имаго [Егоров, 1992]. В Приморском крае в трёх вышеуказанных локалитетах (рис. 1, 2, А, Б) нами было выявлено пять плотных правозакрученных листовых трубок цилиндрической формы на ли-

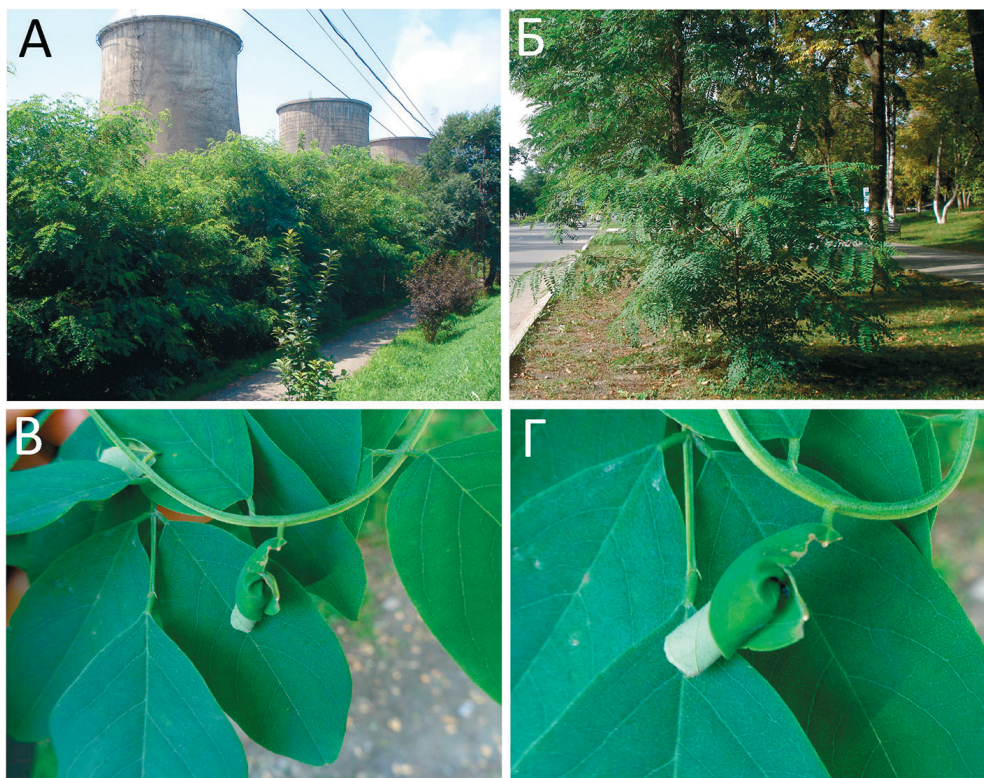


Рис. 2. Местообитания и повреждения трубочек *Cynotrachelodes cyanopterus* на *Robinia pseudoacacia* в Приморском крае в июне – октябре 2024 г.: А – внешний вид насаждения робинии вдоль пешеходной дорожки в г. Артём; Б – отдельно растущее молодое дерево робинии в г. Спасск-Дальний; В, Г – трубки из листочков. Фото: Коляда Н.А.

стях верхушечных побегов *R. pseudoacacia*. Каждая трубка была сформирована из отдельного листочка сложного листа (рис. 2, В,

Г). Длина трубки составляла 8–9 мм, диаметр 5–6 мм.

В лабораторных условиях из двух листовых трубок было выведено два жука (самец и самка) (рис. 3). Время от момента сбора трубок в природе до выхода имаго составило около двух недель.

Потенциальный вред и дальнейшее распространение. Изготовление трубок оказывает определённое воздействие на растение-хозяина: жук подгрызает листочки, что приводит к утрате тургора, а сами трубки со временем усыхают. Однако при низкой численности трубочек такие повреждения не существенны и не влияют на общее состояние растения. А.Б. Егоров (1992) отмечал наличие десятков трубок в зарослях *Lespedeza bicolor*. На *R. pseudoacacia* нами пока были обнаружены лишь единичные трубки. Благополучное освоение местным трубочек нового кормового растения может способствовать увеличению его численности в Приморском крае. В таком случае можно ожидать более заметные повреждения робинии. Насколько это повлияет на состояние насаждений робинии, будет ли это приводить к угнетению

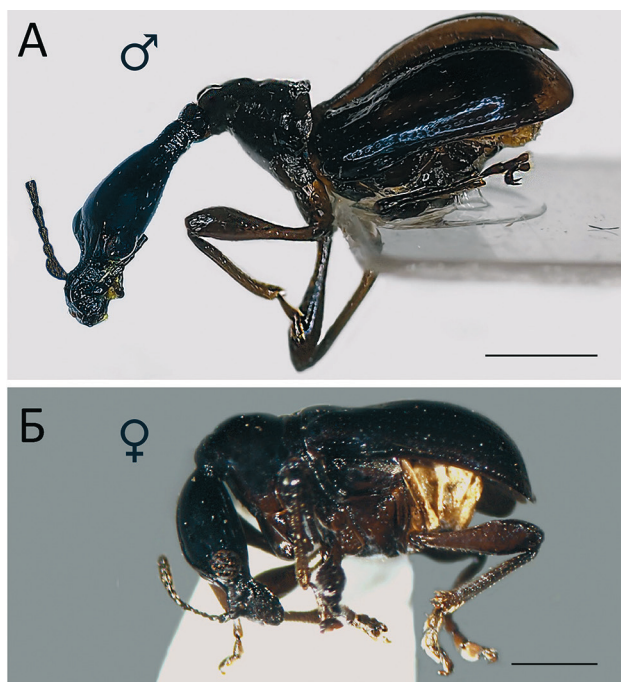


Рис. 3. Имаго трубочек *Cynotrachelodes cyanopterus*, выведенные из листовых трубок на *Robinia pseudoacacia* в Приморском крае в 2024 г.: А – самец (антенны случайным образом были обломаны); Б – самка. Фото: А – Кириченко Н.И., Б – Акулов Е.Н.

роста растения, пока сложно сказать. Для этого потребуются дальнейшие наблюдения за динамикой численности трубноверта. Сформированная аборигенным трубновертом новая трофическая связь с интродуцированным растением – представителем североамериканской флоры – должна учитываться при исследовании вопросов дальнейшего распространения нового консумента робинии на её родину – в Северную Америку.

Заключение

Благодаря регулярному мониторингу насаждений растений-интродуцентов на юге Дальнего Востока – в Приморском крае – выявлена новая трофическая связь трубноверта *C. cyanopterus* с североамериканским робинией ложноакациевой *R. pseudoacacia*, широко используемой в озеленении региона. В 2024 г. находки повреждений трубноверта были единичными: в совокупности было обнаружено всего пять листовых трубок, из которых удалось вывести две взрослых особи жука. Если *R. pseudoacacia* окажется неустойчивой к новому консументу, последний сможет заметно нарастить свою численность в Приморском крае. Требуется дальнейшее изучение распространения *C. cyanopterus* с учётом новой трофической связи, а также оценки потенциала трубноверта массово размножаться на новом кормовом растении.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме «Интродукция, экология и охрана флоры и фауны юга Дальнего Востока России» (шифр научной темы 0207-2024-0021, № 124012200183-8) и в рамках государственного задания (FWES-2024-0029) Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Красноярск) [полевые и лабораторные исследования, предварительное определение вида жука].

Литература

- Азарова Н.А. Долгоносики-трубноверты (Coleoptera, Attelabidae) Курильских островов // Энтомологическое обозрение. 1974. Т. 53. С. 783–790.
- Азарова Н.А. Материалы к фауне и экологии некоторых видов жуков трубновертов (Coleoptera, Attelabidae) Приморского края // В сб.: Новые сведения о насекомых Дальнего Востока. Владивосток, 1981. С. 36–42.
- Азарова Н.А., Купянская А.Н. Долгоносики-трубноверты (Coleoptera, Attelabidae) в городских и пригородных насаждениях Приморского края // Роль насекомых в лесных биогеоценозах Приморья. Труды Биолого-почвенного института. 1972. Нов. сер. Т. 7 (110). С. 139–149.
- Борзенкова Т.Г., Цыренова Д.Ю. Чужеродные древесные растения в озеленении города Хабаровска // Социально-экологические технологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 121–137.
- Васильюк В.К., Врищ Д.Л., Журавков А.Ф. и др. Озеленение городов Приморского края. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. 513 с.
- Виноградова Ю.К., Антонова Л.А., Дарман Г.Ф., Девятова Е.А., Котенко О.В., Кудрявцева Е.П., Лесик (Аистова) Е.В., Марчук Е.А., Николин Е.Г., Прокопенко С.В., Рубцова Т.А., Хорева М.Г., Черныгина О.А., Чубарь Е.А., Шейко В.В., Крестов П.В. Чёрная книга флоры Дальнего Востока: инвазионные виды растений в экосистемах Дальневосточного Федерального Округа. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 510 с.
- Гниненко Ю.И., Главендекич М. Рекомендации по выявлению белоакациевой листовой галлицы *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman) (Diptera, Cecidomyiidae). М.: Пушкино, 2010. 23 с.
- Дюкин С. Жуки-трубноверты Уссурийского края (из дневника) // Русск. энтомол. обозрение. 1915. Т. 15, вып. 3. С. 392–412.
- Егоров А.Б. Особенности поведения жуков-трубновертов (Coleoptera, Attelabidae) в процессе приготовления пищи для потомства // Чтения памяти А.Н. Куренцова. Вып. 1–2. Владивосток, 1992. С. 64–101.
- Егоров А.Б. Сем. Attelabidae – Трубноверты // Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 3. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 3. Владивосток: Дальнаука, 1996. С. 216–230.
- Коляда Н.А. К уточнению границ вторичных ареалов североамериканских потенциально инвазионных видов древесных растений на юге Дальнего Востока России // Сибирский лесной журнал. 2021. № 1. С. 68–76.
- Коляда Н.А. Эколого-биологическая оценка североамериканских древесных растений в озеленении юга Дальнего Востока России // Вестник ИРГСХА. 2022. № 4 (111). С. 89–98.
- Коляда Н.А. Распространение вредителей *Robinia pseudoacacia* на юге Дальнего Востока России // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54, № 8. С. 59–66.
- Кузнецов В.Н., Стороженко С.Ю. Инвазии насекомых в наземные экосистемы Дальнего Востока России // Рос. журн. биол. инваз. 2010. № 1. С. 12–18.
- Легалов А.А. Новая классификация экологических групп ринхитид и трубновертов (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) // Евразийский энтомологический журнал. 2004. Т. 3, № 1. С. 43–45.
- Легалов А.А. Новые и интересные находки жуков трубновертов (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) фауны

- России // Животный мир Дальнего Востока: сборник научных трудов. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2005а. Вып. 5. С. 47–54.
- Легалов А.А. Жуки-трубковерты (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) мировой фауны (морфология, филогения, систематика, экология): автореф. дис. ... докт. биол. наук. Новосибирск. 2005б. 42 с.
- Легалов А.А. Аннотированный список жуков ринхитид и трубковертов (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) фауны России // Труды Русского энтомологического общества. СПб., 2006. Т. 77. С. 200–210.
- Легалов А.А. Жуки-трубковерты (Coleoptera, Rhynchitidae, Attelabidae) Еврейской автономной области // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 324. С. 372–375.
- Малышева С.К. Перспективы использования восточно-азиатских видов растений в ландшафтном дизайне Приморского края // Вестник КрасГАУ. 2020. № 11 (164). С. 18–23.
- Масляков В.Ю., Ижевский С.С. Инвазии растительно-ядных насекомых в европейскую часть России. М.: ИГРАН, 2011. 289 с.
- Насекомые – вредители сельского хозяйства Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1995. 276 с.
- Павлова Н.С. Сем. 83. Бобовые – Fabaceae Lindl. s.l. (Leguminosae Juss.) // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 4. Л.: Наука, 1989. С. 191–339.
- Тер-Минасян М.Е. Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Т. 27, вып. 2: Долгоносики-трубковерты (Attelabidae). М.; Л.: АН СССР, 1950. 231 с.
- Alonso-Zarazaga M.A., Barrios H., Borovec R., Bouchard P., Caldara R., Colonnelli E., Gültekin L., Hlaváč P., Korotyaev B., Lyal C.H.C., Machado A., Meregalli M., Pierotti H., Ren L., Sánchez-Ruiz M., Sforzi A., Silfverberg H., Skuhrovec J., Trýzna M., Velázquez de Castro A.J., Yunakov N.N. 2023. Cooperative catalogue of Palearctic Coleoptera Curculionoidea. 2nd Edition // Monografías electrónicas. Vol. 14. 780 p.
- Kirichenko N.I., Kolyada N.A., Gomboc S. First Discovery of the North American leaf-mining moth *Chrysaster ostensackenella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Russia: the genetic diversity of a novel pest in invaded vs. native range // Insects. 2023. 14 (7). P. 642.
- Kirichenko N.I., Kolyada N.A., Kosheleva O.V. Ongoing invasion and first parasitoid record of the North American leaf-mining moth *Chrysaster ostensackenella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Primorsky Territory (Russia) // Acta Biologica Sibirica. 2024. T. 10. С. 561–582.
- Legalov A.A. Leaf-rolling weevils (Coleoptera: Rhynchitidae, Attelabidae) of the world fauna. Novosibirsk: Agro-Siberia. 2007. 523 pp.
- Legalov A.A. Revised checklist of weevils (Coleoptera: Curculionoidea excluding Scolytidae and Platypodidae) from Siberia and the Russian Far East // Acta Biologica Sibirica. 2020. Vol. 6. P. 437–549. <https://doi.org/10.3897/abs.6.e59314>
- Roy D., Alderman D., Anastasiu P., Arianoutsou M., Augustin S., Bacher S., Başnou C., Beisel J., Bertolino S., Bonesi L., Bretagnolle F., Chapuis J.L., Chauvel B., Chiron F., Clergeau P., Cooper J., Cunha T., Delipetrou P., Desprez-Loustau M., Détaint M., Devin S., Didžiulis V., Essl F., Galil B.S., Genovesi P., Gherardi F., Gollasch S., Hejda M., Hulme P.E., Josefsson M., Kark S., Kauhala K., Kenis M., Klotz S., Kobelt M., Kühn I., Lambdon P.W., Larsson T., Lopez-Vaamonde C., Lorvelec O., Marchante H., Minchin D., Nentwig W., Occhipinti-Ambrogi A., Olenin S., Olenina I., Ovcharenko I., Panov V.E., Pascal M., Pergl J., Perglová I., Pino J., Pyšek P., Rabitsch W., Rasplus J., Rathod B., Roques A., Roy H., Sauvard D., Scalera R., Shiganova T.A., Shirley S., Shwartz A., Solarz W., Vilà M., Winter M., Yésou P., Zaiko A., Adriaens T., Desmet P. & Reyserhove L. 2020: DAISIE – Inventory of alien invasive species in Europe. Version 1.7. – Research Institute for Nature and Forest (INBO). Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/ybwd3x> [Last accessed 10/5/2021].

A NEW TROPHIC ASSOCIATION BETWEEN THE NATIVE LEAF-ROLLING WEEVIL *CYCNOTRACHELODES CYANOPTERUS* (MOTSCHULSKY, 1861) (COLEOPTERA, ATTELABIDAE) AND THE NORTH AMERICAN BLACK LOCUST IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST

© Kolyada N.A.^{1*}, Efremenko A.A.², Akulov E.N.³, Legalov A.A.^{4,5}, Kirichenko N.I.^{2,3,6**}

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 100-Let Vladivostoku Ave. 159, Vladivostok, 690022, Russia

²Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Akademgorodok 50/28, 660036 Krasnoyarsk, Russia

³All-Russian Plant Quarantine Center (VNIIKR), Krasnoyarsk branch, st. Zhelyabova, 6/6, 660020 Krasnoyarsk, Russia

⁴Institute of Systematics and Ecology of Animals, SB RAS, Frunze Street, Novosibirsk, 630091, Russia

⁵Tomsk State University, Lenina Prospekt, 634050, Tomsk, Russia

⁶Siberian Federal University, Institute of Ecology and Geography, 79 Svobodny pr., Krasnoyarsk, 660041, Russia
email: *kolyada18@rambler.ru, **nkirichenko@yahoo.com

A new trophic association between the leaf-rolling weevil *Cycnotrachelodes cyanopterus* (Motschulsky, 1861) and the North American woody plant *Robinia pseudoacacia* L. has been documented in the Primorsky Territory (south of the Russian Far East) for the first time. This plant is widely used as an ornamental in settlements throughout the study area. In the towns of Artem, Bolshoy Kamen and Spassk-Dalny, fine leaf-lets rolled into tubes with larvae feeding inside were found. The paper gives a brief overview of biology and ecology of the leaf-rolling weevil, illustrates the leaf damage as well as male and female adults reared under laboratory conditions. If the plant lacks resistance to this new consumer, an increase in the population density of *C. cyanopterus* can be expected in Primorsky Territory. Further research is needed to monitor the spread of *C. cyanopterus* and to assess its potential impact on the new host plant.

Keywords: native leaf-rolling weevil, alien host plant, *Robinia pseudoacacia*, new trophic relationship, Primorsky Territory.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОНТО-КАСПИЙСКИХ АМФИПОД *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* (SARS, 1894) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ВОЛГИ, КАМЫ И ДОНА

© 2025 г. Курина Е.М.

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, 119071, Россия
e-mail: ekaterina_kurina@mail.ru

Поступила в редакцию 29.01.2025. После доработки 23.03.2025. Принята к публикации 11.05.2025

В статье представлены результаты исследований 2009–2023 гг. экологических характеристик чужеродного вида амфипод *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) в водных объектах Волги, Камы и Дона. Показано, что *P. robustoides* распространён по волжскому и камскому каскаду водохранилищ, регистрируется в Воронежском водохранилище, а также расселился в притоки Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского водохранилищ. Частота встречаемости *P. robustoides* в отмеченных водоёмах составляет в среднем 10–20%, в реках встречается единично в основном в нижнем течении. Средняя биомасса *P. robustoides* в водохранилищах не превышала 0.2 г/м², местами вид образует массовые скопления до 10.3 г/м². Установлено, что в условиях водохранилищ Волги и Камы вид демонстрирует высокую экологическую пластичность, чтобы освоить разные местообитания: пески и илы с растительными остатками и глиной, заросли высших водных растений, углубления погруженных в воду предметов. В работе рассмотрено воздействие природных факторов среды (температура придонного слоя воды, pH, глубина, прозрачность, растворённый кислород) на встречаемость *P. robustoides*. Также показано, что в водохранилищах вид чаще всего встречается с некоторыми (в том числе чужеродными) видами брюхоногих моллюсков, а также всеядными более мелкими видами амфипод и мизидами. В обследованных реках три самых крупных вида амфипод *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), *D. haemobaphes* (Eichwald, 1841) и *P. robustoides* часто встречались вместе, а их взаимодействие является примером сопряжённой инвазии.

Ключевые слова: амфиподы, *Pontogammarus robustoides*, р. Волга, р. Кама, экологические характеристики, экоморфы.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-096-105

Введение

Pontogammarus robustoides (Sars, 1894) – широко распространённый вид амфипод в водоёмах Палеартики, начиная с 60-х годов XX века был отмечен в устьевых участках многих крупных рек: Волга, Терек, Кура, Кубань, Дон, Днепр, Днестр, Дунай, а также в озёрах бассейна Чёрного моря [Дедю, 1980; Jazdzewski, 1980]. К концу XX в. *P. robustoides* расселилась по течению крупных европейских рек (Висла, Одра, Неман, Эльба), проникнув и во многие озёра и водохранилища в их бассейне [Bij de Vaate et al., 2002]. С начала XXI века бокоплав продолжает распространение на север и запад, обнаружен в бассейне Балтийского моря [Arbačiauskas, 2002; Berezina, Panov, 2003; Grabowskyi et al., 2007, и др.] и в Ладожском озере [Kurashov, Barbashova, 2008; Курашов и др., 2012].

Распространение *P. robustoides* вверх по р. Волга впервые зарегистрировано в верхнем участке Куйбышевского водохранилища в 2001 г. [Яковлев, Яковлева, 2007], позднее вид распространился по всему бассейну Средней и Нижней Волги [Зинченко и др., 2008; Яковлева, Яковлев, 2010; Курина, 2014; 2025; Филинова, 2021, и др.], в 2019 г. впервые отмечен в Рыбинском водохранилище (Верхняя Волга) [Перова, 2022]. В литературе указывается на негативное влияние *P. robustoides* на аборигенные виды макрозообентоса, а также на более мелкие виды амфипод Понто-Каспийского комплекса [Gumuliauskaite, Arbačiauskas, 2008; Bij de Vaate et al., 2002]. В результате он определён как вид с высоким уровнем воздействия и занесён в «чёрный список» видов для внутренних водоёмов и водотоков Европы [Panov et al., 2009].

Амфиподы играют значительную роль в процессах самоочищения водоёмов, могут составлять основу питания некоторых ценных промысловых рыб и водоплавающих птиц [Дедю, 1980; Любина, Саяпин, 2008]. Массовое развитие амфипод в прибрежных биоценозах способствует переработке труднодоступного детрита и обогащению грунтов органическими веществами, доступными для других консументов, что может увеличивать продуктивность донных сообществ и запасов рыб [Березина, Максимов, 2016].

Среди биологических характеристик, способствующих успешному вселению амфипод *P. robustoides* в континентальные водоёмы Европы, отмечают раннее половое созревание, очень высокую плодовитость, эврифагию [Van der Velde et al., 2000; Grabowskyi et al., 2007; Курина, 2014]. Так, отмечено, что самки *P. robustoides* откладывают большее количество яиц, чем самки других видов того же размера [Bacela, Конораска, 2005; Курина, 2017]. *P. robustoides* отнесены к всеядным-собираателям+хватателям, меняющим свой способ и объекты питания в процессе развития. Взрослые особи этих видов активные хищники, способные снижать численность сосуществующих с ними видов бентоса, а молодь и особи среднего размера потребляют водоросли и детрит [Березина, Максимов, 2016]. Среди взрослых особей отмечены также случаи каннибализма [Абдулмеджидов, Исрапов, 2009]. Также отмечено, что при вселении в новые местообитания *P. robustoides* становятся менее хищны, чем в водоёме-доноре [Corilaş-Ciocianu, 2024].

Целью настоящей работы являлось выявление обилия амфипод *P. robustoides* (Sars, 1894), а также его экологических характеристик: предпочитаемые биотопы, встречаемость с другими видами, отношение к глубине, минерализации, температуре воды, содержанию растворённого кислорода, pH и другим факторам среды в водных объектах Волги и Камы.

Материалы и методы

Материалом послужили пробы амфипод, полученные в ходе экспедиционных исследований 2009–2023 гг. макро- и нектозообентоса

глубоководных участков (> 8 м), свала глубин (3–8 м) и мелководной зоны водоёмов (< 3 м). Обследованы незарегулированный участок р. Волга от г. Волгоград до г. Астрахань (2016 г., 17 проб), вся акватория Волгоградского (2010–2016 гг., 40 проб), Саратовского (2009–2023 гг., 108 проб), Куйбышевского (2009–2016 гг., 148 проб), Чебоксарского (2016 г., 20 проб), Горьковского (2016 г., 35 проб) водохранилищ.

Всего в водных объектах волжского каскада отобрано 368 проб. Летом 2016 г. исследованы амфиподы по всей акватории водохранилищ камского каскада (Нижекамское, Воткинское и Камское) (55 проб). В 2018 г. обследована прибрежная зона Воронежского водохранилища в районе г. Воронеж (Средний Дон) на 10 станциях. Отбор проб амфипод проведён также на 50 станциях средних рек полупустынной зоны Еруслан и Торгун (впадают в Ерусланский залив Волгоградского водохранилища) и малых водотоков бассейна р. Еруслан от истока до устья в июне – июле 2015–2017 гг. Сбор амфипод в реках лесостепной и степной зоны Большой Черемшан, Уса, Сок, Байтуган, Самара, Чапаевка, Большой Иргиз производили от истока до устья в период мониторинговых исследований 2009–2018 гг. (всего 77 проб). Также проанализирован обширный архивный материал лаборатории экологии малых рек по встречаемости амфипод в реках Волжского бассейна. Координаты станций, на которых обнаружены амфиподы *P. robustoides*, представлены в табл. 1.

Также включены данные ежемесячных круглогодичных сборов ракообразных в 2012 г. на стационарной станции в районе с. Мордово Саратовского водохранилища на песчаном мелководье (ст. 1, глубина до 1 м) и свале глубин на песках с растительными остатками (4–6 м) (ст. 2, общее число проб 30).

Количественные пробы отбирали дночерпателем Экмана–Берджа с площадью захвата дна 1/40 м² и 1/25 м² по два подъёма на станции и дночерпателем ДАК-100 с площадью захвата дна 1/100 м² по восемь подъёмов на станции.

Качественные пробы отбирали гидробиологическим скребком с длиной ножа 20 см и

Таблица 1. Местоположение станций обнаружения *P. robustoides* в исследованных водных объектах

Станция отбора пробы	Дата	Координаты
<i>Чебоксарское водохранилище</i>		
Остров Сомовский	06.06.2016	56.150982, 45.741220
с. Емангаши	07.08.2016	56.250080, 46.226370
<i>Куйбышевское водохранилище</i>		
г. Зеленодольск	04.09.2016	55.831021, 48.621850
с. Васильево	08.08.2009	55.812589, 48.756553
Устье р. Свияга	25.08.2015	55.736113, 48.617498
с. Камские Поляны	02.09.2016	55.462680, 51.408350
	11.06.2024	55.464682, 51.431837
г. Чистополь	19.08.2016	55.377400, 50.585700
г. Лаишево	10.08.2009	55.291855, 49.631896
Устье р. Большой Черемшан (Черемшанский залив)	18.07.2011	54.005311, 49.180340
Убежище Сенгилей	14.08.2009	53.960911, 48.797040
с. Подвалье	14.08.2009	53.711492, 48.965071
	05.09.2015	53.686056, 48.839953
с. Ягодное	14.08.2009	53.653647, 49.024386
	24.07.2010	53.585277, 49.004394
	06.09.2015	53.620894, 49.023065
г. Тольятти	08.06.2009	53.472187, 49.332005
	29.06.2012	53.472179, 49.332426
	20.08.2015	53.472393, 53.332764
Устье р. Уса, правый берег	17.08.2012	53.340340, 49.371691
д/о Голубая Гавань (Усинский залив)	16.08.2012	53.282612, 49.016640
	16.08.2012	53.271435, 49.018438
<i>Саратовское водохранилище и притоки</i>		
с. Бахилова Поляна	15.06.2009	53.455646, 49.675450
	08.04.2016	53.439089, 49.659770
Устье р. Сок	27.06.2011	53.417183, 50.140471
	27.06.2011	53.417700, 50.143042
Напротив с. Брусяны	23.06.2010	53.188731, 49.379545
р. Самара (12 км от устья)	19.06.2013	53.179796, 50.302391
р. Самара у г. Самара	19.06.2013	53.166883, 50.201179
г. Октябрьск	18.06.2009	53.146568, 48.669774
	26.06.2011	53.146403, 48.652622
с. Мордово	23.09.2009	53.132419, 49.519580
	29.07.2011	53.131658, 49.509548
	22.08.2015	53.139587, 49.427118
г. Сызрань	18.06.2009	53.119047, 48.549750
	23.06.2010	53.128820, 48.561840
	26.06.2011	53.080060, 48.482884
Устье р. Чапаевка	17.06.2013	53.102079, 49.760318
с. Приволжье	26.06.2011	52.847651, 48.549203
с. Ивановка	21.06.2009	52.427540, 48.129569
Устье р. Малый Иргиз	23.09.2023	52.237404, 47.999064
с. Богородское	21.06.2009	52.190607, 47.865635
г. Балаково	22.06.2009	52.078547, 47.838110
	29.06.2010	52.114330, 47.898030
	25.06.2011	52.139580, 47.951888
<i>Волгоградское водохранилище и притоки</i>		
р. Большой Иргиз у г. Пугачёв	23.07.2014	51.988615, 48.855386
Остров Воскресенский	24.06.2011	51.787733, 46.881070
г. Саратов	24.06.2011	51.515422, 46.050611

с. Ровное	23.06.2011	50.755899, 46.018903
Устье р. Еруслан (Ерусланский залив)	21.06.2015 25.06.2016	50.301676, 46.224566 50.299121, 46.239127
р. Торгун	21.06.2015	50.022367, 46.781904
Устье р. Оленья	22.06.2011	49.171428, 44.889400
Незарегулированный участок р. Волга от г. Волгоград до г. Астрахань		
с. Ветлянка	15.06.2016	47.619200, 46.671420
п. Стрелецкое	17.06.2016	46.458681, 47.972563
Нижнекамское водохранилище		
с. Никола-Березовка	31.08.2016	56.127443, 54.142421
с. Красный Бор	01.09.2016	55.879223, 53.083491
р. Белая	21.08.2016	55.914803, 53.538404
Воткинское водохранилище		
г. Оса	23.08.2016	57.330103, 55.551714
г. Чайковский	22.08.2016	56.870204, 54.090901
Воронежское водохранилище		
п. Рыбачий (г. Воронеж)	10.06.2018	51.753214, 39.232620

драгой с длиной ножа 40 см (размер ячеи 0.23 мм). Сбор и обработка материала проведены с применением стандартных гидробиологических методов [Руководство..., 1992; Баканов, 2000].

Во время экспедиционных исследований определялись также некоторые гидрологические показатели участков водохранилищ (глубина, скорость течения), описывался состав грунта и определялся тип биотопа. Для измерения физико-химических показателей использовали полевые аналитические приборы: температуры и pH воды – Hanna pH Tester 98127, содержания растворённого кислорода – Hanna Oximeter HI 9146, общего содержания солей – Kelilong RHS-28ATC.

В 2023–2024 гг. для уточнения видовой принадлежности амфипод *P. robustoides*, отловленных в Саратовском водохранилище, использовали молекулярно-генетический анализ. Геномную ДНК выделяли из мышечной ткани с помощью набора innuPREP DNA Micro Kit (AnalitikJena, Германия). Маркер гена митохондриальной цитохромоксидазы мтДНК COI амплифицировали с использованием универсальных праймеров LCO1490 (5'-GGTCAACAATCATAAAGATATTGG-3') и HC02198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3') в стандартных условиях протокола [Folmer et al., 1994]. Продукты ПЦР секвенировали с помощью генетического анализатора ABI 3500 (Applied Biosystems, Waltham, MA, USA) и BigDye 3.1 (Applied

Biosystems, Waltham, MA, USA) с прямым и обратным праймерами. Набор данных выровненных последовательностей маркеров гена мтДНК COI длиной ~620 пар оснований, использованных в исследовании, были получены из базы данных GenBank (NCBI).

Результаты исследований и обсуждение

Сравнительный анализ с последовательностями фрагмента гена COI, размещёнными в GeneBank, показал, что последовательности, принадлежащие *Pontogammarus robustoides*, из Саратовского водохранилища идентичны последовательностям гаплотипа AY189509.1 из Каспийского моря на 98.2% и AY529046.1 из дельты Волги на 96%.

Чужеродные амфиподы *P. robustoides* отмечены во всех изученных нами Волжских и Камских водохранилищах, а также в Воронежском водохранилище (Средний Дон), за исключением Камского и Горьковского (см. табл. 1). Однако из литературы известно о его находках в Рыбинском водохранилище (Верхняя Волга) [Перова, 2022], что, вероятно, говорит об успешном расселении вида по всему каскаду водохранилищ Средней и Нижней Волги. *P. robustoides* отмечен также на значительном расстоянии от устьевых участков обследованных притоков р. Волга – рек Большой Черемшан, Уса, Сок, Самара, Чапаевка, Большой Иргиз, Еруслан, Торгун (рис. 1). Частота встречаемости *P. robustoides* в Волжских и Камских водохранилищах со-

ставляет 10–20%, наибольшего развития амфиподы достигают в Нижнекамском водохранилище – 43%. В изученных реках вид встречается единично в основном в нижнем течении. Средняя биомасса *P. robustoides* в водохранилищах не превышала 0.2 г/м², местами вид образует массовые скопления до 1.7 г/м² в Нижнекамском водохранилище и 3.4 г/м² в нижнем течении р. Волга. В реках степной зоны биомасса достигала 10.3 г/м², в реках полупустынной зоны – 7.4 г/м².

В Каспийском море *P. robustoides* описан как обитатель жёстких грунтов [Атлас..., 1968]. Однако в условиях водохранилищ Волги и Камы амфиподы демонстрируют высокую экологическую пластичность, чтобы освоить разные (в том числе малонаселённые глинистые) типы грунта. Так, вид обитает на песках (индекс биотопической приуроченности 0.4), на илах с растительными остатками (0.4) и глиной (0.3), практически не встречается на камнях с гравием (–0.8) и чистых илах (–1.0). В Каспийском море вид обитает в зоне заплёска воды, где способен зарываться в грунт для защиты от хищников [Сейдалиева и др., 2016]. Такая стратегия поведения позволила отнести *P. robustoides* к роющим экоморфам [Copilaş-Ciocianu, Sidorov, 2022]. Вместе с тем в водохранилищах частота встречаемости *P. robustoides* в зарослях высших водных растений, а также в углублениях погруженных в воду дерновинах и других предметах достигает 50%, в реках – 85%. Использование в качестве убежищ коряг и погруженных дерновин также наблюдалось в водотоках Белоруссии [Pontogammarus..., 2025]. Такой тип поведения характерен для ползающих и цепляющихся экоморф амфипод.

Как было отмечено, *P. robustoides* в Каспийском море обитает в прибрежье, в ев-

ропейских реках наиболее многочислен в верхней литоральной зоне на глубине более 3 м [Arbačiauskas, 2005], однако, когда температура воды опускается ниже 5 °С, этот вид мигрирует в более глубокие воды [Berezina et al., 2005]. В волжских и камских водохранилищах вид обитает как на мелководьях, так и на различных глубинах до 26 м, в реках преимущественно в прибрежье, где скорость течения значительно ниже, чем в русловой части реки. В лабораторных экспериментах было показано, что *P. robustoides* никогда не предпочитал течение стоячей воде, но мог оставаться в потоке 10 см/с без поведенческих изменений [Kobak et al., 2017]. Это объясняет также отсутствие *P. robustoides* в малых реках.

Максимальная переносимость температуры воды вида составляет > 24 °С [Bacela, Koporacka, 2005], в наших исследованиях встречен до 24.7 °С, однако, вероятно, способен выдерживать и более высокие температуры. Так, в аномально жаркий 2010 г. на прибрежных станциях Саратовского водохранилища, где температура воды достигала 28 °С, встречались другие амфиподы и мизиды.

P. robustoides описывается как вид, обитающий в солоноватой воде [Grabowski, Bacela, 2005], и как эвригалинный пресноводный вид [Дедю, 1980]. Уровень минерализации в изученных водоёмах и водотоках характеризуется большим разбросом значений и высокими максимумами (122–16000 мг/л), однако *P. robustoides* не встречается при минерализации выше 371 мг/л (табл. 2). Вместе с тем из литературы известно о способности вида выживать в водах с гораздо более высокой солёностью – до 17 г/л в Балтийском море [Dobrzycka-Krahel, Surowiec, 2011].

Таблица 2. Гидрологические и гидрохимические характеристики мест обитания *Pontogammarus robustoides*

Показатель	Водоохранилища	Реки
рН	7.7–8.6	6.6–8.3
Температура воды у дна, °С	7.0–23.3	7.0–24.7
Глубина, м	0.5–26.0	0.2–4.0
Прозрачность, м	0.5–2.4	0.2–2.7
Растворённый кислород у дна, мг/л	5.2–12.8	4.1–9.8
Минерализация, мг/л	122–300	270–371

Летальная минимальная концентрация кислорода для *P. robustoides* была определена как 0.2–0.4 мг/л, самый низкий уровень кислорода, переносимый любым из понто-каспийских амфипод-вселенцев в Балтийском море [Дедю 1980; Berezina et al., 2005]. В наших исследованиях *P. robustoides* (как и другие виды амфипод) не отмечен при концентрации кислорода ниже 4.1 мг/л. Ранее было показано, что плотность популяции *P. robustoides* положительно коррелирует с площадью поверхности водоёма [Arbačiauskas, 2005], что может быть объяснено также возможностью миграции из гипоксических зон в зоны с более высоким содержанием кислорода.

P. robustoides отмечен в водах с максимальными и минимальными значениями pH и прозрачности, характерными для изученных водоёмов и водотоков, таким образом эти факторы не являются лимитирующими при распространении амфипод.

Как и большинство амфипод Понто-Каспийского и Понто-Азовского комплекса, *P. robustoides* в большинстве случаев не образует ценологических связей с другими видами [Курина, 2025]. В изученных водохранилищах в прибрежье в зарослях высших водных растений вид встречается с брюхоногими *Bithynia tentaculata* (Linné, 1758) и *Lithoglyphus naticoides* (Preiffer, 1828), с которыми, вероятно, связан только общностью занимаемых ими биотопов. На песчаных грун-

тах *P. robustoides* регистрировался чаще всего в бассейне Волгоградского водохранилища с более мелкими псаммофильными амфиподами *Stenogammarus dzjubani* Mordukhay-Boltovskoy et Ljakhov, 1972, и *Obesogammarus obesus* (Sars, 1896), а на свале глубин – с *Chaetogammarus warpachowskyi* (Sars, 1894) и *Paramysis ullskyi* Czerniavsky, 1882. Все эти виды относят к эврифагам, использующим в пищу детрит поверхностного слоя грунта, неорганические частицы, фитопланктон и зоопланктон, а также отмерших животных и растения [Максимова, 1958; Монаков, 1998].

Несмотря на то что более мелкие виды амфипод сосуществуют с *P. robustoides* на обширных песчаных участках Волгоградского водохранилища и его притоков, исследования, проведённые на постоянных станциях Саратовского водохранилища в районе с. Мордово, показали, что численность видов амфипод *P. robustoides* и *S. dzjubani*, а также *P. robustoides* и *Ch. warpachowskyi* отрицательно коррелирует (коэффициент корреляции Пирсона $r = -0.06$ и -0.19 соответственно). Так, за весь период наблюдений с апреля по ноябрь на двух станциях с разными условиями (глубина, грунты) *P. robustoides* и *S. dzjubani* не встречались вместе ни в одной из проб, а с *Ch. warpachowskyi* – лишь в 15% проб только в летний период (рис. 1, 2). Ранее также было показано, что *Chaetogammarus ishnus* избегает совместных обитаний с крупными

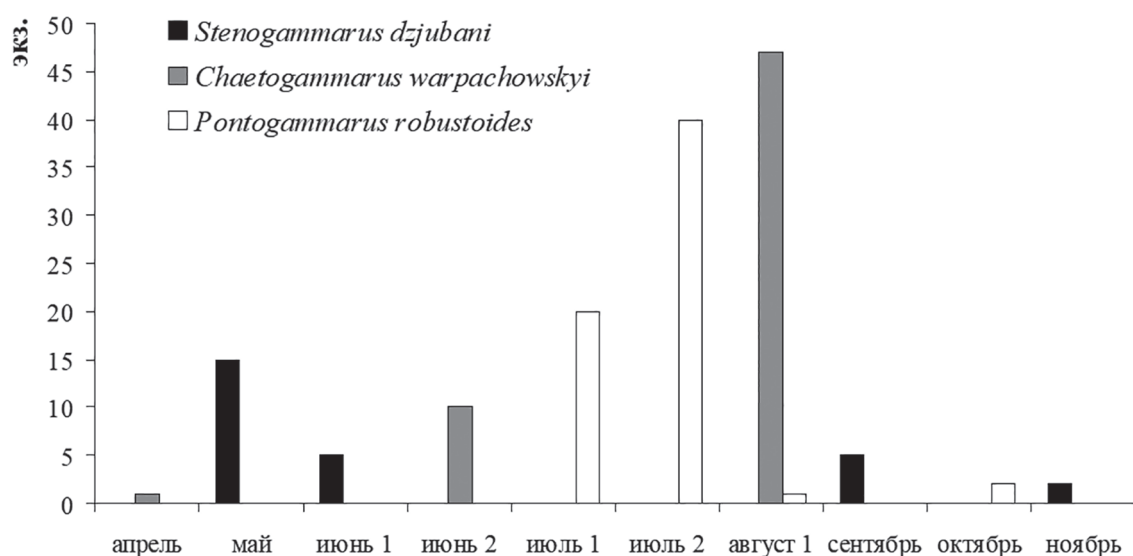


Рис. 1. Сезонная динамика численности амфипод *Stenogammarus dzjubani*, *Chaetogammarus warpachowskyi* и *Pontogammarus robustoides* на песчаном прибрежье (глубина до 1 м) в Саратовском водохранилище в районе с. Мордово в 2012 г. Пустые пробы (без особей какого-либо вида отмеченных амфипод) были исключены из рисунка.

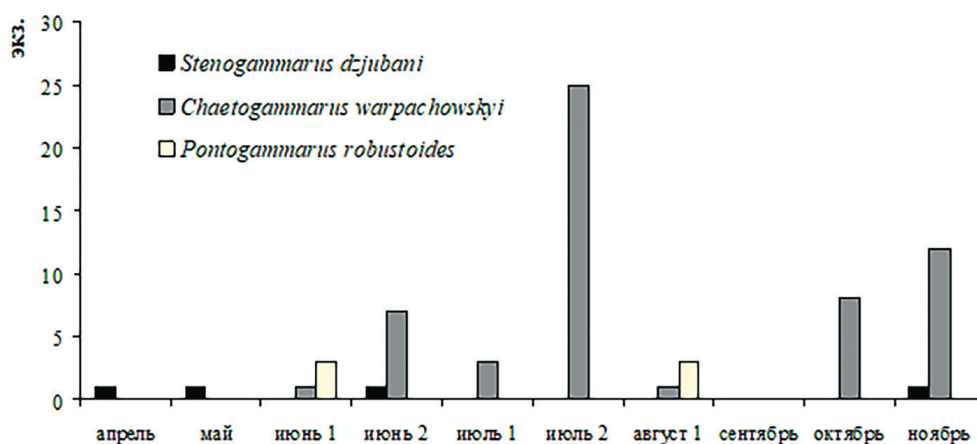


Рис. 2. Сезонная динамика численности амфипод *Stenogammarus dzjubani*, *Chaetogammarus warpachowskyi* и *Pontogammarus robustoides* на свале глубин (4–6 м) в Саратовском водохранилище в районе с. Мордово в 2012 г. Пустые пробы (без особей какого-либо вида отмеченных амфипод) были исключены из рисунка.

экземплярами особей *P. robustoides*, однако сосуществует с более мелкими экземплярами, размер тела которых не превышает максимальный размер тела *Ch. ishnus* [Żytkowicz, Kobak, 2008]. В наших исследованиях зависимости совместной встречаемости *P. robustoides* с *Ch. warpachowskyi* и *S. dzjubani* от размеров тела не выявлено.

В обследованных реках три самых крупных вида амфипод *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), *D. haemobaphes* (Eichwald, 1841) и *Pontogammarus robustoides* часто встречались вместе. Ранее было показано, что эти виды (наряду с *Pandorites platycheir* (Sars, 1896) и амфиподами сем. Corophiidae) являются наиболее массовыми по численности и биомассе видами в изученных водоёмах и водотоках [Курина, 2025]. Из литературы известно, что в реках Европы *P. robustoides* вытесняет *D. haemobaphes* в условиях отсутствия течения, но при наличии течения *D. haemobaphes* восстанавливает своё доминирование [Jazdzewski et al., 2002]. Расселение этих видов в водоёмах Европы является примером сопряжённой инвазии, а их конкурентные взаимодействия оказывают существенное воздействие на скорость распространения инвазионных видов гаммарид [Kobak et al., 2016].

Вывода

Понто-Каспийские амфиподы *Pontogammarus robustoides* широко распространены в водоёмах и водотоках Европейской части

России: они расселились по всему каскаду водохранилищ Средней и Нижней Волги, проникли в их притоки, в Нижнекамское и Воткинское водохранилища, в р. Дон распространились, по крайней мере, до Воронежского водохранилища. Частота встречаемости *P. robustoides* в водохранилищах составляет в среднем 10–20%, в реках встречается единично в основном в нижнем течении. Средняя биомасса *P. robustoides* в водохранилищах не превышает 0.2 г/м², местами вид образует массовые скопления до 10.3 г/м². Вид расширил распространение по глубинам акватории водохранилищ по сравнению с водоёмом-донором; обитает на различных грунтах: песках, илах с растительными остатками и глиной, практически не встречается на камнях с гравием и в чистых илах. Чаще всего *P. robustoides* обитает в зоне заплёска воды на песках, в зарослях высших водных растений, а также в углублениях погруженных в воду предметов. Таким образом, вид демонстрирует разные типы поведения, характерные для роющих, ползающих и цепляющихся экроморф амфипод.

В водохранилищах *P. robustoides* чаще всего обитает обособленно от других видов ракообразных, однако в прибрежье и на свале глубин может встречаться с некоторыми (в том числе чужеродными) видами брюхоногих, а также всеядными более мелкими видами амфипод и мизидами. Вместе с тем выявлено, что численность видов амфипод *P. robustoides* и *S. dzjubani*, а также *P. robustoides*

и *Ch. warpachowskyi* коррелирует отрицательно. В обследованных реках три самых крупных вида амфипод *Dikerogammarus villosus*, *D. haemobaphes* и *P. robustoides* часто встречались вместе, а их взаимодействие является примером сопряжённой инвазии.

P. robustoides обитает в широком градиенте экологических факторов, таких как минерализация, глубина, растворённый кислород у дна, температура придонного слоя воды. Наравне с биологическими характеристиками такая экологическая пластичность делает вид одним из самых инвазионно активных Понто-Каспийских видов в водоёмах и водотоках Палеартики.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 23-14-00128.

Конфликт интересов

Автор подтверждает отсутствие конфликта интересов и то, что в работе были использованы животные в качестве объектов исследования с соблюдением применимых этических норм.

Литература

Абдулмеджидов А.А., Исрапов И.М. Высшие ракообразные пресных вод Дагестана. Махачкала, 2009. 112 с.

Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Пищ. пром-ть, 1968. 416 с.

Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоёмов // Биол. внутр. вод. 2000. № 1. С. 68–83.

Березина Н.А., Максимов А.А. Количественные характеристики и пищевые предпочтения бокоплавов (Crustacea: Amphipoda) в восточной части Финского залива Балтийского моря // Журнал СФУ. Биология. 2016. № 4. С. 409–426. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-2016-9-4-409-426>

Дедю И.И. Амфиподы пресных и солоноватых вод Юго-Запада СССР. Кишинев: Штиинца, 1980. 223 с.

Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Загорская Е.П., Антонов П.И. Распределение инвазионных видов в составе донных сообществ Куйбышевского водохранилища: анализ многолетних исследований // Известия СНЦ РАН. 2008. Т. 10, № 2. С. 547–558.

Курашов Е.А., Барбашова М.А., Барков Д.В., Русанов А.Г., Лаврова М.С. Инвазивные амфиподы как фактор трансформации экосистемы Ладожского озера // Российский журнал биологических инвазий. 2012. № 2. С. 87–104.

Курина Е.М. Высшие ракообразные (Malacostraca, Arthropoda) в реках Волга и Кама // Биол. внутр. вод. 2025. Т. 17, № 1. С. 113–121.

Курина Е.М. Чужеродные виды амфипод (Amphipoda, Gammaridea) в составе донных сообществ Куйбышевского и Саратовского водохранилищ: особенности распространения и стратегий жизненных циклов // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10, № 2. С. 69–80.

Курина Е.М. Чужеродные виды донных сообществ Куйбышевского и Саратовского водохранилищ: состав, распространение и биология массовых видов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2014. 24 с.

Любина О.С., Саяпин В.В. Амфиподы (Amphipoda, Gammaridea) из различных географических районов: видовой состав, распределение, экология // отв. ред. Г.Г. Матишов. Апатиты: КНЦ РАН, 2008. 182 с.

Максимова Л.П. Питание беспозвоночных, вселённых в Цимлянское водохранилище из низовьев Дона // Изв. ВНИОРХ. 1958. № 45. С. 317–326.

Монаков А. В. Питание пресноводных беспозвоночных. М., 1998. 319 с.

Перова С. Н. Первая находка *Pontogammarus robustoides* в Рыбинском водохранилище // Биология внутренних вод. 2022. № 5. С. 604–607. <https://doi.org/10.31857/S0320965222050205>

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Сейдалиева Л.К., Волкова И.В., Егорова В.И., Сокольский А.Ф. Солёность и характер грунта как факторы, определяющие состояние бентоса Северного Каспия // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 300.

Филинова Е.И. Вселенцы в макрозообентосе Саратовского водохранилища Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тез. докл. Междунар. науч. конф. Севастополь: Изд-во ФИЦ ИнБЮМ РАН, 2021. С. 193–194.

Яковлев В.А., Яковлева А.В. Современные инвазии бентосных вселенцев в Куйбышевском и Нижнекамском водохранилищах // Естественные и инвазийные процессы формирования биоразнообразия водных и наземных экосистем: тез. докл. Междунар. науч. конф. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2007. С. 342–343.

Яковлева А.В., Яковлев В.А. Современная фауна и количественные показатели инвазионных беспозвоночных в зообентосе верхних плёсов Куйбышевского водохранилища // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 2. С. 97–111.

Arbačiauskas K. Ponto-Caspian amphipods and mysids in the inland waters of Lithuania: history of introductions, current distribution and relations with native malacostracans // Invasive Aquatic Species of Europe. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 2002. P. 104–115.

Arbačiauskas K. The distribution and local dispersal of Ponto-Caspian Peracarida in Lithuanian fresh waters with

- notes on *Pontogammarus robustoides* population establishment, abundance and impact // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2005. Vol. 34, No 1. P. 93–111.
- Bacela K., Konopacka A. The life history of *Pontogammarus robustoides*, an alien amphipod species in Polish waters // Journal of Crustacean Biology. 2005. Vol. 25, No 2. P. 190–195.
- Berezina N.A., Panov V.E. Establishment of new gammarid species in the eastern Gulf of Finland (Baltic Sea) and their effects on littoral communities // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Biology Ecology. 2003. Vol. 52, No 3. P. 284–304.
- Berezina N., Golubkov S., Gubelit J. Grazing effects of alien amphipods on macroalgae in the littoral zone of the Neva Estuary (Eastern Gulf of Finland, Baltic Sea) // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2005. Vol. 34, No 1. P. 63–82.
- Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H.A.M, Gollasch S., Van der Velde G. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrates species in Europe // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2002. Vol. 59. P. 1159–1174. <https://doi.org/10.1139/f02-098>
- Copilaș-Ciocianu D., Sidorov D. Taxonomic, ecological and morphological diversity of Ponto-Caspian gammaroidean amphipods: A review // Organisms Diversity and Evolution. 2022. Vol. 22, No 2. P. 285. <https://doi.org/10.1007/s13127-021-00536-6>
- Copilaș-Ciocianu, D., Garbaras, A., Šidagytė-Copilas E. Invasive Ponto-Caspian amphipods are less carnivorous outside their native range // Limnology and Oceanography. 2024. Vol. 69. P. 1984–1996. <https://doi.org/10.1002/lno.12638>
- Dobrzycka-Kraheil A., Surowiec J. Osmoregulation in *Pontogammarus robustoides* (G.O. Sars, 1894) (Amphipoda) and its distribution in the brackish waters of northern Poland // Crustaceana. 2011. Vol. 84, No 14. P. 1755–1767.
- Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R, Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit 1 from diverse metazoan // Molecular marine biology and biotechnology. 1994. Vol. 3. P. 294.
- Grabowski M., Bacela K. First finding of the Ponto-Caspian gammarid species *Pontogammarus robustoides* and *Dikerogammarus haemobaphes* (Crustacea: Amphipoda) in the post-glacial lake of the Vistula valley // Lauterbornia. 2005. Vol. 55. P. 107–111.
- Grabowskyi M., Bącela K., Konopacka A. How to be an invasive gammarid (Amphipoda: Gammaroidea) – comparison of life history traits // Hydrobiologia. 2007. Vol. 590. P. 75–84.
- Gumuliauskaite S., Arbačiauskas K. The impact of the invasive Ponto-Caspian amphipod *Pontogammarus robustoides* on littoral communities in Lithuanian lakes // Hydrobiologia. 2008. Vol. 599. P. 127–134. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9209-8>
- Jazdzewski K. Range extensions of some gammaridean species in European inland waters caused by human activity // Crustaceana. 1980. Suppl. 6. P. 84–107.
- Jazdzewski K., Konopacka A., Grabowski M. Four Ponto-Caspian and one American gammarid species (Crustacea. Amphipoda) recently invading Polish water // Contributions to Zoology. 2002. 71. P. 115–122.
- Kobak J., Jermacz Ł., Marcińczyk J. Bartoszyńska E., Rutkowska D., Pawłowska K. Abiotic factors affecting habitat selection by two invasive gammarids *Dikerogammarus villosus* and *Pontogammarus robustoides* // Hydrobiologia. 2017. Vol. 797. P. 247–263 <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3185-4>
- Kobak J., Rachalewski M., Bącela-Spychalska K. Conquerors or exiles? Impact of interference competition among invasive Ponto-Caspian gammarideans on their dispersal rates // Biological Invasions. 2016. Vol. 18. P. 1953–1965. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1140-3>
- Kurashov E.A., Barbashova M.A. First record of the invasive Ponto-Caspian amphipod *Pontogammarus robustoides* G.O. Sars, 1894 from Lake Ladoga, Russia // Aquatic Invasions. 2008. Vol. 3, No 2. P. 253–256. <https://doi.org/10.3391/ai.2008.3.2.18>
- Panov V.E., Alexandrov B., Arbaciauskas K., Binimelis R., Copp G.H., Grabowski M., Lucy F., Leuven R.S., Nehring S., Paunović M., Semenchenko V., Son M.O. Assessing the risks of aquatic species invasions via European inland waterways: from concepts to environmental indicators // Integrated Environmental Assessment and Management. 2009. Vol. 5 (1). P. 110–126. https://doi.org/10.1897/ieam_2008-034.1
- Pontogammarus robustoides* G. O. Sars, 1894. Available online: <https://crustacea-g2n.mozello.com/amphipoda/pontogammarus-robustoides>. Accessed on 27.01.2025.
- Van der Velde G., Rajagopal S., Kelleher B., Musko I.B., Bij de Vaate A. Ecological impact of crustacean invaders: General considerations and examples from the Rhine River // In: The Biodiversity Crisis and Crustacea. Proceedings of the fourth International Crustacean congress. Eds.: I. C. Von Vaupel Klein, F. R. Schram. Crustacean Issues 3. Brookfield. Balkema. Rotterdam. 2000. P. 3–33.
- Żytkowicz J., Kobak J. Relationships between the occurrence of *Chaetogammarus ischnus* (Stebbing, 1898) and *Pontogammarus robustoides* (G.O. Sars, 1894) (Crustacea, Amphipoda) in a lowland Polish dam reservoir // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2008. Vol. 37, No 2. P. 39–50. <https://doi.org/10.2478/v10009-007-0050-1>

ECOLOGICAL FEATURES OF PONTO-CASPIAN AMPHIPODS *PONTOGAMMARUS ROBUSTOIDES* (SARS, 1894) IN WATER BODIES OF THE VOLGA, KAMA AND DON RIVERS

© 2025 Kurina E.M.

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071, Russia
e-mail: ekaterina_kurina@mail.ru

The paper presents the results of 2009–2023 studies of ecological characteristics of the amphipod *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) in water bodies of the Volga, Kama and Don rivers. It is shown that *P. robustoides* is distributed throughout the Volga and Kama cascade of reservoirs, is registered in the Voronezh reservoir, and has also dispersed into tributaries of the Kuibyshev, Saratov and Volgograd reservoirs. The frequency of occurrence of *P. robustoides* in reservoirs averages to 10-20%; in rivers it occurs sporadically, mainly in their lower reaches. The average biomass of *P. robustoides* in reservoirs did not exceed 0.2 g/m², in some places the species forms mass accumulations up to 10.3 g/m². It was found that in the conditions of the Volga and Kama reservoirs the species demonstrates high ecological plasticity to master different habitats: sands and silts with plant remains and clay, thickets of higher aquatic plants, depressions of objects submerged in water.

The paper considers the impact of natural environmental factors (bottom water temperature, pH, depth, transparency, dissolved oxygen) on the occurrence of *P. robustoides*. It is also shown that in reservoirs the species is most often found with some (including alien) species of gastropod mollusks, as well as omnivorous smaller species of amphipods and mysids. In the surveyed rivers, the three largest amphipod species *Dikerogammarus villosus*, *D. haemobaphes* and *P. robustoides* often occurred together, and their interaction is an example of conjugate invasion.

Key words: amphipods, *Pontogammarus robustoides*, Volga River, Kama River, ecological characteristics, ectomorphs.

ОСВЕЩЁННОСТЬ, ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, ПРОЕКТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО И МОХОВОГО ЯРУСОВ В ЗАРОСЛЯХ *SORBARIA SORBIFOLIA* (L.) A. BRAUN (ROSACEAE)

©2025 Липихина Ю.А., Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н., Веселкин Д.В.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, 620144, 8 Марта 202, Россия
e-mail: lipikhina_ya@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 17.01.2025. После доработки 02.05.2025. Принята к публикации 15.05.2025

Способность образовывать сильно сомкнутые заросли – характерная особенность многих чужеродных растений, обуславливающая их потенциал становиться трансформерами. Исследовано влияние инвазионного кустарника *Sorbaria sorbifolia* на изменение освещённости, влажности почвы, проективного покрытия травяно-кустарничкового и мохового ярусов в направлении от края зарослей рябинника к их центру. От края к центру зарослей на порядок увеличивался суммарный объём побегов *S. sorbifolia* на единицу площади. Различия освещённости под пологом *S. sorbifolia* между краевыми ($30-69 \times 10^2$ лк) и центральными ($2.5-10 \times 10^2$ лк) участками зарослей также были значительными и достигали порядка величин. Проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохового ярусов от периферии к центру зарослей значимо уменьшалось, а на большинстве площадок в центре зарослей травянистые растения и эпигейные мхи полностью отсутствовали. Таким образом, формирование густого полога *S. sorbifolia* запускало последовательность реакций, начинающихся со снижения освещённости и ведущих к снижению проективного покрытия травяно-кустарничкового и мохового ярусов. Это подтверждает статус *Sorbaria sorbifolia* как трансформера и хорошо соответствует данным о сильном влиянии клональных инвазионных растений на естественную растительность.

Ключевые слова: инвазионные растения, клональные растения, затенение, средопреобразующее воздействие, микроклимат.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-106-115

Введение

Способность образовывать сильно сомкнутые заросли или сообщества – характерная особенность многих чужеродных растений, обуславливающая их потенциал становиться трансформерами [Dickson et al., 2012; Vilà et al., 2015]. Это показано для *Acer negundo* L. [Porté et al., 2011; Veselkin et al., 2021], *Berberis thunbergii* DC. [Ehrenfeld, 1999], *Cornus sericea* L. [Charles-Dominique et al., 2010], *Elaeagnus umbellata* Thunb. [Brantley, Young, 2010], *Heracleum sosnowskyi* Manden. [Dalke et al., 2015], *Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim. [Deering, Vankat, 1999], *Parthenocissus inserta* (A.Kern.) Fritsch и *Vinca minor* L. [Panasenko, Anishchenko, 2018]. Особенно выражена способность к формированию сомкнутых сообществ с высоким уровнем доминирования у растений с клональным ростом. При этом под кронами инвазионных растений с кло-

нальным ростом разнообразие аборигенных сообществ снижается больше, чем под кронами инвазионных растений других форм роста [Liu et al., 2006; Vilà et al., 2015].

Sorbaria sorbifolia (L.) A. Braun – кустарник с высокой побегообразующей активностью [Аксенов, Аксенова, 2000], удобный объект для изучения экологических особенностей клональных чужеродных растений. В разных сводках *S. sorbifolia* указывается или как трансформер [Панасенко, 2013], или как чужеродный вид без статуса трансформера [Виноградова и др., 2010; Третьякова, 2016]. По нашим оценкам [Veselkin et al., 2020, 2022], в лесопарках Екатеринбурга *S. sorbifolia* проявляет свойства вида-трансформера, под его густыми кронами создаётся сильное затенение [Veselkin et al., 2022], что приводит к избирательному изменению состава аборигенных сообществ. Из видов разных жиз-

ненных форм в зарослях рябинника сильнее всего снижались богатство трав и доли сцио-гелиофитов (*Carex montana*, *Galium boreale* и др.) и ксеромезофитов (*Pteridium latiusculum*, *Saussurea controversa* и др.); соотношение видов с разной ценотической приуроченностью не изменялось [Veselkin et al., 2020]. Также под кронами рябинника существенно сокращалось γ -разнообразие травяно-кустарничкового яруса: в периферийных частях зарослей *S. sorbifolia* этот показатель в 1.2 раза ниже, а в центральной части – в 3.2 раза ниже, чем в окружающих лесных фитоценозах [Veselkin et al., 2020]. В центре зарослей *S. sorbifolia* 2/3 видов травяно-кустарничкового яруса – это обычные виды окружающих лесных сообществ, среди которых наибольшее постоянство имеют *Fragaria vesca*, *Galium boreale*, *Maianthemum bifolium*, *Melica nutans*. Эти же виды, а также ряд других отмечены с высоким постоянством как в периферийных частях зарослей *S. sorbifolia*, так и в ценофлоре окружающих лесных сообществ: *Calamagrostis arundinacea*, *Carex digitata*, *C. montana*, *Fragaria vesca*, *Galium boreale*, *Geranium sylvaticum*, *Luzula pilosa*, *Maianthemum bifolium*, *Melica nutans*, *Orthilia secunda*, *Pteridium latiusculum* и др. Кроме того, в центральных и периферийных частях зарослей *S. sorbifolia* различается степень трансформации состава аборигенных сообществ: в центре зарослей видовое богатство сообществ было почти в 8 раз меньше, а на периферии – в 2 раза меньше, чем в окружающих лесных фитоценозах [Veselkin et al., 2020]. Следовательно, степень трансформации местных растительных сообществ обусловлена или непосредственно силой средопреобразующего воздействия клонально растущего *S. sorbifolia* (предполагая, что в центре зарослей выше фитомасса *S. sorbifolia* и скоррелированная с фитомассой степень перехвата ресурсов), или/и длительностью воздействия *S. sorbifolia* (предполагая, что в центре зарослей эффекты от его присутствия начали проявляться раньше и длиться дольше, чем на периферии зарослей). Таким образом, отдельные наблюдения и закономерности хорошо согласуются между собой и позволяют предположить, что трансформация светового режима, т.е. силь-

ное затенение в зарослях *S. sorbifolia*, – это вероятный механизм, с помощью которого реализуется средопреобразующее воздействие *S. sorbifolia*. В настоящей работе мы исследуем взаимосвязь между структурой зарослей *S. sorbifolia* и трансформацией абиотических параметров и компонентов живого напочвенного покрова. Цель работы – анализ изменения освещённости под пологом *Sorbaria sorbifolia*, влажности почвы, проективного покрытия травяно-кустарничкового и мохового ярусов, во-первых, по мере продвижения от края зарослей *S. sorbifolia* к их центру, во-вторых, в зависимости от объёма побегов *S. sorbifolia* на единицу площади заросли. Таким образом, мы исследуем единый градиент возрастания средопреобразующего воздействия *S. sorbifolia*, характеризуя его двумя разными параметрами.

Материал и методика

Район. Данные собраны в южно-таёжной подзоне бореальной зоны Среднего Урала (Россия) на территории г. Екатеринбург – крупного города с населением 1.5 млн человек. Климат умеренно континентальный, средняя температура +3.0 °C, января –12.6 °C, июля +19.0 °C, годовая сумма осадков 537 мм. В окрестностях города преобладают сосновые травяные, травяно-кустарничковые и зеленомошные леса [Куликов и др., 2013] на дерново-подзолистых почвах и бурозёмах. Исследования проведены в лесопарках «Уктусский» и «Юго-Западный». Преобладающая растительность на их территориях – остатки условно-коренных относительно одновозрастных лесов из *Pinus sylvestris* L., возникших до начала городской застройки, с деревьями основного поколения 90–120 лет.

Для лесопарка «Уктусский» характерны сосновые леса с проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса 70–85% с высоким обилием типичных лесных и опушечно-лесных видов (*Calamagrostis arundinacea*, *Vaccinium myrtillus*, *Brachypodium pinnatum*, *Carex digitata*, *Pteridium latiusculum*, *Rubus saxatilis*) и кустарничковым ярусом с покрытием 1–50% с аборигенными *Rosa acicularis*, *R. majalis*, *Rubus idaeus* и чужеродными *Cotoneaster lucidus*, *Ribes alpinum*

и др. В травяном ярусе сосновых лесов лесопарка «Юго-Западный», проективное покрытие которого 40–90%, доминируют опушечно-лесные *Calamagrostis arundinacea*, *Carex montana* и рудерально-лесные нитрофилы *Glechoma hederacea*, *Aegopodium podagraria*, *Urtica dioica*. Общая черта сообществ обоих лесопарков – выраженный ярус высоких кустарников и деревьев второй величины с присутствием большого числа чужеродных видов [Золотарева и др., 2012; Веселкин и др., 2018; Веселкин, Коржиневская, 2018].

Рябинник рябинолистный – инвазионный вегетативно-подвижный кустарник [Серебряков, 1964; Мазуренко, Хохряков, 1977] из семейства Rosaceae, известен как лекарственное растение, активно применяется в китайской и японской медицине [Kim, Zee, 2000]. В надземной части и корнях *Sorbaria sorbifolia* обнаружены катехины, метилированные и ацетилированные производные флавонов, флавонолов, флаванолов и фенолкарбоновых кислот, которые проявляют иммуномодулирующую, гепатопротекторную и противоопухолевую активность [Карпова, Полякова, 2009]. Рябинник обладает фитонцидной активностью [Кочергина, Дарковская, 2009].

Природный ареал рябинника рябинолистного охватывает Сибирь, Дальний Восток, Камчатку, Японию, Корею, Китай и Центральную Азию [Флора СССР, 1939; Флора Сибири, 1988]. Растёт вдоль болот, рек, в лесах. Во вторичном ареале считается инвазионным видом [Виноградова и др., 2010; Jurševska, 2007; Dobravolskaitė, Gudžinskas, 2011; Лукаткин, Хапугин, 2018] или трансформером [Панасенко, 2013]. На Среднем Урале отнесён к видам, расселяющимся в нарушенных местообитаниях, которые в дальнейшем смогут внедриться в естественные сообщества [Третьякова, 2016]. Граница естественного ареала *S. sorbifolia* проходит в 1–1.5 тыс. км восточнее Екатеринбурга.

В Екатеринбурге рябинник массово используется в озеленении с конца 50-х гг. [Федосеева, Благодаткова, 2011]. В настоящее время в лесопарках Екатеринбурга, как правило, под пологом сосновых лесов обнаружены десятки отдельных зарослей (локали-

тетов) протяжённостью в десятки – первые сотни метров.

Измерения. Исследования проведены в июле 2022 г. Исследованы три отдельные, т.е. пространственно разобщённые, заросли *S. sorbifolia*: две – в лесопарке «Уктусский» (обозначение – 1, 2), одна – в лесопарке «Юго-Западный» (обозначение – 3). Координаты зарослей: 1 – 56.77100 с.ш., 60.65396 в.д.; 2 – 56.77562 с.ш., 60.65515 в.д.; 3 – 56.79314 с.ш., 60.55080 в.д. Расстояние от края зарослей до их центра составляло 9, 17 и 14 м соответственно. От края каждой заросли к её центру закладывали трансекты из учётных площадок 50×50 см (0.25 м²). В большинстве случаев, но не всегда, учётные площадки вплотную примыкали друг к другу, т.е. одна сторона была общей для двух соседних площадок. Всего было 64 площадки: в 1-й заросли – 21, во 2-й – 20, в 3-й – 23.

На каждой площадке подсчитывали число побегов *S. sorbifolia*. У каждого побега с точностью до 1 см определяли длину центральной оси: длину вегетативных побегов измеряли от основания до терминальной почки, длину генеративных – от основания до верхушки соцветия наиболее развитого генеративного побега. С помощью штангенциркуля TESA CAL IP 67 измеряли диаметр побега на уровне подстилки. Объём каждого побега определяли по формуле объёма конуса:

$$V = \frac{r^2 \times h \times \pi}{3},$$

где V – объём побега (см³), r – радиус побега (см), h – высота побега (см). Суммированием объёма всех побегов на площадке получали суммарный объём.

На каждой площадке с помощью люксметра ТКА-ПКМ 43 (Научно-техническое предприятие «ТКА», Россия) была измерена освещённость (L) под пологом листьев *S. sorbifolia* на высоте 40 см. На каждой площадке сделано три измерения (с 10:00 до 13:00). Одновременно с измерением освещённости на каждой площадке проводилось измерение влажности верхних 5 см почвы (три измерения) с помощью прибора HH2 Moisturemeter (DeltaT Devices, Великобритания). Всего, таким образом, было 192 измерения освещённости и 192 измерения влажности. На каждой

площадке оценено проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохового ярусов в процентах.

Анализ данных. Использовали подход общих линейных моделей (GLM), когда изменчивость абиотических параметров и признаков живого напочвенного покрова анализировали в зависимости от континуального (расстояние от края заросли или объём побегов *S. sorbifolia* на единицу площади заросли) и дискретного (три разных заросли / трансекты *S. sorbifolia*) предикторов с оценкой взаимодействия между ними. Величину суммы объёма побегов *S. sorbifolia* на площадке 0.25 м² использовали после проведения сглаживания, в ходе которого усредняли оценки объёма побегов на трёх соседних площадках. На основании предварительного определения соответствия варьирования величин нормальному распределению (тест Shapiro-Wilk) принимали решение о логарифмировании (натуральный логарифм, $\ln$). Для расчётов использовали программу JMP [Jones, Sall, 2011]. Значение величин в тексте указано в формате средней арифметической $\pm$ ошибка средней арифметической.

Названия растений даны по WCVP (<https://wcvp.science.kew.org/>).

Результаты

Освещённость, влажность почвы, проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохового ярусов в связи с расстоянием от края до центра зарослей *Sorbaria sorbifolia*. По направлению от краёв к центру зарослей *S. sorbifolia* освещённость под пологом *S. sorbifolia* значительно уменьшалась

(табл. 1; рис. 1, а). В разных зарослях средняя освещённость под пологом рябинника была неодинаковой. На краевых участках трансект значения L были порядка $30\text{--}69 \times 10^2$ лк, в средних частях зарослей – $5\text{--}35 \times 10^2$ лк, а в центральных зонах – $2.5\text{--}10 \times 10^2$ лк. Таким образом, различия в освещённости на уровне почвы между крайними и центральными участками зарослей достигали порядка величин. Влажность почвы в связи с расстоянием от края до центра зарослей *S. sorbifolia* не изменялась, варьируя в диапазоне от 2 до 8% (рис. 1, в).

Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса от периферии к центру зарослей значительно уменьшалось (рис. 1, д). Этот эффект, с одной стороны, был общим для всех зарослей, но, с другой стороны, в разных зарослях он был выражен по-разному. Общий феномен – почти полное или полное отсутствие растений травяно-кустарничкового яруса в центре зарослей, где их проективное покрытие 0–2%, в то время как на краевых участках трансект проективное покрытие было 2–48%. Между разными зарослями проективное покрытие мохового яруса варьировало больше, чем на порядок, – от 0–1% на одной из трансект до 20–30% на другой (рис. 1, ж). Общий статистически значимый эффект заключался в снижении покрытия мхов от края к центру зарослей.

Объём побегов *Sorbaria sorbifolia* в связи с расстоянием от края до центра зарослей. Сглаженная сумма объёма побегов рябинника на площадку от края к центру зарослей значительно увеличивалась (см. табл. 1; рис. 2). Средняя сумма объёма побегов на краевых пло-

Таблица 1. Результаты GLM, оценивающие значимость расстояния от края до центра зарослей *Sorbaria sorbifolia* как фактора изменчивости абиотических параметров и характеристик состояния живого напочвенного покрова

Абиотические параметры и характеристики состояния живого напочвенного покрова	Расстояние ($dF=1$)		Трансекта ($dF=2$)		Расстояние $\times$ трансекта ($dF=2$)		R^2
	F	P	F	P	F	P	
Суммарный объём побегов <i>S. sorbifolia</i>	256.23	<0.0001	46.76	<0.0001	25.94	<0.0001	0.82
Освещённость под пологом	103.80	<0.0001	4.69	0.0129	8.85	0.0004	0.76
Влажность почвы	0.16	0.6892	35.98	<0.0001	0.07	0.9331	0.60
Проективное покрытие:							
- травяно-кустарничкового яруса	99.46	<0.0001	38.48	<0.0001	22.01	<0.0001	0.72
- мохового яруса	11.71	0.0011	16.04	<0.0001	9.99	0.0002	0.70

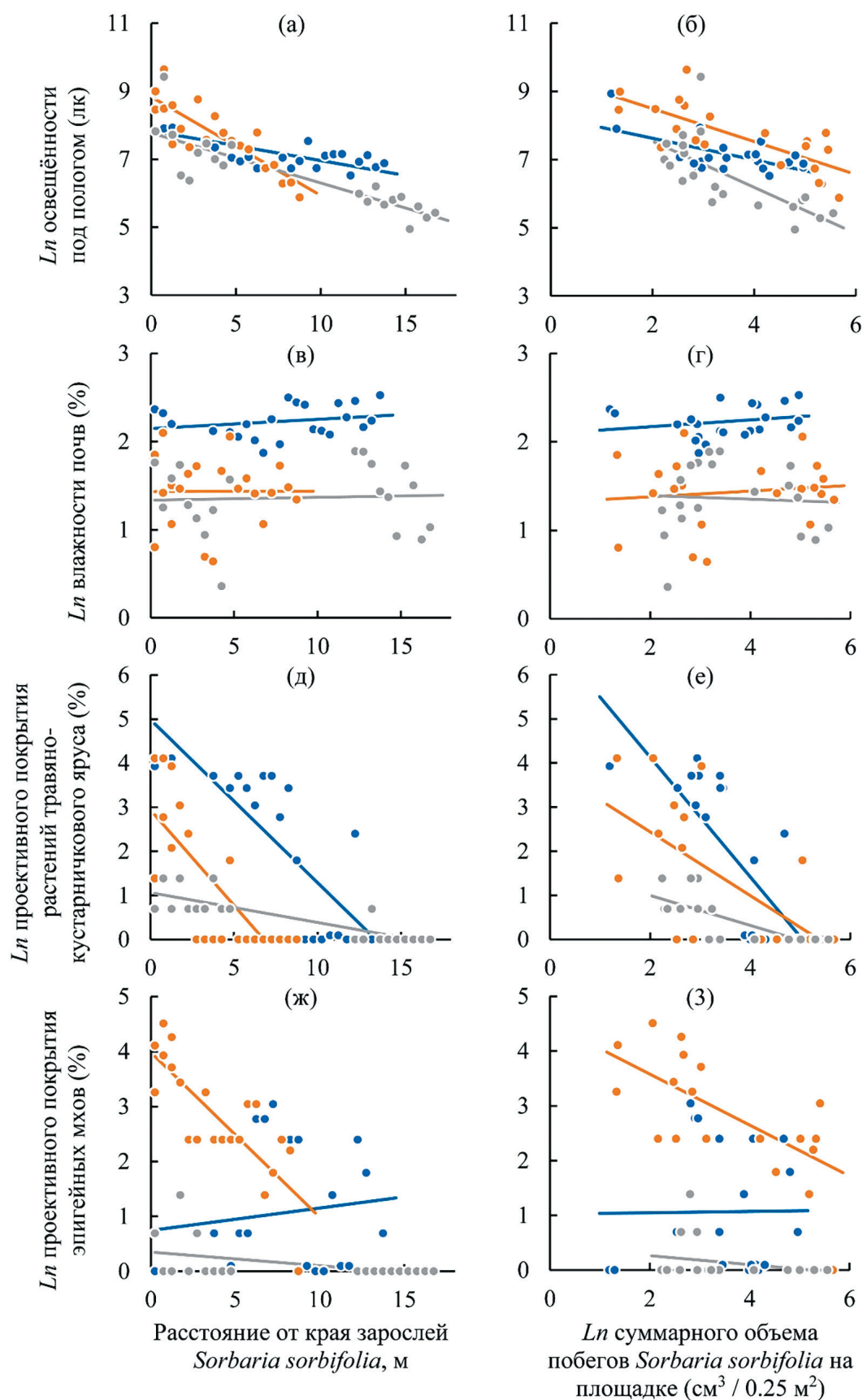


Рис. 1. Освещённость под пологом листьев *Sorbaria sorbifolia* (а, б), влажность почвы (в, г), проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (д, е), проективное покрытие эпигейных мхов (ж, з) в зависимости от расстояния до центра зарослей *Sorbaria sorbifolia* (а, в, д, ж) и в зависимости от сглаженной суммы объёма побегов *Sorbaria sorbifolia* на площадке (б, г, е, з). Цветом обозначены трансекты в разных зарослях: оранжевая трансекта – в 1-й заросли, серая – во 2-й, синяя – в 3-й.

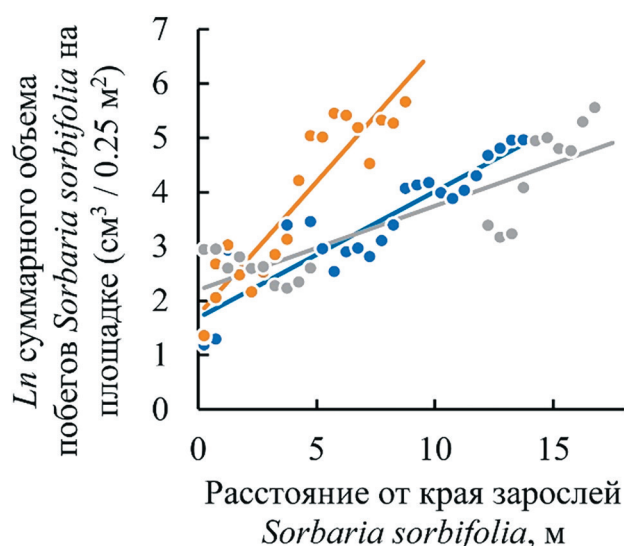


Рис. 2. Сглаженная сумма объёма побегов *Sorbaria sorbifolia* на площадку в зависимости от приближения к центру зарослей. Цветом обозначены трансекты в разных зарослях: оранжевая транsekта – в 1-й заросли, серая – во 2-й, синяя – в 3-й.

щадках трёх трансект была $14 \pm 2 \text{ см}^3 / 0.25 \text{ м}^2$, а на центральных – $159 \pm 16 \text{ см}^3 / 0.25 \text{ м}^2$. То есть на крайних участках исследуемого градиента средообразующего воздействия различия суммы объёма побегов *S. sorbifolia* достигали порядка величин. Общее качество GLM-модели, связывающей объём побегов рябинника с расстоянием от края до центра зарослей, было очень хорошим, что подтверждается высоким значением коэффициента детерминации (в двухфакторном GLM с оценкой взаимодействия между факторами $R^2 = 0.82$).

Освещённость, влажность почвы, проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохового ярусов в связи с объёмом побегов *Sorbaria sorbifolia*. Изменчивость абиотических параметров и характеристик живого напочвенного покрова в связи с объёмом побегов *S. sorbifolia* близко, хотя и не полностью, повторяла изменчивость этих признаков в связи с расстоянием от края до центра зарослей *S. sorbifolia*. При увеличении средообразующего воздействия *S. sorbifolia* освещённость под пологом листьев ожидаемо снижалась (рис. 1, б; табл. 2), но влажность почвы не изменялась (рис. 1, г). Из параметров живого напочвенного покрова с объёмом побегов рябинника оказалось связано только проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса (рис. 1, е), в то время как связь проективного покрытия мохового яруса с объёмом побегов *S. sorbifolia* подтвердить не удалось.

Важно отметить, что общее качество GLM-моделей, связывающих значения абиотических параметров и признаков состояния живого напочвенного покрова с объёмом побегов *S. sorbifolia*, было хуже, чем качество аналогичных моделей, в которых предиктором было расстояние от края до центра зарослей *S. sorbifolia*. Это видно при сравнении величин коэффициентов детерминации, приведённых в таблицах 1 и 2. При использовании в качестве предиктора объёма побегов *S. sorbifolia* для абиотических параметров $R^2 = 0.60–0.62$, для характеристик живого напочвенного покрова $R^2 = 0.64–0.66$. При использовании в качестве предиктора расстояния от края до центра зарослей аналогичные диапазоны составляли $R^2 = 0.60–0.76$ и $R^2 = 0.70–0.72$ соответственно.

Обсуждение

Для характеристики степени средообразующего воздействия *Sorbaria sorbifolia* мы использовали два параметра – расстоя-

Таблица 2. Результаты GLM, оценивающие значимость объёма побегов *S. sorbifolia* на единицу площади заросли как фактора изменчивости абиотических параметров и характеристик состояния живого напочвенного покрова

Абиотические параметры и характеристики состояния живого напочвенного покрова	Объём побегов ($dF=1$)		Трансекта ($dF=2$)		Объём побегов × трансекта ($dF=2$)		R^2
	F	P	F	P	F	P	
Освещённость под пологом	50.68	<0.0001	20.13	<0.0001	1.93	0.1547	0.62
Влажность почвы	0.20	0.6590	43.65	<0.0001	0.23	0.7986	0.60
Проективное покрытие:							
- травяно-кустарничкового яруса	58.20	<0.0001	13.33	<0.0001	6.67	0.0025	0.64
- мохового яруса	3.54	0.0648	52.11	<0.0001	2.87	0.0650	0.66

ние от края зарослей и сумму объёма побегов *S. sorbifolia* на единицу площади (второй параметр – косвенная характеристика фитомассы). Эти параметры тесно связаны между собой и их, разумеется, нельзя рассматривать как независимые. Оба параметра описывают степень воздействия *S. sorbifolia* «здесь и сейчас», т.е. в данном месте и в настоящее время. Вместе с тем оба параметра также косвенно характеризуют длительность средопреобразующего воздействия *S. sorbifolia*. Например, если учётная площадка находится в средней или центральной части заросли рябинника, то на этой площадке не только с большой вероятностью больший объём побегов *S. sorbifolia*, но также продолжительнее средопреобразующее воздействие рябинника. Возраст отдельных побегов *S. sorbifolia* в центральных частях зарослей может достигать 20–25 лет [Lipikhina et al., 2022]. Соответственно, как минимум, столько же, а возможно, дольше длится на таких участках средопреобразующее воздействие *S. sorbifolia*.

Однако, на наш взгляд, между параметрами «расстояние от края зарослей» и «сумма объёма побегов *S. sorbifolia* на единицу площади» есть и очевидные различия. Величина суммы объёма побегов подвержена случайным флуктуациям. Характерный диапазон длины побегов рябинника в центральных частях зарослей 0.8–1.0 м, а максимальная длина до 2.0–2.5 м [Lipikhina et al., 2022]. При средней плотности размещения побегов в центральных частях зарослей 5–6 побегов / 0.25 м², некоторые площадки на наших трансектах не содержали ни одного побега. Это обуславливало большую неоднородность оценок сумм объёма побегов *S. sorbifolia* и использование при расчётах сглаженных значений сумм объёма побегов. Использование сглаженных значений объясняется также тем, что условия на площадке 0.5×0.5 м зависят, очевидно, не только от числа и морфологических особенностей побегов на данной площадке, но также от числа и морфологических особенностей побегов на соседних площадках. Достоинство использования в качестве объясняющего предиктора суммы объёма побегов состоит в том, что его можно считать непосредственной действующей причиной

изменения таких условий, как, например, освещённость. Расстояние же от края заросли – только косвенная характеристика средообразующего воздействия *S. sorbifolia*.

В рассматриваемом градиенте нами не было выявлено изменение влажности почвы, в то время как исследования, проведённые в Финляндии, показали, что влажность почвы в зарослях *S. sorbifolia* выше, чем в контрольных сообществах [Lanta et al., 2015]. В целом сведения об изменении этого параметра под влиянием инвазионных видов противоречивы: так, в зарослях *Melaleuca quinquenervia* влажность почвы ниже, чем на контрольных участках [Martin et al., 2009], так же как и в случае *Prunus laurocerasus* [Rusterholz et al., 2018], а в присутствии *Rhamnus cathartica* – выше [Heneghan et al., 2006].

Установленные изменения абиотических параметров и компонентов живого напочвенного покрова в зависимости от обоих предикторов («расстояние от края зарослей» и «сумма объёма побегов *S. sorbifolia* на единицу площади») близки. Это подтверждает, что признаки «расстояние от края зарослей» и «сумма объёма побегов *S. sorbifolia* на единицу площади» описывают одно и то же явление – средопреобразующее воздействие *S. sorbifolia*, которое становится наиболее сильным и продолжительным в центре зарослей. Зависимость средопреобразующего воздействия от возраста зарослей показана и для других инвазионных кустарников: так, в наиболее старых участках зарослей *Cytisus scoparius* по сравнению с молодыми значительно снижалось видовое богатство и плотность семян в семенном дожде, а также видовое богатство сообщества [Wearne, Morgan, 2004], сокращение видового богатства отмечено и в наиболее длительно существующих зарослях *Lonicera maackii* [Collier et al., 2002].

В случае *S. sorbifolia* средопреобразующее воздействие сильнее всего проявляется в трансформации светового режима. Примерно такой же по силе эффект установлен для травяно-кустарничкового яруса. Состояние мохового яруса зависит от особенностей структуры зарослей рябинника меньше, чем состояние травяно-кустарничкового яруса.

Эти результаты подтверждают и детализируют представление, что затенение – ведущий механизм, с помощью которого рябинник рябинолистный влияет на аборигенные сообщества [Veselkin et al., 2022]. Ведущая роль затенения в снижении проективного покрытия и видового богатства растительности в зарослях инвазионного кустарника показана также для *Cytisus scoparius*, под кронами которого освещённость сокращается на 95% [Wearne, Morgan, 2004]. В зарослях *S. sorbifolia*, особенно в их центре, мощные побеги рябинника создают значительное длительное затенение, что, по-видимому, прямо влияет на состояние растений живого напочвенного покрова и, возможно, на величину потока семян, поступающих под полог листьев и пополняющих почвенный банк семян [Veselkin et al., 2020]. В связи с этим заключением важно обратить внимание на актуальность специального изучения причин, которые способствуют формированию рябинником густого полога листьев. Наиболее вероятна такая причина – отсутствие или низкий пресс патогенов и фитофагов подобно тому, как это показано для других чужеродных растений во вторичных ареалах [Keane, Crawley, 2002; Liebhold et al., 2017]. Подобные механизмы для *Sorbaria sorbifolia*, к сожалению, не исследованы.

Заключение

Структура зарослей *Sorbaria sorbifolia* хорошо объясняет закономерности трансформации освещённости и компонентов живого напочвенного покрова под его пологом. По мере удаления от края зарослей *S. sorbifolia* к их центру увеличивается объём побегов *S. sorbifolia* на единицу площади заросли, т.е. фактически фитомасса инвазионного кустарника. Это запускает последовательность реакций, начинающихся со снижения освещённости и ведущих к снижению проективного покрытия травяно-кустарничкового и мохового ярусов. Это подтверждает статус *Sorbaria sorbifolia* как трансформера и хорошо соответствует данным о сильном влиянии клональных инвазионных растений на естественную растительность.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках темы госзадания ИЭРиЖ УрО РАН № 122021000092-9.

Вклад авторов

Идея – Золотарева Н.В., Веселкин Д.В. Разработка структуры исследования – Золотарева Н.В., Веселкин Д.В. Выбор участков – Золотарева Н.В. Полевые регистрации – Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н., Липихина Ю.А. Обработка полевых данных – Липихина Ю.А., Подгаевская Е.Н., Золотарева Н.В. Анализ данных – Липихина Ю.А., Веселкин Д.В. Первичный текст – Липихина Ю.А. Все авторы ознакомились с рукописью и согласны с её содержанием.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием живых организмов в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Аксенов Е.С., Аксенова Н.А. Декоративные растения. Т. 1: Деревья и кустарники // Энциклопедия природы России. 2-е изд. М.: АБФ/ABF, 2000. 560 с.
- Веселкин Д.В., Коржиневская А.А. Пространственные факторы адвентизации подлеска в лесопарках крупного города // Известия РАН. Серия: Географическая. 2018. № 4. С. 54–64. DOI: 10.1134/S2587556618040167
- Веселкин Д.В., Коржиневская А.А., Подгаевская Е.Н. Состав и численность адвентивных и инвазивных кустарников и деревьев подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2018. № 42. С. 102–118. [Veselkin D.V., Korzhinevskaya A.A., Podgayevskaya E.N. The species composition and abundance of alien and invasive understory shrubs and trees in urban forests of Yekaterinburg. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya // Tomsk State University J. of Biology. 2018. Vol. 42. P. 102–118. <https://doi.org/10.17223/19988591/42/5> <https://doi.org/10.17223/19988591/42/5>]
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н., Шавнин С.А. Изменение структуры напочвенного покрова сосновых лесов в условиях крупного промышленного города //

- Известия Оренбургского гос. аграр. ун-та. 2012. № 5 (37). С. 218–221.
- Карпова Е.А., Полякова Т.А. Содержание фенольных соединений и потенциал биологической активности сибирских и дальневосточных видов рода *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) // Растительный мир Азиатской России. 2009. № 2 (4). С. 79–88.
- Кочергина М. В., Дарковская А. С. Фитонцидная активность интродуцентов в условиях Ботанического сада Воронежского государственного университета // Бюл. Бот. сада СГУ. 2009. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitontsidnaya-aktivnost-introdutsentov-v-usloviyah-botanicheskogo-sada-voronezhskogo-gosudarstvennogo-universiteta> (дата обращения: 15.11.2024).
- Куликов П.В., Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н. Эндемичные растения Урала во флоре Свердловской области. Екатеринбург: Гошицкий, 2013. 610 с.
- Лукаткин А.С., Хапугин А.А. Инвазионные виды растений во флоре Саранска // сб. материалов XX Международного научно-практического форума «Проблемы озеленения крупных городов». 2018. С. 67–70.
- Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Структура и морфогенез кустарников. М.: Наука, 1977, 160 с.
- Панасенко Н.Н. Растения – «трансформеры»: признаки и особенности выделения // Вестник Удмуртского ун-та. 2013. Сер. 6, вып. 2. С. 17–22.
- Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 146–205.
- Третьякова А.С. Закономерности формирования и экологическая структура флоры урбанизированных территорий Среднего Урала (Свердловская область): дис. докт. биол. наук. Екатеринбург, 2016. 384 с.
- Федосеева Г.П., Благодаткова Т.С., Оконешникова Т.Ф. Оптимизация системы озеленения города Екатеринбурга // Известия Иркутского гос. ун-та. Серия: Биология. Экология. 2011. Т. 4, № 2. С. 94–108.
- Флора СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. Т. 9. 539 с.
- Флора Сибири. Rosaceae. Новосибирск: Наука, 1988. 200 с.
- Brantley S.T., Young D.R. Linking light attenuation, sunflecks, and canopy architecture in mesic shrub thickets // Plant Ecol. 2010. Vol. 206, № 2. P. 225–236. <http://www.jstor.org/stable/40540355>
- Charles-Dominique T., Edelin C., Bouchard A. Architectural strategies of *Cornus sericea*, a native but invasive shrub of Southern Quebec, Canada, under an open or a closed canopy // Ann. Bot. 2010. Vol. 105, № 2. P. 205–220. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp273>
- Collier M.H., Vankat J.L., Hughes M.R. Diminished Plant Richness and Abundance Below *Lonicera maackii*, an Invasive Shrub // The American Midland Naturalist. 2002. Vol. 147, № 1. P. 60–71. DOI:10.1674/0003-0031(2002)147[0060:dpraab]2.0.co
- Dalke I.V., Chadin I.F., Zakhochiy I.G. et al. Traits of *Heracleum sosnowskyi* plants in monostand on invaded area // Plos One. 2015. Vol. 10, № 11. P. 1–17. e0142833. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142833>
- Deering R.H., Vankat J.L. Forest colonization and developmental growth of the invasive shrub *Lonicera maackii* // Am. Midl. Nat. 1999. Vol. 141, № 1. P. 43–50. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\[1999\]141\[0043:FCAD-GO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031[1999]141[0043:FCAD-GO]2.0.CO;2)
- Dickson T.L., Hopwood J.L., Wilsey B.J. Do priority effects benefit invasive plants more than native plants? An experiment with six grassland species // Biol. Invasions. 2012. Vol. 14. P. 2617–2624. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0257-2>
- Dobravolskaitė R., Gudžinskas Z. Alien plant invasion to forests in the vicinity of communal gardens // Bot. Lith. 2011. Vol. 17, № 2–3. P. 73–84.
- Ehrenfeld J.G. Structure and dynamics of populations of Japanese barberry *Berberis thunbergii* (DC.) in deciduous forests of New Jersey // Biol. Invasions. 1999. Vol. 1. P. 203–213. <https://doi.org/10.1023/A:1010066810897>
- Heneghan L., Fatemi F., Umek L. et al. The invasive shrub European buckthorn (*Rhamnus cathartica* L.) alters soil properties in Midwestern U.S. woodlands // Applied Soil Ecology. 2006. Vol. 32. P. 142–148. DOI: 10.1016/j.apsoil.2005.03.009
- Jones B., Sall J. Jmp statistical discovery software // WIREs Computational Statistics. 2011. Vol. 3, № 3. P. 188–194. <https://doi.org/10.1002/wics.162>
- Jurševska G. Invasive tree taxa in major dendrological plantations in Jelgava district // Acta Biol. Univ. Daugavpiliensis. 2007. Vol. 7, № 2. P. 149–158.
- Keane R.M. & Crawley M.J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis // Trends Ecol. Evol. 2002. Vol. 17. P. 164–170. DOI: 10.1016/S0169-5347[02]02499-0
- Kim D.K., Zee O.P. A new cyanogenic glycoside from *Sorbaria sorbifolia* var. *stellipila* // Chem. Pharm. Bull. 2000. Vol. 48, № 11. P. 1766–1767. DOI: 10.1248/cpb.48.1766
- Lanta V., Hyvönen T., Norrdahl K. Leaf Litter Decomposition of Nonnative Shrub Species in Nonnative and Native Shrub Environments: A Field Experiment with Three *Rosaceae* Shrubs // Invasive Plant Science and Management. 2015. Vol. 8, № 1. P. 81–89. DOI: 10.1614/IPSM-D-14-00011.1
- Liebold A.M., Brockerhoff E.G., Kimberley M. Predicting invasions from finite species pools // J Appl Ecol. 2017. DOI:10.1111/1365-2664.12895
- Lipikhina Yu.A., Zolotareva N.V., Podgaevskaya E.N., Veselkin D.V. The Thicket Structure Explains *Sorbaria sorbifolia*'s Ability to be a Transformer in the Secondary Range // Russian Journal of Ecology. 2022. Vol. 53, № 6. P. 456–463. DOI: 10.1134/S106741362206008X
- Liu J., Dong M., Miao S.-L. et al. Invasive alien plants in China: role of clonality and geographical origin // Biological Invasions. 2006. Vol. 8, № 7. P. 1461–1470. DOI: 10.1007/s10530-005-5838-x
- Martin M.R., Tipping P.W., Sickman J.O. Invasion by an exotic tree alters above and belowground ecosystem components // Biol. Invasions. 2009. Vol. 11. P. 1883–1894. DOI: 10.1007/s10530-008-9366-3
- Panasenko N.N., Anishchenko L.N. Influence of invasive plants *Parthenocissus vitacea* and *Vinca minor* on

- biodiversity indices of forest communities // *Contemp. Probl. Ecol.* 2018. Vol. 11, № 6. P. 614–623. <https://doi.org/10.1134/S1995425518060070>
- Porté A.J., Lamarque L.J., Lortie C.J. et al. Invasive *Acer negundo* outperforms native species in non-limiting resource environments due to its higher phenotypic plasticity // *BMC Ecol.* 2011. Vol. 11, № 28. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-11-28>
- Rusterholz H.-P., Schneuwly J., Baur B. Invasion of the alien shrub *Prunus laurocerasus* in suburban deciduous forests: Effects on native vegetation and soil properties // *Acta Oecologica.* 2018. Vol. 92. P. 44–51. DOI: 10.1016/j.actao.2018.08.004
- The World Checklist of Vascular Plants (WCVP) [Электронный ресурс]. URL: <https://wcvp.science.kew.org/> (дата обращения: 05.03.2025).
- Veselkin D.V., Dubrovin D.I., Pustovalova L.A. High canopy cover of invasive *Acer negundo* L. affects ground vegetation taxonomic richness // *Sci. Rep.* 2021. Vol. 11. 20758. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00258-x>
- Veselkin D.V., Dubrovin D.I., Rafikova O.S. et al. Shading and light interception in thickets of invasive *Acer negundo* and *Sorbaria sorbifolia* // *Russ. J. Biol. Invasions.* 2022. Vol. 13, № 1. P. 22–31. <https://doi.org/10.1134/S2075111722010155>
- Veselkin D.V., Zolotareva N.V., Lipikhina Yu.A. et al. Diversity of Plants in Thickets of Invasive *Sorbaria sorbifolia*: Differences in the Effect on Aboveground Vegetation and Seed Bank // *Russ. J. Ecol.* 2020. Vol. 51. P. 518–527. <https://doi.org/10.1134/S1067413620060090>
- Vilà M., Rohr R.P., Espinar J.L. et al. Explaining the variation in impacts of non-native plants on local-scale species richness: the role of phylogenetic relatedness // *Global Ecol. Biogeogr.* 2015. Vol. 24. № 2. P. 139–146. <https://doi.org/10.1111/geb.12249>
- Wearne L.J., Morgan J.W. Community-level changes in subalpine vegetation following invasion by the non-native shrub *Cytisus scoparius* // *J Veg Sci.* 2004. Vol. 15. P. 595–604. DOI:10.1111/j.1654-1103.2004.tb02301.x

ILLUMINATION, SOIL MOISTURE, PROJECTIVE COVER OF GRASS-DWARF SHRUB AND MOSS LAYERS IN *SORBARIA SORBIFOLIA* (L.) A. BRAUN (ROSACEAE) THICKETS

Lipikhina Yu.A., Zolotareva N.V., Podgaevskaya E.N., Veselkin D.V.

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, 620144, March 8, 202, Russian Federation
e-mail: lipikhina_ya@ipae.uran.ru

The ability to form tightly closed thickets or communities is a characteristic feature of many alien plants, which determines their potential to become transformers. The aim of the work was to analyze changes in illumination under the canopy of *Sorbaria sorbifolia*, soil moisture, and the projective cover of the grass-dwarf shrub and moss layers with increasing distance from the edge of *S. sorbifolia* thickets to their center. From the edge of *S. sorbifolia* thickets to their center, the total volume of *S. sorbifolia* shoots per unit of area increased by an order of magnitude. Differences in illumination under the leaf canopy between the marginal ($30\text{--}69 \times 10^2$ lx) and central ($2.5\text{--}10 \times 10^2$ lx) areas of the thickets were also significant and reached an order of magnitude. The projective cover of the grass-dwarf shrub and moss layers significantly decreased from the periphery to the center of the thickets, and the grasses and epigeic mosses were completely absent in most areas in the center of the thickets. Thus, the formation of a dense canopy of *S. sorbifolia* triggered a sequence of reactions, starting with a decrease in illumination and leading to a decrease in the projective cover of the grass-dwarf shrub and moss layers. This confirms the status of *Sorbaria sorbifolia* as a transformer and is in a good agreement with the data on the strong influence of clonal invasive plants on natural vegetation.

Keywords: invasive plants, clonal plants, shading, environment-transforming effects, microclimate.

МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГРЕБНЕВИКА *MNEMIOPSIS LEIDYI* A. AGASSIZ, 1865 В КАСПИЙСКОМ МОРЕ В УСЛОВИЯХ ТЕКУЩЕГО И БУДУЩЕГО КЛИМАТА

© 2025 Петросян В.Г.^{a*}, Рубан Г. И.^a, Барабанов В.В.^b, Дергунова Н.Н.^a,
Осипов Ф.А.^a

^a Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071, Россия;

^b Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства
и океанографии, «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, 414056, Россия

e-mail: *petrosyan@sevin.ru

Поступила в редакцию 14.03.2025. После доработки 15.05.2025. Принята к публикации 21.05.2025

Гребневик *Mnemiopsis leidyi* относится к числу «экосистемных инженеров» и является одним из наиболее опасных глобальных вселенцев для морских экосистем. В этом исследовании мы использовали коррелятивный и механистический подходы моделирования, чтобы спрогнозировать потенциально пригодные районы распространения вида на глобальном уровне в условиях текущего климата и построить сезонные детализированные карты пригодных местообитаний на примере Каспийского моря в условиях изменения климата на протяжении XXI столетия. Используя глобальный пул записей точек находок *M. leidyi* и переменные морской среды из набора Bio-Oracle, мы показали, что гипотеза консерватизма (сходства) реализованных ниш в нативной и инвазионной частях ареала не отклоняется. Созданная глобальная карта показала, что пригодные местообитания *M. leidyi* расположены на восточных побережьях американских континентов и в морях Евразии, где вид уже натурализован, и выявила области, потенциально благоприятные для его вселения, но где он пока не был обнаружен. Построенные сезонные (декабрь–март, апрель–июнь, июль–сентябрь, октябрь–ноябрь) карты пригодных местообитаний в Каспийском море для высоко- и низкоинтенсивного размножения, а также выживания вида в условиях текущего климата (2010–2020 гг.) и для двух прогнозных периодов (2040–2050, 2090–2100 гг.) в условиях четырёх сценариев (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5), изменения климата показали, что если в условиях текущего климата основное направление межсезонного расселения вида наблюдается с юга на север, то в конце XXI века в условиях сценария потепления (SSP5-8.5) межсезонное расселение в летне-осенний сезон будет происходить в обратном направлении – с севера на юг. Показано, что глобальное потепление, вне зависимости от сценария изменения климата, не приведёт к вымиранию вида в Каспийском море.

Ключевые слова: модели и сценарии изменения климата, вселенец, SDM, экосистема.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-116-135

Введение

Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоёмом, изолированным от Мирового океана в течение ряда геологических эпох, и славится своей разнообразной эндемичной фауной [Зенкевич, 1963; Карпинский, 2002; Karpinsky, 2010; Wesselingh et al., 2019]. Современная автохтонная фауна Каспийского моря развивалась на протяжении 1.8 млн лет с ограниченным количеством морских видов, обитавших в изолированной и солоноватой воде без серьёзных конкурентов [Карпинский, 2002]. Некоторые нативные виды

Каспийского моря, такие как речная дрейсена (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)) и ветвистоусый рачок церкопагис (*Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891)), входят в число ста наиболее опасных инвазионных видов в мире [ISSG, 2019]. В то же время многочисленные опасные инвазионные виды вселились в Каспийское море, вызвав серьёзные экологические проблемы. К наиболее известным из последних вселенцев относятся: гребневик мнемииопсис (*Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865), динофлагеллята пророцентрум (*Prorocentrum minimum* (Pavillard, 1916) J.

Schiller, 1933), восточная корбикула (*Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774), краб Харриса (*Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841)), китайский мохнаторукий краб (*Eriocheir sinensis* (Milne-Edwards, 1853)), морской желудь (*Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854)), два вида Acartiidae (*Acartia clausi* Giesbrecht, 1889 и *Acartia tonsa* Dana, 1849), ложная мидия (*Mytilopsis leucophaeata* (Conrad, 1831)), все они были включены в список самых опасных инвазионных видов России [Самые опасные..., 2018; Petrosyan et al., 2023a].

В данной работе основное внимание уделено инвазионному виду – гребневику *M. leidy*. Родной ареал *M. leidy* включает эстуарии, заливы и прибрежные воды вдоль американского побережья Атлантики, от залива Наррагансетт, США, до полуострова Вальдес, Аргентина [GESAMP, 1997]. *Mnemiopsis leidy* впервые был обнаружен в Каспийском море осенью 1999 г., куда он был случайно занесён с балластными водами танкеров [Ivanov et al., 2000]. Во второй половине сентября 1999 г. вид был обнаружен в туркменских водах [Шакирова, 2011]. В 1999–2000 гг. он широко распространился по всему Каспию в участках с солёностью не менее 4.3 PSU (Partial salinity unit) [Шиганова и др., 2001].

Один из подходов к исследованию риска инвазии *M. leidy* заключается в разработке моделей распространения вида (SDM). Потенциальное распространение, полученное на основе SDM, можно рассматривать как приближение к фундаментальной нише вида [Hutchinson, 1957], определяемой как потенциальная площадь и ресурсы, которые вид способен использовать [Araújo, Guisan, 2006]. Фундаментальная ниша в значительной степени определяется толерантностью вида к различным условиям морской среды. Как правило, вид не может полностью реализовать свою фундаментальную нишу из-за наличия таких факторов, как взаимодействие с другими видами и ограниченная способность к расселению во все подходящие местообитания [Araújo, Guisan, 2006]. Местообитания, которые вид занимает в результате этих ограничений, описываются как его реализованная ниша (РН).

Проведённый анализ литературы показывает, что к числу важных факторов морской

среды, способствующих вселению, натурализации и распространению *M. leidy* в новых средах, относятся температура SST (ТПМ) и солёность SSS (СПМ) поверхностного слоя воды, а также концентрация хлорофилла (Chl), определяющая общую продуктивность водоёма. Эффективность использования этих переменных для моделирования распространения вида была подтверждена рядом авторов [Siapatis et al., 2008; Van Walraven et al., 2013; Collingridge et al., 2014; Shiganova et al., 2019, 2024b].

В работе [Siapatis et al., 2008] представлена коррелятивная прогностическая пространственная обобщённая аддитивная модель (GAM) на основе данных встречаемости *M. leidy* и спутниковых данных, оценивающих условия его обитания в Восточном Средиземноморье в начале летнего периода. В ней выявлены области Эгейского моря и во всём Средиземноморском бассейне, которые могли бы служить потенциальной средой обитания этого вида.

Для оценки выживания, размножения и распространения *M. leidy* в Северо-Европейском регионе были предложены три различные GAM-модели [Van Walraven et al., 2013], а также механистическая модель распространения вида (mSDM) (GETM-ERSEM-BFM – General Estuarine-Ocean Transport Model – European Regional Seas Ecosystem Model – Biogeochemical Flux Model) в Северном море с учётом возможных ограничений по температуре, солёности и наличию пищи [Collingridge et al., 2014]. В работе Шигановой с соавторами [Shiganova et al., 2024b] разработаны прогностические mSDM карты пригодных районов обитания двух инвазионных видов (*M. leidy* и *Beroe ovata* Bruguière, 1789) для морей Понто-Каспийского бассейна в условиях текущего и будущего изменения климата. В этом исследовании рассматривалось несколько сценариев изменения климата, а именно: равномерное увеличение/уменьшение ТПМ в течение года на 2 °C и только весенние ТПМ увеличиваются/уменьшаются на 2 °C.

Наряду с региональными моделями распространения *M. leidy* были проведены соответствующие исследования и на глобальном уровне [Shiganova et al., 2019]. В этой рабо-

те представлены механистические модели mSDM *M. leidy* в условиях текущего и будущего климата в соответствии с моделями и сценарием RCP4-8.5 из протокола пятой генерации CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) [IPCC, 2013].

В целом в большинстве предыдущих исследований картирование пригодных территорий с помощью различных подходов и методов проводилось для GCM пятой генерации CMIP5, для которых не приведены значения метрики равновесной чувствительности (ECS). Она (ECS) является важным климатическим параметром, который используется для сравнения глобальных климатических моделей (GCM). Кроме чувствительности моделей, так же важно учитывать альтернативные сценарии изменения климата SSPx-y (Shared Socioeconomic Pathways), отражающие влияние различных сценариев развития общества на глобальный климат. В прежних исследованиях обычно использовали не более двух сценариев изменения климата, что не позволяет выявить тенденции инвазионного процесса из-за нелинейности связи температуры, солёности и концентрации хлорофилла [IPCC, 2021]. Один из важных пробелов в изучении *M. leidy* – отсутствие проверки гипотезы консерватизма реализованных ниш, определяемых важнейшими переменными морской среды. Последние публикации [Liu et al., 2020; Петросян и др., 2023] показали, что для надёжной проверки консерватизма климатических и/или реализованных ниш рекомендуется использовать концепции COUE и ECOUE. Концепция COUE – унифицированная терминология, принятая для обозначения анализа сдвига центроида, перекрытия, неиспользования и расширения ниш, т.е. первые буквы: Centroid shift, Overlap, Unfilling и Expansion niche [Petitpierre et al., 2012]. Эта концепция, по мнению ряда учёных, стала «золотым стандартом» для оценки метрик ниш [Pili et al., 2020; Liu et al., 2020]. Модифицированная версия COUE названная ECOUE [Liu et al., 2020; Петросян и др., 2023], в отличие от оригинальной версии, расширяет набор метрик ниш шириной и сходством для проверки гипотезы консерватизма. Однако проверка гипотезы консерватизма ниш

требует унифицированных, воспроизводимых и релевантных глобальных данных морской среды.

Моделирование распространения видов стало важным инструментом в экологии, эволюции, биогеографии и сохранении биоразнообразия. Для этого в основном используют растровые слои из двух глобальных баз данных MarSpec (Ocean climate layers for marine spatial ecology) [Sbrocco, Barber, 2013] и Bio-ORACLE (Global environmental dataset for marine species distribution modelling) [Tyberghein et al., 2012; Matteo et al., 2020; Assis et al., 2024]. Эти растровые слои включают максимальные, средние, минимальные значения, а также диапазоны изменения температуры, солёности и концентрации хлорофилла. Кроме них доступны также геофизические слои по глубине, уклону и шероховатости морского дна, удалённости от берега и скорости течения воды на поверхности. Важно отметить, что глобальная база данных Bio-ORACLE была разработана как для климатических моделей пятой CMIP5 [Tyberghein et al., 2012], так и для шестой генерации CMIP6 ($2.7 \leq \text{ESC} \leq 5.6$) [Assis et al., 2024]. Последняя версия базы данных v.3 Bio-ORACLE включает растровые слои ключевых переменных морской среды для текущего климата (2010–2020 гг.) и для шести сценариев SSPx-y (SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP4-6.0, SSP5-8.5) изменения климата с использованием девяти климатических моделей шестой генерации CMIP6 с пространственным разрешением 0.05 arc minute и временным разрешением 10 лет, т.е. с 2020 по 2100 год с шагом 10 лет. В данной работе эти наборы данных используются для построения модели РН и проверки гипотезы консерватизма РН в нативной и инвазионной частях ареала, а также для построения глобальной модели распространения *M. leidy* (SDM) в условиях текущего климата и прогноза изменения ареала этого вида в Каспийском море в условиях изменения климата.

Цель исследования – построение моделей пространственного распространения *M. leidy* в условиях текущего и будущего климата в Каспийском море. Для достижения цели в работе решаются следующие задачи: 1) созда-

ние векторного набора точек находок *M. leidy* в нативной и инвазионной частях ареала; 2) построение моделей РН в нативной и инвазионной частях ареала и проверка гипотезы консерватизма; 3) построение глобальной модели пространственного распространения *M. leidy* в условиях текущего климата; 4) оценка динамики изменения сезонных пригодных районов выживания и размножения вида в Каспийском море с использованием моделей и сценариев глобального изменения климата в XXI веке.

1. Методы и материалы

1.1. Создание векторных баз данных точек находок

Для создания векторного набора данных точек находок (ТН) *M. leidy* в среде ArcGIS Desktop 10.8.1 были использованы записи из двух типов источников. Первый тип включает набор данных, которые были представлены в глобальной базе данных Global Biodiversity information facility (www.gbif.org, <https://doi.org/10.15468/dl.avkbpj>, 08 November 2024; 4487 records). Для этого типа данных мы использовали временной и пространственный фильтры для удаления неточных записей ТН. Временная фильтрация включала отбор только одной записи для каждого локалитета, т.е. если имелось несколько ТН для определённого локалитета, то в набор включали запись с поздней регистрацией. Это важно, чтобы избежать чрезмерной репрезентативности локалитетов, где имелось несколько записей в разные годы. Пространственная фильтрация включала удаление точек, расстояние между которыми меньше разрешения растровых слоев (т.е. меньше 5 км), а также записей с ложными или неполными географическими координатами. Второй тип местонахождений характеризуется тем, что в литературе были приведены только картосхемы без указания географических координат локалитетов [Самые опасные ..., 2018]. Для этого типа данных координаты были определены после георегистрации и привязки этих картосхем к мировым базовым растровым картам морей [Assis et al., 2024] соответственно с выбором не менее 30 опорных точек в среде ArcGIS

Desktop 10.8.1. Для этих точек мы дополнительно проверяли географические координаты с помощью GoogleEarth.

В целом после объединения всех записей ТН и применения фильтров был получен результирующий набор ТН, который включал 3887 ТН, в том числе 285 в нативной части ареала (в прибрежных водах вдоль американского побережья Атлантики) и 3602 ТН в инвазионной части ареала в Евразии. Для уменьшения пространственной автокорреляции записей мы использовали специальную процедуру, которая описана в литературе [Petrosyan et al., 2023b].

1.2. Предикторные переменные морской среды

Глобальные растровые слои морской среды. Наборы растровых данных v.3 Bio-Oracle [Assis et al., 2024] (<https://bio-oracle.org/downloads-to-email.php>) включают минимальные, максимальные и средние значения температуры (°C) (SST_min, SST_max, SST_mean), солёности (PSU) (SSS_min, SSS_max, SSS_mean), концентрации хлорофилла (mg/m³) (Chl_min, Chl_max, Chl_mean) и скорости поверхностных течений (м/сек) (Vel_min, Vel_max, Vel_mean). Эти слои включают средние годовые современные и прогнозные данные морской среды с шагом 10 лет за период с 2020 до 2100 г. Кроме этих данных, в работе также используются геофизические слои по батиметрии (глубины (Depth), уклону (Slope) и расстоянию до берега (Dist_Shore). Этот набор переменных морской среды использовался для создания коррелятивной модели глобального распространения *M. leidy* с использованием метода максимальной энтропии (MaxEnt) [Phillips et al., 2006] в условиях текущего климата.

Растровые слои Каспийского моря. Кроме глобальных данных, в работе также созданы растровые слои предикторов среды Каспийского моря для современного и будущих периодов изменения климата на основе наборов данных, представленных в литературе [Matteo et al., 2020; Assis et al., 2024]. Растровые слои предикторов для современного периода (2010–2020 гг.) включают переменные температуры (°C) (SSTmin, SSTmax,

SSTmean), солёности (PSU) (SSS_min, SSS_max, SSS_mean), концентрации хлорофилла (mg/m^3) (Chl_min, Chl_max, Chl_mean) и скорости поверхностных течений (м/сек) (Velmin, Velmax, Vmean), а в условиях будущего климата включают сценарии SSPx-у (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5) для двух периодов 2040–2050 гг. и 2090–2100 гг. Для определения сезонных районов обитания *M. leidy* в Каспийском море используются растровые слои, соответствующие четырём сезонам: декабрь–март, апрель–июнь, июль–сентябрь, октябрь–ноябрь. Усреднение прогнозов, полученных на основе ансамбля моделей шестой генерации GCM CMIP6, позволяет учитывать основные тенденции изменения климата в XXI веке в условиях разных сценариев развития общества в соответствии с SSPx-у (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5): SSP1-2.6 (низкие выбросы парниковых газов (ПГ), при которых выбросы CO_2 сокращаются до нуля около 2075 года), SSP2-4.5 (промежуточные выбросы ПГ, при которых выбросы CO_2 увеличиваются примерно с текущей скоростью до 2050 года, а затем уменьшаются, но не достигают нуля к 2100 году), SSP3-7.0 (высокие выбросы ПГ, при которых выбросы CO_2 удваиваются к 2100 году) и SSP5-8.5 (очень высокие выбросы ПГ, при которых выбросы CO_2 утраиваются к 2075 году) [IPCC, 2021; Petrosyan et al., 2023b]. Эти четыре сценария (SSPx-у) характеризуются разным уровнем увеличения солнечной радиации 2.6 Вт/м², 4.5 Вт/м², 7.0 Вт/м² и 8.5 Вт/м², соответственно, при глобальном потеплении климата.

1.3. Построение моделей РН в рамках концепций COUE и ECOUE

Проверка гипотезы консерватизма РН вида в рамках COUE проводилась с использованием трёх метрик ниш S, E, U [Petitpierre et al., 2012; Di Cola et al., 2017]. Индекс стабильности (S) – это доля использования ниши в инвазионной части ареала вида, которая в многомерном пространстве предикторных переменных пересекается с областями, заселёнными видом в нативной части ареала. Индекс расширения (E) – это доля ниши, освоенная в инвазионной части ареала, но неис-

пользованная видом в нативной части ареала. Индекс неиспользования (U) – это доля ниши, незанятая видом в инвазионной части ареала вида, но освоенная в нативной части ареала. Оценка сдвига ниш с использованием метрик E, S и U в COUE определялась с использованием индекса Шонера (Schoener's) D [Warren et al., 2008]. Этот индекс отражает меру пересечения РН в пространстве предикторных переменных и колеблется между 0 (отсутствие перекрытия) и 1 (полное перекрытие). Тест на сходство ниш в COUE реализован с помощью пакета Ecospat, который определяет, является ли РН, занимаемая видом в одном ареале, более похожей на занимаемую РН в другом ареале по сравнению со случайным распределением.

Для проверки гипотезы в рамках расширенной версии COUE (т.е. ECOUE) метрики РН были дополнены новыми метриками – ширинами B_n (нативной), B_i (инвазионной) и сходством Sim ниш, представленными в литературе [Liu et al., 2020]. В концепции ECOUE преобразованные метрики E_m , S_m , U_m используются для определения ширины ниш с помощью формул $B_n = S_m + U_m$ и $B_i = S_m + E_m$ [Liu et al., 2020]. Для удобства интерпретации результатов и сравнительного анализа ниш в ECOUE используется ln отношения ширины ниш (breadth ratio, BR), т.е. $BR = \ln(B_n/B_i)$. Сходство ниш (Sim) количественно оценивается с помощью Sørensen's similarity index [Baselga, 2017], т.е. $Sim = 2S_m/(B_n + B_i)$. Индекс Sim варьирует от 0 до 1, что соответствует крайним случаям, когда две ниши не перекрываются или перекрываются полностью соответственно. Если две ниши занимают более сходные позиции (т.е. похожие ниши), тогда $Sim > 0.5$, в противном случае, когда две ниши занимают разные позиции, $Sim < 0.5$. Важно заметить, что сходство ниш в ECOUE отличается от теста на сходство ниш в рамках концепции COUE. В ECOUE принимается важное условие по использованию пороговых значений BR и Sim для выявления сохранения или сдвига ниш. Ниши считаются консервированными, если: а) ниша расширялась медленно, т.е. нативная ниша была больше, чем инвазионная ниша [Pearman et al., 2008]; б) положение ниши менялось медленно, т.е.

нативная и инвазионная ниши занимали аналогичные позиции в пространстве окружающей среды [Broennimann et al., 2007].

1.4. Построение глобальной коррелятивной модели пространственного распространения *M. leidyi*

Модель пространственного распределения (cSDM) была получена с использованием метода максимальной энтропии MaxEnt 3.4.1 [Phillips et al., 2006] из R-пакета Dismo [Hijmans et al., 2017] с параметрами, определёнными с помощью специальной процедуры. Оптимальные параметры MaxEnt мы определяли с применением информационного критерия AIC с поправкой на размер выборки (AICc) с помощью R-пакета ENMeval [Muscarella et al., 2014]. На следующем этапе для построения cSDM использовали 10 запусков MaxEnt со случайным выбором тестовых и обучающих выборок. Во всех вариантах запуска MaxEnt 80% точек находок использовались как обучающие выборки, а 20% записей – как тестовые выборки. Мы дополнительно использовали индекс Бойса (B_{ind}) для оценки производительности моделей [Boyce et al., 2002] с использованием R-пакета Ecospat [Di Cola et al., 2017]. Мы рассчитали индекс B_{ind} для каждой из моделей и усреднили значения, чтобы получить окончательные оценки. При построении cSDM важность каждой предикторной переменной дополнительно определялась с использованием таблицы вкладов (Analysis of variable contributions) MaxEnt, полученной с помощью метода складного ножа (jackknife). Самыми важными переменными считались те, которые вносили существенный вклад в модель, т.е. имели высокие значения ($> 5\%$) перестановочной важности (Permutation importance – PI) или высокие значения процента вклада (Percent contribution – PC) [Phillips et al., 2006].

1.5. Построения локальной механистической модели сезонного распространения *M. leidyi*

Для оценки вероятного сезонного распространения *M. leidyi* в Каспийском море были построены механистические модели (mSDM). В механистических моделях для

существования (выживания) вида используются следующие пороговые значения: $3\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{SST} \leq 29\text{ }^{\circ}\text{C}$, $4\text{ PSU} \leq \text{SSS} \leq 45\text{ PSU}$, $\text{Chl} \geq 0.1\text{ mg/m}^3$ [Shiganova et al., 2019]. Для низко- и высокоинтенсивного размножения вида используются следующие пороговые значения: $12\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{SST} \leq 27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $4\text{ PSU} \leq \text{SSS} \leq 40\text{ PSU}$, $\text{Chl} \geq 0.5\text{ mg/m}^3$ и $18\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \text{SST} \leq 27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $6\text{ PSU} \leq \text{SSS} \leq 40\text{ PSU}$, $\text{Chl} \geq 0.5\text{ mg/m}^3$ соответственно [Sarpe et al., 2007; Lehtiniemi et al., 2012; Collingridge et al., 2014].

2. Результаты

2.1. Пространственное разреживание ТН и характеристика выбранных записей для экологического моделирования

В результате применения процедуры разреживания мы получили из полного набора записей для Евразии, Северной и Южной Америки сокращённые наборы записей (рис. 1). Если количество ТН в начале анализа в нативной части ареала составляло 285, то после применения процедуры разреживания осталось 71 ТН, т.е. количество записей уменьшилось на 75%. В инвазионной части ареала количество ТН уменьшилось на 95%, т.е. если в начале процедуры разреживания количество ТН составляло 3602, то после разреживания остались 193 ТН.

2.2. Разреживание предикторных переменных для построения моделей РН и распространения *M. leidyi*

Проведённый нами анализ по выбору предикторных переменных с использованием метода ординации показал, что корреляционные круги достаточно ясно выделяют набор слабо коррелированных переменных (рис. 2). Если в модель будут включены все переменные (рис. 2, А), тогда дисперсия относительно двух осей главных компонент (ГК) при проецировании на плоскость объясняет 66.3% общей дисперсии. На рисунке видно, что многие переменные сильно коррелируют с SST_mean (средние значения температуры), SSS_mean (средние значения солёности) и Chl_mean (средние значения концентрации хлорофилла на поверхности воды). Поскольку проекции переменной SSS_mean на ось PCA2 (ось Y) больше остальных, а проекции

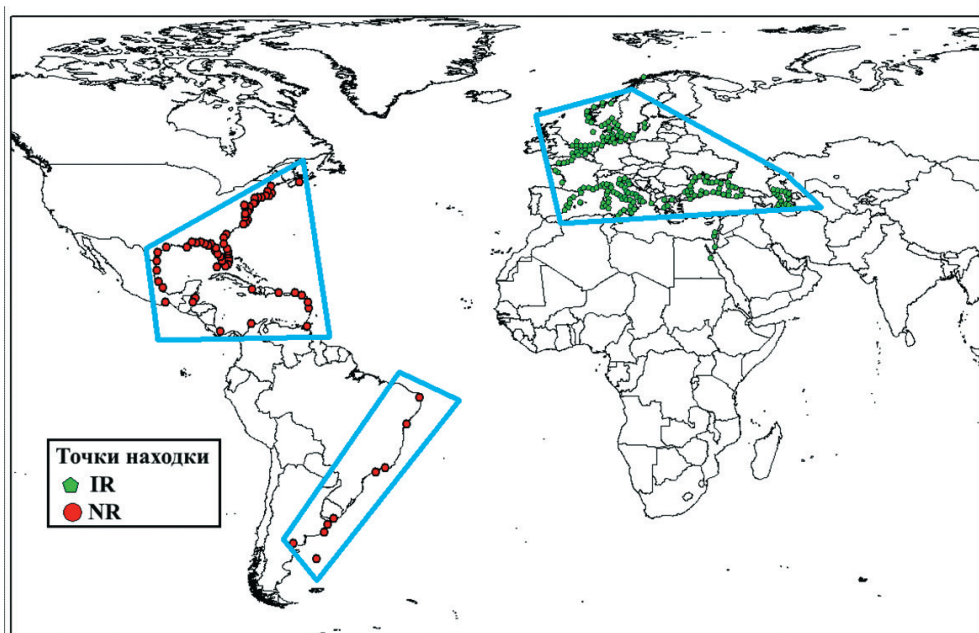


Рис. 1. Точки находок *M. leidy*, использованные для создания cSDM с указанием областей обучения моделей: синие линии – области обучения моделей cSDM; NR и IR – нативная и инвазионная части ареала соответственно.

переменных SSS_mean, Chl_mean и Dist_Shore (расстояние до берега) на PCA1 (ось X) так же больше остальных, поэтому эти переменные выбраны как важнейшие. В итоге для построения модели РН могут быть использованы четыре переменные – SST_mean, SSS_mean, Chl_mean и Dist_Shore (см. рис. 2). Из рис. 2, В следует, что дисперсия относительно двух осей главных компонент (PCA) при проецировании на плоскость PCA объясняет 81% общей дисперсии. Вклад остальных переменных составляет менее 19%. При этом ось X PCA коррелирует с SSS_mean и Dist_Shore, а ось Y PCA коррелирует с SST_mean и

Chl_mean соответственно.

2.3. Сравнительный анализ РН в нативной и инвазионной частях ареала в рамках концепции COUE и ECOUE

Оценку сходства и различия РН *M. leidy* в нативной и инвазионной частях ареалов мы проводили с использованием полных и сокращённых наборов данных. Использование двух наборов данных связано с тем, что при разреживании ТН для Евразии количество записей сильно сократилось (95%). По этой причине мы хотели убедиться, что процедура разреживания не оказы-

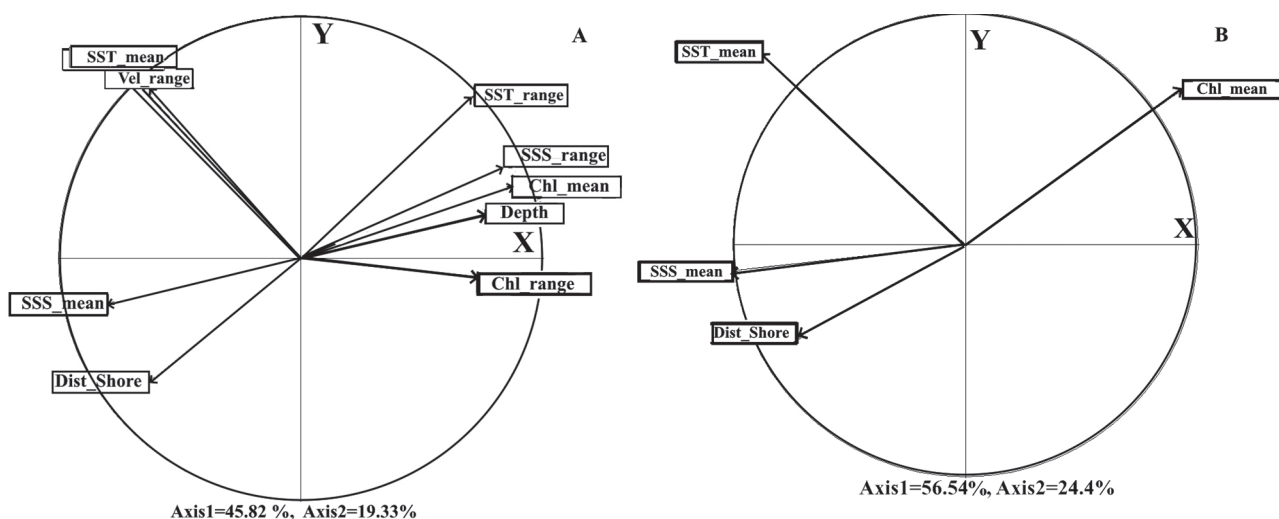


Рис. 2. Корреляция между предикторными переменными распространения *M. leidy* и первыми двумя осями главных компонент (PCA): А – с учётом всех переменных, В – с учетом четырёх важнейших переменных.

Таблица 1. Сравнение РН (сходства, перекрытия, расширения) *M. leidy* в нативной и инвазионной частях ареала в рамках концепции COUE

Набор данных	Индекс сходства D	P значение	E	S	U
Сокращённый	0.26	0.009	0.006	0.994	0.033
Полный	0.522	0.01	0.001	0.999	0.103

Примечание: E, S и U – индексы расширения, перекрытия и неиспользования ниши соответственно.

вадет существенного влияния на проверку консерватизма РН. Основные метрики РН на глобальном масштабе представлены в табл. 1. PCA-модели, построенные в рамках концепции COUE, достаточно корректно отражают области, связанные с E, S, U метриками в плоскости главных компонент, поскольку первая и вторая компоненты объясняли от 81% общей дисперсии предикторных переменных.

Эти оценки показывают, что в рамках концепции COUE гипотеза консерватизма РН выполняется как для полных, так и для сокращённых наборов данных. Сдвиг центроида и перекрытие РН в плоскости главных компонент представлен на рис. 3, а сдвиг ниш вдоль экологических градиентов (температуры, солёности и концентрации хлорофилла) при сравнении нативной и инвазивной РН представлен на рис. 4.

Из табл. 1 и рис. 3 следует, что индекс стабильности (S) принимает достаточно высокие значения (0.994–0.999) для обоих наборов данных. В инвазионной части ареала доля расширения (E) новых местообитаний составляет менее одного процента. Вид в инвазионной части ареала не полностью (3–10%) использовал пригодные местообитания, характерные для нативной части ареала.

Из рис. 4, который показывает перекрытие и сдвиг центроида РН вдоль важнейших градиентов с использованием глобального пула данных, следует, что центроид РН инвазионной части ареала характеризуется уменьшением средней температуры поверхности воды, увеличением солёности и концентрации хлорофилла. Из глобального пула данных следует, что РН в обеих частях ареала характеризуется диапазоном ТПМ 7.5–30 °C (рис. 4, А). Причём из этого рисунка становится понятным, что диаграмма частоты встречаемости вида в нативной части ареала

характеризуется бимодальной формой. Центроид левой моды приходится на ТПМ около 15 °C, правой – около 25 °C. В инвазионной части ареала диаграмма частоты встречаемости вида также отображает бимодальное рас-

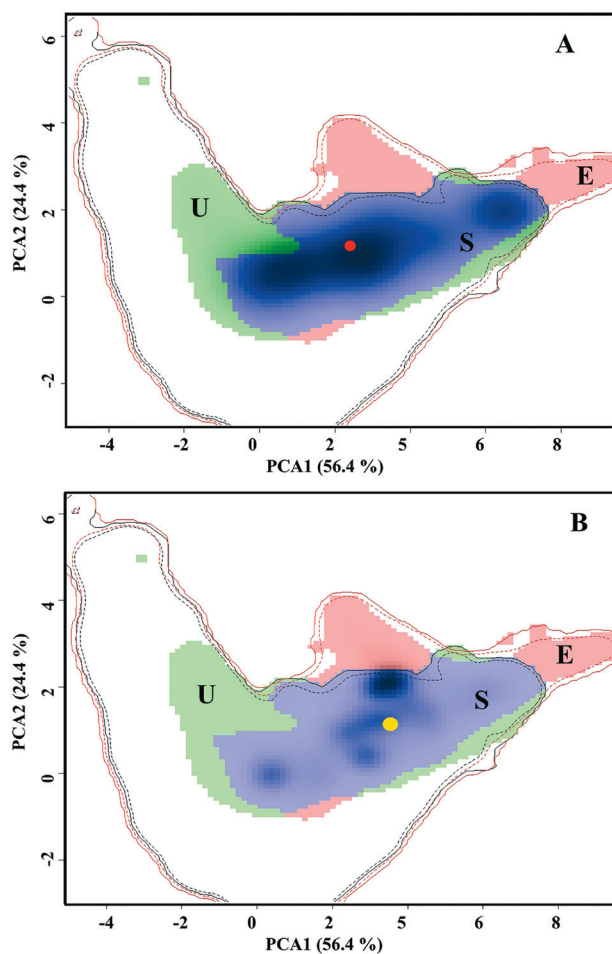


Рис. 3. Перекрытие РН в нативной (А) и инвазионной (В) частях ареала *M. leidy* в плоскости главных компонент: сплошные и пунктирные линии представляют 100 и 95% доступной среды в нативном ареале (черные линии) и инвазионном ареале (красные линии); зеленые области представляют среды, занятые видом только в нативном ареале (U); розовые области указывают на РН, занятую в инвазионном ареале (E); синие области указывают на области, занятые как в нативном, так и в инвазионном ареале (S); затенение указывает на плотность встречаемости вида в нативном (А) и инвазионных (В) ареалах; красные и жёлтые точки указывают центроиды РН в нативном и инвазивном ареалах соответственно.

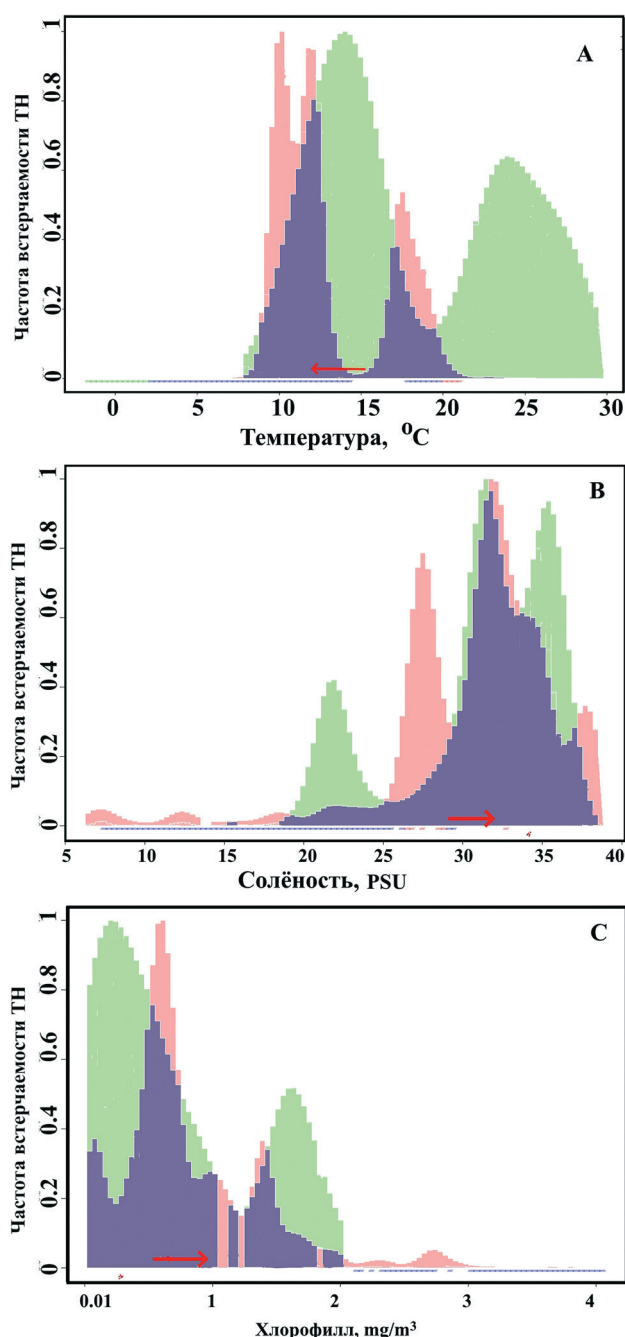


Рис. 4. Перекрытие и сдвиг центроида РН *M. leidy* вдоль важнейших градиентов среды: температуры (А), солёности (В) и концентрации хлорофилла (С).

пределение. Однако в этом случае центроид левой моды сдвигается примерно к 12.5 °С, а правая – к 17.5 °С.

Таблица 2. Сравнение РН (сходства, перекрытия, расширения) *M. leidy* в нативной и инвазионной частях ареала в рамках концепции ECOUE

Набор данных	Em	Sm	Um	B _n	B _i	BR	Sim
Сокращённый	0.0002	0.0309	0.9689	0.9998	0.0311	3.47	0.06
Полный	0.0001	0.0846	0.9154	0.9999	0.0846	2.47	0.16

Примечания. Em, Sm и Um – модифицированные индексы расширения, перекрытия и «неиспользования» РН соответственно; B_n – ширина РН в нативной части ареала; B_i – ширина РН в инвазионной части ареала; определение индексов BR, Sim приведено в методической части.

В отличие от таковой для ТПМ, диаграмма частоты встречаемости вида в градиентах СПМ отображает тримодальное распределение. В нативной части ареала центроид левой моды СПМ расположен примерно на 22.5 PSU, центроид центральной моды – 32.5 PSU, а центроид правой моды – 37 PSU. В инвазионной части центроид левой моды характеризуется примерно 27.5 PSU, центральной моды – 32.5 PSU, а правой моды – 38 PSU (рис. 4, В).

Диаграмма встречаемости вида в градиентах концентрации хлорофилла в нативной части ареала отображает бимодальное распределение, а в инвазионной части – тримодальное. Центроид левой моды нативной части ареала ориентирован на концентрацию Chl примерно 0.38 мг/м³, а центроид правой моды – 1.75 мг/м³. В инвазионной части ареала центроид левой моды частоты встречаемости гребневика приходится на концентрацию Chl 0.25 мг/м³, центральной моды – 0.55 мг/м³ и правой – 1.25 мг/м³.

Несмотря на изменения положения центроида РН в инвазионной части ареала по сравнению нативной частью, тест на сходство указывает, что гипотеза консерватизма не отклоняется для обоих наборов записей ($P < 0.01$). В целом, поскольку установленный консерватизм РН важен для построения коррелятивных и механистических SDM, этот вывод дополнительно был проверен в рамках концепции ECOUE.

Модифицированные значения пяти метрик Em, Sm, Um, BR и Sim в рамках концепции ECOUE представлены в табл. 2. Из этой таблицы следует, что вне зависимости от набора данных ширина РН вида в нативной части ареала (B_n) больше в инвазионной части (B_i) для обоих наборов данных. Из табл. 2 видно, что значения BR (ln отношения шири-

ны ниш) больше 0, т.е. гипотеза консерватизма РН не отклоняется. Из этой таблицы также следует, что процедура разреживания ТН с целью уменьшения пространственной автокорреляции приводила только к уменьшению BR, что не оказало влияния на общий вывод о консерватизме РН вида.

2.4. Глобальная карта пригодности местообитаний *M. leidyi* в условиях текущего климата

Карта распространения вида, построенная на основе MaxEnt (cSDM) (с оптимальными параметрами – Linear = TRUE; Quadratic = TRUE; Product = TRUE; Threshold = FALSE; Hinge = TRUE, RM = 1.5), представлена на рис. 5. Мы дополнительно оценили качество cSDM с помощью индекса Бойса (B_{ind}), который имел высокие значения (0.92 ± 0.12). Можно заметить, что в глобальном масштабе потенциально приемлемые для обитания *M. leidyi* условия есть в очень многих прибрежных зонах Мирового океана. Среди них – эстуарии, заливы и шельфовые зоны Тихоокеанского побережья Северной и Южной Америки, Юго-Восточной Азии, Океании и Австралии, а также ряд районов Атлантического и Индийского океанов, находящихся вблизи Африки. В Евразии достаточно приемлемые условия для распространения *M. leidyi*

есть во всех внутренних морях её западной части, а также, возможно, в Японском море (см. рис. 5).

Важно отметить, что, поскольку при построении cSDM с помощью MaxEnt использовались усредненные слои SST_mean, SSS_mean и Chl_mean, полученная карта, по-видимому, отражает пригодные местообитания в поздний весенний и ранний летний периоды глобального распространения вида. По этой причине мы дополнительно создали более детальные карты сезонного распространения *M. leidyi* в Каспийском море как в условиях современного, так и будущего климата.

2.5. Сезонные карты пространственного распространения *M. leidyi* в Каспийском море в современных климатических условиях и при потеплении климата в регионе

Карты потенциальных пригодных местообитаний гребневика в Каспийском море в условиях текущего климата (см. Приложение) приведены на рис. 6. Согласно mSDM, приемлемые для гребневика районы размножения в Каспийском море в декабре–марте сейчас находятся лишь на юге Южного Каспия, тогда как на севере Южного и Среднего Каспия формируются условия, позволяющие этому виду выживать и обеспечивать его вос-

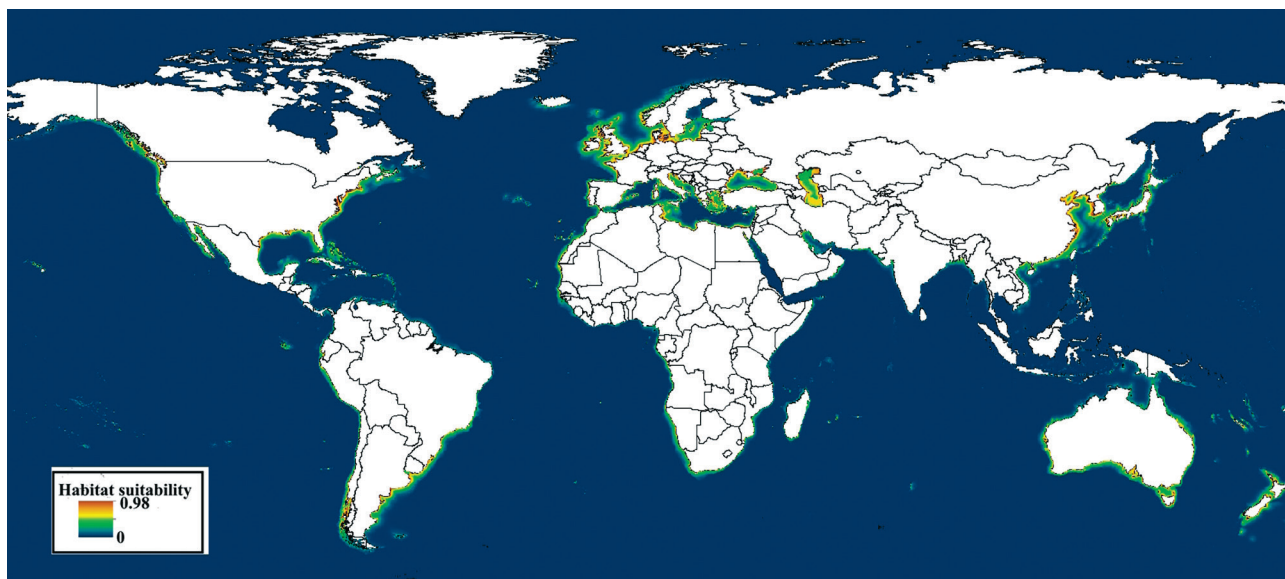


Рис. 5. Глобальный потенциальный ареал *M. leidyi* в современных климатических условиях: тёмно-коричневым цветом выделены наиболее приемлемые для гребневика районы (пригодность ≥ 0.8); коричневым – высокопригодные (пригодность ≥ 0.6); жёлтым – умеренно-пригодные (пригодность 0.4–0.6); зеленым – малопригодные (пригодность = 0.2–0.4); голубым – почти непригодные (пригодность = 0.0–0.2).

производство в период межсезонной экспансии (см. рис. 6). Районы Северного Каспия в этот период не могут быть оккупированы гребневи́ком (категории 0–3, рис. 6, А). В апреле–июне и октябре–ноябре все районы интенсивного размножения *M. leidy* находят-

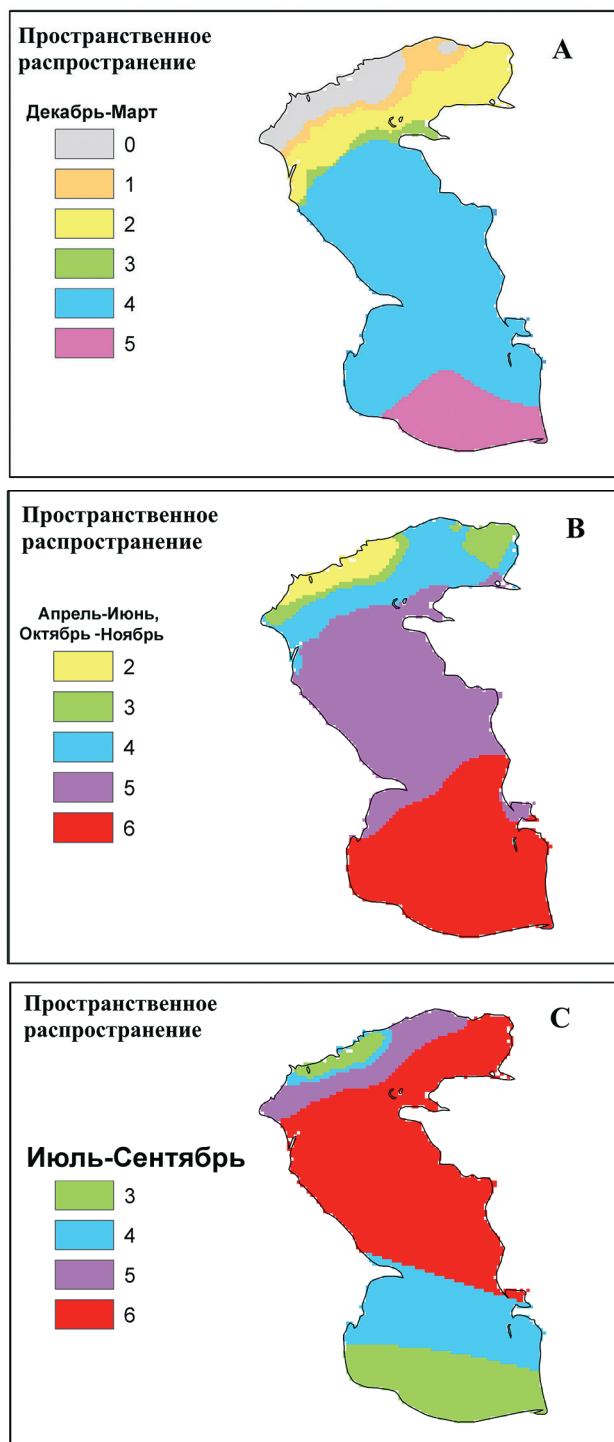


Рис. 6. Карты потенциальных пригодных местообитаний *M. leidy* в Каспийском море в условиях текущего климата, построенные на основе mSDM: цифрами обозначены районы: неподходящие для обитания (0, 1, 2, 3); пригодные для выживания (4); размножения (5) и интенсивного размножения (6).

ся в Южном Каспии (категория 6, рис. 6, В), а начинающегося размножения – в Среднем Каспии (категория 5, см. рис. 6, В). Многие районы Северного Каспия в это время становятся пригодными для выживания гребневи́ка (категория 4, см. рис. 6, В). В самые теплые месяцы (июль–сентябрь) наиболее интенсивно этот вид может размножаться в Среднем Каспии, а также на юге Северного Каспия (категория 6, рис. 6, С). Условия Южного и Северного Каспия в этот период недостаточно приемлемы для интенсивного размножения (категория 5, см. рис. 6, С). Причём самые южные и северные районы Каспия непригодны для выживания *M. leidy* из-за высокой ТПМ и низкой СПМ соответственно (категория 3, см. рис. 6, С).

Созданные mSDM-карты показывают, что в 2040–2050 гг. в условиях сценариев SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 изменения климата в зимне-весенние месяцы (рис. 7, А, D, G, J) пригодные области для слабоинтенсивного размножения гребневи́ка (категория 5, рис. 7) будут занимать большие, чем сейчас, пространства в Южном Каспии. В остальных частях Каспия в это время могут сохраняться обширные районы, условия которых приемлемы для выживания вида (категория 4, см. рис. 7, А, D, G, J).

При смене климатических сценариев от SSP1-2.6 до SSP5-8.5 в апреле–июне и октябре–ноябре, вероятно, существенное расширение пространств, пригодных для интенсивного размножения гребневи́ка (категория 6, рис. 7, В, Е, Н, К). Одновременно с этим следует ожидать сокращение районов категории 5, т.е. тех, где размножение *M. leidy* было возможно ранее. Однако районы категории 4 (донорные зоны) останутся примерно теми же при всех рассматриваемых вариантах климатических изменений в поздневесенний и осенний периоды года. Достаточно интересная картина наблюдается для периода июль–сентябрь (рис. 7, С, F, I, L). В июле–сентябре при климатической динамике по сценариям от SSP1-2.6 к SSP5-8.5 (см. рис. 7, С, F, I, L) возрастает вероятность последовательного сокращения пространств, где возможно низко- и высокоинтенсивное размножение *M. leidy*. Причём если по условиям SSP1-2.6 обширные области пригодные

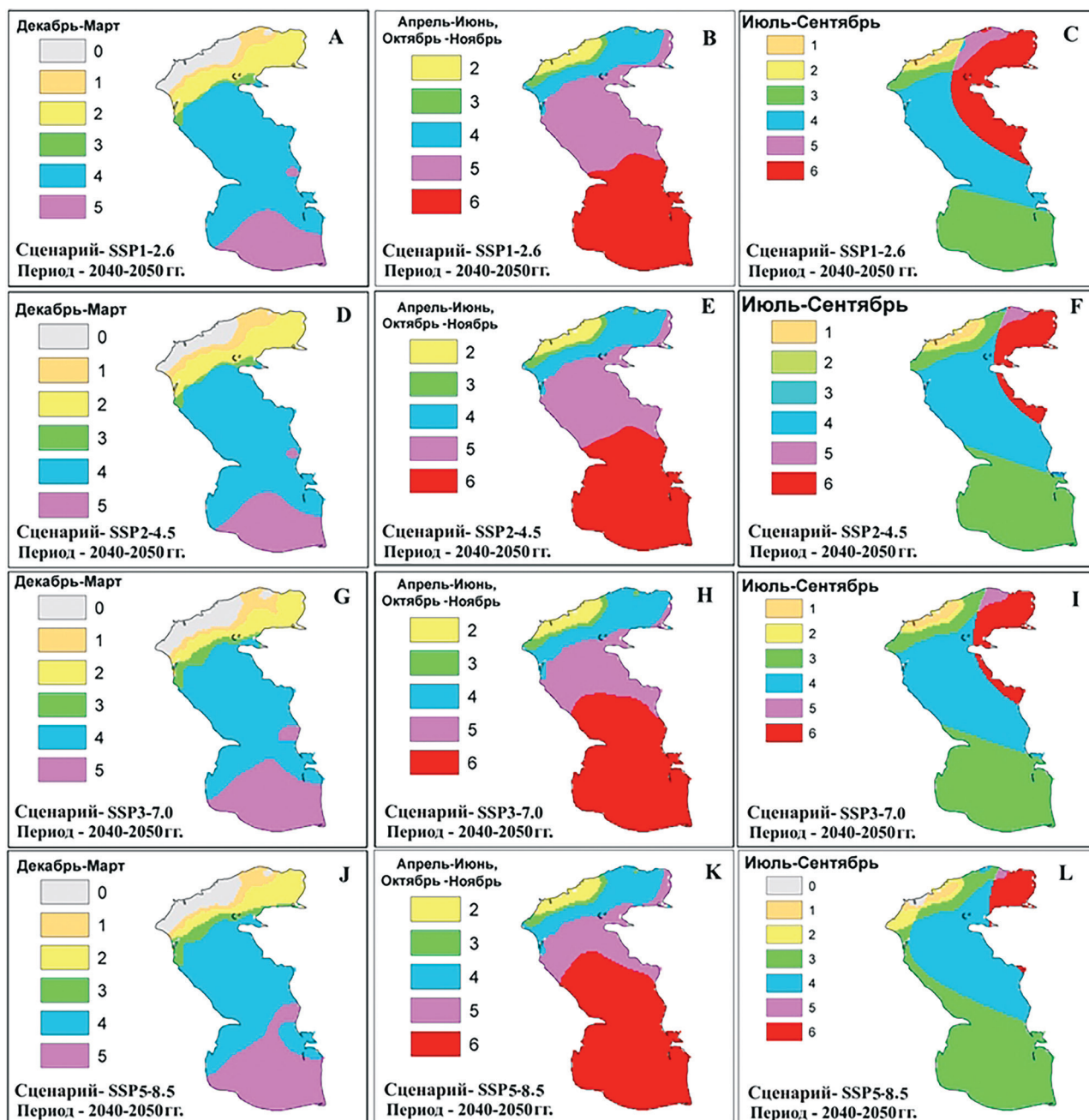


Рис. 7. Карты потенциальных пригодных местообитаний *M. leidy* в Каспийском море, построенные на основе mSDM, в условиях сценариев SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 изменения климата в период 2040–2050 гг.: цифрами обозначены районы: неподходящие для обитания (0, 1, 2, 3); пригодные для выживания (4); размножения (5); интенсивного размножения (6).

для размножения гребневика (категории 5–6) (рис. 7, С) ещё могут наблюдаться на востоке Северного и значительной части Среднего Каспия, то по условиям SSP5-8.5 такие области практически полностью ограничиваются лишь Северо-восточным Каспием (см. рис. 7, С). Однако во всех случаях районы, пригодные для выживания этого вида (категория 4), будут, по-видимому, занимать значительные пространства преимущественно Среднего Каспия.

При сценариях дальнейшего потепления климата, в частности в период 2090–2100 гг., в декабре–марте на Каспии по-прежнему могут сохраняться условия, пригодные для размножения гребневика в южной части моря, а также обширные пространства, приемлемые для выживания этого вида (рис. 8, А, D, G, J). В апреле–июне и октябре–ноябре 2090–2100 гг. наблюдается, по сравнению с 2040–2050 гг., постепенное увеличение площадей районов, пригодных для интенсивного размножения *M.*

leidyi (категория 6, рис. 8, В, Е, Н, К) от сценария SSP1-2.6 к сценарию SSP5-8.5. Причём появлению новых условий категории 6 могло способствовать сокращение подобных условий для категории 5. Если по сценарию SSP1-2.6 районы низко- и высокоинтенсивного размножения занимают примерно одинаковое пространство (рис. 8, В), то согласно сценарию SSP5-8.5 область интенсивного размножения гребневи́ка в периоды апреля–июня и октября–ноября 2090–2100 гг. может значительно расшириться

(рис. 8, К). Также можно заметить, что районы, пригодные для выживания вида, практически остаются неизменными при всех возможных сценариях изменения климата в эти месяцы. В июле–сентябре 2090–2100 гг. на востоке Северного и Среднего Каспия, вероятно, ещё могут сохраняться обширные пространства, пригодные для выживания, а также более-менее интенсивного размножения *M. leidyi* (рис. 8, С, F, I), однако по сценарию SSP5-8.5 вероятность не только размножения, но и выживания греб-

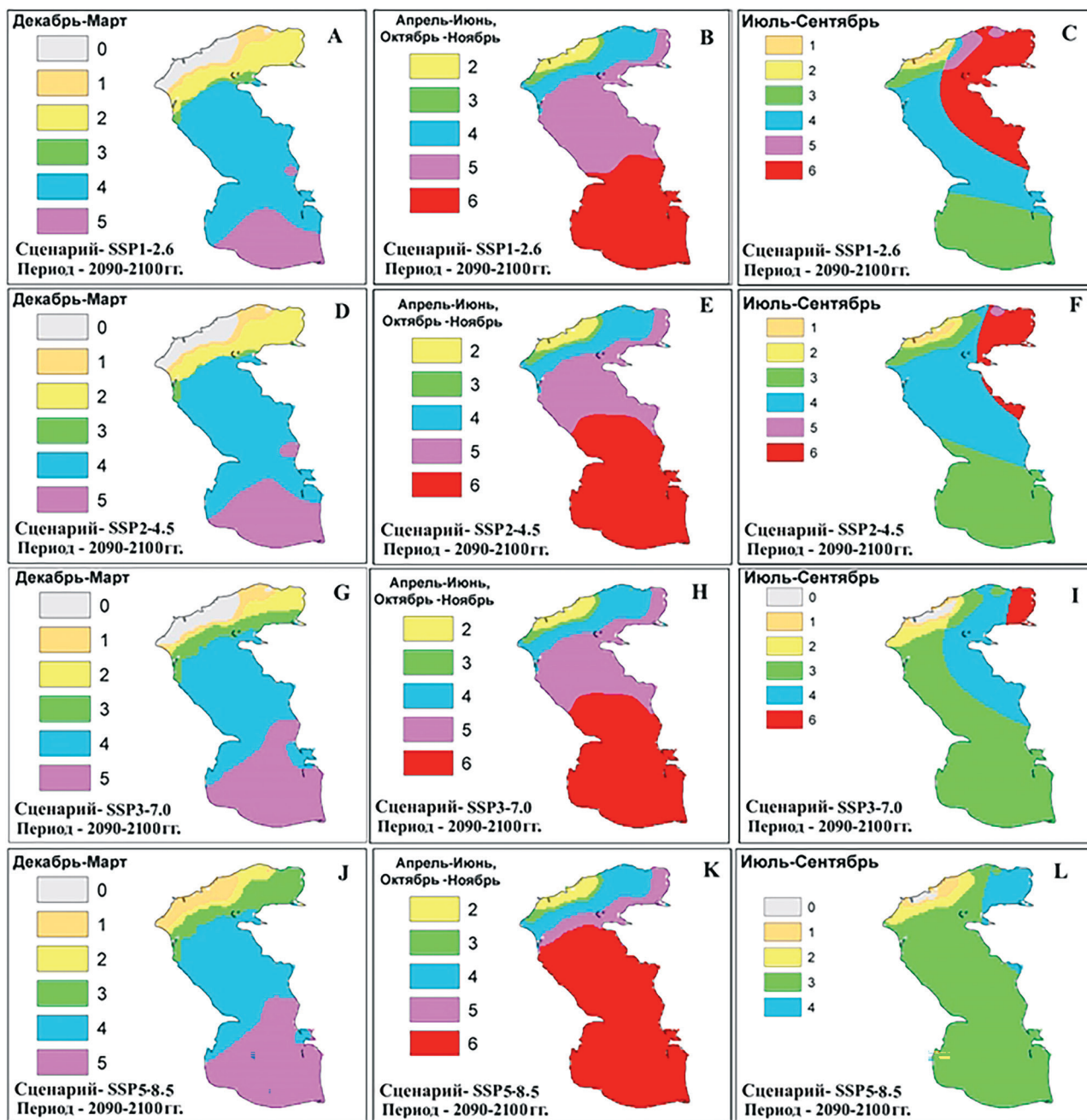


Рис. 8. Карты потенциальных пригодных местообитаний *M. leidy* в Каспийском море, построенные на основе mSDM, в условиях сценариев SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 и SSP5-8.5 изменения климата в период 2090–2100 гг.: цифрами обозначены районы: неподходящие для обитания (0, 1, 2, 3); пригодные для выживания (4); размножения (5); интенсивного размножения (6).

невика в этот период может быть ниже, чем в те же месяцы 2040–2050 гг. Не исключено, что на стыке летнего и осеннего гидрологических сезонов 2090–2100 гг. в Каспии останутся лишь ограниченные области (рефугиумы) временно-го выживания вида (рис. 8, L).

3. Обсуждение

Объединив наиболее полный набор глобальных данных с новыми записями обнаружения *M. leidy* в Северной Евразии, с использованием передовых подходов к моделированию РН и ключевых переменных морской среды, мы создали модели и карты распространения гребневика в условиях текущего климата на глобальном уровне, а также карты вероятного распространения этого вида в Каспийском море при различных сценариях регионального потепления климата в будущем. На основе анализа глобального пула данных определили ключевые переменные морской среды, оказывающие влияние на вселение, рост, размножение и распространение популяций *M. leidy*. В частности, проведённые нами расчёты подтвердили выполнение гипотезы консерватизма РН, что увеличивает нашу уверенность в надёжности созданных коррелятивных и механистических SDM для картирования пригодных территорий вида в условиях текущего и будущего изменения климата. Наши результаты, основанные на переменных морской среды и методах построения SDM, хорошо согласуются с полевыми данными присутствия *M. leidy* и подтверждают области его натурализации в морях Евразии, ранее представленные в других работах [Siapatis et al., 2008; Van Walraven et al., 2013; Collingridge, 2014; Shiganova et al., 2019]. Поскольку точность коррелятивного подхода для построения cSDM глобального уровня оказалась достаточно высокой, мы использовали выбранные морские переменные для построения сезонных mSDM для различных периодов и сценариев изменения климата на примере Каспийского моря.

3.1. Выполнение гипотезы консерватизма РН

Проведённый сравнительный анализ РН в нативной и инвазионной частях ареала в

рамках двух концепций показал, что гипотеза сходства (консерватизма) РН не отклоняется. Причём для сокращённого и полного пула данных ТН индексы стабильности (S) принимают достаточно высокие значения (0.994–0.999). Это означает, что вне зависимости от размеров площади инвазионной и нативной частей ареала *M. leidy* стабильно использует сходные местообитания. Это утверждение также подтверждается значениями других метрик – E (< 0.006) и U (< 0.1). При этом вид не освоил от 3 до 10% пригодных территорий. Хотя гипотеза консерватизма РН всё ещё является дискуссионной, всё же большинство исследователей [Liu et al., 2020] склоняются к мнению, что инвазионные виды, как правило, занимают РН нишу нативного ареала, как это и было подтверждено нами для *M. leidy*. Важность выполнения гипотезы РН может гарантировать надёжность построения коррелятивных и механистических SDM в условиях текущего климата и будущих его изменений.

3.2. Прогнозные пригодные морские местообитания в глобальном масштабе в условиях текущего климата

Карта, отражающая потенциальный ареал *M. leidy*, построенная с использованием MaxEnt cSDM в условиях текущего климата на основе глобального пула данных и среднегодовых оценок ТПМ, СПМ и концентрации хлорофилла, характеризует поздневесенние и раннелетние условия, благоприятные для обитания этого вида. Эта карта хорошо согласуется с ранее проведёнными исследованиями [Van Walraven et al., 2013; Collingridge et al., 2014; Siapatis et al., 2008; Shiganova et al., 2019]. При очевидной сезонной коррекции этих данных они, тем не менее, позволяют предположить, что есть ещё ряд регионов, где вид может натурализоваться в будущем. К ним относятся области: в Тихом океане – западное побережье Северной и Южной Америки, восточное побережье Азии и воды вокруг Австралии и Новой Зеландии; в Индийском океане – Персидский залив, Аравийское море и восточное побережье Африки; в Атлантике – западное побережье Африки, от Пиренейского побережья до Великобритании (см. рис. 5). В целом эта карта отражает все потен-

циально пригодные места обитания *M. leidy*, включая как нативные и инвазионные части ареала, так и перспективные к заселению районы, расположенные в мелководных прибрежных зонах и внутренних водоёмах. На возможность расселения *M. leidy* во многих из этих регионов указывали ранее [Shiganova et al., 2019]. Вместе с тем следует признать, что карты глобального распространения вида не позволяют исследовать сезонную динамику распределения вида, в частности, в Каспии. В этом случае более предпочтительны сезонные mSDM. Один из важных выводов, следующий из построенной mSDM сезонного распространения *M. leidy* в Каспийском море, заключается в том, что здесь существуют благоприятные условия для непрерывного размножения вида круглый год.

3.3. Прогнозные карты сезонного распространения вида в Каспийском море в условиях глобального изменения климата

Созданные нами карты для двух периодов 2040–2050 и 2090–2100 гг. предполагают повышение температуры воды (SST), усреднённой по всем сценариям SSPx-у и сезонам в Каспийском море, примерно на 2.5 °C (диапазон 2.39–2.62 °C) и 4.045 °C (диапазон 3.33–4.76 °C) соответственно. Такое потепление зимой для периодов 2040–2050 гг. (категория 5, см. рис. 7, A, D, G, J) и 2090–2100 гг. (категория 5, см. рис. 8 A, D, G, J) может привести только к расширению площади пригодных районов для низкоинтенсивного размножения в Южном Каспии. Высокоинтенсивное размножение при этом не ожидается ни при одном из рассматриваемых сценариев и временных периодов. Наиболее важное различие для высоко- и низкоинтенсивного размножения просматривается для двух периодов (2040–2050, 2090–2100 гг.) в условиях сценария SSP5-8.5 в летний сезон. Если для периода 2040–2050 гг. в условиях сценария SSP5-8.5 в летний сезон небольшие участки для высокоинтенсивного и низкоинтенсивного размножения расположены на востоке Северного Каспия (категории 5 и 6, рис. 7, L), то для периода 2090–2100 гг. в летний сезон на востоке Северного Каспия остаются

только области, пригодные для выживания (категория 4, см. рис. 8, L). Это означает, что если в условиях текущего климата донорные области расположены в Южном Каспии, то в условиях потепления по сценарию SSP5-8.5 донорные области будут расположены на северо-востоке Северного Каспия. Соответственно, при увеличении температуры на 4.76 °C основное направление сезонного расселения вида, характерное для текущих климатических условий (с юга на север), изменится на противоположное – с севера на юг. Другой важный вывод заключается в том, что глобальное потепление не приведёт к вымиранию вида в Каспийском море.

3.4. Биологический контроль *M. leidy* в Каспийском море

В целом созданные нами карты mSDM в условиях текущего климата и при различных сценариях SSPx-у изменения климата для двух периодов 2040–2050 гг. и 2090–2100 гг. наглядно показали, что в Каспийском море при любых условиях будут сохраняться обширные благоприятные районы, пригодные для существования *M. leidy*. По этой причине возникает необходимость разработки и принятия конкретных мер по подавлению численности инвазионного вида, например, внедрением узкоспециализированных хищников, паразитов или возбудителей заболеваний. В связи с этой проблемой в литературе широко обсуждался вопрос вселения другого вида гребневика – *B. ovata*, питающегося исключительно гребневиками [Самые опасные..., 2018; Камакин и др., 2018]. Однако в ходе мониторинговых исследований, в сентябре 2020 г., сотрудниками лаборатории гидробиологии Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») этот вид уже был обнаружен на траверзах мыса Песчаный, пос. Кызыл-Узень, мыса Меловой в восточной части Среднего Каспия, что свидетельствует о естественной интродукции *B. ovata* в Каспийское море [Разинков и др., 2021]. Кроме этих находок, за последние годы *B. ovata* также был отмечен в разных частях Каспийского моря: в Южном Каспии [Bagheri et al., 2021; Ахундов и др., 2021] и в Среднем Каспии [Востоков и др., 2020; Саяпина

и др., 2021]. В нативной части ареала этот вид обитает в эстуариях Северной и Южной Америки, где взаимодействие между гребневыми осуществляется по модели «хищник – жертва». Гребневик *B. ovata* характеризуется тем, что: во-первых, он очень специфичен в своём питании, так что даже его личиночная стадия питается *M. leidy*; во-вторых, его репродуктивная скорость и плодовитость так же велики, как у *M. leidy* [GESAMP, 1997]. Благодаря этим особенностям предполагалось, что *B. ovata* способен в максимально короткие сроки образовать жизнеспособную многочисленную популяцию и подавить численность *M. leidy*. В действительности модель «хищник – жертва» уже была реализована в Чёрном море, когда случайное вселение *B. ovata* в Чёрное море из Мраморного моря в 1997 г. привело уже в августе 1999 г. к широкому распространению *B. ovata* по всей северо-восточной части Чёрного моря и значительному сокращению популяции *M. leidy*, снижению его пресса на зоопланктонное сообщество и, в целом, на экосистему моря [Finenko et al., 2006; Shiganova et al., 2014; Финенко и др., 2017]. Исходя из этого положительного результата использования модели взаимодействия видов «хищник – жертва» в Чёрном море, некоторые авторы полагали, что условия обитания и толерантность к внешним факторам среды этих двух близкородственных видов весьма идентичны [Камакин и др., 2018]. Сравнительный анализ биомассы гребневиков в Каспийском море показал, что в пяти из семи локалитетов, где были обнаружены оба вида, биомасса *B. ovata* была выше, чем *M. leidy*, достигая 0.57–1.73 г/м³ при солёности выше 10 PSU. В локалитетах, расположенных в районах, где солёность была ниже 8 PSU, *B. ovata* не обнаружен [Shiganova et al., 2023]. С учётом данных Шигановой [Shiganova et al., 2023], указывающих, что нижний предел солёности для выживания *B. ovata* — 7 PSU, а для размножения — 10 PSU, можно утверждать, что северная граница распространения *B. ovata* в Среднем Каспии расположена в районе Аграханского полуострова [Shiganova et al., 2023]. На основе созданных карт сезонных изменений солёности местообитаний в условиях текущего

климата можно предположить, что *B. ovata* может размножаться в Южном Каспии и на юго-востоке Среднего Каспия (рис. П, D, E, F), где биотопы характеризуются солёностью выше 10 PSU. Хотя в литературе [Azzurro et al., 2024; Shiganova et al., 2024a] утверждается, что вселение *B. ovata* будет способствовать восстановлению Каспийского моря, тем не менее мы приходим к выводу, что *B. ovata* может эффективно контролировать *M. leidy* в ограниченной части Каспийского моря, но для этого требуется проведение дополнительных специальных исследований.

Заключение

Созданная обобщённая cSDM-карта позволяет прогнозировать потенциальный ареал вида в глобальном масштабе в условиях текущего климата. Уточнённые, детализированные сезонные локальные карты (mSDM) позволяют выделить пригодные области для высоко- и низкоинтенсивного размножения, а также выживания вида в условиях альтернативных моделей и сценариев изменения климата. Эти карты могут помочь определить территории для распределения ресурсов и проведения мониторинговых работ до того, как возникнет значительная угроза морским экосистемам. Регионы – морские экосистемы, где вид уже натурализован или ожидается его вселение, – требуют построения сезонных детальных карт для выделения географического распределения донорных местообитаний, обеспечивающих межсезонное расселение вида. Использование обобщённых карт, построенных на основе усреднённых переменных морской среды, малоэффективно, поскольку они не могут отражать донорные местообитания для межсезонного расселения вида.

Финансирование работы

Анализ литературных источников и написание статьи выполнены в рамках государственных заданий ИПЭЭ РАН «Экология и биоразнообразие водных сообществ (№ АААА-А18-118042490059-5)» и «Фундаментальные основы охраны живой природы и рационального природопользования (№ FFER-2024-0022)».

Благодарности

Авторы благодарны ESRI (2020) за предоставление бесплатной лицензионной версии Arc GIS Desktop Pro 10.8.1 (ESRI Sales Order number 3128913; ESRI Delivery number 81833751, User customer number 535452).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием живых организмов в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Приложение

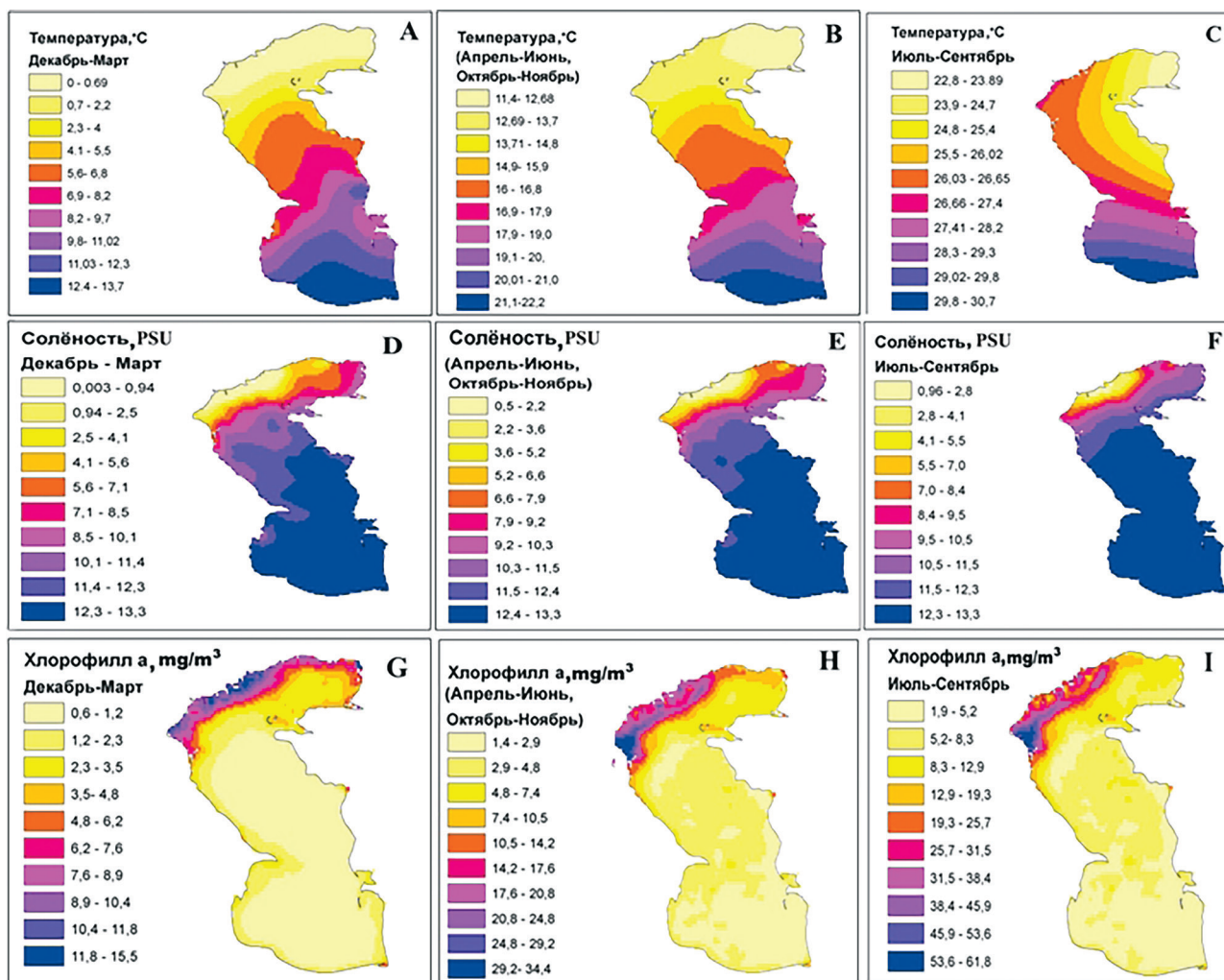


Рис. II. Карты сезонных изменений ключевых переменных среды в Каспийском море в условиях текущего климата, построенные на основе работы [Matteo et al., 2020].

Литература

- Ахундов М.М., Мамедов Э.В., Джафарова Э.Э. Состояние планктонного сообщества в результате появления *Beroe ovata* и его влияние на экосистему Каспийского моря // VIII Научно-практическая конференция. Астрахань, 2021, 22 октября. С. 22–34.
- Востоков С.В., Гаджиев А. А., Востокова А.С., Рабазанов Н.И. Гребневик *Beroe* cf. *ovata* в Каспийском море. Начало нового этапа эволюции Каспийской экосистемы // Юг России: экология, развитие. 2020. № 4. С. 21–35.
- Зенкевич Л.А. Биология морей СССР // Акад. наук СССР. Институт океанологии. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. 739 с.
- Камакин А. М., Ходоревская Р. П. Влияние популяции вселенца *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 на рыбное население Каспийского моря // Биология внутренних вод. 2018. 2. С. 51–56.
- Карпинский М.Г. Экология бентоса Среднего и Южного Каспия. М.: ВНИРО, 2002. 283 с.
- Петросян В.Г., Осипов Ф.А., Фенева И.Ю., Дергунова Н.Н., Хляп Л.А. Моделирование экологических ниш

- самых опасных инвазионных видов топ-100 России: проверка гипотезы консерватизма экологических ниш // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2023. № 7. С. 70–92 [Petrosyan V.G., Osipov F.A., Feneva I.Y., Khlyap L. Ecological Niches Modelling of the TOP-100 Most Dangerous Invasive Species in Russia: Testing the Hypothesis of Ecological Niche Conservatism. *Biology Bulletin*. 2023. 50 (Suppl 1). 63–84. <https://doi.org/10.1134/S106235902360126X>].
- Разинков В.П., Парицкий Ю.А., А. В. Михайлова А.В., Хурсанов А.С., Грозеску Ю.Н. Состояние запасов, факторы внешней среды и эффективность воспроизводства популяции анчоусовидной кильки (*Clupeonella Engrauliformis* Borodin) в современных условиях // Рыбное хозяйство. 2021. № 6. С. 76–79.
- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / под. ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросяна В.Г., Хляпа Л.А. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.
- Саяпина В.В., Ушивцев В.Б., Олейникова Е.П., Досаев Ф.Г. Гребневик, *Beroe ovata* Bruguière, 1789 – новый инвайдер в экосистеме Каспийского моря // Океанология. 2021. 61 (5). С. 753–758.
- Финенко Г.А., Аннинский Б.Е., Дацык Н.А. *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Ctenophora: Lobata) в прибрежных районах Чёрного моря: 25 лет после вспышки // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 4. С. 110–120 [Finenko, G.A., Anninsky, B.E. & Datsyk, N.A. *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Ctenophora: Lobata) in the Inshore Areas of the Black Sea: 25 Years after Its Outbreak. *Russ J Biol Invasions* 9, 86–93 (2018). <https://doi.org/10.1134/S2075111718010071>].
- Шакирова Ф.М. Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1865) в прибрежных водах восточного Каспия (Туркменский сектор) // Российский журнал биологических инвазий. 2011. № 4. С. 88–97 [Shakirova F.M. Ctenophore *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz, 1865) in the coastal water of the east Caspian Sea (Turkmen sector). *Russian Journal of Biological Invasions*. 2012. 3. 58–63. <https://doi.org/10.1134/S2075111712010110>].
- Шиганова Т.А., Камакин А.М., Жукова О.П. и др. Вселенец в Каспийское море – гребневик *Mnemiopsis* и первые результаты его воздействия на пелагическую экосистему // Океанология. 2001. Т. 41, № 4. С. 542–549.
- Araújo M.B., Guisan A. Five (or so) challenges for species distribution modeling // *Journal of Biogeography*, 2006, 33, 1677–1688.
- Assis J., Fernández Bejarano S.J., Salazar V.W., Schepers L., Gouvêa L., Fragkopoulou E., Leclercq F., Vanhoorne B., Tyberghien L., Serrão E.A., Verbruggen H., De Clerck O. Bio-ORACLE v3.0. Pushing marine data layers to the CMIP6 Earth system models of climate change research // *Global Ecology and Biogeography*. 2024. 33 (4). e13813. <https://doi.org/10.1111/geb.13813>
- Azzurro E., Bahri T., Valbo-Jørgensen J., Ma X., Strafella P., Vasconcellos, M. (eds.) // Fisheries responses to invasive species in a changing climate – Lessons learned from case studies. FAO Fisheries Technical Paper, 2024. No 704. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1400en>
- Bagheri S., Sayad B.M., Babaei H., Roohi A., Ghandi A.D. Investigation on the effects of fish farming in marine cages on abundance and structure of *Mnemiopsis leidyi* and *Beroe ovata* (Ctenophora: Lobata) in the southwestern Caspian Sea during 2018–2020 // *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2021. 20 (5). P. 1262–1276. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.351053.0>
- Baselga A. Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: Balanced variation in abundance and abundance gradients // *Methods Ecol. Evol.* 2017. 8. P. 799–808. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12693>
- Boyce M.S., Vernier P.R., Nielsen S.E., Schmiegelow F.K. Evaluating resource selection functions // *Ecological Modelling*, 2002. 157. P. 281–300. [https://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00200-4](https://dx.doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00200-4)
- Broennimann O., Treier U.A., Muller-Scharer H., Thuiller W., Peterson A.T., Guisan A. Evidence of climatic niche shift during biological invasion // *Ecology Letters*. 2007. 10. P. 701–709. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01060.x>
- Collingridge K., van der Molen J., Pitois S. Modelling risk areas in the North Sea for blooms of the invasive comb jelly *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 // *Aquatic Invasions*. 2014. 9. P. 21–36.
- Di Cola V., Broennimann O., Petitpierre B., Breiner F., D'Amen M., Randin, C., Engler R., Pottier J., Pio D., Dubuis A., Pellissier L., Mateo R., Hordijk W., Salamin N., Guisan A. Ecospat: An R package to support spatial analyses and modeling of species niches and distributions // *Ecography*. 2017. 40. P. 774–787. <https://doi.org/10.1111/ECOG.02671>.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute. Arc GIS Desktop 10.8.1. Available online: <https://support.esri.com/en/products/desktop/arcgis-desktop/arcmap/10-8-1> (accessed on 9 July 2020).
- Finenko G., Kideys A., Anninsky B., Shiganova T., Roohi A., Tabari M. et al. Invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Caspian Sea: feeding, Respiration, reproduction, and predatory impact on the zooplankton community // *Marine ecology Progress series*. 2006. 314. P. 171–185.
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), International Maritime Organization. Reports and Studies London, UK. No 58. 1997. 84 p. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.35203.91689>
- Hijmans R.J., Phillips S., Leathwick J., Elith J. Dismo Package for R. Available online. 2017. <https://cran.r-project.org/package=dismo> (accessed on 9 July 2020).
- Hutchinson G. E. Concluding remarks // *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* 1957, 22, 145–159.
- IPCC (2021) Sixth Assessment Report of the IPCC Working Group, I. Available online: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/> (accessed on 9 July 2020).
- IPCC, 2013. Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (Eds.), *Climate Change: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. 2013. 1535.

- ISSG (Invasive Species Specialist Group). (2019). *Global invasive species database*. http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php (accessed on 9 July 2024).
- Ivanov V.I., Kamakim A.M., Ushivtzev V.B., Shiganova T., Zhukova O., Aladin N., Wilson S.I., Harbison G.R., Dumont H.J. Invasion of Caspian Sea by the comb jellyfish *M. leidyi* (Ctenophora) // *Biological Invasions*. 2000. 2. P. 255–258.
- Karpinsky M.G. Review: The Caspian Sea benthos: Unique fauna and community formed under strong grazing pressure // *Marine Pollution Bulletin*. 2010. 61 (4–6). P. 156–161. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.009>
- Lehtiniemi M., Lehmann A., Javidpour J., Myrberg K. Spreading and physico-biological reproduction limitations of the invasive American comb jelly *Mnemiopsis leidyi* in the Baltic Sea // *Biological Invasions*. 2012. 14. P. 341–354. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-011-0066-z>
- Liu C., Wolter C., Xian W., Jeschke, J.M. Most invasive species largely conserve their climatic niche // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020. 117. 38. P. 23643–23651. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004289117>
- Matteo L., Thomas W., Niels R. Data S1. Caspian Sea environmental variables: an extension of the Bio-ORACLE ocean data set. Figshare. 2020. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9980954.v1> (accessed on 9 July 2020).
- Muscarella R., Galante P.J., Soley-Guardia M., Boria R.A., Kass J.M., Uriarte M., Anderson R.P. ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models // *Methods in Ecology and Evolution*. 2014. 5. P. 1198–1205. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.12261>
- Pearman P.B., Guisan, A., Broennimann, O., Randin, C.F. Niche dynamics in space and time // *Trends in Ecology and Evolution*. 2008. 23. P. 149–158.
- Petitpierre B., Kueer C., Broennimann O., Randin C., Daehler C., Guisan A. Climatic niche shifts are rare among terrestrial plant invaders // *Science*. 2012. 335. P. 1344–1348. [10.1126/science.1215933](https://doi.org/10.1126/science.1215933)
- Petrosyan V., Osipov F., Feniova I., Dergunova N., Warshavsky A., Khlyap L., Dzialowski A. The TOP-100 most dangerous invasive alien species in Northern Eurasia: invasion trends and species distribution modeling // *NeoBiota*. 2023a. 82: P. 23–56. <https://doi.org/10.3897/neobiota.82.96282>
- Petrosyan V., Dinets V., Osipov F., Dergunova N., Khlyap L. Range Dynamics of Striped Field Mouse (*Apodemus agrarius*) in Northern Eurasia under Global Climate Change Based on Ensemble Species Distribution Models // *Biology*. 2023b. 12. 1034. <https://doi.org/10.3390/biology12071034>
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecological Modelling*. 2006. 190 (3–4). P. 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Pili A.N., Tingley R., Sy E.Y., Diesmos M.L.L., Diesmos A.C. Niche shifts and environmental non-equilibrium undermine the usefulness of ecological niche models for invasion risk assessments // *Scientific Reports*. 2020. 14. 10 (1). 7972. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64568-2>
- Sarpe D., Grosskopf T., Javidpour J. *Mnemiopsis leidyi*: analysis of an invader in the Kiel Fjord with focus on respiration and reproduction rate // 42nd European marine biology symposium, 2007, 27–32 August 2007, Kiel, Germany.
- Sbrocco E.J., Barber P.H. MARSPEC: Ocean climate layers for marine spatial ecology // *Ecology*. 2013. 94 (4). e979. <https://doi.org/10.1890/12-1358.1>
- Shiganova T.A., Legendre L., Kazmin A.S., Nival P. Interactions between invasive ctenophores in the Black Sea: assessment of control mechanisms based on long-term observations // *Marine Ecology Progress Series*. 2014. 507. P. 111–123.
- Shiganova T.A., Alekseenko E., Kazmin A.S. Predicting range expansion of invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* A. agassiz 1865 under current environmental conditions and future climate change scenarios // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2019. 227. 10634. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106347>
- Shiganova T.A., Kamakin A.M., Pautova L.A., Kazmin A.S., Roohi A., Dumont H.J. An impact of non-native species invasions on the Caspian Sea biota (Chapter 2) // *Advances in Marine biology*, 2023. P. 70–147. <https://doi.org/10.1016/bs.amb.2023b.01.002>
- Shiganova T.A., Mamedov E.V., Akhundov M.M., Jafarova E.E., Kazmin A.S. Invasion of ctenophore *Beroe ovata* Bruguière, 1789 in the Caspian Sea: is it a chance for ecosystem recovery? // *Biological Invasions* 26. 2024a. 217–236. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03171-8>
- Shiganova T.A., Alekseenko E.V., Mirzoyan Z.A., Kazmin A.S. Prediction of ctenophore *Beroe ovata* Bruguière, 1789 habitat expansion and control of invading *Mnemiopsis leidyi* Agassiz, 1865 in the Ponto-Caspian basin associated with climate change // *Marine Environmental Research*, 194, 2024b, 106315, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106315>
- Siapatis A., Giannoulaki M., Valavanis V.D., Palialexis A., Schismenou E., Machias A., Somarakis S. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea // *Hydrobiologia*. 2008. 612. P. 281–295. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9497-7>
- Tyberghein L., Verbruggen H., Pauly K., Troupin C., Mineur F., De Clerck O. Bio-ORACLE: A global environmental dataset for marine species distribution modelling // *Global Ecology and Biogeography*. 2012. 21. P. 272–281. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00656.x>
- Van Walraven L., Langenberg V.T., Van der Veer H.W. Seasonal occurrence of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the western Dutch Wadden Sea // *Journal of Sea Research*. 2013. 82. P. 86–92.
- Warren D.L., Glor R.E., Turelli M. Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution // *Evolution*. 2008. 62. P. 2868–2883. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00482.x>
- Wesselingh F., Neubauer T.A., Anistratenko V., Vinarski M.V., Yanina T. et al. Mollusc species from the Ponto-caspian region – an expert opinion list // *ZooKeys*, 2019. 827. P. 31–124.

SPATIAL DISTRIBUTION MODELS OF THE CTENOPHORE *MNEMIOPSIS LEIDYI* A. AGASSIZ 1865 IN THE CASPIAN SEA UNDER CURRENT AND FUTURE CLIMATE CONDITIONS

© 2025 Petrosyan V.G.^{a*}, Ruban G.I.^a, Barabanov V.V.^b, Dergunova N.N.^a, Osipov F.A.^a

^a A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071, Russia;

^b Volga-Caspian branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, «VNIRO» («CaspNIRKh»), Astrakhan, 414056, Russia

e-mail: *petrosyan@sevin.ru

Mnemiopsis leidyi is one of the “ecosystem engineers” and is among the most dangerous global invaders of marine ecosystems. In this study, we applied correlative and mechanistic ecological modeling approaches to predict potentially suitable areas for the global distribution of this species under current climate conditions, and to construct detailed seasonal maps of suitable habitat using the Caspian Sea as a case study under climate change throughout the 21st century. By using a global dataset of species occurrence records and marine environmental variables from the Bio-Oracle databases, we showed that the hypothesis of realized niches conservatism (similarity) in the native and invasive parts of the range was not rejected. The created global map confirmed that suitable habitats for *M. leidyi* are located along the eastern coasts of the American continents and in the seas of Eurasia, where the species is already naturalized, and also identified areas that are potentially favorable for its future establishment, but where it has not yet been recorded. Seasonal predictions (December-March, April-June, July-September, October-November) of suitable habitats in the Caspian Sea for maximum, minimum reproduction and survival of the species under current climate conditions (2010–2020) and for two periods (2040–2050, 2090–2100) under four scenarios (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 and SSP5-8.5) of climate change showed that while under the current climate the main direction of inter-seasonal dispersal of the species is from south to north. However, under the strong warming scenario (SSP5-8.5), this dispersal is projected to reverse – from north to south – during the summer and autumn seasons by the end of the century. The results also suggest that global warming regardless of the climate change scenario would not lead to extinction of the species in the Caspian Sea.

Keywords: climate change models and scenarios, invader, SDM, ecosystem.

«РИСОВЫЕ ПОЛЯ» ВОКРУГ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

© 2025 Попов И.Ю. * Абакумов Е.В. **

Санкт-Петербургский государственный университет. Кафедра прикладной экологии. Санкт-Петербург,

Университетская наб. 7/9, 199034, Россия

e-mail: *i.y.popov@spbu.ru; **e.abakumov@spbu.ru

Поступила в редакцию 14.12.2024. После доработки 23.03.2025. Принята к публикации 11.05.2025

Канадский рис *Zizania aquatica*, *Z. palustris* уже длительное время рекомендуется для расселения за пределы естественного ареала, поскольку может использоваться как сельскохозяйственная культура и/или средство улучшения кормовой базы водоплавающих птиц на озёрах. В прошлом неоднократно предпринимались попытки интродукции канадского риса на Северо-Западе России, в том числе на водоёмах окружающей Санкт-Петербург территории – Ленинградской области. В результате наблюдений и обобщения литературных данных выяснилось, что на четырёх озёрах существуют «рисовые поля» площадью по несколько десятков гектаров. Ещё на нескольких водоёмах канадский рис встречается в небольшом числе. Натурализация этого растения произошла, но расселение происходит медленно. Канадский рис занимает специфические биотопы – мелководья без течения с сильно заиленным грунтом, где местные растения малочисленны. Опасности для местных экосистем канадский рис не представляет. Интересы к его коммерческому использованию не прослеживаются, отношение к инвазии обычно или безразличное, или негативное.

Ключевые слова: канадский рис, *Zizania aquatica*, *Zizania palustris*, натурализация, Северо-Запад России

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-136-143

Введение

Рис *Oryza sativa* является теплолюбивым растением, но у него есть холодостойкие аналоги – представители рода *Zizania*. Особенно большое сходство с обычным рисом имеют два близких аллопатрических вида – *Z. aquatica* и *Z. palustris* [Oelke et al., 2016; Xie et al., 2023]. Их естественный ареал располагается в Северной Америке. Ранее они считались одним видом, различия между ними незначительны, и иногда их до сих пор рассматривают как один вид *Z. aquatica*. Для обоих видов используется название «канадский рис», или же «чёрный», «утиный», «однолетний дикий». Этот рис является съедобным. Съедобны не только семена, но и вегетативные части растений. Как и многие продукты дикого происхождения, канадский рис имеет популярность среди любителей здорового питания и продаётся по высоким ценам [Киселева, Киселева, 2016]. Наличие канадского риса в водоёме улучшает среду обитания для уток и других водоплавающих птиц – в зарослях они находят убежище и богатую кормовую базу [Матвеев, Соловьева,

1997]. Канадский рис растёт на мелководьях в стоячей воде на заиленном грунте.

Поскольку канадский рис имеет ценность, то его нередко культивируют, расселяют за пределы естественного ареала. Это растение характеризуют как «недоиспользованное культурное» [Ozturk et al., 2018] или же как пребывающее на стадии перехода от дикого к культурному [Ahmed et al., 2021]. В качестве основных центров производства канадского риса называют несколько штатов США (Мичиган, Висконсин, Миннесота, Калифорния, Орегон), Канаду [Snell, 2024], а также Австралию и Венгрию [Lim, 2013]. Урожайность характеризуют следующим образом: 50–500 фунтов на акр при сборе в естественной среде и до 700 фунтов на акр при культивировании [Snell, 2024], т.е. от 0.56–5.6 ц/га и до 7,85 ц/га соответственно. Естественный ареал канадского риса располагается в зоне умеренного и субтропического климата. Соответственно, и интродукции происходили в тех же климатических зонах, т.е. ареал пересекается с областью культивирования «обычного» риса. Известны находки в средней полосе и на юге

европейской России, в Белоруссии, Германии, во Франции, в скандинавских странах [GBIF, 2024]. Существование «ещё одного» риса в тёплом климате представляет определённый интерес, но большее впечатление производит возможность выращивания риса в холодном климате. Один из центров «рисоводства» располагается в Миннесоте – территории, которая в США воспринимается примерно так, как в России Сибирь или даже Крайний Север. А что если и в бореальной зоне Евразии, т.е. на большей части территории России, возможно существование «рисовых полей»? В ходе наших исследований водоёмов территории вокруг Санкт-Петербурга – Ленинградской области канадский рис попадал в поле зрения. Полученные результаты представляют интерес в плане оценки натурализации этого вида, степени его «агрессивности» в качестве вида-вселенца, а также отношения к нему в научном сообществе и за его пределами. В настоящей работе представлено обобщение собранных материалов.

Материал и методы

Наблюдения водоёмов выполнялись с различными целями: исследования рыб [Попов, 2014], двустворчатых моллюсков [Поров, Ostrovsky, 2014], летучих мышей [Поров, Markovets, 2023], исследование почв берегов [Polyakov et al., 2024; Lavrishchev, 2024], проектирование и исследование особо охраняемых природных территорий [Ковалёв и др., 2012]. Среди последних существенную часть составляют мелководья, заросшие макрофитами, поскольку они являются местами концентраций водоплавающих птиц и нерестилищами рыб. Некоторые из таких территорий считаются водно-болотными угодьями международного значения. Соответственно, таким участкам уделялось особое внимание, а поскольку они являются потенциальным местообитанием канадского риса, то это растение иногда обнаруживалось. Большая часть работ выполнена в 2008–2014 гг. Было осмотрено более сотни водоёмов, распределённых по всей территории Ленинградской области. В недавнее время, в 2023–2024 гг., полученная информация о канадском рисе актуализировалась и уточнялась по литератур-

ным источникам (с помощью Научной электронной библиотеки elibrary.ru по ключевым словам «*Zizania*», «канадский рис»), базам данных, содержащих информацию о распространении видов [Плантариум, 2024; GBIF, 2024, iNaturalist, 2024], сообщениям коллег и местных жителей. Площадь «рисовый полей» уточнялась по космоснимкам, фотоматериалам и трэкам GPS. Одно озеро, в котором обитает канадский рис, – Волочаевское – наблюдалось в течение нескольких лет, описывались происходящие на нём изменения.

Результаты

Наиболее вероятный источник инвазии канадского риса – посев в 1912 г. на озере Вялье (номер 1 на рис.). В настоящее время оно относится к водно-болотному угодью международного значения «Мшинская болотная система» [Mshinskaya wetland system, 1997]. Посев был выполнен по рекомендации В.Я. Генерозова (1882–1963) – охотоведа и экономиста [Елкин, 1963]. В то время он работал в США, отправил семена риса в Россию, проинструктировал своих коллег и в дальнейшем занимался популяризацией таких акций [Генерозов, 1926]. Однако на рассматриваемой территории этим мало занимались. Рис спонтанно расселялся время от времени любителями, даты и места посева не отражены в литературе. Известно 13 точек, обозначающих распространения канадского риса в недавнее время (табл., см. рис.). Вид описывается или как *Z. aquatica*, или *Z. palustris*, или «*Z. palustris* (*Z. aquatica*)», «*Z. aquatica* (*Z. palustris*)». Последнее использовано в определителе растений Ленинградской области [Аверьянов и др., 2006], которым мы пользовались в наших исследованиях. В большей части точек находок сообщалось о небольших участках зарослей или единичных экземплярах. Только в трёх местах канадский рис в недавнее время достигает высокой численности – формирует «поля» площадью десятки гектаров. Такие «поля» имеются у исходной точки – на озере Вялье. Рис расселился по всему озеру в прибрежной зоне, а также по всему соседнему озеру Стречно, которое имеет границу с Вялье длиной 300 м. В заводи озера Вялье, куда рис был впервые посеян, сформир-

ровалось «поле» площадью около 30 га. Примерно такую же площадь занимают «поляны» или «делянки», расположенные преимущественно у берегов озера. Большое «поле» имеется на юго-западе Стречно, его площадь около 50 га. У восточного берега Стречно рис занял прерывистую полосу шириной от 10 до 50 м на протяжении 9 км. Общую площадь риса на обоих озёрах в недавнее время можно оценить как 130 га. Другое место с полями риса – озеро Большое Кирилловское. В нём рис занял около 90 га в западной части озера. В третьем месте – озере Волочаевское – «рисовое поле» к началу тысячелетия занимало площадь около 260 га. По всей прибрежной зоне сформировалась полоса риса, которая расширялась почти до центра озера, оставался только небольшой участок открытой воды площадью 10 га. Это обстоятельство вызвало неудовольствие местных жителей. Любители рыбалки могли использовать озеро только ограниченно – преимущественно весной, а летом сезон практически закрывался. Купание в озере было проблематичным. Местные жители начали борьбу с зарастанием. Они выяснили, что глубина 90 см лимитирует распространение риса, и решили поднять уровень воды в озере. Для этого начали закидывать валунами ручей, который вытекает из озера, но этим оказались недовольны владельцы домов, построенных у берега, потому что им угрожала сырость или даже затопление. Возникла конфликтная ситуация. Стороны нашли компромисс: рис скосить, что и было исполнено в 2008–2009 гг. В результате от риса освободили большую часть озера вблизи посёлка, «поле» уменьшилось более чем в 2 раза, и с тех пор его площадь практически не изменилась. В настоящее время рис занимает площадь около 125 га. Небольшие участки сохранились у берега вблизи посёлка, увеличения их площади не прослеживается. Обычными «сорняками» в «рисовых полях» являются кубышка жёлтая *Nuphar lutea* и рдест плавающий *Potamogeton natans*.

Озёра с рисовыми полями соответствуют описанию эвтрофных озёр рассматриваемой территории [Руденко, 2000], а остальные, где рис встречается на небольших участках, – мезотрофных. Для первых характерна мелково-

днность, малая прозрачность, заиление, бурное развитие макрофитов, для вторых – умеренное развитие макрофитов, большие глубины, прозрачность. Считается, что настоящих олиготрофных озёр на рассматриваемой территории не существует, но одно из указанных выше – Кривое – напоминает олиготрофное, поскольку в нём прозрачная вода, большие глубины, а макрофиты почти по всему берегу занимают узкую полосу около 5 м шириной, однако в нём есть мелководный заиленный «угол», переходящий в небольшое болото, в котором много макрофитов, т.е. похожий скорее на эвтрофный водоём, в нём канадский рис и произрастает.

Большая часть выявленных водоёмов, где встречается канадский рис, не испытывает сильных негативных антропогенных воздействий. Пять озёр (Кривое, Большое Раковое, Щучье, Вялье и Стречно) входят в особо охраняемые природные территории и поэтому находятся под особым контролем. Особенно строгий режим охраны установлен для озёр Вялье и Стречно – там даже любительская рыбалка запрещена, при том что они окружены лесами и болотами большой площади и к ним почти нет подъездов для автотранспорта. Остальные озёра не в таком «идеальном» состоянии, но антропогенное воздействие на них сводится в основном к рекреации; они окружены или лесами, или дачами.

Обсуждение

Возможно, канадский рис распространён несколько шире, чем удалось установить. Вся рассматриваемая территория покрыта густой сетью рек, ручьёв и озёр, которые не могут быть полностью обследованы. Но скорее всего, если бы ещё где-нибудь были обширные рисовые поля, то эта информация проявилась бы в использованных источниках. Полученные данные, по всей видимости, отражают общую картину: недалеко от Санкт-Петербурга имеются «рисовые поля» или, скорее, «залежи» в небольшом количестве, но в целом канадский рис является довольно редким растением. Пример озера Волочаевское показывает, что он может быть при необходимости уничтожен и большой опасности как вид-вселенец не представляет. Только при

Таблица. Регистрация канадского риса на территории Ленинградской области

№	Водоём	Координаты	Источник	Вид
1	Озеро Вялье	59.02 с. ш. 30.23 в. д.	Генерозов, 1926 Наши данные, 2023	<i>Z. aquatica</i>
2	Озеро Стречно	58.98 с. ш. 30.16 в. д.	Наши данные, 2023	<i>Z. aquatica</i> (<i>Z. palustris</i>)
3	Озеро Большое Кирилловское	60.49 с. ш. 29.32 в. д.	Марковская и др. 1955 Москалев 2010	<i>Z. aquatica</i>
4	Озеро Волочаевское	60.45 с. ш. 29.61 в. д.	Наши данные, 2007–2024	<i>Z. palustris</i> (<i>Z. aquatica</i>)
5	Озеро Заболотное	60.55 с. ш. 28.20 в. д.	Глазкова и др., 2020	<i>Z. palustris</i>
6	Озеро Большое Раковое	60.62 с. ш. 29.41 в. д.	Доронина, 2011	<i>Z. palustris</i>
7	Озеро Красное	60.57 с. ш. 29.67 в. д.	Распопов, Русанов 2010	<i>Z. aquatica</i>
8	Озеро в заказнике Вярмянселька (Кривое)	60.60 с. ш. 30.24 в. д.	Белехов 2024 Цит. по Плантариум 2024	<i>Z. aquatica</i>
9	Озеро Гупуярви (Троицкое)	60.40 с. ш. 30.40 в. д.	Бубырева, 2006. Цит. по Доронина, 2007; FLORUS Community, 2024	<i>Z. palustris</i> (<i>Z. aquatica</i>) <i>Z. aquatica</i>
10	Озеро Щучье	60.21 с. ш. 29.77 в. д.	Бобров 1966, Цит. по Доронина 2007	<i>Z. palustris</i> (<i>Z. aquatica</i>)
11	Озеро Большое	60.00 с. ш. 30.64 в. д.	Цвелев 1973. Цит. по Доронина, 2007	<i>Z. palustris</i> (<i>Z. aquatica</i>)
12	Заводь в реке Россонь	59.50 с. ш. 28.20 в. д.	Popov 2019, cit. from iNaturalist contributors 2024	<i>Z. palustris</i>
13	Озеро Вердуга	58.77 с. ш. 29.20 в. д.	Конечная 2007. Цит. по Плантариум 2024	<i>Z. aquatica</i>

некоторых условиях канадский рис может вызвать заметный экологический эффект – привести к зарастанию больших площадей

водоёмов. Эти условия демонстрируют 4 упомянутых выше озера с «рисовыми полями». Все они мелководны, заилены, и в них

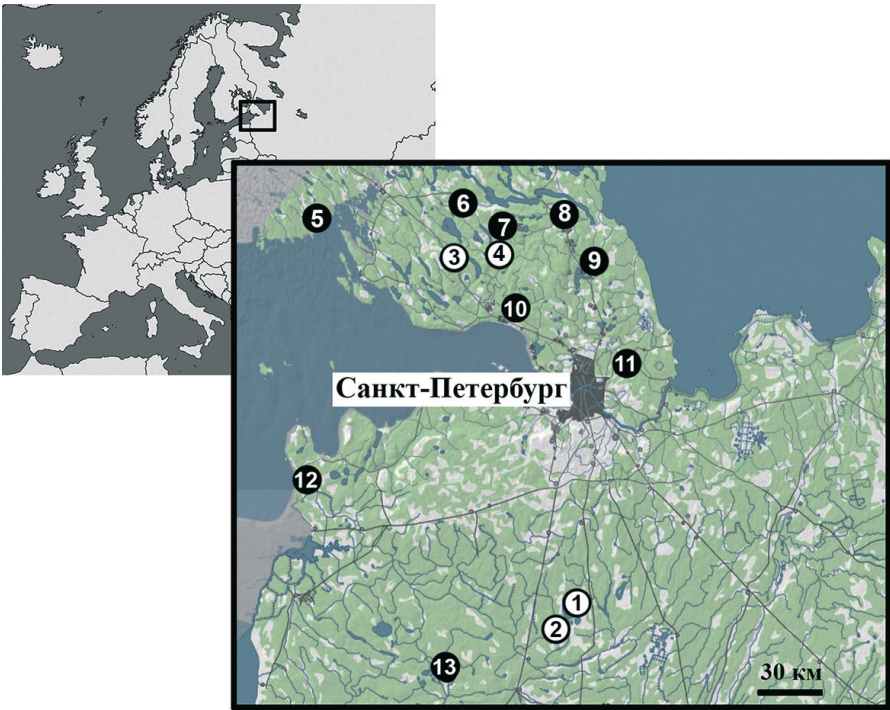


Рис. Распространение канадского риса в Ленинградской области: номера соответствуют табл.

практически нет течения. Последнее обстоятельство, по всей вероятности, существенно. Об этом свидетельствует ещё одно озеро – Большое Раковое, которое так же мелководно, зарастает макрофитами, но в нём есть течения. Это озеро является частью обширной озёрно-речной системы (Вуокса). Оно зарастает преимущественно местными макрофитами, канадский рис в нём занимает небольшие участки. По-видимому, рис занимает специфические биотопы, которые местными растениями в полной мере не используются. На это указывает тот факт, что после уничтожения риса озеро Волочаевское не заросло местными растениями, хотя, казалось бы, для этого были все условия. Таким образом, существенно потеснить местные растения канадский рис, по-видимому, не может. В Америке для канадского риса естественным является формирование ассоциаций с рядом видов водных растений. Таких видов в общей сложности более 30, и некоторые из них мало отличаются или даже практически не отличаются от европейских – кубышка жёлтая, стрелолист *Sagittaria latifolia*, кувшинка белая *Nymphaya alba*, рдесты *Potamogeton* ssp. и др. [Snell, 2024], поэтому возможно, что и в Европе канадский рис может стабильно существовать подобным образом длительное время.

Очевидно, что на рассматриваемой территории сам по себе канадский рис распространяется медленно или вообще не распространяется, а расселяется преимущественно людьми. Популярны издания, рекомендации охотоведов и других специалистов часто содержат призывы развивать разведение канадского риса [Верещагин, 1965, цит. по 2018; Романов и др., 2011], потому что в этом много плюсов – растёт практически без всякого ухода, зёрна можно употреблять в пищу и выгодно продавать, большая зелёная масса также может быть использована, численность водоплавающих птиц в посадках риса велика. Вероятно, что и для рыб в этом есть польза, потому что макрофиты являются субстратом для обитания мелких водных организмов – объектов питания рыб; рыбы множества видов откладывают икру на водные растения; в зарослях макрофитов формируются убежи-

ща для рыб и других гидробионтов. Однако большого числа энтузиастов «северного рисоводства» не наблюдается. Это занятие в условиях рассматриваемой территории вряд ли рентабельно. Рис созревает неравномерно, его сбор является трудоёмким занятием, при том что значительная часть семян осыпается при малейшем прикосновении и не может быть собрана. Водоплавающие птицы действительно им питаются, но употребляют и множество других кормов даже на водоёмах, где рис имеется [Москалев, 2010]. «Урожайность» в плане уток не столь велика, чтобы вызвать большой коммерческий интерес. При всём при этом, как показал пример озера Волочаевское, большая часть пользователей водоёмов больше думают об отдыхе – рыбалке и купании, чем о добыче дополнительного продукта питания и улучшении среды обитания уток.

В 2003 г. в СМИ появилась информация о создании НПКХ «Центр канадского риса», который начал заниматься выращиванием риса на озёрах юга Ленинградской области [Деловой Петербург, 2003]. Первый урожай составил 12 кг, он был использован полностью для посева. Но с тех пор об этом центре нет никаких известий. Скорее всего, предприятие оказалось неудачным. В соседней стране – Финляндии – сложилась сходная ситуация в отношении канадского риса. В 1998 г. было представлено обоснование большой ценности разведения и расселения этого растения [Mäkelä et al., 1998], но какой-то активности в этом направлении не прослеживается.

Таким образом, «северное рисоводство» в данный момент не развивается в Европе. Это обстоятельство отражает общие тенденции в интродукциях видов, имеющих хозяйственную ценность. В прошлом доминантой было стремление к обогащению фауны и флоры, мобилизация всех ресурсов для получения питания и других выгод, а сейчас – скорее безразличие или негатив к мало рентабельной деятельности, при том что в научном сообществе отношение к любым инвазиям обычно отрицательное. Составление чёрных книг прогрессирует и рекомендуется [Нотов и др., 2010], и канадский рис указан в некоторых из них [Виноградова и др., 2010; Ми-

нинзон, Тростина, 2014; Эбель и др., 2016]. При составлении чёрных книг иногда делаются пояснения о том, что не все чужеродные виды вредны [Мининзон, Тростина, 2014], но обычно занесение видов в чёрный список означает, скорее, негативное отношение к ним.

Что касается таксономического аспекта инвазии, т.е. наличия видов *Z. aquatica* и/или *Z. palustris*, то без специальных молекулярных исследований это невозможно охарактеризовать. По всей видимости, надёжных диагностических признаков на рассматриваемой территории не прослеживается. Виды хорошо различаются только на части естественного ареала. *Z. aquatica* распространён у восточного побережья США, а *Z. palustris* – в районе Великих озер. Первый крупнее – может вырасти в высоту до 5 м, а второй – до 3 м, но у первого есть мелкие «вариететы». Диагностические признаки количественные, они перекрываются; ареалы видов также перекрываются [Schneider, 2024]. Считается, что культивируется преимущественно *Z. palustris*, но оба вида расселялись по США и другим странам. Очевидно, что на новом ареале оба вида могли проявить изменчивость, которая стёрла диагностические признаки. В прошлом виды не различали, и на рассматриваемую территорию мог попасть любой из них. Таким образом, на Северо-Западе России обитает или *Z. palustris*, или *Z. aquatica*, или оба, или «нечто среднее». Уточнение этой информации может представлять некоторый интерес в плане исследований изменчивости видов, но в экологическом плане виды идентичны, поэтому «соломоново решение» экспертов по обозначению риса как «*Z. aquatica* (*Z. palustris*)» оправдано при оценке «рисовых полей».

Заключение

На Северо-Западе России имеются заброшенные «рисовые поля» площадью несколько сотен гектаров. Они представляют собой любопытный феномен, влияние которого на общее состояние природы незначительно. «Поля» иллюстрируют возможности хозяйственного использования некоторых водоемов – разведения канадского риса.

Вклад авторов

Авторы одинаково участвовали в написании статьи.

Финансирование

Исследование было выполнено при поддержке гранта РФФИ № 23-16-20003 (соглашение от 20.04.2023) и гранта Санкт-Петербургского научного фонда № 23-16-20003 (соглашение от 05.05.2023).

Конфликт интересов

Отсутствует.

Литература

- Аверьянов Л.В., Буданцев А.Л., Гельтман Д.В., Конечная Г.Ю., Крупкина Л.И., Сенников А.Н. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 799 с.
- Белехов А. Изображение *Zizania aquatica* ssp. *angustifolia* (Hitchc.) Tzvelev. 2024 // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. <https://www.plantarium.ru/page/image/id/811421.html> Проверено 24.11.2024.
- Верещагин Н.К. Состояние запасов водоплавающей дичи в Ленинградской области в середине XX века // Русский орнитологический журнал. 2018. Т. 27. Экспресс-выпуск 1672. С. 4721–4722. 2-е изд. Первая публикация в 1965 г.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: ГЕОС, 2010. 512 с.
- Генерозов В.Я. Весенняя охота и плановое охотничье хозяйство // Охотник и рыболов. 1926. № 5. С. 106–108.
- Глазкова Е.А., Сорокина И.А., Сукристик В.А., Филиппова А.В. Новые местонахождения редких и охраняемых видов сосудистых растений в Ленинградской области и Санкт-Петербурге // Ботанический журнал. 2020. Т. 105, № 7. С. 721–730.
- Деловой Петербург. Петербургскую дичь заманивают канадским рисом. 2003. https://www.dp.ru/a/2003/07/11/Peterburgskuju_dich_zamani Проверено 24.11.2024.
- Доронина А.Ю. Сосудистые растения Карельского перешейка (Ленинградская область). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 574 с.
- Доронина А.Ю. Флора заказника «Раковые озера» (Ленинградская область) // Труды КарНЦ РАН. 2011. № 2. С. 85–99.
- Елкин К.Ф. Владимир Яковлевич Генерозов (к 80-летию со дня рождения и 50-летию на уч., педагогической и обществ. охотоведческой деятельности) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологии. 1963. Т. 68, вып. 1. С. 153–159.

- Киселева Т.Л., Киселева М.А. Традиционные и современные научные представления о растительных источниках, профилактических свойствах, аллергологических и других рисках пищевого применения дикого риса (*Zizania* spp.) // Натуротерапия. 2016. № 4 (47). С. 20–35.
- Ковалёв Д.Н., Носков Г.А., Носкова М.Г., Попов И.Ю., Рымкевич Т.А. Концепция формирования региональных систем особо охраняемых природных территорий (на примере Санкт-Петербурга и Ленинградской области). Ч. 1: Экологические аспекты // Биосфера. 2012. Т. 4, № 4. С. 427–462.
- Конечная Г.Ю. Изображение *Zizania aquatica* L. 2007 // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн-атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. <https://www.plantarium.ru/page/view/item/41149.html> Проверено 24.11.2024.
- Марковская Л.А., Миняев Н.А., Мишкин Б.А., Мишкин А.Я., Муравьева О.Я., Некрасова В.Л., Рожевиц Р.Ю., Флоровская Е.Ф., Шишкин Б.К., Юзепчук С.В. Флора Ленинградской области. Вып. 1. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1955. 288 с.
- Матвеев В.И., Соловьева В.В. Цицания – дикий рис: экология, биология, практическое значение. Самара: Самарский государственный педагогический ун-т, 1997. 96 с.
- Мининзон И.Л., Тростина О.В. Чёрная книга флоры Нижегородской области. Нижний Новгород: Экоцентр Дронт, 2014. 66 с. Электронное издание. https://dront.ru/wp-content/uploads/2017/03/2014.02.11-Black_Book-NN-III.pdf
- Москалев В.А. Питание уток на водоёмах Карельского перешейка // Русский орнитологический журнал. 2010. Т. 19, № 608. С. 1962–1964.
- Нотов А.А., Виноградова Ю.К., Майоров С.Р. О проблеме разработки и ведения региональных Чёрных книг // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 4. С. 54–68.
- Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. <https://www.plantarium.ru/page/image/id/811421.html> Проверено 24.11.2024.
- Попов И.Ю. Новые виды рыб в российской части Финского залива и в пресных водоёмах Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7, № 1 [21]. С. 52–64.
- Распопов И.М., Русанов А.Г. Видовое и ценотическое разнообразие макрофитов озера Красного в многолетнем аспекте // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2010. № 8. С. 67–75.
- Романов В.С., Литвинов В.Ф., Пенькевич В.А. Охотничье хозяйство: учеб. пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство». Минск: БГТУ, 2011. 449 с.
- Руденко Г.П. Продукционные особенности ихтиоценозов малых и средних озёр Северо-Запада России и их классификация. СПб.: ГосНИОРХ, 2000. 220 с.
- Эбель А.Л., Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Антипова С.В., Буко Т.Е., Верхозина А.В., Доронькин В.М., Ефремов А.Н., Зыкова Е.Ю., Кирина А.О., Ковригина Л.Н., Ламанова Т.Г., Михайлова С.И., Ножинков А.Е., Пликина Н.В., Силантьева М.М., Степанов Н.В., Тарасова И.В., Терёхина Т.А., Филипова А.В., Хрусталёва И.А., Шауло Д.Н., Шереметова С.А. Чёрная книга флоры Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. 440 с.
- Ahmed N., Thompson S., Hardy B., Turchini G.M. An Ecosystem Approach to Wild Rice-Fish Cultivation // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 2021. Vol. 29, issue 4. P. 549–565.
- FLORUS Community. 2024. FLORUS: miscellaneous records. Version 1.21. Lomonosov Moscow State University. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ekpd4b> accessed via GBIF.org on 2024-11-24. <https://www.gbif.org/occurrence/4597695267> Accessed 1.12.2024.
- GBIF Home Page. 2024. <https://www.gbif.org> Accessed 1.12.2024.
- iNaturalist contributors. 2024. iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ab3s5x> accessed via GBIF.org on 2024-11-24. <https://www.gbif.org/occurrence/2366081520> Accessed 1.12.2024.
- iNaturalist. 2024. <https://www.inaturalist.org>. Accessed 1.12.2024.
- Lavrishchev A., Litvinovich A., Abakumov E., Kimeklis A., Gladkov G., Andronov E., Polyakov V. Soil Microbiome of Abandoned Plaggic Podzol of Different-Aged Fallow Lands and Native Podzol in South Taiga (Leningrad Region) // Agronomy. 2024. Vol. 14 [3], 429. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030429>
- Lim T.K. *Zizania palustris* // Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants. Dordrecht: Springer, 2013. P. 448–451.
- Mäkelä P., Archibold W.O., Peltonen-Sainio P. Wild rice – a potential new crop for Finland // Agricultural and Food Science. 1998. Vol. 7 (5–6). P. 583–597.
- Mshinskaya wetland system. 1997. <https://www.ramsar.org/country-profile/russian-federation> Accessed 12.12.2024
- Oelke E.A., Porter R.A. Wildrice, *Zizania*: Overview // Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). Oxford: Academic Press, 2016. P. 130–139.
- Ozturk M., Hakeem R.K., Ashraf M., Ahmad M.S. A. Eds. Global perspectives on underutilized crops. Cham: Springer, 2018. XIV. 448 p.
- Polyakov V., Nizamutdinov T., Abakumov E. Molecular Composition of Humic Acids of Different Aged Fallow Lands and Soils of Different Types of Use in Northwest of Russia // Agronomy. 2024. Vol. 14 (5). 996. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050996>
- Popov I., Markovets M. Occurrence and population status of the pond bat (*Myotis dasycneme*) in Northwest Russia // Mammalia. 2023. Vol. 87, No. 4. P. 355–359.
- Popov I.Y., Ostrovsky A.N. Survival and extinction of the southern populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Russia (Leningradskaya and Novgorodskaya oblast) // Hydrobiologia. 2014. Vol. 735, No 1. P. 161–177.

Schneider A. Northwest Wildflowers. Flora of North America species comparison. *Zizania aquatica* – *Zizania palustris*. 2024. <https://nwwildflowers.com/compare/> Accessed 1.12.2024.
Snell S.C. Plant Guide for annual wildrice (*Zizania aquatica*). Cape May: Cape May Plant Materials Center, 2024. 10 p.

Xie Y.-N., Qi Q.-Q., Li W.-H., Li Y.-L., Zhang Y., Wang H.-M., Zhang Y.-F., Ye Z.-H., Guo D.-P., Qian Q., Zhang Z.-F., Yan N. Domestication, breeding, omics research, and important genes of *Zizania latifolia* and *Zizania palustris* // *Frontiers Plant Sciences*. 2023. 14:1183739.

“RICE FIELDS” AROUND SAINT-PETERSBURG CITY

© 2025 Popov I. Y.* Abakumov E. V.**

Saint-Petersburg State University, Sankt-Peterburg, 199034, Russian Federation
e-mail: *i.y.popov@spbu.ru, **e.abakumov@spbu.ru

Canadian rice *Zizania aquatica*, *Z. palustris* has long been recommended for resettlement outside its natural range, since it can be used as an agricultural crop and/or a mean of improving the food supply for waterfowl on lakes. In the past, there have been repeated attempts to introduce Canadian rice in the North-West of Russia, including the water bodies in the Leningrad Region, the surrounding area of St. Petersburg. Observations and generalization of literary data show that there are “rice fields” with an area of several dozen hectares on four lakes. Canadian rice is also found in a small number on several other water bodies. This plant has naturalized, but its spread is slow. Canadian rice occupies specific biotopes – shallow, current less waters with heavily silted soil, where local plants are few in number. Canadian rice poses no danger to local ecosystems. There is no interest in its commercial use, and attitude towards the invasion is usually either indifferent or negative.

Keywords: Canadian rice, *Zizania aquatica*, *Zizania palustris*, naturalization, North-West of Russia.

НАХОДКИ НЕКОТОРЫХ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2024 Филиппов Д.А.^{а,б,*}, Левашов А.Н.^{в,**}, Макаров С.А.^{в,***},
Платонов А.В.^{г,****}, Комарова А.С.^{а,*****}

^а Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, 152742 Россия

^б Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург, 620144 Россия

^в Муниципальное автономное учреждение дополнительного образования «Центр творчества», г. Вологда, 160004 Россия

^г Вологодский институт права и экономики ФСИН России, г. Вологда, 160002 Россия

e-mail: *philippov_d@mail.ru, **and-levashov@mail.ru, ***maxajrod74@yandex.ru, ****platonov70@yandex.ru,
*****komarova.as90@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.11.2024. После доработки 16.03.2025. Принята к публикации 11.05.2025

В работе приводятся сведения о распространении 14 чужеродных для флоры Вологодской области (север Европейской России) сосудистых растений, выявленных во время полевых исследований 2023 и 2024 гг. и при анализе гербарных фондов MIRE, VO, MHA, MW, IBIW. Впервые для региона указываются *Ambrosia artemisiifolia*, *Beckmannia syzigachne*, *Erigeron annuus*, *Erigeron strigosus* var. *septentrionalis*, *Euphrosyne xanthiifolia*, *Veronica filiformis*. Также приведены сведения о распространении в области восьми инвазионных или потенциально инвазионных в сопредельных регионах видов (*Acorus calamus*, *Amaranthus retroflexus*, *Bassia scoparia*, *Cornus sericea*, *Epilobium pseudorubescens*, *Hordeum jubatum*, *Oenothera biennis*, *Phragmites altissimus*). Для каждого вида дана характеристика местонахождений и современное состояние их популяций в Вологодской области. Рекомендуется восемь видов включить в региональный «black-list» в ранге инвазионных (*Cornus sericea*, *Epilobium pseudorubescens*, *Hordeum jubatum*, *Oenothera biennis*, *Veronica filiformis*) или потенциально инвазионных (*Amaranthus retroflexus*, *Bassia scoparia*).

Ключевые слова: флористические находки, инвазионные виды, чужеродные виды, Чёрная книга, Вологодская область.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-144-156

Введение

Распространение чужеродных, в особенности инвазионных, видов несёт серьёзные экологические, экономические и социальные последствия, поэтому является актуальной проблемой современности [Potgieter et al., 2017; Pyšek et al., 2017; Senator, Rozenberg, 2017; Bano et al., 2023; O'Briain et al., 2023; etc.]. Инвентаризация разнообразия чужеродных растений, причин и механизмов их расселения и разработки методов контроля их численности необходима как на национальном, так и на региональном уровне [Сенатор, Виноградова, 2023]. Флора Российской Федерации в целом изучена недостаточно полно [Bochkov, Seregin, 2024], что отражается и в неравномерности изученности чужеродного её компонента в особенности в ряде регионов,

к которым можно отнести и Вологодскую область [Орлова, 1993; Филиппов, 2010; Сенатор, Виноградова, 2023]. В последние два десятилетия работа над изучением чужеродных растений в Вологодской области интенсифицировалась, но всё же имеющиеся обнародованные материалы достаточно малочисленны и во многом отрывочны [Суслова и др., 2004; Левашов, Чхобадзе, 2008; Пакляшова, Папченков, 2008; Папченков, 2008; Кравченко, Фадеева, 2013; Капустин, Чухина, 2014; Филиппов, Бобров, 2016; Гарин, Насимович, 2018; Левашов и др., 2019, 2024а,б; Леострин, Майоров, 2019; Андропова и др., 2021; Tretyakova et al., 2020; Philippov, Komarova, 2021; Philippov et al., 2022].

Цель настоящей работы – обобщить современные данные о распространении ряда

чужеродных для Вологодской области видов сосудистых растений, которые проявляют инвазионный потенциал в других регионах Европейской России.

Материалы и методы

Материалом послужили, прежде всего, результаты собственных полевых исследований растительного покрова Вологодской области, в особенности сведения, полученные в 2023 и 2024 гг. в областном центре – г. Вологда. Гербарные материалы хранятся в гербариях Болотной исследовательской группы Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (MIRE) и Вологодского государственного университета (VO). Также проанализированы доступные для изучения материалы Цифрового гербария МГУ (MW, МНА и др.) [Seregin, 2024] и наблюдения, размещённые на специализированном портале [iNaturalist..., 2024].

В случае, если во время натурных исследований при фиксации находок не проводилось измерение координат с помощью GPS-навигатора, они приводятся путём вычисления по космоснимкам, указаны в работе в градусах в виде десятичной дроби (с точностью до 0.001) и имеют, как правило, погрешность от ± 100 до ± 1000 м.

Латинские названия приведены в основном согласно “The World Checklist of Vascular Plants” [WCVP, 2024].

Результаты и обсуждение

Ниже приведены краткие сведения о выявленных чужеродных в Вологодской области видах (расположены в алфавитном порядке).

Acorus calamus L. (Acoraceae). Чужеродный вид южноазиатского происхождения. Включён в Чёрную книгу Средней России [Виноградова и др., 2009], является инвазионным в сопредельных Тверской и Ярославской областях [Виноградова и др., 2011; Трemasова и др., 2013]. В Вологодской области вид изучен слабо [Чернова и др., 2019] и достоверно известен был лишь из Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища [Пакляшова, 2008]. Включён в первое издание региональной Красной книги [Красная..., 2004, с. 53], но уже тогда возникли сомне-

ния в его аборигенности для данной территории, поэтому в дальнейшем его исключили из числа охраняемых растений [Суслова и др., 2013]. Новая находка: Тарногский р-н, с. Тарногский Городок, ул. Загородная, д. 12 (60.50412° с. ш., 43.58824° в. д.), сырые понижения в придорожной полосе, 11.07.2024, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова, Ф.Д. Филиппов (MIRE). Со слов местного жителя, данное растение было привезено из центральной Украины в 1990-х гг. и сначала культивировалось непосредственно в пределах приусадебного участка. Затем, в начале 2010-х гг., часть растений «выпололи» и их остатки переместили «за дорогу», где аир благополучно прижился и к настоящему времени успешно продолжает расти на площади около 50 м^2 в виде нескольких отдельных клонов. Данное местонахождение не только самое северное в области (около 360 км от Рыбинского водохранилища), но и одно из самых северных в Европейской России.

Amaranthus retroflexus L. (Amaranthaceae). Чужеродный вид североамериканского происхождения, который включён в ТОП-100 самых опасных инвазионных видов России [Самые..., 2018]. В Вологодской области впервые обнаружен в 1935–1936 гг. как сорное растение на полях Вологодского района (окрестности д. Марфино, с. Молочное, с. Куркино) [Белозеров, 1941, с. 153]. Несмотря на то что вид характеризовался высокой семенной продуктивностью и значительным семенным банком в почве, о его распространении до конца XX в. других сведений не появилось [Орлова, 1993, с. 73]. Современные находки: 1) Бабаевский р-н, г. Бабаево, правый берег р. Колпь, у моста (59.40129° с. ш., 35.91902° в. д.), пустырь, 13.07.2024, А.Н. Левашов, С.Н. Андреева (MIRE); 2) Бабушкинский р-н, д. Овсянниково (59.93494° с. ш., 43.69942° в. д.), 29.07.2020, Н. Манойлова (observations/54918570); 3) г. Вологда, северо-восточнее Складского проезда, «Торфянка» (59.22689° с. ш., 39.82219° в. д.), стихийная свалка возле дороги, 31.07.2004, С.А. Макаров (MIRE); 4) г. Вологда, ул. Мудрова (59.239° с. ш., 39.929° в. д.), свалка, 14.08.2009, Р. Шиукашвили (VO 72911); 5) г. Вологда, мкр. Лоста, ул. Пионерская, д. 30, у торгового

павильона (59.17695° с. ш., 39.98103° в. д.), обочина дороги, 24.08.2023, А.Н. Левашов (MIRE); 6) г. Вологда, ул. Молодёжная, д. 15 (59.19997° с. ш., 39.88305° в. д.), пустырь у мусорных контейнеров, 15.09.2024, А.Н. Левашов (MIRE); 7) Шекснинский р-н, окрестности д. Дуброво (59.29265° с. ш., 38.61809° в. д.), поле (сорное растение), 29.07.2005, Н.Н. Лунева, Е.Н. Мысник (набл.) [Tretyakova et al., 2020]. По всей видимости, в последние годы начал активно распространяться по области, проникая не только на огороды и поля, но и в городские биотопы (преимущественно вдоль дорог, на сорных местах и пустырях).

Ambrosia artemisiifolia L. (Asteraceae). Чужеродный вид североамериканского происхождения, включённый в число самых опасных инвазионных видов России [Самые..., 2018]. Растение в основном проявляет активность в более южных регионах [Виноградова и др., 2011], а на север продвигается с трудом и ведёт себя как эфемерофит, не закрепляясь в сообществах и не образуя жизнеспособных семян [Димитриев и др., 1994]. При этом текущее изменение климата в сторону потепления (которое проявляется, например, в продолжительной тёплой осени) может способствовать полному вызреванию семян и закреплению чужеродных растений на новых территориях. Для флоры Вологодской области ранее не приводился. Первая и новые находки: 1) Вологодский р-н, пос. Ермаково (59.192° с. ш., 39.717° в. д.), обочина дороги, 05.10.2003, А.Н. Левашов (VO 28219); 2) г. Вологда, Пошехонское шоссе, д. 14А (павильон «Овощи-фрукты») (59.20304° с. ш., 39.86784° в. д.), пустырь, 17.07.2024, А.Н. Левашов (MIRE), там же, 21.09.2024, А.Н. Левашов (MIRE); 3) г. Вологда, ул. Сергея Преминина, д. 10 (59.20083° с. ш., 39.87698° в. д.), клумба, 19.07.2024, А.Н. Левашов (MIRE); 4) Шекснинский р-н, с. Чуровское (59.259° с. ш., 38.598° в. д.), приусадебный участок, 09.2024 [Огородники..., 2024]. Находки отличаются по вектору расселения. Находка 2003 г. связана с попаданием семян растений с кормами для кур птицеводческого комплекса в пос. Ермаково и с реализуемым ими куриным торфокомпостом для садово-огороднических хозяйств. Поиск вида

в последующие годы не принёс успехов (это свидетельствует о том, что растения не дали жизнеспособных семян). Находки в г. Вологда в 2024 г. (удалены друг от друга на 0.6 км) связаны с местами реализации плодовоовощной продукции (по-видимому, распространение произошло вместе с плодами бахчевых культур). Примечательно, что в 2024 г. павильон на Пошехонском шоссе не работал, что означает, что семена сохранились с прошлого года. На этом участке было отмечено около 10 вегетирующих растений. В последующем, в начале августа, участок скосили, но к концу сентября растения успели отрасти и зацвели. Таким образом, благоприятствовать периодическому распространению этого вида будет в значительной мере транспортировка товаров и грузов из южных регионов, а внутри области направления и активность расселения будут определяться локальными условиями. В более северных регионах (например, в Карелии) вид не способен к натурализации (семена не вызревают) [Инвазивные..., 2021].

Bassia scoparia (L.) Beck (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.) (Amaranthaceae). Чужеродный вид ирано-туранского происхождения, используемый во многих регионах в основном для декоративных целей [Тремасова и др., 2013]. В Вологодской области также используется в озеленении городов и крупных населённых пунктов [Смирнова, Ганичева, 2012; Левашов и др., 2024б, с. 91]. Впервые для флоры региона (вне культуры) был обнаружен в конце XX в.: [г.] Вологда, на запасных путях на вокзале (59.205° с. ш., 39.887° в. д.), 04.08.1996, В.Б. Голуб, Д.Д. Соколов (MW0329959) [Соколов, Голуб, 1997, с. 66]. Новые находки: 1) г. Вологда, ул. Товарная, д. 21 (вблизи железнодорожного вокзала Вологда-2) (59.22854° с. ш., 39.84577° в. д.), железная дорога, 12.08.2012, С.А. Макаров (MIRE); 2) г. Вологда, ул. Лоста-Сортировочная, останочный пункт 490 км (59.18589° с. ш., 39.95279° в. д.), обочина железной дороги, 27.07.2023, А.Н. Левашов (MIRE); 3) г. Вологда, Советский просп., д. 149А (59.19026° с. ш., 39.95082° в. д.), обочина железной дороги, 29.07.2023, А.Н. Левашов, А.В. Платонов (MIRE); 4) г. Вологда, путевой пост 499 км (59.23647° с. ш., 39.86717° в. д.), обочина

железной дороги, 05.08.2023, А.Н. Левашов (MIRE); 5) г. Вологда, исторический р-н Верхний Посад, железная дорога вблизи Белозерского путепровода (59.23438° с. ш., 39.86565° в. д.), железнодорожная насыпь, 11.08.2023, А.Н. Левашов, А.В. Платонов (MIRE); 6) г. Вологда, Завокзальный мкр., ул. Можайского, д. 27А (59.20369° с. ш., 39.89327° в. д.), обочина железной дороги, 18.08.2023, А.Н. Левашов (MIRE). Ранее в регионе уже был отмечен факт натурализации (г. Вытегра [Кравченко, Фадеева, 2013, с. 1445]). В областном центре в последние годы он активно распространяется по железнодорожным путям, что, вероятно, связано с его устойчивостью к гербицидам и однолетним жизненным циклом. По всей видимости, более широко распространён в области (вдоль веток Северной и Октябрьской железных дорог), так как встречается и в более северных регионах (например, обнаружен в южной части Архангельской области (observations/39765879)).

Beckmannia syzigachne (Steud.) Fernald (Poaceae). В Вологодской области род *Beckmannia* Host представлен аборигенным *B. eruciformis* (L.) Host, упоминающимся ещё в первой половине XX в. для заливных лугов Присухонской низменности [Перфильев, 1934, с. 83] и культивируемым на корм (см., например, гербарный сбор: «г. Вологда, опытный участок, в посадках, 05.09.1951, Зязева» (VO 45388)) и чужеродным *B. syzigachne*. В условиях города (г. Вологда) оба вида в настоящее время встречаются только по нарушенным или трансформированным местообитаниям. Так, например, *B. eruciformis* достаточно успешно произрастает на очистных сооружениях городского жилищно-коммунального хозяйства (г. Вологда, ул. Элеваторная, д. 39А (59.20699° с. ш., 39.96185° в. д.), по краю водоёма-отстойника сточных вод, 25.06.2023, А.Н. Левашов, Д.А. Филиппов (MIRE)). Ранее для флоры области *B. syzigachne* не приводился. Первые и новые находки: 1) г. Вологда, ул. Ленинградская, д. 103В (59.199° с. ш., 39.830° в. д.), пустырь, 12.10.2005, О. Кузьмина (VO 45390); 2) г. Вологда, ул. Мальцева, д. 2 (59.222° с. ш., 39.880° в. д.), пустырь, 02.10.2009, В.И. Антонова (VO 71379); 3) г. Вологда, ул. Мухоморова, д. 33 (59.23491° с. ш., 39.92226° в. д.),

пустырь, 21.06.2023, Д.А. Филиппов (MIRE); 4) г. Вологда, мкр. Бывалово, ул. Новгородская, д. 39 (59.19258° с. ш., 39.87211° в. д.), газон, 24.07.2023, А.Н. Левашов (MIRE); 5) г. Вологда, железнодорожная станция Вологда-Пристань (59.20471° с. ш., 39.93017° в. д.), дно канавы, 26.06.2024, А.Н. Левашов, А.В. Платонов (MIRE). Все растения находились на стадии цветения и/или созревания плодов.

Cornus sericea L. (*C. alba* ssp. *stolonifera* (Michx.), *Swida sericea* (L.) Holub) (Cornaceae). Чужеродный декоративный кустарник североамериканского происхождения, широко используемый в озеленении населённых пунктов Вологодской области. В ботанической литературе для региональной флоры свида-ну шелковистую до последнего времени не приводили (впервые для области указана из с. Верховажье [Левашов и др., 2024б, с. 93]), так как, по-видимому, этот вид не выделяли из состава *Cornus alba* L. – близкого аборигенного таксона [Перфильев, 1936, с. 236; Орлова, 1993, с. 129], который также широко используется в культуре. Даже в относительно современных отечественных флористических обработках чужеродный вид рассматривают лишь в качестве подвида свида-ны белой [Маевский, 2014, с. 275; Решетникова и др., 2019, с. 99 и др.]. *C. sericea* (помимо североамериканского происхождения) отличается от *C. alba* способностью активно распространяться за счёт корневых отпрысков (форма куста более разваленная, а стебли часто укореняются в узлах при соприкосновении с землёй), что даёт значительные преимущества при освоении новых фитоценозов. Наиболее надёжным диагностическим признаком является форма косточки: у чужеродного вида она почти шаровидная, с округлым основанием, у аборигенного – эллипсоидальная с ширококлиновидным основанием (его длина превышает ширину) [Jonsell, 2010; Решетникова и др., 2019, с. 99]. Новые находки: 1) Вологодский р-н, Кувшиновская роща (59.252° с. ш., 39.809° в. д.), лиственный лес, 10.06.1986, Скамьина (VO 16574); 2) г. Вологда, Говоровский пр-д, д. 33, вблизи гаражного кооператива «Путеец-90», берег р. Содима (59.21086° с. ш., 39.86388° в. д.), полосой по берегу реки, 06.07.2024, А.Н. Левашов (MIRE); 3)

Тарногский р-н, с. Тарногский Городок, ул. Пионерская, д. 2 (60.50201° с. ш., 43.57577° в. д.), заросли кустарника между дорогой и забором, 11.07.2024, Д.А. Филиппов (MIRE); 4) Тарногский р-н, с. Тарногский Городок, ул. Пограничная, южнее д. 2Б (60.49358° с. ш., 43.55678° в. д.), вдоль тропы через сосняк брусничный (плодоносящие кусты и подрост), 14.07.2023, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова, Ф.Д. Филиппов (MIRE). Вероятно, вид будет и дальше активно проникать в естественные фитоценозы (прежде всего, вблизи населённых пунктов) и успешно конкурировать с местными кустарниками.

Epilobium pseudorubescens A.K.Skvortsov (Onagraceae). Чужеродный вид североамериканского происхождения, включённый в «black-list» сопредельных регионов: Костромская, Тверская, Ярославская области [Виноградова и др., 2011; Трemasова и др., 2013; Leostrian, Pergl, 2021]. Впервые в Вологодской области обнаружен в 1982 г. в г. Вологде в рудеральных местообитаниях (МНА0190502) [Майтулина, 1984, с. 46; Орлова, 1989, с. 38]. В дальнейшем растения находили в городах Белозерск, Вытегра, Кириллов и по берегам водных объектов в Вытегорском, Грязовецком и Череповецком районах [Кравченко, Фадеева, 2013, с. 1444; Филиппов, 2015, с. 30]. Новые находки: 1) Великоустюгский р-н, д. Заозерица (60.52827° с. ш., 46.48616° в. д.), берег старицы р. Юг, 20.07.2023, Н. Казакова (observations/174000567); 2) Великоустюгский р-н, г. Великий Устюг, паркимени Булдакова (60.76463° с. ш., 46.29402° в. д.), 09.08.2023, Н. Казакова (observations/177635115); 3) г. Вологда, мкр. Куралит (59.24151° с. ш., 39.84914° в. д.), 01.08.2020, Н. Ромина (observations/128953836); 4) г. Вологда, просп. Победы, д. 25 (городской рынок) (59.22135° с. ш., 39.88451° в. д.), в расщелинах асфальта и у фундамента здания, 19.07.2024, А.Н. Левашов (MIRE); 5) г. Вологда, мкр. Заречье, ул. Гоголя, д. 99 (59.22353° с. ш., 39.90945° в. д.), клумба, 05.08.2024, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова, Ф.Д. Филиппов (набл.); 6) Кичменгско-Городецкий р-н, 2 км северо-западнее д. Большая Чирядка, берег р. Чирядка (59.8238° с. ш., 45.5753° в. д.), отмель и берег реки, 15.07.2020, Д.А. Филиппов, А.С.

Комарова (набл.) (observations/55578124); 7) Тарногский р-н, с. Тарногский Городок, ул. Одинцова, д. 22 (60.50369° с. ш., 43.57107° в. д.), низинный луг на приусадебном участке, 11.07.2024, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова, Ф.Д. Филиппов (MIRE). По всей видимости, данный вид активно внедряется не только в нарушенные, но и в естественные сообщества региона, правда, в подавляющем числе известных местонахождений произрастает небольшими группами.

Erigeron annuus (L.) Pers. (Asteraceae). Чужеродный вид североамериканского происхождения, входящий в ТОП-100 самых опасных инвазионных видов России [Самые..., 2018]. Чаще всего он рассматривается в широкой трактовке [Виноградова и др., 2009; Морозова, 2018 и др.] и включает в том числе, например, северные популяции мелколепестника щетинистого. Мы опираемся на узкую трактовку вида (*E. annuus* s.str.), согласно которой стебли растения опушены, помимо прижатых и отогнутых вниз коротких волосков, ещё и длинными отстоящими; стеблевые листья ланцетные или овальные, крупнозубчатые, с острой верхушкой, а краевые цветки корзинок нередко окрашенные (розоватые или бледно-сиреневые) [Маевский, 2014]. Для флоры Вологодской области ранее не приводился, но по неопубликованным материалам (наблюдения А.Н. Левашова) был зафиксирован в областном центре в 2008 г. Новые находки: 1) г. Вологда, ул. Пречистенская набережная, д. 14 (59.22248° с. ш., 39.90254° в. д.), обочина асфальтовой дороги, 21.06.2023, С.А. Макаров (набл.); 2) г. Вологда, ул. Товарная (около гаражного кооператива) (59.22439° с. ш., 39.85367° в. д.), обочина гравийной дороги, 27.06.2023, А.В. Платонов (MIRE); 3) г. Вологда, ул. Саммера, д. 57 (59.23811° с. ш., 39.95031° в. д.), олуговелый участок между ветками железной дороги, 02.07.2023, Д.А. Филиппов (MIRE); 4) г. Вологда, мкр. Прилуки, ул. Никольская, д. 96 (59.26896° с. ш., 39.87395° в. д.), обочина мощённой булыжником дороги, 18.07.2023, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова (MIRE); 5) г. Вологда, перекрёсток ул. Кленовая и ул. Белоризцев (59.24638° с. ш., 39.85793° в. д.), придорожный кювет (око-

ло 100 экз.), 27.07.2023, А.Н. Левашов, А.В. Платонов (набл.); 6) г. Вологда, ул. Саммера, д. 55 (59.23584° с. ш., 39.94705° в. д.), тропинка через газон, 02.08.2023, Д.А. Филиппов (MIRE); 7) г. Вологда, территория «Старый Аэропорт» (59.26094° с. ш., 39.91475° в. д.), бывшая взлётная полоса, трещины в асфальте, 05.08.2023, Д.А. Филиппов (MIRE); 8) г. Вологда, железная дорога вблизи «Парка Мира» (59.24366° с. ш., 39.87312° в. д.), железнодорожная насыпь, 10.08.2023, А.В. Платонов, А.Н. Левашов (MIRE); 9) г. Вологда, мкр. Лукьяново, ул. Александра Клубова, д. 56, правый берег р. Вологда (59.24009° с. ш., 39.81231° в. д.), закустаренный луг на берегу реки, 19.08.2023, С.А. Макаров (набл.); 10) г. Вологда, мкр. Лукьяново, ул. Рыбная, д. 2Б (59.24056° с. ш., 39.83924° в. д.), обочина железной дороги, 01.07.2024, А.Н. Левашов (MIRE). В областном центре начал активно внедряться в нарушенные местообитания (преимущественно, на первых этапах сукцессий, а также вдоль и вблизи дорог, тропинок, на свежих газонах).

Erigeron strigosus var. *septentrionalis* (Fernald & Wiegand) Fernald (*E. septentrionalis* (Fernald & Wiegand) Holub) (Asteraceae). Чужеродное растение североамериканского происхождения, которое, в отличие от *E. annuus* s.str., имеет меньшие размеры (20–60 см против 40–90 см), хорошо отличается наличием однородного прижатого опушения по всей длине стебля (нет длинных отстоящих), стеблевые листья большей частью цельнокрайные с тупой верхушкой, более-менее узкие, иногда линейные, краевые цветки белые [Мавевский, 2014]. Для флоры Вологодской области ранее не приводился. Первые и новые находки: 1) г. Вологда, Пошехонское кладбище (59.18325° с. ш., 39.83524° в. д.), обочина грунтовой дороги на кладбище, 04.08.2023, Д.А. Филиппов, А.Н. Левашов (MIRE); 2) г. Вологда, мкр. Заречье, ул. Чернышевского, д. 122А (59.24823° с. ш., 39.89685° в. д.), свежий газон между тротуаром и асфальтовой дорогой, 22.08.2023, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова, Ф.Д. Филиппов (MIRE); 3) г. Вологда, мкр. Фрязиново, перекрёсток ул. Некрасова и ул. Фрязиновская (59.21936° с. ш., 39.92286° в. д.), газон, 27.07.2024, А.Н. Лева-

шов (MIRE). В настоящее время в г. Вологде *E. strigosus* var. *septentrionalis* встречается реже, нежели *E. annuus* s.str., что в целом отражает ранее обозначенную закономерность в хорологии этих видов в Европейской России [Виноградова и др., 2009].

Euphrosyne xanthiifolia (Nutt.) A.Gray (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.) (Asteraceae). Чужеродный вид североамериканского происхождения, входящий в число самых опасных инвазионных видов России [Самые..., 2018]. Для флоры Вологодской области ранее не приводился. Первая находка: Вологодский р-н, пос. Ермаково (59.192° с. ш., 39.717° в. д.), обочина дороги, 27.09.2003, А.Н. Левашов (VO 28216). Как и в случае с *Ambrosia artemisiifolia* семена, по всей видимости, попали с куриным торфокомпостом, который хранился на пустыре возле дач по обочине дороги. В последующие годы поиск вида не увенчался успехом, что свидетельствует о том, что растения не прошли адаптацию и не дали жизнеспособных семян.

Hordeum jubatum L. (Poaceae). Чужеродный вид азиатско-североамериканского происхождения, относящийся к числу самых опасных инвазионных видов России [Самые..., 2018]. В Вологодской области (по крайней мере, в областном центре) его начали использовать в качестве декоративного ещё во второй половине XX в. Например, сохранился гербарный образец (г. Вологда, АБС [агробиологическая станция Вологодского педагогического института], цветник, 07.07.1988, Нестерова, Комарова (VO 42940)). Первое упоминание вида в качестве чужеродного (для Сямженского района, но без точной локализации) находим у Н.И. Орловой [1993, с. 261]. В последующие годы приводился для г. Вологды, 1996 г. [Соколов, Голуб, 1997, с. 66], окрестностей г. Череповца, 2001 г. [Румянцева, 2002, с. 8] и 2003 г. [Филиппов, 2015, с. 31], г. Вытегры, 2010 г. [Кравченко, Фадеева, 2013, с. 1445]. Новые находки: 1) Бабаевский р-н, г. Бабаево (59.38600° с. ш., 35.94798° в. д.), 25.06.2023, Я. Адамсон (observations/169377286); там же, железнодорожный вокзал (59.38499° с. ш., 35.95738° в. д.), обочина железной дороги, 13.08.2024, А.Н. Левашов, А.В. Платонов (MIRE); 2) г. Вологда, Торговая площадь

(59.222° с. ш., 39.887° в. д.), газон, 20.07.2002, О.В. Саблина (VO 42942); 3) г. Вологда, [мкр.] Прилуки, у ж/д переезда (59.261° с. ш., 39.894° в. д.), железнодорожная насыпь, 07.06.2004, И.В. Гитарина (VO 42943); 4) г. Вологда, ул. Ярославская, [д.] 40 (59.195° с. ш., 39.876° в. д.), у гаражей, 05.09.2004, Л.А. Лятина (VO 42944); 5) г. Вологда, ул. Текстильщиков (59.191° с. ш., 39.923° в. д.), клумба, 17.08.2005, Н. Даньшина (VO 42945); 6) г. Вологда, у понтонного моста (59.214° с. ш., 39.904° в. д.), верхняя часть коренного берега [р. Вологды], 09.09.2007, Е.Ю. Заварина (VO 42946); 7) г. Вологда, железная дорога в районе тоннеля (59.200° с. ш., 39.911° в. д.), железнодорожная насыпь, 11.07.2008, Т.А. Труханова (VO 70934); 8) г. Вологда, ул. Преображенского, д. 41А (59.21991° с. ш., 39.83354° в. д.), газон между тротуаром и асфальтовой дорогой, 01.07.2022, С.А. Макаров (набл.); 9) г. Вологда, мкр. Завокзальный, ул. Молодёжная, д. 2, вблизи Локомотивного депо (59.203943° с. ш., 39.88578° в. д.), вдоль железнодорожных путей, 19.06.2023, А.Н. Левашов, Д.А. Филиппов, А.В. Платонов (набл.); 10) г. Вологда, исторический р-н Нижний Посад, ул. Пречистенская набережная, д. 14 (59.22248° с. ш., 39.90254° в. д.), обочина асфальтовой дороги, 21.06.2023, С.А. Макаров (набл.); 11) г. Вологда, ул. Александра Клубова, д. 35В (59.23283° с. ш., 39.81833° в. д.), железная дорога, 02.07.2023, С.А. Макаров (набл.); 12) г. Вологда, мкр. Водники, пер. Судоремонтный (59.20953° с. ш., 39.92778° в. д.), вблизи гаражей, 14.07.2023, С.А. Макаров (набл.); 13) Вологодский р-н, пос. Майский (59.262° с. ш., 39.745° в. д.), селитебная зона, 02.08.2001, Т.Н. Дьякова (VO 42941); 14) Вологодский р-н, железнодорожная станция База ПМС-113 (59.16457° с. ш., 40.00391° в. д.), железная дорога, 05.07.2012, Д.А. Филиппов (набл.); 15) Вологодский р-н, 0.7 км северо-восточнее д. Ватланово (59.21869° с. ш., 39.77474° в. д.), обочина асфальтовой дороги, 23.07.2024, С.А. Макаров (набл.); 16) Сямженский р-н, д. Ногинская, ул. Дорожная, д. 1 (автостанция) (60.00386° с. ш., 41.07605° в. д.), придорожная полоса, 28.07.2020, Д.А. Филиппов (набл.) (observations/57627301); 17) Череповецкий р-н, г. Череповец, терри-

тория ПАО «Северсталь» (59.13835° с. ш., 37.87430° в. д.), 25.06.2021, Э.В. Гарин (observations/84529167); 18) Шекснинский р-н, окрестности д. Шеломово, левый берег р. Конома (вблизи железнодорожного моста) (59.16791° с. ш., 38.21439° в. д.), берег реки, на сильно увлажнённом торфяно-илистом грунте, 06.07.2010, Д.А. Филиппов, А.Н. Левашов (MIRE). В последние 25 лет растение активно расселяется по территории региона, в основном вдоль железных и асфальтовых автомобильных дорог.

Oenothera biennis L. (incl. *O. rubricaulis* Kleb.) (Onagraceae). В России растение отнесено к ТОП-100 самых опасных инвазионных видов [Самые..., 2018], а также внесено в Чёрную книгу флоры Средней России [Виноградова и др., 2009]. На территории Вологодской обл. впервые обнаружен в 1928 г. как сорняк на полях вблизи пос. Молочное (Вологодский р-н) [Ильинский, 1928, с. 113; Перфильев, 1936, с. 231; Белозеров, 1960, с. 1229; Орлова, 1989, с. 38, 1993, с. 160]. Спустя полвека сделана вторая находка. На этот раз уже в областном центре (~15 км от предыдущего пункта): г. Вологда, Парк ветеранов (59.228° с. ш., 39.912° в. д.), сорное, 10.09.1982, [Ю.К.] Майтулина (МНА0190715, МНА0190718) [Майтулина, 1984, с. 46]. Новые находки: 1) г. Вологда, Льнокомбинат, обочина железной дороги, 06.09.1995, А. Роднина (VO 27612); 2) г. Вологда, Станкозавод (59.233° с. ш., 39.841° в. д.), железнодорожная насыпь, 20.07.2003, С. Макаров (VO 27613), там же, ул. Александра Клубова (59.23231° с. ш., 39.84448° в. д.), песчаная обочина железной дороги, 09.07.2004, С.А. Макаров (MIRE); 3) г. Вологда, мкр. Завокзальный, ул. Можайского до пересечения с ул. Конева (59.19945° с. ш., 39.91016° в. д.), пустырь вблизи железной дороги, 18.06.2023, Д.А. Филиппов, А.Н. Левашов (MIRE); 4) г. Вологда, мкр. Завокзальный, ул. Молодёжная, д. 2, вблизи Локомотивного депо (59.20394° с. ш., 39.88578° в. д.), вдоль железнодорожных путей, 19.06.2023, А.Н. Левашов, Д.А. Филиппов, А.В. Платонов (набл.); 5) г. Вологда, перекрёсток ул. Кленовая и пер. Сиверский (59.24379° с. ш., 39.85348° в. д.), обочина грунтовой дороги, 27.07.2023, А.Н. Левашов, А.В. Платонов

(MIRE); 6) г. Вологда, вблизи садоводческого товарищества «Акация» (59.24871° с. ш., 39.91873° в. д.), насыпь железной дороги, 27.08.2023, Д.А. Филиппов (MIRE); 7) Устюженский р-н, пос. имени Желябова (58.95564° с. ш., 36.59664° в. д.), 17.07.2020, М. Гордеева (observations/53364858). Все находки сосредоточены в южной части региона, в пределах подзоны южной тайги. Наблюдения (с начала 2000-х гг.) А.Н. Левашова в Завокзальном мкр. областного центра показали, что вид проникает в нарушенные местообитания, расселяясь преимущественно по транспортным путям, и способен закрепляться в новых местах, ежегодно цвести и плодоносить. Встречается, как правило, либо единично, либо небольшими группами, но способен произрастать и массово (локальные популяции от 10 м² и более), особенно вдоль линейных сооружений.

Phragmites altissimus (Benth.) Mabilie (*P. australis* ssp. *isiacus* (Arcang.) ined.) (Poaceae). Чужеродный вид, имеющий евразийский температурно-меридиональный естественный ареал, который активно расселяется в Европейской России в северном направлении в последние три с половиной десятилетия [Папченков, 2008; Цвелёв, Пробатова, 2019]. Включён в список 100 инвазионных растений России [Виноградова и др., 2015], а в сопредельных регионах – Тверской и Ярославской областях – отнесён к потенциально инвазионным видам [Виноградова и др., 2011; Трёмасова и др., 2013]. В Вологодской области впервые был зафиксирован в 2003 г. на берегу Шекснинского плёса Рыбинского водохранилища, в окрестностях д. Вичелово (Череповецкий р-н; 59.012° с. ш., 37.950° в. д.) (сбор И.Е. Ремизов, 19.07.2003, IBIW) [Пакляшова, Папченков, 2008, с. 141; Папченков, 2008, с. 39]. Новые находки: 1) г. Вологда, мкр. Фрязиново, ул. Доронинская, д. 44 (59.22874° с. ш., 39.93808° в. д.), придорожная полоса, 14.06.2023, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова (MIRE); 2) г. Вологда, садоводческое товарищество «Швейник» (59.23319° с. ш., 39.96014° в. д.), сырое понижение в придорожной полосе грунтовой дороги, 08.09.2023, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова (MIRE); 3) г. Вологда, ул. Залинейная, д. 26 (59.23422°

с. ш., 39.83823° в. д.), канава между железной дорогой и бетонным забором, тростниковые заросли (до ~4 м; полоса 3–4 м шириной и до 100 м длиной), 01.07.2024, А.Н. Левашов, А.В. Платонов (MIRE). Находки в областном центре являются наиболее северными в регионе и зафиксированы в другом глобальном бассейне стока (Белого моря, а не Каспийского моря, как в случае с местонахождением в Рыбинском водохранилище). Растения имели высоту до 3.5–4 м. Как и ранее обнаруженные на юге Республики Коми [Тетерюк и др., 2022], популяции данного вида располагались в нарушенных местообитаниях и формировали небольшие по площади заросли (от 10–20 до 300 м²). Несмотря на то что в настоящее время не наблюдается конкуренции между аборигенным *P. australis* (Cav.) Trin. ex Steud. и чужеродным *P. altissimus*, но учитывая вероятные изменения среды обитания (прежде всего климата), последний как более мощный вегетативно размножающийся вид может потеснить местный тростник [Папченков, 2008].

Veronica filiformis Sm. (Plantaginaceae). Чужеродный вид кавказского происхождения, используемый в качестве декоративного почвопокровного растения. Впервые в регионе вид появился на клумбах в самом конце XX в. и к этому же времени относится первая фиксация фактов выхода из культуры и в дальнейшем активное распространение в регионе. Ранее не приводился для флоры Вологодской области. Первая и новые находки: 1) Бабаевский р-н, г. Бабаево, ул. Боровая, д. 9А (59.40047° с. ш., 35.95059° в. д.), приусадебный участок, борозды и вблизи цветника, 07.11.2024, С.Н. Андреева (набл.) (вид растёт на участке около 10 лет); 2) Верховажский р-н, куст Нижне-Кулое, д. Дьяконовская, ул. Дьяконовская (60.70676° с. ш., 42.57955° в. д.), приусадебный участок, вне мест посадки (очень обильно рядом с цветниками и в бороздах), 10.06.2018, Н.Н. Жукова (набл.); 3) г. Вологда, АБС [Агробиологическая станция ВГПУ] (59.196° с. ш., 39.890° в. д.), поле, 31.05.1993, Волкова (VO 26745), там же (59.19576° с. ш., 39.88999° в. д.), зарастающая залежь и олуговелый участок, 14.05.2015, А.Н. Левашов (набл.); 4) г. Вологда, ул. Новгород-

ская, [д.] 25 (59.19571° с. ш., 39.86309° в. д.), газон [вдоль тротуара], 27.07.2004, [Л.А.] Лятина (VO 26746); 5) г. Вологда, исторический р-н Верхний Посад, ул. Засодимского, д. 8А (59.22567° с. ш., 39.87434° в. д.), 25.06.2021, М.Д. Перова (observations/85069889); 6) г. Вологда, мкр. Прилуки, ул. Железнодорожная, д. 93А (59.26901° с. ш., 39.87777° в. д.), обочина грунтовой дороги вблизи забора, 18.07.2023, Д.А. Филиппов, А.С. Комарова (MIRE); 7) садоводческое тов-во «Чайка», восточнее ул. Окружная, 220 (59.22178° с. ш., 40.00376° в. д.), между грунтовой дорогой и забором садово-дачного участка (очень обильно), 23.08.2023, Д.А. Филиппов (набл.); 8) г. Вологда, мкр. Заречье, ул. Гоголя, д. 53 (59.22665° с. ш., 39.89613° в. д.), 16.05.2024, aleksandra89750 (observations/233491811); там же, ул. Гоголя, между д. 49 и д. 53 (59.22669° с. ш., 39.89565° в. д.), газон между домами и тротуаром (обильно), 19.11.2024, Д.А. Филиппов (набл.); 9) г. Вологда, исторический р-н Нижний Посад, ул. Первомайская, д. 12 (59.21111° с. ш., 39.89887° в. д.), около цветника (обильно), 18.05.2024, С.А. Макаров (набл.); 10) г. Вологда, ул. Петина, д. 6 (со стороны ул. Кирпичная) (59.21416° с. ш., 39.84989° в. д.), газон вдоль тротуара, 21.05.2024, С.А. Макаров (набл.); 11) г. Вологда, ул. Щетинина, д. 64А (59.21854° с. ш., 39.83028° в. д.), газон, 21.05.2024, С.А. Макаров (набл.); 12) г. Вологда, исторический р-н Нижний Посад, ул. Пречистенская набережная, д. 72 (59.21622° с. ш., 39.90272° в. д.), вдоль тротуара, 07.06.2024, С.А. Макаров (набл.); 13) г. Вологда, Локомотивный пер., д. 2 (59.20078° с. ш., 39.88698° в. д.), газон, 27.10.2024, А.Н. Левашов (MIRE); 14) Вологодский р-н, пос. Ермаково, дачные участки (59.1914° с. ш., 39.7165° в. д.), пустырь у дороги, 15.06.2004, А.Н. Левашов (набл.); 15) Вологодский р-н, северо-восточнее садоводческого тов-ва «Облепиха» (59.18473° с. ш., 39.98155° в. д.), борозда и цветник, 17.07.2011, Д.А. Филиппов (набл.); 16) Кадуйский р-н, садоводческое тов-во «Черкесиха» (59.17910° с. ш., 37.44387° в. д.), 25.05.2024, С. Шаблин (observations/218099385); 17) Кирилловский р-н, д. Перхино, ул. Центральная (59.86281° с. ш., 38.52741° в. д.), 14.05.2022,

О. Преображенская (observations/117018316); 18) Кирилловский р-н, д. Митино (59.82119° с. ш., 38.35481° в. д.), 28.05.2022, И. Лесков (observations/119108897); 19) Тарногский р-н, д. Башевская, д. 26 (60.66152° с. ш., 43.20015° в. д.), огород, борозда, 09.06.2011, Д.А. Филиппов (набл.); 20) Череповецкий р-н, г. Череповец, 17 мкр., ул. Краснодонцев, д. 7А (59.13146° с. ш., 37.98086° в. д.), 07.05.2023, Н. Зуев (observations/160507325). Важно подчеркнуть, что вид не используют в области в качестве газонной травы, поэтому его внедрение на газоны происходит без целенаправленного участия человека. В целом, активное введение в культуру *V. filiformis*, а также наличие экологической пластичности, выраженной способности вида к вегетативному размножению и натурализации привели к широкому и быстрому распространению его на территории региона. Растение характеризуется как сорно-рудеральное, очень трудное в плане искоренения. В агроэкосистемах выигрывает конкуренцию у экологически близкого аборигенного сорняка *Stellaria media* (L.) Vill. По многолетним наблюдениям авторов на учебном поле Вологодского государственного университета, вид успешно сосуществует и с другими чужеродными растениями, в том числе *Brunnera sibirica* Steven, *Heracleum sosnowskyi* Manden., *Lupinus polyphyllus* Lindl., а также проявляет тенденцию к натурализации в луговые сообщества.

Заключение

Таким образом, на основании полевых исследований и анализа ряда гербарных коллекций (в частности, MIRE, VO, МНА, MW, IBIW) обобщены современные данные о распространении 14 чужеродных для Вологодской области видов сосудистых растений, проявляющих инвазионный потенциал в других регионах Европейской России. Выявлено шесть новых для Вологодской области чужеродных видов (*Ambrosia artemisiifolia*, *Beckmannia syzigachne*, *Erigeron annuus*, *Erigeron strigosus* var. *septentrionalis*, *Euphrosyne xanthiifolia*, *Veronica filiformis*). Восемь видов растений заслуживают включения в региональный «black-list» в ранге инвазионных (*Cornus sericea*, *Epilobium pseudorubescens*,

Erigeron annuus, *Hordeum jubatum*, *Oenothera biennis*, *Veronica filiformis*) или потенциально инвазионных (*Amaranthus retroflexus*, *Bassia scoparia*). По всей видимости, *Acorus calamus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Beckmannia syzigachne*, *Erigeron strigosus* var. *septentrionalis*, *Euphrosyne xanthiifolia* и *Phragmites altissimus* в настоящее время не обладают необходимой инвазионной активностью для включения в Чёрную книгу Вологодской области, при этом явно заслуживают более тщательного исследования и мониторинга.

Финансирование работы

Исследования проведены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № 124032100076-2 (ИБВВ РАН) и № 123112700111-4 (БС УрО РАН).

Благодарности

Авторы благодарят Э.В. Гарина, Н.Ю. Груданова, С.А. Сенатора за обсуждение биологии и экологии некоторых видов, а также анонимных рецензентов за ценные замечания.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием животных в экспериментах, выполненных кем-либо из авторов.

Литература

- Андропова М.М., Бабич Н.А., Хамитов Р.С. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины. Архангельск: САФУ, 2021. 411 с.
- Белозеров П.И. О новых и редких полевых сорняках центральной части Вологодской области и района города Сыктывкара Коми АССР // Труды Вологодского сельскохозяйственного института. Вып. 3. Вологда, 1941. С. 151–156.
- Белозеров П.И. О распространении некоторых видов сорных растений на северо-восток европейской части СССР // Ботанический журнал. 1960. Т. 45, № 8. С. 1227–1232.
- Виноградова Ю.К., Абрамова Л.М., Акатова Т.В., Аненхонов О.А., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Антонова Л.А., Афанасьев В.Е., Багрикова Н.А., Баранова О.Г., Борисова Е.А., Борисова М.А., Бочкин

- В.Д., Буланный Ю.И., Верхозина А.В., Владимиров Д.Р., Григорьевская А.Я., Ефремов А.Н., Зыкова Е.Ю., Кравченко А.В., Крылов А.В., Куприянов А.Н., Лавриненко Ю.В., Лактионов А.П., Лысенко Д.С., Майоров С.Р., Меньшакова М.Ю., Мещерякова Н.О., Мининзон И.Л., Михайлова С.И., Морозова О.В., Нотов А.А., Панасенко Н.Н., Пликина Н.В., Пузырёв А.Н., Раков Н.С., Решетникова Н.М., Рябовол С.В., Сагалаев В.А., Силаева Т.Б., Силантьева М.М., Стародубцева Е.А., Степанов Н.В., Стрельникова Т.О., Терёхина Т.А., Трemasова Н.А., Третьякова А.С., Хорун Л.В., Чернова О.Д., Шауло Д.Н., Эбель А.Л. «Чёрная сотня» инвазионных растений России // Информационный бюллетень Совета Ботанических садов стран СНГ при Международной ассоциации академий наук. 2015. Вып. 4 (27). С. 85–89.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Нотов А.А. Чёрная книга флоры Тверской области: чужеродные виды растений в экосистемах Тверского региона. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 292 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Чёрная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). М.: ГЕОС, 2009. 494 с.
- Гарин Э.В., Насимович Ю.А. Флора культивируемых тополей (*Populus*, *Salicaceae*) города Череповец (Вологодская область) // Социально-экологические технологии. 2018. № 3. С. 22–32. <https://doi.org/10.31862/2500-2962-2018-3-22-32>
- Димитриев А.В., Абрамов Н.В., Мининзон И.Л., Папченков В.Г., Пузырев А.Н., Раков Н.С., Силаева Т.Б. О распространении *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) в Волжско-Камском регионе // Ботанический журнал. 1994. Т. 79, № 1. С. 79–83.
- Ильинский Н.В. Вологодский край. Ч. 1. Естественные производительные силы. Вологда: Изд. Вологод. губ. отдела нар. образования, 1928. 166 с.
- Инвазивные растения и животные Карелии. Петрозаводск: ПИН: Марков Н.А., 2021. 223 с.
- Капустин Н.И., Чухина О.В. Новые кормовые культуры для Северного и Северо-Западного регионов России: учебное пособие. Вологда-Молочное: ВГМХА, 2014. 175 с.
- Кравченко А.В., Фадеева М.А. Новые и редкие виды сосудистых растений для Вологодской области // Ботанический журнал. 2013. Т. 98, № 11. С. 1441–1446.
- Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы. Вологда: ВГПУ, Русь, 2004. 359 с.
- Левашов А.Н., Жукова Н.Н., Романовский А.Ю., Комарова А.С., Филиппов Д.А. Находки редких и охраняемых сосудистых растений в вологодской части бассейна реки Вага // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2019. Т. 13, № 3. С. 253–275. <https://doi.org/10.24411/2072-8816-2019-10052>
- Левашов А.Н., Макаров С.А., Андреева С.Н., Платонов А.В., Комарова А.С., Филиппов Д.А. Новые и редкие виды для флоры Вологодской области // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 2024а. Т. 129, вып. 6. С. 57–64. <https://doi.org/10.55959/MSU0027-1403-BB-2024-129-6-59-64>

- Левашов А.Н., Жукова Н.Н., Филиппов Д.А. К флоре малых городов и районных центров Вологодской области: Верховажье // Полевой журнал биолога. 2024б. Т. 6, № 2. С. 85–104. <https://doi.org/10.52575/2712-9047-2024-6-2-85-104>
- Левашов А.Н., Чхобадзе А.Б. Адвентивная флора Вологды: предварительный анализ путей заноса и систематического разнообразия // Организмы, популяции, экосистемы: проблемы и пути сохранения биоразнообразия: материалы Всероссийской конф. с междунар. участием. Вологда: ВГПУ, 2008. С. 206–210.
- Леострин А.В., Майоров С.Р. *Cardamine occulta* Hornem. (Brassicaceae) во флоре Европейской России: инвазионный статус и распространение // Российский журнал биологических инвазий. 2019. Т. 12, № 2. С. 52–63.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. испр. и доп. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- Майтулина Ю.К. Новые и редкие адвентивные растения Вологодской области // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1984. № 132. С. 45–46.
- Морозова О.В. *Erigeron annuus* (L.) Pers., 1807 – Мелколепестник однолетний / Annual fleabane // Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. С. 133–137.
- Огородники, внимание! В Шекснинском районе замечено опасное растительное соседство // Газета «Звезда» Шекснинский район (https://vk.com/wall-48690883_260641). Accessed 19.09.2024.
- Орлова Н.И. Обзор видов семейства кипрейных (Onagraceae Juss.) флоры Вологодской области // Вестник Ленинградского университета. Сер. 3. Биология. 1989. Вып. 1, № 3. С. 32–38.
- Орлова Н.И. Конспект флоры Вологодской области. Высшие растения // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. СПб.: Алга-Фонд, 1993. Т. 77, вып. 3. С. 1–262.
- Паκляшова Н.А. Современное состояние и динамика растительного покрова Рыбинского водохранилища (на примере Шекснинского плёса): дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2008. 281 с.
- Паκляшова Н.А., Папченков В.Г. К флоре Рыбинского водохранилища // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3. 2008. Вып. 3. С. 138–143.
- Папченков В.Г. О распространении *Phragmites altissimus* (Benth.) Nabile (Poaceae) // Российский журнал биологических инвазий. 2008. № 1. С. 36–41.
- Перфильев И.А. Флора Северного края. Ч. 1. Высшие споровые, голосеменные и однодольные. Архангельск: Севкрайгиз, 1934. 160 с.
- Перфильев И.А. Флора Северного края. Ч. 2–3. Двудольные. Архангельск: Севкрайгиз, 1936. 398 с.
- Решетникова Н.М., Майоров С.Р., Крылов А.В. Чёрная книга Калужской области. Сосудистые растения. Калуга: Ваш Домъ, 2019. 342 с.
- Румянцева А.В. Дополнения к флоре сосудистых растений Вологодской области // Вестник Череповецкого государственного университета. Естественные и технические науки. 2002. № 1 (3). С. 6–8.
- Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 688 с.
- Сенатор С.А., Виноградова Ю.К. Инвазионные растения России: результаты инвентаризации, особенности распространения и вопросы управления // Успехи современной биологии. 2023. Т. 143, № 4. С. 393–402. <https://doi.org/10.31857/S0042132423040099>
- Смирнова С.К., Ганичева В.В. Современное состояние газонов и цветочно-декоративного оформления города Вологда // Молочно-хозяйственный вестник. 2012. № 2 (6). С. 5–11.
- Соколов Д.Д., Голуб В.Б. Новые и редкие для Вологодской области заносные растения (Prov. Vologda) // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 1997. Т. 102, вып. 3. С. 66.
- Суслова Т.А., Шведчикова Н.К., Вахрамеева М.Г., Паланов А.В., Левашов А.Н., Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Сосудистые растения национального парка «Русский Север» (Аннотированный список видов). М.: ИПЭЭ РАН, 2004. 64 с.
- Суслова Т.А., Чхобадзе А.Б., Филиппов Д.А., Ширяева О.С., Левашов А.Н. Второе издание Красной книги Вологодской области: изменения в списках охраняемых и требующих биологического контроля видов растений и грибов // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2013. Т. 7, № 3. С. 93–104. <https://doi.org/10.24411/2072-8816-2013-10022>
- Тетерюк Б.Ю., Панюков А.А., Князева Е.В. *Phragmites altissimus* и *Lemna turionifera* – новые виды для флоры Европейского Северо-Востока России // Ботанический журнал. 2022. Т. 107, № 1. С. 95–99. <https://doi.org/10.31857/S0006813622010094>
- Тремасова Н.А., Борисова Е.А., Борисова М.А. Сравнительный анализ инвазионных компонентов флор пяти областей верхневолжского региона // Ярославский педагогический вестник. Т. 3 (Естественные науки). 2013. № 4. С. 171–177.
- Филиппов Д.А. Растительный покров, почвы и животный мир Вологодской области (ретроспективный библиографический указатель). Вологда: Сад-Огород, 2010. 217 с.
- Филиппов Д.А. Вклад В.Г. Папченкова в изучение растительного покрова Вологодской области // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН. 2015. Вып. 71 (74). С. 23–40. <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2015-10002>
- Филиппов Д.А., Бобров Ю.А. Флора малых водоёмов города Вологды и анализ её структуры // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2016. № 4 (20). С. 32–44.
- Цвелёв Н.Н., Пробатова Н.С. Злаки России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2019. 646 с.
- Чернова А.М., Чхобадзе А.Б., Левашов А.Н., Филиппов Д.А. Флора водоёмов Волжского бассейна: дополнения и уточнения по Вологодской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 1. С. 40–54. <https://doi.org/10.24411/2073-1035-2018-10180>

- Bano H., Mir U.A., Rather R.A. Invasive plant species, a burning problem of the present-day world, their threats and mitigation measures // *Ecology, Environment and Conservation*. 2023. Vol. 29, No. 3. P. 1390–1399. <https://doi.org/10.53550/eec.2023.v29i03.059>
- Bochkov D.A., Seregin A.P. Local floras of Russia: records from literature. Version 1.75. Occurrence dataset // (<https://doi.org/10.15468/rxtjt2>, Accessed via GBIF.org). Accessed 05.11.2024.
- iNaturalist (Electronic resource) // (<https://www.inaturalist.org/observations/54918570,/39765879,/174000567,/177635115,/128953836,/55578124,/169377286,/57627301,/84529167,/53364858,/85069889,/117018316,/119108897,/160507325,/218099385,/233491811>). Accessed 13.10.2024.
- Leostin A., Pergl J. Alien flora in a boreal region of European Russia: an example of Kostroma oblast // *Biological Invasions*. 2021. Vol. 23. P. 3337–3350. <https://doi.org/10.1007/s10530-021-02589-2>
- Jonsell B. Cornaceae // Jonsell B., Karlsson T. (Eds.) *Flora Nordica*. Vol. 6. Thymelaeaceae to Apiaceae. Stockholm: The Swedish Museum of Natural History, 2010. P. 157–161.
- O'Briain R., Corenblit D., Gurnell A. Interacting effects of climate change and invasions by alien plant species on the morphodynamics of temperate rivers // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. 2023. Vol. 10, is. 5. e1649. <https://doi.org/10.1002/wat2.1649>
- Philippov D.A., Ivicheva K.N., Makarenkova N.N., Filonenko I.V., Komarova A.S. Biodiversity of macrophyte communities and associated aquatic organisms in lakes of the Vologda Region (north-western Russia) // *Biodiversity Data Journal*. 2022. Vol. 10, e77626. <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e77626>
- Philippov D.A., Komarova A.S. Macrophyte diversity in rivers and streams of the Vologda Region and several other regions of Russia // *Biodiversity Data Journal*. 2021. Vol. 9, e76947. <https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e76947>
- Potgieter L.J., Gaertner M., Kueffer Ch., Larson B.M.H., Livingstone S.W., O'Farrell P.J., Richardson D.M. Alien plants as mediators of ecosystem services and disservices in urban systems: a global review // *Biological Invasions*. 2017. Vol. 19, No. 12. P. 3571–3588. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1589-8>
- Pyšek P., Pergl J., Essl F., Lenzner B., Dawson W., Kreft H., Weigelt P., Winter M., Kartesz J., Nishino M., Antonova L.A., Barcelona J.F., Cabezas F.J., Cárdenas D., Cárdenas-Toro J., Castaño N., Chacón E., Chatelain C., Dullinger S., Ebel A.L., Figueiredo E., Fuentes N., Genovesi P., Groom Q.J., Henderson L., Inderjit, Kupriyanov A., Masciadri S., Maurel N., Meerman J., Morozova O., Moser D., Nickrent D., Nowak P.M., Pagad S., Patzelt A., Peller P.B., Seebens H., Shu W., Thomas J., Velayos M., Weber E., Wieringa J.J., Baptiste M. P., van Kleunen M. Naturalized alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion // *Preslia*. 2017. Vol. 89, is. 3. P. 203–274. <https://doi.org/10.23855/preslia.2017.203>
- Senator S.A., Rozenberg A.G. Assessment of economic and environmental impact of invasive plant species // *Biology Bulletin Reviews*. 2017. Vol. 7, No. 4. P. 273–278. <https://doi.org/10.1134/S2079086417040089>
- Seregin A.P. (Ed.). *Moscow Digital Herbarium: Electronic resource*. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> [last accessed 22.09.2024].
- Tretyakova A., Grudanov N., Kondratkov P., Baranova O., Luneva N., Mysnik Y., Khasanova G., Yamalov S., Lebedeva M. A database of weed plants in the European part of Russia // *Biodiversity Data Journal*. 2020. Vol. 8, e59176. <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e59176>
- WCVP. 2024. *The World Checklist of Vascular Plants*. URL: <https://wcvp.science.kew.org/> [last accessed 20.09.2024].

RECORDS OF SOME ALIEN VASCULAR PLANT SPECIES IN THE VOLOGDA REGION, RUSSIA

© Philippov D.A.^{a,b,*}, Levashov A.N.^{c,**}, Makarov S.A.^{c,***}, Platonov A.V.^{d,****},
Komarova A.S.^{a,*****}

^aPapanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Borok, 152742 Russia

^bBotanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, 620144 Russia

^cInstitution of Additional Education “Center of Creativity”, Vologda, 160004 Russia

^dVologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service of Russia, Vologda, 160002 Russia
e-mail: ^{*}philippov_d@mail.ru, ^{**}and-levashov@mail.ru, ^{***}maxajrod74@yandex.ru, ^{****}platonov70@yandex.ru,

^{*****}komarova.as90@yandex.ru

The paper presents the data on distribution of 14 vascular plants alien to the flora of the Vologda Region (the north of European Russia), identified during field studies in 2023 and 2024 and in the analysis of some herbarium collections (MIRE, VO, MHA, MW, IBIW). For the first time, *Ambrosia artemisiifolia*, *Beckmannia syzigachne*, *Erigeron annuus*, *Erigeron strigosus* var. *septrionalis*, *Euphrosyne xanthiifolia*, and *Veronica filiformis* are recorded for the flora of the Vologda Region. Data on the distribution of eight invasive or potentially invasive species in adjacent regions (*Acorus calamus*, *Amaranthus retroflexus*, *Bassia scoparia*, *Cornus sericea*, *Epilobium pseudorubescens*, *Hordeum jubatum*, *Oenothera biennis*, *Phragmites altissimus*) are also provided. For each species, the characteristics of the locations and the current state of their populations in the Vologda Region are given. It is recommended to include eight species in the regional “black list” in the rank of invasive species (*Cornus sericea*, *Epilobium pseudorubescens*, *Hordeum jubatum*, *Oenothera biennis*, *Veronica filiformis*) or potentially invasive species (*Amaranthus retroflexus*, *Bassia scoparia*).

Key words: floristic findings, invasive species, alien species, Black Book, Vologda Region.

THE INVASIVE FLORA OF THE NORTH-WEST OF RUSSIA

Saidov N.T.^{a,*}, Konechnaya G.Yu.^{a,**}, and Leostrin A.V.^{a,b,***}^aKomarov Botanical Institute of the RAS, St. Petersburg, 197022, Russia^bSt. Petersburg State University, St. Petersburg, 199034, Russiae-mail: ^{*}nsaidov@binran.ru, ^{**}gkonechnaya@binran.ru, ^{***}aleostrin@binran.ruSaidov N.T. (<https://orcid.org/0000-0002-3940-6628>), G.Yu. Konechnaya (<https://orcid.org/0009-0008-2059-3727>),
Leostrin A.V. (<https://orcid.org/0000-0002-9269-7954>)

Received December 19, 2024; revised March 16, 2025; accepted May 25, 2025

The aim of our work was to create the first list of invasive and potentially invasive vascular plant species of the North-West of European Russia (Leningrad Region, Pskov Region, Novgorod Region and St. Petersburg). When compiling the dataset, we relied on the literature, herbarium collections, online sources and our field surveys (2018–2024). We sampled field data in all administrative regions, focusing on disturbed (i.e. urban areas, parks, roadsides and railways, etc.) and natural or semi-natural (i.e. woodlands, grasslands, coastal areas, etc.) habitats. We assessed the invasive status of the species, identified their habitats, characterized them by region of origin, and provided information about their first record in the wild. The blacklist of vascular flora of the North-West of Russia included 28 invasive and 23 potentially invasive species. Among the invasive species, there are 10 transformer species that cause the most significant damage to ecosystems. Most of the invasive species (15) are of North American origin, 21 species were introduced to the study area through cultivation. All 28 invasive species can be found in urban areas. At least 19 species have naturalized in watersides, 17 invasive species invade woodlands. Resulted species list showed both significant similarities and important differences with comparable previous assessments. Invasive species of the North-West of Russia made up ca. 5% of all invasive flora of the country.

Keywords: alien plants; boreal region; European Russia; inventory; plant invasions.

DOI: 10.35885/1996-1499-18-2-157-160

Full text of the paper is published in Russian Journal of Biological Invasions. DOI: 10.31857/S207511172104XXXXYY.

References

- Abramova, L.M., and Golovanov, Ya.M., Materials to the Black Book of Flora of Orenburg Region, Russ. J. Biol. Invasions, 2024, vol. 15, no. 1, pp. 1–10, <https://doi.org/10.1134/S2075111724010028>
- Afonin, A.N., Baranova, O.G., Fedorova, Y.A., Abramova, L.M., Boshko, T.F., Kotsareva, N.V., Li, Yu.S., Milyutina, E.A., Pikalova, N.A., Prokhorov, V.E., and Senator, S.A., Ecological and geographical potential of *Ambrosia artemisiifolia* L. distribution to the north of the European Russia based on a comparison of the northern boundaries of the primary and secondary ranges, Russ. J. Biol. Invasions, 2022, vol. 15, no. 1, pp. 2–12, <https://doi.org/10.35885/1996-1499-15-1-2-12>
- Anisimov, O.A., Zhil'tsova, E.L., Shapovalova, K.O., and Ershova, A.A., Analiz indikatorov izmeneniya klimata. Chast' 2. Severo-Zapadnyi region Rossii (Analysis of climate change indicators. Part 2. The North-Western region of Russia), Russian Meteorology and Hydrology, 2020, vol. 45, no. 1, pp. 23–35.
- APG IV, An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of the flowering plants: APG IV, Bot. J. Linn. Soc., 2016, vol. 181, no. 1, pp. 1–20, <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Baranova, O.G., and Bralgina (Zyankina), E.N., Invasive plant species in three cities of the Udmurt Republic., Russ. J. Biol. Invasions, 2016, vol. 7, pp. 8–11, <https://doi.org/10.1134/S2075111716010033>
- Baranova, O.G., Shcherbakov, A.V., Senator, S.A., Panasenkov, N.N., Sagalaev, V.A., and Saksonov, S.V., The main terms and concepts used in the study of alien and synanthropic flora, Phytodiver. East. Eur., 2018, vol. 12, pp. 4–22, <https://doi.org/10.24411/2072-8816-2018-10031>
- Belechov, A.A., Invasive and potentially invasive plants of St. Petersburg, Zametki uchenogo, 2021, vol. 9, pp. 47–61.
- Black Book of Flora of the Far East: Invasive plant species in ecosystems of the Far Eastern Federal District, Dgebuadze, Yu.Yu., Eds., Moscow: KMK, 2021.
- Bogdanov, V.L., Nikolaev, R.V., and Shmeleva, I.V., Invaziya ekologicheski opasnogo rasteniya borshchevika Sosnovskogo (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) na territorii evropeiskoi chasti Rossii (Invasion of the ecologically hazardous plant, Sosnowsky's hogweed (*Heracleum*

- sosnowskyi* Manden.) on the territory of the European part of Russia), *Region. ecologiya*, 2011, vol. 31, no. 1–2, pp. 43–52.
- Byalt, V.V., Firsov, G.A., Byalt, A.V., and Orlova, L.V., Overview of the cultural flora of St. Petersburg (Russia), Moscow: ROSA Publishing House, 2019.
- Chernaya kniga flory Belarusi: chuzherodnye vredonosnye rasteniya (Black Book of Flora of Belarus: alien harmful plants), Parfenov, V.I., and Pugachevskii, A.V., Eds., Minsk: Belaruskaya navuka, 2020.
- Chernaya Kniga flory Sibiri (Black Book of Flora of Siberia), Vinogradova, Y.K., and Kupriyanov, A.N., Eds., Novosibirsk: Geo, 2016.
- Chislennost' postoyannogo naseleniya Rossiiskoi Federatsii po municipal'nym obrazovaniyam (The population of the Russian Federation by municipality). <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282>. Accessed December 10, 2024.
- Doronina, A.Yu., Vascular plants of the Karelian Isthmus (Leningrad Region), Moscow: KMK, 2007.
- Efimov P.G., and Konechnaya G.Yu., The Conspectus of the Vascular Flora of Pskov Region, Moscow: KMK, 2018.
- Ekonomicheskaya i sotsial'naya geografiya Rossii (Economic and social geography of Russia), Khrushchev, A.T., Eds., Moscow: Drofa, 2001.
- Euro+Med PlantBase. <https://europlusmed.org/>. Accessed December 3, 2024.
- Firsov, G.A., and Byalt, V.V., Review of woody exotic species producing a self-sowing in Saint-Petersburg (Russia), *Russ. J. Biol. Invasions*, 2015, vol. 8, no. 4, pp. 129–152.
- Flora Leningradskoi oblasti (Flora of Leningrad Region), vol. 2, Shishkin, B.K., Eds., Leningrad: Izd. Len. Univ., 1957.
- Flora Leningradskoi oblasti (Flora of Leningrad Region), vol. 3, Shishkin, B.K., Eds., Leningrad: Izd. Len. Univ., 1961.
- Flora Leningradskoi oblasti (Flora of Leningrad Region), vol. 4, Shishkin, B.K., Eds., Leningrad: Izd. Len. Univ., 1965.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). <https://www.gbif.org/>. Accessed December 3, 2024.
- Geltman, D.V., Ponyatie "invazivnyi vid" i neobhodimost' izucheniya etogo yavleniya (The concept of "invasive species" and the need to study this phenomenon), Problemy izucheniya adventivnoi i sinantropnoi flory v regionakh SNG: materialy nauchnoi konferentsii (Problems of the study of adventive and synanthropic flora in the CIS regions: proceedings of the scientific conference), Tula, May 15–17, 2003, Novikov, V.S., and Scherbakov, A.V., Eds., Moscow: Bot. sad MGU, 2003, pp. 35–36.
- Glazkova, E.A., Invasive vascular plants in the island ecosystems of the Baltic Sea, Invasion of Alien Species in Holarctic. Borok-VI: sixth International Symposium, Borok – Uglich, October 11–15, 2021, Dgebuadze, Yu.Yu., Krylov, A.V., Perosyan, V.G., and Karabanov, D.P., Eds., Kazan: Buk, 2021, p. 78.
- Global'noe izmenenie klimata i Severo-Zapadnyi federal'nyi okrug. Na puti k adaptatsii (Global climate change and the Northwestern Federal District: On the path to adaptation), Climate Center of Roshydromet, St. Petersburg: Naukoemkie tekhnologii, 2021.
- Gusev, Y.D., Naturalization of some American plants in the basin of the Gulf of Finland, *Bot. Zhurn.*, 1964, vol. 49, no. 9, pp. 1262–1271.
- Hulme, P.E., Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization, *Journal of Applied Ecology*, 2009, vol. 46, pp. 10–18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>
- Illustrirovannyi opredelitel' rasteniy Leningradskoi oblasti (Illustrated manual of plants of Leningrad Region), Budantsev, A. L., and Yakovlev, G. P., Eds., Moscow: KMK, 2006.
- iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/>. Accessed December 3, 2024.
- Invazivnye rasteniya i zhivotnye Karelii (Invasive plants and animals of Karelia), Bakhmet, O.N., Eds., Petrozavodsk: PIN: Markov N.A., 2021.
- Kadastr flory Novgorodskoi oblasti (Cadastre of flora of Novgorod Region), Yurova, E.A., Krupkina, L.I., and Konechnaya, G.Yu., Eds., Velikii Novgorod: LEMA, 2009.
- Kirichenko, N., Haubrock, P.J., Cuthbert, R.N., Akulov, E., Karimova, E., Shneyder, Y., Liu, C., Angulo, E., Diagne, C., and Courchamp, F., Economic costs of biological invasions in terrestrial ecosystems in Russia, In: The economic costs of biological invasions around the world, Zenni, R.D., McDermott, S., Garcia-Berthou, E., and Essl, F., Eds., NeoBiota, 2021, vol. 67, pp. 103–130, <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.58529>
- Klimat Rossii (Climate of Russia), Kobysheva, N.V., Eds., St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2001.
- Kucherov, I.B., Invasions of bird-dispersed shrub species in specially protected natural reservations of Saint-Petersburg and Leningrad Region, *Tomsk State University Journal of Biology*, 2021, vol. 54, pp. 21–44, <https://doi.org/10.17223/19988591/54/2>
- Morozova, O.V., Starodubtseva, E.A., and Tsarevskaya, N.G., Advection flora of European Russia: Results of inventory making, *Izvestiya RAN, Ser. Geograficheskaya*, 2008, vol. 5, pp. 85–94.
- Moskalenko, G.P. Karantinnye sornye rasteniya Rossii (Quarantine weeds of Russia). Moscow: Rosgoskarantin, 2001.
- Nazarov, M.I. Adventivnaya flora srednei i severnoi chasti RSFSR za vremya voyny i revolyutsii (Adventive flora of the middle and northern part of the RSFSR during the war and the revolution), *Izv. Gl. Bot. Sada*, 1927, vol. 26, issue 3, pp. 223–234.
- Notov, A.A., Vinogradova, Yu.K., and Mayorov, S.R., On the problem of development and management of regional Black Books, *Russ. J. Biol. Invasions*, 2011, vol. 2, pp. 35–45. <https://doi.org/10.1134/S2075111711010061>
- Novoa, A., Moodley, D., Catford, J.A., Golivets, M., Bufford, J., Essl, F., Lenzner, B., Pattison, Z., and Pyšek, P., Global costs of plant invasions must not be underestimated, *NeoBiota*, 2021, vol. 69, pp. 75–78. <https://doi.org/10.3897/neobiota.69.74121>
- Obedkov, A.P., Regional'naya ekonomika sub'ektov Rossiiskoi Federatsii: Severo-Zapadnyi Federal'nyi okrug (Re-

- gional economics of constituent entities of the Russian Federation: Northwestern Federal District), Syktyvkar: SF SPbGUSE, 2009.
- Opredelitel' vysshikh rastenii Severo-Zapada Evropeiskoi chasti RSFSR (Manual of higher plants of the North-West of the European part of the RSFSR), Leningrad: Izd. Len. Univers., 1981.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., O'Connell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., and Tsomondo, T., Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, vol. 84, no. 1, pp. 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00178-X)
- Pismarkina, E.V., and Silaeva, T.B., Alien vascular plants of the Republic of Mordovia: modern composition and its changes over the past two decades (2000–2020), *Russ. J. Biol. Invasions*, 2022, vol. 15, issue 4, pp. 20–35. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-15-4-20-35>
- POWO (Plants of the World Online). <https://powo.science.kew.org/>. Accessed November 15, 2024.
- Pudovik, E.M., and Malganova, I.G., *Ekonomicheskaya i social'naya geografiya Rossii: uchebnoe posobie* (Economic and social geography of Russia: study guide), Kazan: Kazan. fed. univ., 2022.
- Pyšek, P., Pergl, J., Essl, F., Lenzner, B., Dawson, W., Kreft, H., Weigelt, P., Winter, M., Kartesz, J., Nishino, M., Antonova, L.A., Barcelona, J.F., Cabezas, F.J., Cárdenas, D., Cárdenas-Toro, J., Castaño, N., Chacón, E., Chatelain, C., Dullinger, S., Ebel, A.L., Figueiredo, E., Fuentes, N., Genovesi, P., Groom, Q.J., Henderson, L., Inderjit, Kupriyanov, A., Masciadri, S., Maurel, N., Meerman, J., Morozova, O., Moser, D., Nickrent, D., Nowak, P.M., Pagad, S., Patzelt, A., Peller, P.B., Schulze, M., Seebens, H., Shu, W., Thomas, J., Velayos, M., Weber, E., Wieringa, J.J., Baptiste, M.P., and van Kleunen, M., Naturalized and invasive flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion, *Preslia*, 2017, vol. 89, pp. 203–274. <https://doi.org/10.23855/preslia.2017.203>
- Pyšek, P., Richardson, D.M., Rejmánek, M., Webster, G.L., Williamson, M., and Kirschner, J., Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists, *Taxon*, 2004, vol. 53, no. 1, pp. 131–143.
- Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli (Regions of Russia: Socio-Economic Indicators), Egorenko, S.N., Eds., Moscow, 2022.
- Reshetnikova, N.M., Mayorov, S.R., and Krylov, A.V., *Chernaya kniga Kaluzhskoi oblasti: sosudistye rasteniya* (The Black Book of the Kaluga Region: vascular plants), Kaluga: Vash dom, 2019.
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., and West, C.J., Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions, *Divers. Distrib.*, 2000, vol. 6, pp. 93–107.
- Saidov, N.T., Konechnaya, G.Yu., and Leostin, A.V., Vascular flora of Tosnensky district (Leningrad Region, European Russia): composition, structure and dynamics, *Bot. Zhurn.*, 2023, vol. 108, no. 9, pp. 831–843. <https://doi.org/10.31857/S0006813623090077>
- Senator, S.A., and Vinogradova, Yu.K., Invasive Plants of Russia: Inventory Results, Distribution Features and Management Issues, *Uspehi sovremennoi biologii*, 2023, vol. 143, no. 4, pp. 393–402. <https://doi.org/10.31857/S0042132423040099>
- Shadrin, D., Dalke, I., Zakhoshy, I., Shilnikov, D., Kozhin, M., and Chadin, I., *Heracleum sosnowskyi* or *Heracleum mantegazzianum*? DNA-based identification of invasive hogweeds (Apiaceae) in two key regions of the species' invasion history in the territory of the former Soviet Union, (electronic document), *Research Square*, 2023, October 3, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3296382/v1>. Accessed December 9, 2024.
- Sobolevski, G.F., *Flora Petropolitana*, Petersburg: Collegii Imperialis Medici, 1799.
- Sokolova, I.G., The invasive plant species of Pskov Region, *Pskov Journal of Regional Studies*, 2012, vol. 14, pp. 97–102.
- Svyazeva, O.A., *Derev'ya, kustarniki i liany parka Botanicheskogo sada Botanicheskogo instituta imeni V. L. Komarova (K istorii vvedeniya v kul'turu)* (Trees, shrubs and lianas of the park of the Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute (On the history of introduction to culture)), St. Petersburg: Rostok, 2005.
- The most dangerous invasive species of Russia (TOP-100), Dgebuadze, Yu.Yu., Petrosyan, V.G., and Khlyap, L.A., Eds., Moscow: KMK, 2018.
- Tkachenko, K.G., *Invazionnye vidy Leningradskoi oblasti. Vred ili pol'za* (Invasive species of Leningrad Region. Harm or benefit), Nauka, priroda i obshchestvo: Materialy vserossiiskoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu II'menskogo gosudarstvennogo zapovednika, 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika P.L. Gorchakovskogo i 70-letiyu so dnya rozhdeniya mineraloga V.O. Polyakova (Science, nature and society: Materials of the All-Russian scientific conference dedicated to the 100th anniversary of the Ilmen State Reserve, the 100th anniversary of the birth of academician P.L. Gorchakovsky and the 70th anniversary of the birth of mineralogist V.O. Polyakov), Miass, May 10–14, 2020, Miass: SU FRC MG UB RAS, 2020, pp. 133–137.
- Tremasova, N.A., Borisova, M.A., and Borisova, E.A., *Invazionnye vidy rastenii Yaroslavskoi oblasti* (Invasive Plants of Yaroslavl Region), Yar. ped. vest., 2012, vol. 1, pp. 103–111.
- Tsinzerling, Y.D., *Geografiya rastitel'nogo pokrova Severo-Zapada evropeiskoi chasti SSSR* (Geography of the plant cover of the northwest of the European part of the USSR), vol. 4, Leningrad: Izd. Akademii Nauk SSSR, 1934.
- Tzvelev, N.N., *Manual of the vascular plants of north-west Russia* (Leningrad, Pskov and Novgorod provinces), St. Petersburg: Chem.-Pharm. Acad. Press, 2000.
- Tzvelev, N.N., *Naturalizatsiya adventivnykh i kul'tiviruemyykh vidov sosudistykh rastenii v Severo-Zapadnoi Rossii* (The naturalization of adventitious and cultivated vascular plant species in North-West Russia), Invasion of alien species in Holarctic, Borok, August 27–31, 2001, Pavlov, D.S., Eds., Borok: Inst. biol. vnutr. vod, 2003, pp. 125–132.

- van Kleunen, M., Essl, F., Pergl, J., Brundu, G., Carboni, M., Dullinger, S., Early, R., González-Moreno, P., Groom, Q.J., Hulme, P.E., Kueffer, C., Kühn, I., Máguas, C., Maurer, N., Novoa, A., Parepa, M., Pyšek, P., Seebens, H., Tanner, R., Touza, J., Verbrugge, L., Weber, E., Dawson, W., Kreft, H., Weigelt, P., Winter, M., Klöner, G., Talluto, L., and Dehnen-Schmutz, K., The changing role of ornamental horticulture in alien plant invasions, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, 2018, vol. 93, issue 3, pp. 1421–1437. <https://doi.org/10.1111/brev.12402>.
- Vermeer, M., and Rahmstorf, S., Global sea level linked to global temperature, *PNAS*, 2009, vol. 106, no. 51, pp. 21527–21532. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907765106>
- Vinogradova, Y.K., and Kuklina, A.G., *Resursnyi potentsial invazionnykh vidov rastenii: vozmozhnosti ispol'zovaniya chuzherodnykh vidov* (The resource potential of invasive plant species: the possibilities of using alien species), Moscow: GEOS, 2012.
- Vinogradova, Y.K., Mayorov, S.R., and Khorun, L.V., *Chernaya kniga flory Srednei Rossii* (The Black Book of the Flora of Middle Russia), Moscow: GEOS, 2010.
- Vinogradova, Y.K., Mayorov, S.R., and Notov, A.A., *Chernaya kniga flory Tverskoi oblasti: chuzherodnye vidy rastenii v ekosistemakh Tverskogo regiona* (The Black Book of Flora of Tver Region: alien plant species in the ecosystems of Tver Region). Moscow: KMK, 2011.
- Vinogradova, Y., Pergl, J., Essl, F., Hejda, M., van Kleunen, M., Regional contributors, and Pyšek, P., Invasive alien plants of Russia: insights from regional inventories, *Biol. Invasions*, 2018, vol. 20, issue 8, pp. 1931–1943. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1686-3>
- Vinogradova, Y.K., Tokhtar, V.K., Notov, A.A., Mayorov, S.R., and Danilova, E.S, *Plant Invasion Research in Russia: Basic Projects and Scientific Fields*, *Plants*, 2021, vol. 10, no. 1477, pp. 1–26. <https://doi.org/10.3390/plants10071477>
- Vserossiiskaya perepis' naseleniya 2010 (2010 Russian census). https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm. Accessed December 5, 2024.