

ISSN 1996–1499

**2024 №1**



РОССИЙСКИЙ  
ЖУРНАЛ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИНВАЗИЙ

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



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

## Содержание

Антонова И.С., Телевинова М.С., Лейба В.Д. ИНВАЗИВНОСТЬ <i>QUERCUS MYRSINIFOLIA</i> VLUME НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ АБХАЗИИ	2
Воробьёва Л.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Пятикопова О.В. ПИЩЕВОЙ СПЕКТР АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА <i>CHERAX QUADRICARINATUS</i> (VON MARTENS, 1868)(DECAPODA, PARASTACIDAE) В ПРУДАХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ	8
Гуськов Г.Е., Степанова Ю.В., Бухмин Д.А. СТРЕМИТЕЛЬНАЯ ЭКСПАНСИЯ СОЛНЕЧНОГО ОКУНЯ <i>LEPOMIS GIBBOSUS</i> (CENTRARCHIDAE) В ДЕЛЬТУ ДОНА В 2023 г.	23
Ермолаев И.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВЯЗИ АБОРИГЕННЫХ ДЕНДРОБИОНТНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ С ИНВАЗИОННЫМ ВИДОМ – ЛИПОВОЙ МОЛЬЮ-ПЕСТРЯНКОЙ <i>PHYLLONORYCTER ISSIKII</i> (КУМАТА, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE)	28
Кораблёв Н.П., Цветков И.Н., Кораблёв П.Н., Кораблёв М.П. ПЕРВАЯ НАХОДКА ШАКАЛА <i>CANIS AUREUS</i> В ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ – ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ	36
Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Астапенко С.А., Ефременко А.А., Косилов А.Ю., Кудрявцев П.П., Кузнецова Ю.Р., Пономарёв В.И., Потапкин А.Б., Тараскин Е.Г., Титова В.В., Шилоносоев А.О., Баранчиков Ю.Н. ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ВТОРИЧНОГО АРЕАЛА УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА ( <i>POLYGRAPHUS PROXIMUS</i> BLANDFORD) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	49
Оганесян А.А. ЭКСПАНСИЯ ПОЛИХЕТЫ <i>LAONOME XEPROVALA</i> VICK & BASTROP, IN VICK ET AL., 2018 В ВОДОЁМЫ ДОЛИНЫ РЕКИ МАНЫЧ	70
Охременко Ю.И., Гайдученко Е.С. АМЕРИКАНСКИЙ СОМИК <i>AMEIURUS NEBULOSUS</i> (SILURIFORMES: ICTALURIDAE) – НОВЫЙ ВИД В БАССЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН	76
Рубан Г.И., Коноплева И.В., Осипов Ф.А., Дергунова Н.Н., Чжан Х., Петросян В.Г. МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ОСЕТРА <i>ACIPENSER GUELDENSTAEDTII</i> BRANDT ET RATZEBURG (1833) В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА (1992–2011) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД	87
Федина Л.А., Мальшева С.К. НАХОДКИ И НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ЮГЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ	118
Федяева Л.А., Федяев Р.А. О НАХОЖДЕНИИ И РАСПРОСТРАНЕНИИ ВСЕЛЕНЦА <i>THERMOCYCLOPS TAIHOKUENSIS</i> (HARADA, 1931)(CRUSTACEA: CYCLOPOIDEA) В ПОЙМЕННЫХ ОЗЁРАХ ХОПЁРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ) В 2021–2022ГГ.	126
Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Камалетдинова А.А. ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ СЕГЕТАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА	133
Яблоков Н.О. НАХОДКИ ДЛИННОКРЫЛОЙ <i>COTTOSOMEPHORUS INERMIS</i> (YAKOVLEV, 1890) И ЖЕЛТОКРЫЛОЙ <i>C. GREWINGKII</i> (DYBOWSKI, 1874) ШИРОКОЛОБОК В НИЖНЕМ БЬЕФЕ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС	146
C. Chadli, R. Bouslamti, A. Ennabili DO WETLAND VASCULAR PLANTS INTRODUCED IN MOROCCO ALSO BECOME INVASIVE?	151
Aadil Hussain Maglooa, Farooz Ahmad Bhata, Syed Talia Mushtaq, Sabina Iqbal Darvea, Hilal Ahmad FIRST RECORD OF EXOTIC ALLIGATOR GAR, <i>ATRACTOSTEUS SPATULA</i> (ACTINOPTERYGII: LEPISOSTEIFORMES: LEPISOSTEIDAE), FROM DAL LAKE, KASHMIR, INDIA	155
Sazhnev A.S. <i>SILVANOPRUS ANGUSTICOLLIS</i> (REITTER, 1876) (COLEOPTERA: SILVANIDAE) – A NEW ALIEN SPECIES IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA	157

## ИНВАЗИВНОСТЬ *QUERCUS MYRSINIFOLIA* BLUME НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ АБХАЗИИ

© 2024 Антонова И.С.<sup>а,\*</sup>, Телевинова М.С.<sup>а,\*</sup>, Лейба В.Д.<sup>б,\*\*</sup>

<sup>а</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 199034, Россия

<sup>б</sup> Абхазская научно-исследовательская лесная опытная станция, Очамчира, 7100, Абхазия  
e-mail: \*ulmaceae@mail.ru, \*\*abnilos@rambler.ru

Поступила в редакцию 21.11.2023. После доработки 21.01.2024. Принята к публикации 15.02.2024

Рассматриваются особенности инвазивности вечнозелёного субтропического японо-китайского дуба *Q. myrsinifolia* в условиях интродукции на Черноморском побережье Абхазии. В последние 20 лет этот вид активно создаёт жизнеспособный подрост в условиях хорошо дренированных склонов, образуя моновидовые сообщества и выходя за пределы парковых насаждений. Обсуждаются особенности благоприятных условий для дальнейшей инвазии этого древесного растения.

**Ключевые слова:** *Quercus myrsinifolia* Blume, онтогенетическое состояние, проросток, дренаж почвы, инвазивность.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-02-07

### Введение

Введение в культуру перспективных инземных древесных растений зачастую приводит к их натурализации и бесконтрольному размножению, что в свою очередь может стать причиной вытеснения местных видов и сокращения биоразнообразия [Fernández-Galiano, 2009; Нотов и др., 2010; Hulme et al., 2018]. На Черноморском побережье Кавказа проблема биологических инвазий в настоящее время стоит особенно остро и во многом касается плачевных последствий инвазий фитофагов [Карпун и др., 2015; Солтани, 2015]. В силу длительности прегенеративных стадий онтогенеза, виды древесных растений, размножающиеся преимущественно семенным путём, во многих случаях имеют меньшую скорость инвазии, чем виды травянистых растений. Тем не менее, отслеживание инвазионных процессов на ранних стадиях, несомненно, является актуальной задачей [Виноградова и др., 2010]. В заброшенных садах и парках на фоне изменяющегося климата имеет смысл следить за возможностью натурализации и перехода чужеродных древесных видов в статус инвазионных. При этом особенно важно выявлять виды, которые наиболее чувствительны к новым климатическим тенденциям.

*Q. myrsinifolia* входит в группу лесообразующих пород субтропических вечнозелёных широколиственных лесов Китая, Японии, Кореи, Лаоса, Таиланда и Вьетнама, произрастает на высоте от 200 до 2500 м над уровнем моря и является представителем секции Cyclobalanopsis, одной из древнейших секций обширного рода *Quercus* L. Все представители данной секции произрастают в Восточной и Юго-Восточной Азии [Меницкий, 1984]. Это довольно быстро растущее вечнозелёное дерево высотой до 30 м с гладким прямым стволом и очень густой кроной правильной округлой формы успешно используется в парковом озеленении в субтропической зоне. По данным молекулярных филогенетических исследований последних лет [Denk et al., 2017; Li et al., 2019], внутри рода *Quercus* принято деление на подрод *Quercus* (секции Protobalanus, Virentes, Lobatae – дубы Нового Света; секции *Quercus*, Ponticae – группы Северного полушария) и подрод *Cerris* – дубы Старого Света (секции Cyclobalanopsis, Plex, Cerris). Секция Cyclobalanopsis в этом понимании включает около 90 видов тропической и субтропической Азии, в том числе южных Гималаев [Huang et al, 1999].

На Черноморском побережье в городе Сухум *Q. myrsinifolia* успешно интродуцирован

от 80 до 100 лет назад [Гуланян и др., 1989]. В последние 20 лет в местах интродукции обнаружены признаки экспансии этого вида, причины которой, вероятно, связаны с изменением общеклиматических характеристик в сторону потепления. В настоящее время на территории Республики Абхазия в районе Черноморского побережья, на расстоянии 1.5–2 км от береговой линии нами обнаружены растительные сообщества, в которых в напочвенном покрове отчётливо доминируют проростки *Q. myrsinifolia*, а также присутствуют многочисленные разновозрастные особи подростка.

Целью настоящей работы является оценка особенностей *Quercus myrsinifolia* Blume, связанных с современными инвазионными тенденциями данного вида.

Задачами исследования являются: 1) количественный и возрастной анализ особей *Q. myrsinifolia*, возникших в ходе естественного возобновления; 2) сравнение особенностей местообитаний с обильным возобновлением и без такового.

### Материал и методы

Сбор материала производился в искусственных посадках на территории Абхазской научно-исследовательской лесной опытной станции (далее – АБНИЛОС); в роще парка имени Николая Николаевича Смецкого, Дендропарка Государственного научного учреждения «Ботанический институт Академии наук Абхазии» (далее – парк им. Н.Н. Смецкого); на территории старого, в настоящее время заброшенного, парка г. Сухума «гора Баграта»; а также в Сухумском ботаническом саду Государственного научного учреждения «Ботанический институт Академии наук Абхазии» (далее – Бот. сад). Кроме этого, исследовались парковые насаждения города Сухум на предмет обнаружения возобновляющихся особей *Q. myrsinifolia*.

Возрастное состояние определялось по методике, разработанной А.А. Чистяковой с соавторами [Чистякова и др., 1989], адаптированной нами для *Q. myrsinifolia*, как вечнозелёного листового растения. Выделялись следующие онтогенетические состояния: проросток (р) – несёт 3–4 чешуевидных листа и два сильно сближенных зелёных; юве-

нильное (j) – не ветвится, имеет несколько (до четырёх) коротких приростов с листьями; имматурное (imm) – слабо ветвится в верхней части, боковые оси короткоживущие; виргинильное (virg) – ветвится, имеет цилиндрическую вытянутую крону на основе нескольких ярусов ветвей второго порядка. Такие ветви ежегодно образуются из сближенных почек в верхней части побега ствола, называемых вечночными. Раннее генеративное онтогенетическое состояние (g1) – дерево выходит в верхние ярусы сообщества, его крона расширяется в верхней части, начинается плодоношение; среднее генеративное (g2) – обильное плодоношение, крона сформирована, широкая, имеет округлую форму, внутренняя часть кроны свободна от листьев; позднее генеративное (g3) – интенсивность плодоношения снижается, внутреннее пространство кроны разреживается, группы побегов, несущих листья, отчётливо отделены друг от друга. Особи, находящиеся в сенильном онтогенетическом состоянии, обнаружены не были.

Учёт проростков проводился на пробных площадках размером 1 м<sup>2</sup>. В каждом местообитании таких площадок было 5–8, далее вычислялось среднее значение. Общее количество исследованных проростков и ювенильных особей *Q. myrsinifolia* составило порядка 8000, генеративных особей – 123, виргинильных и имматурных – порядка 3000 особей. Подсчёты растений на единицу площади проводились в июле – октябре в 2016, 2018 и 2023 гг., наблюдения за сообществами проводятся к настоящему времени в течение тридцати лет. Исследованы три крупных насаждения *Q. myrsinifolia* и более двадцати одиночных.

### Результаты

Выявлена разница в количестве особей семенного возобновления под одиночно стоящими особями и в групповых посадках *Q. myrsinifolia*. В скверах и уличных посадках города Сухум под кронами одиночных средневозрастных растений (g1–g2) встречаются от 10 до 50 проростков, развитие которых останавливается кошением. Наиболее тревожные результаты обнаруживает обследование возобновления *Q. myrsinifolia* в групповых по-

садках. В двух местообитаниях, а именно на территории парка им. Н.Н. Смецкого и парка на горе Баграта, где число изначально посаженных взрослых особей составляло от 8 до 12 штук, обнаружены участки с плотностью проростков до 1060 на 1 м<sup>2</sup> и с количеством ювенильных и имматурных особей возрастом от 5 до 15 лет от 20 до 32 на 1 м<sup>2</sup> (рис. 1А). Плотность популяции составила от 580 до 1164 особей/м<sup>2</sup> (рис. 1В). По устным сообщениям сотрудников Сухумского Ботанического сада АН Абхазии, на куртинах с генеративными особями *Q. myrsinifolia* массовое развитие подроста останавливает только регулярное кошение.

Местообитания, где происходит массовое развитие *Q. myrsinifolia* имеют вполне конкретные экологические особенности. Это склоны крутизной от 3 до 12 градусов, характеризующиеся хорошим дренажным стоком. Экспозиция склонов для одного местообитания (парк им. Н.Н. Смецкого) Восток-Юго-Восток, для другого (гора Баграта) – Запад-Юго-Запад.

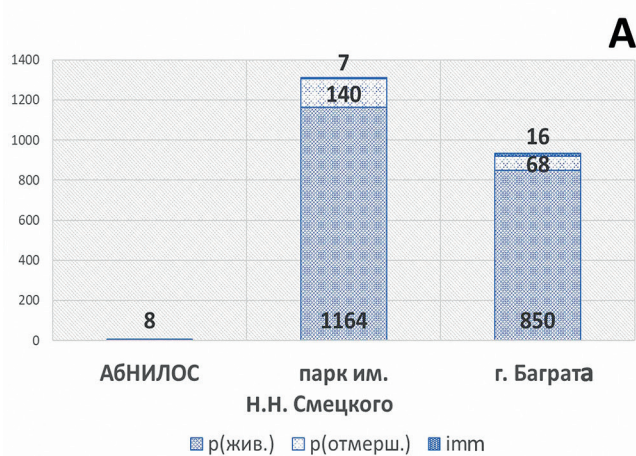
В сообществах, где массово произрастают проростки, листовая подстилка представлена исключительно опадом материнских растений. Количество света, проникающего под кроны, здесь существенно больше, чем на равнинных участках, несмотря на то что кроны образуют достаточно густой невысоко расположенный полог. Позиции травянистых растений на таких участках подорваны

недостатком света, при этом местные лианы, например виды родов *Smilax* и *Hedera*, также представлены единичными слабо развитыми особями.

В краевых участках насаждений парка на горе Баграта количество успешного подроста отчётливо возрастает, и высота его составляет 2.5–3.5 м (рис. 2А). Подрост образует сплошные заросли с проективным покрытием, приближающимся к 100%. Тенденция к расширению территории, захватываемой подростом, заметно увеличивается, выходя на несколько метров (до 5–8) за проекцию кроны. В той части парка им. Н.Н. Смецкого, где происходит регулярное кошение, присутствуют только проростки (рис. 2В).

На равнинном участке лесной опытной станции АБНИЛОС также было исследовано возобновление *Q. myrsinifolia* под пологом генеративных особей (g2). Здесь в начале 1960-х гг. было высажено около 100 особей *Q. myrsinifolia* (рис. 3). Растения давно вступили в фазу плодоношения, дают жизнеспособные семена, прорастающие под кронами материнских растений, однако такие проростки единичны и существуют 2–3 года. Нельзя сказать, связано ли это с меньшим плодоношением или с воздействием повреждающих факторов (прогонный выпас сельскохозяйственных животных, повреждение грибными инфекциями).

На периферии посадки активного развития подроста и бóльшего количества пророст-



**Рис. 1.** Проростки *Q. myrsinifolia*: **А** – плотность живых (p(жив.)) и отмерших (p(отмерш.)) проростков для трёх местообитаний; **В** – напочвенный покров из проростков *Q. myrsinifolia* под пологом насаждения в парке им. Н.Н. Смецкого.



**Рис. 2.** *Q. myrsinifolia* на горе Баграта и в парке им. Н.Н. Сметцкого: **А** – разновозрастный подрост *Q. myrsinifolia* краевого участка насаждений на участке горы Баграта; **В** – напочвенный покров из проростков *Q. myrsinifolia* на регулярно выкашиваемом участке в парке им. Н.Н. Сметцкого.

ков не обнаруживается. Почвенный разрез и прикопки на территории насаждения показали высокую плотность сложения горизонтов, а также образующийся местами застой влаги в виде линзовидных глеевых отложений. Насаждение имеет выраженную тенденцию к увеличению диаметров стволов деревьев в периферической части, выходящей к дренажной канаве.

### Обсуждение

Как показывает анализ литературы, *Q. myrsinifolia* способен внедряться в новые местообитания даже на северной границе

своего ареала. Так в работе Томита и Канно [Tomita, Kanno, 2019] представлены факты заселения территорий с нарушенным после землетрясения растительным покровом в Японии. *Q. myrsinifolia* успешно проникает и удерживается под пологом одиночных сосен и разреженных сосняков в нарушенных местообитаниях даже там, где по показателям географической широты для этого вида слишком холодно [Tomita, Kanno, 2019].

Исследование прорастания желудей *Q. myrsinifolia* при создании питомников посадочного материала для городского озелене-



**Рис. 3.** Насаждение *Q. myrsinifolia* в АбНИЛОС.

ния в Корее показало, что наиболее успешно проростки развиваются при добавлении в садовую землю значительного количества пессака, что улучшает состояние как подземной, так и надземной части растения [Choi et al., 2022]. Подобный результат отражает необходимость хорошего аэрационного режима почвы для успешного развития *Q. myrsinifolia* на ранних стадиях жизненного цикла. Отношение проростков к воде исследовалось авторами в течение трёх лет и показало, что полив однолетних проростков с семидневным интервалом приводит к лучшим результатам, чем более частый полив, так как при таких условиях нормализуется аэрация корневой системы. Трёхлетние саженцы лучше растут при трёхдневном интервале полива, что свидетельствует, по-видимому, о большей требовательности трёхлетних особей к обеспечению влагой, так как они транспирируют большей листовой поверхностью.

Инвазионный статус вида, его способность внедряться в естественные растительные сообщества и наносить экономический или экологический ущерб определяется двумя параметрами: инвазивностью (инвазионной активностью), то есть способностью к инвазии самого вида (*species invasiveness*), и уязвимостью фитоценоза, то есть возможностью растительного сообщества «впустить» этот вид в сообщество (*community invasibility*) [Richardson, Pyšek, 2006].

Из этих работ можно заключить, что хорошо дренированные влажные почвы способствуют успешному прорастанию желудей *Q. myrsinifolia*, а плотные и влажные почвы тормозят развитие проростков, что вполне согласуется с нашими наблюдениями. На территории АбНИЛОС мы имеем плотные и влажные почвы, а на склонах в парке им. Н.Н. Смецкого и на горе Баграта дренированный и влажный субстрат способствует интенсивному развитию проростков, ювенильных и виргинильных особей.

### Выводы

На фоне наблюдающегося потепления климата *Q. myrsinifolia* в определённых местообитаниях, а именно на влажных аэрированных склонах нижнего горного пояса

Черноморского побережья Абхазии, способен становиться проблемным инвазионным видом, полностью вытесняя аборигенную флору. В настоящее время в процессе преднамеренной интродукции на фоне потепления климата *Q. myrsinifolia* довольно быстро натурализуется и, по существу, уже становится инвазионным видом.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность профессору, вице-президенту Академии наук Абхазии, заведующему отделом интродукции растений Института ботаники АНА, заведующему кафедрой «Лесное хозяйство и ботаника» Абхазского госуниверситета (АГУ) д.б.н. Бебия Сергею Михайловичу, а также сотрудникам кафедры «Лесное хозяйство и ботаника» АГУ к.б.н. Гулянян Татьяне Александровне, к.б.н. Джакония Елене Феликсовне, к.б.н. Кирия Индире Валерьевне за консультации и помощь.

### Финансирование работы

Анализ данных и подготовка рукописи выполнены за счёт собственных средств авторов.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### Соблюдение этических стандартов

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

### Литература

- 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.
- Гулянян Т.А., Григолая Д.И., Лукава Н.А., Заславская И.С. Интродуцированные дубы Сухумского субтропического дендропарка // Интродукция и акклиматизация субтропических растений в Абхазии / Под ред. Т.А. Гулянян и др. Сухуми: Наука, 1989. Т. 33. С. 24–48.
- Карпун Н.Н., Игнатова Е.А., Журавлёва Е.Н. Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края

- // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. № 211. С. 189–203.
- Меницкий Ю.Л. Дубы Азии. Л.: Наука, 1984. 316 с.
- Нотов А.А., Виноградова Ю.К., Майоров С.Р. О проблеме разработки и ведения региональных Чёрных книг // Российский журнал биологических инвазий. 2010. Т. 3. № 4. С. 54–68.
- Солтани Г.А. Проблема биологических инвазий при сохранении редких и исчезающих видов растений // Охрана природной среды и эколого-биологическое образование. 2015. С. 262–265.
- Чистякова А.А., Заугольнова Л.Б., Полтинкина И.В. и др. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений. Деревья и кустарники. М.: Прометей, 1989. 102 с.
- Choi E.J., Yong S.H., Park D.J., Park K.B., Kim D.H., Jin E.J., Choi M.S. Germination and Growth Characteristics of *Quercus myrsinifolia* Blume Seedlings According to Seed Coat Removal, Type of Potting Soil and Irrigation Cycle // Forests. 2022. T. 13. No. 6. C. 938.
- Denk T., Grimm G.W., Manos P.S., Deng M., Hipp A.L. An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns // Oaks Physiol. Ecol. Explor. Funct. Divers. genus *Quercus* L. 2017. C. 13–38.
- Fernández-Galiano E. The Council of Europe: DAISIE Is a Much-Needed Initiative. Preface to DAISIE, Handbook of Alien Species in Europe, pp. ix–x // 2009.
- Huang C C., Chang Y.T., Bartholomew B. Fagaceae. Flora of China 4. Cycadaceae through Fagaceae. Science Press and Missouri Botanical Garden Press, Beijing, St. Louis, 1999. P. 314–400.
- Hulme P.E., Brundu G., Carboni M., Dehnen-Schmutz K., Dullinger S., Early R., Essl F., González-Moreno P., Groom Q.J., Kueffer C., Kühn I., Maurel N., Novoa A., Pergl J., Pyšek P., Seebens H., Tanner R., Touza J.M., van Kleunen M., Verbrugge L.N.H. Integrating invasive species policies across ornamental horticulture supply chains to prevent plant invasions // J. Appl. Ecol. 2018. T. 55. No. 1. C. 92–98.
- Li Y., Wang L., Fang Y. The complete chloroplast genome sequence of *Quercus myrsinifolia* (Fagaceae) // Mitochondrial DNA Part B. 2019. T. 4. No. 2. C. 3139–3140.
- Richardson D.M., Pyšek P. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility // Prog. Phys. Geogr. 2006. T. 30. No. 3. C. 409–431.
- Tomita M., Kanno H. Regional landscape-scale comparison of species composition and recruitment in remnant tree patches 3 years after the 2011 Great East Japan Earthquake and tsunami // Landsc. Ecol. Eng. 2019. T. 15. No. 2. C. 185–197.

## INVASIVE ACTIVITY OF *QUERCUS MYRSINIFOLIA* BLUME ON THE BLACK SEA COAST OF ABKHAZIA

© 2024 Antonova I.S.<sup>a, \*</sup>, Televinova M.S.<sup>a, \*</sup>, Leiba V.D.<sup>b, \*\*</sup>

<sup>a</sup> St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, 199034, Russia

<sup>b</sup> Abkhazian Research Forest Experimental Station, Ochamchira, 7100, Republic of Abkhazia

e-mail: \*ulmaceae@mail.ru, \*\*abnilos@rambler.ru

The features of the invasive activity of the evergreen subtropical Japanese-Chinese oak *Q. myrsinifolia* under conditions of introduction on the Black Sea coast of Abkhazia are considered. In the recent 20 years, this species has been actively creating viable undergrowth in conditions of well-drained slopes, forming monospecific communities and expanding beyond the boundaries of parklands. The features of favorable conditions for further invasion of this woody plant are discussed.

**Key words:** *Quercus myrsinifolia* Blume, ontogenetic state, seedling, soil drainage, invasive activity.



# ПИЩЕВОЙ СПЕКТР АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON MARTENS, 1868) (DECAPODA, PARASTACIDAE) В ПРУДАХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2024 Воробьева Л.В.<sup>a,\*</sup>, Борисов Р.Р.<sup>a</sup>, Ковачева Н.П.<sup>a</sup>, Пятикопова О.В.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, 105187, Россия

<sup>b</sup> Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИИРХ»), Астрахань, 414056, Россия  
e-mail: \*vorobjeva.lada@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.09.2023. После доработки 23.12.2023. Принята к публикации 02.02.2024

Впервые приведены данные по питанию австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* в водоёмах на территории России. Исследования выполнены в ходе культивирования раков в трёх прудах НЭКА «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» в Астраханской области в 2022 г. В пищевом спектре рака *C. quadricarinatus* преобладали растительные остатки и детрит (преимущественно гниющие части тростника), они отмечены во всех желудках с пищей, а их доля в виртуальном (усреднённом) пищевом комке составила в среднем 82.4%. Доля животного компонента в виртуальном пищевом комке в среднем составила 12.8%, и была представлена преимущественно макробентосом. Планктонные ракообразные не составляли значимой доли в виртуальном пищевом комке. Всего в желудках обнаружено 20 таксонов беспозвоночных. Среди бентосных видов преобладали личинки стрекоз, хирономид и жуков. Выполнена предварительная оценка возможного влияния рака *Cherax quadricarinatus* на экосистемы при проникновении его в естественные водоёмы Юга России.

**Ключевые слова:** австралийский красноклешневый рак, *Cherax quadricarinatus*, питание, пищевой спектр, трофические характеристики.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-08-22

## Введение

Рост населения планеты, активное функционирование международных транспортных сетей, развитие аквакультуры приводит к массовым перемещениям биологических видов за пределы их естественных ареалов [McKinney, Lockwood 1999; Seebens et al., 2020]. Инвазивные чужеродные виды могут нарушать функционирование местных экосистем и конкурировать с аборигенными видами или вытеснять их, что приводит к глобальной гомогенизации биоты [Lockwood et al., 2007]. Речные раки – одни из самых крупных беспозвоночных, обитающих в пресноводных водоёмах. Они влияют на пресноводные сообщества на разных трофических уровнях, изменяют физические характеристики среды обитания и считаются ключевыми видами в пресноводных сообществах [Momot, 1995; Nyström, 2002; Reynolds et al., 2013]. В Запад-

ной Европе только четыре-пять видов раков являются аборигенными, в то время как за последние 130 лет вследствие перемещения раков, используемых в аквакультуре и аквариумистике, отмечено появление 10 чужеродных видов [Souty-Grosset et al., 2006; Holdich et al., 2009; Chucholl, Pfeiffer, 2010]. Одним из таких видов является австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), его появление отмечено в нескольких водоёмах Южной и Центральной Европы [Jaklič, Vrezec, 2011; Weiperth et al., 2019; Arias, Torralba-Burrial, 2021; Bláha et al., 2022]. Ряд биологических и коммерческих свойств делают его отличным видом для аквакультуры, которая быстро развивается в тропических регионах мира и некоторых регионах с умеренным климатом. Аквакультура этого вида в основном ведётся в прудовых системах [Lawrence, Jones, 2002; Saoud et al.,

2013; Jutagate et al., 2023]. Для южных регионов Российской Федерации в последнее время этот вид также рассматривается в качестве нового и перспективного объекта индустриальной аквакультуры [Хорошко, Крючков, 2010; Жигин и др., 2017; Шокашева, 2018; Лагуткина и др., 2019; 2020]. Распространённой практикой является содержание маточного стада и получение молоди в установках замкнутого водоснабжения и выпуск подрощенной молоди в пруды в начале лета для дальнейшего выращивания. Количество водоёмов и регионов в мире, в которых ведётся выращивание этого вида, постоянно увеличивается. На сегодняшний день рак *C. quadricarinatus* отмечен в 67 странах/территориях, а его устойчивые популяции выявлены в естественных водоёмах 22 стран на всех континентах, кроме Антарктиды [Haubrock et al., 2021; Sallehuddin et al., 2021]. Задokumentированные популяции за пределами нативного ареала существуют в тропических или субтропических климатических зонах [Bergh et al., 2016]. Таким образом, *C. quadricarinatus* считается инвазивным чужеродным видом. Смоделированный потенциальный ареал рака, основанный на климатических предпочтениях, не включает Европу [Larson, Olden, 2012]. Тем не менее, раки были зафиксированы в дикой природе в Германии, Нидерландах и Англии, хотя, по всей вероятности, это особи, выпущенные из аквариумов и не образующие устойчивых популяций [Holdich et al., 2009; Bergh et al., 2016]. Устойчивая популяция отмечена в Словении, однако водоём не является типичным для Европы – это старичное озеро с термальными источниками [Jaklič, Vrezec, 2011]. Несколько особей *C. quadricarinatus* так же были обнаружены в термальных водоёмах Венгрии [Weiperth et al., 2019; Bláha et al., 2022]. Присутствие рака фиксировалось несколько лет подряд в одной из рек Испании, при этом существование самовоспроизводящейся популяции не было подтверждено, так как не было встречено самок с икрой [Arias, Torralba-Burrial, 2021]. Будучи тропическим видом, *C. quadricarinatus* хорошо чувствует себя при высоких температурах, но не выдерживает длительного пребывания при температуре ниже 10 °C [King, 1994; Semple et al.,

1995], поэтому вероятность успешной зимовки рака в условиях естественных водоёмов даже в южных регионах России низка. Таким образом, появление в России устойчивых популяций *C. quadricarinatus*, существующих более года, маловероятно. Однако при высокой плотности даже временное присутствие проникших из аквакультуры раков в природных водоёмах может оказывать влияние на биоценозы. В условиях развивающейся аквакультуры исследование механизмов адаптации вида, оценка его влияния на экосистемы водоёмов и потенциальных рисков для местных сообществ являются актуальными задачами. Понимание экологии питания может иметь большое значение для оценки опасности, которую представляют виды-вселенцы для местной биоты и экосистем [Chucholl, 2012]. Как правило, рака *C. quadricarinatus* рассматривают в качестве эврифага, питающегося преимущественно детритом, а также макрофитами и макробеспозвоночными [Jones, 1990; Хофштэттер, 2008; Haubrock et al., 2021]. Имеется обширная литература по кормлению *C. quadricarinatus* в аквакультуре [Saoud et al., 2012; Chaoshu et al., 2014; Rigg et al., 2020], но работы по изучению его питания в естественной среде немногочисленны. На данный момент имеются исследования, выполненные в прудовой аквакультуре Австралии [Joyce, Pirozzi, 2015] и после его вселения в некоторые водоёмы Африки [Marufu et al., 2018; Zengeya et al., 2022], а данные для других регионов, в том числе Европы, отсутствуют. Результаты, полученные в этих исследованиях, указывают на то, что растительная пища и детрит доминируют в рационе взрослых особей рака *C. quadricarinatus*, но проведённые исследования не позволяют в полной мере оценить избирательность питания вида, поскольку не содержат данных о видовом составе сообществ исследуемых водоёмов. Сопоставление таксономического состава потребляемых раком пищевых объектов с данными о видовом разнообразии и количественных характеристиках сообщества водоёма позволяет более полно оценить влияние, оказываемое видом на биоценоз. Цели работы – исследовать спектр питания *C. quadricarinatus* в условиях рыбоводных

прудов Астраханской обл., оценить влияние рака на биоценоз водоёма.

### Материалы и методы

В 2022 г. на базе Научно-экспериментального комплекса аквакультуры «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») (46.068815° с. ш., 47.725760° в. д.) проведены экспериментальные работы по культивированию раков *C. quadricarinatus* в прудах. Использовали три пруда, располагавшихся в непосредственной близости друг от друга, площадью 0.1 га каждый, вытянутой формы, с отношением длины к ширине 4:1. Наполнение и питание водой прудов осуществлялось из общего водоподающего канала через рыбосороуловитель (для исключения попадания сорной рыбы). Уровень воды в прудах 1 и 2 составлял 1.3–2.0 м, а в пруду 3 был на 0.4 м ниже. Перед заливом прудов проводилось выкашивание растительности.

Выпуск молоди раков в пруды осуществляли в три этапа. В пруд 1 16 июня выпущено 1000 экз. молоди средней массой 0.1 г. В пруд 2 6 июля выпущено 650 экз. молоди средней массой 0.035 г и 850 экз. средней массой 0.17 г. В пруд 3 21 июля выпущено 500 экз. молоди средней массой 5.1 г. Выращивание раков проводили за счёт естественной кормовой базы, дополнительный корм в пруды не вносили.

При вылове раков 21–22 сентября из прудов была спущена вода. Для исследования желудков отбирали первых отловленных после спуска воды раков. Их упаковывали индивидуально и сразу помещали в морозильную камеру при температуре –20 °С. Перед исследованием желудков раков размораживали при комнатной температуре. Выбранный подход позволил сохранить естественную окраску пищевых объектов и избежать процесса коагуляции пищеварительных ферментов, которая возникает, например, при использовании спирта в качестве фиксатора. Раки из пруда 1 отловлены в 18 часов, а из прудов 2 и 3 в 8–9 часов утра. У всех выловленных особей измерены длина (от конца рострума до конца тельсона) и масса тела, определён пол.

Исследование содержимого желудков проводили в лаборатории отдела аквакультуры

беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО» в Москве. При исследовании содержимого желудков мы придерживались методики Р.Н. Буруковско-го [2022]. После измерений и взвешивания рака, из головогрудного отдела извлекали желудок и сразу анализировали его содержимое. Желудок переносили в чашку Петри и вскрывали. Наполненность желудка оценивали в пределах 0–100%. Следует отметить, что пища в желудках раков сильно измельчена, так как подвергается механическому воздействию сначала ротовых конечностей, а затем, уже непосредственно в желудке, зубцов так называемой «желудочной мельницы». Анализ содержимого желудков проводили с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ18. Пищевые компоненты разделяли на следующие группы: остатки животного происхождения, растительного происхождения и мелкие фрагменты, для идентификации которых требовалось более сильное увеличение. Остатки животного происхождения идентифицировали до самого низкого возможного таксономического уровня. Затем определяли долю каждого компонента или группы компонентов в случае мелкой фракции. Для этого содержимое желудка фотографировали в чашке Петри фотоаппаратом Sigma DP3m, установленным на штативе, затем в программе Photoshop CS6 определяли площадь кадра, занимаемого каждым компонентом или группой компонентов. Для анализа мелких фрагментов использовали микроскоп Nikon E200, в составе мелкой фракции также определяли примерное соотношение растительных и животных компонентов. По данным, полученным при анализе состава пищи желудков с наполнением более трети (33%), рассчитывали, какую долю в среднем составлял каждый компонент питания. В результате этого получали реконструированный усреднённый (виртуальный) пищевой комок. Под названием «пищевые компоненты» мы подразумеваем все встреченные в желудках остатки, в отличие от «пищевых объектов», которые предположительно используются раком в качестве пищи. Исследованы желудки 26 раков из пруда 1, 21 рака из пруда 2 и 25 раков из пруда 3.

При наличии гастролитов в желудках раков отмечали их положение (на стенке желудка или

в желудке) и измеряли массу. Формирование гастролитов на внутренней части стенки желудка у раков является способом депонирования кальция, выведение которого происходит из кутикулы перед линькой. Наличие гастролитов на стенке желудка свидетельствует о подготовке особи к линьке, а нахождение внутри желудка – о недавно прошедшей линьке, и чем крупнее гастролиты, тем ближе линька.

Для изучения кормовой базы в прудах на пяти станциях (у водоподающей трубы на правом и на левом берегу, в средней части пруда, на правом и левом берегу у водоспуска, 5–7 июля и 19–20 сентября отобрали пробы зоопланктона и макрозообентоса. Отбор и обработку проб проводили по стандартным гидробиологическим методикам [Руководство..., 1992]. Макрозообентос отбирали скребком на глубине 1–1.5 м, площадь захвата составляла 0.04 м<sup>2</sup>. Пробы отмывали от ила через сито с размерами ячеек 0.25 мм. Зоопланктон – путём процеживания 50 л воды, взятой 10-литровым ведром, через сеть Апштейна (размер ячеек 50 мкм). Идентификацию беспозвоночных проводили по Определителям зоопланктона и зообентоса... [2010, 2016] и Определителям пресноводных беспозвоночных... [1997, 1999, 2001].

Статистическую обработку результатов выполнили в программе Statistica 12.0. Для расчёта достоверности различий выборок использовали U-критерий Манна – Уитни. Статистически значимыми различия считались при значении p менее 0.05.

## Результаты исследования

В процессе культивирования раков температура воды в прудах в среднем составляла 23–24 °С. Максимально вода в прудах прогрелась до 27–28 °С в июле – августе. В прудах массовое развитие получили нитчатые зелёные водоросли (*Hydrodictyon reticulatum* и *Cladophora* sp.). Скопления водорослей занимали 20–30% площади прудов. В прудах 1 и 2 в сентябре скопления располагались преимущественно на поверхности воды, тогда как в пруду 3 значительная их часть находилась на дне. После спуска воды на дне всех прудов отмечены детритизированные остатки тростника, скошенного весной. Среди высшей водной растительности преобладали тростник и рдесты. Площадь, занимаемая высшей водной растительностью, составляла 10–20%.

В общей сложности в планктоне выявлены 18 таксонов ракообразных, из них 15 в сентябре. Основная численность и биомасса приходилась на представителей Cladocera (табл. 1). Наиболее массовыми видами осенью были *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1761), *Daphnia longispina* O.F. Müller, 1776, *Ceriodaphnia* sp. Dana, 1853.

В бентосных пробах всего отмечены 69 таксонов беспозвоночных, из них в сентябре встречены 40. Суммарная биомасса макрозообентоса в пруду 1 уменьшилась с 19.3 до 10.0 г/м<sup>2</sup>, а в прудах 2 и 3 напротив увеличилась с 5.5 и 5.4 до 14.4 и 24.2 г/м<sup>2</sup>, соответственно

**Таблица 1.** Численность и биомасса планктонных беспозвоночных в прудах

Таксон	Пруды					
	1	2	3	1	2	3
	Численность, тыс. экз./м <sup>3</sup>			Биомасса, г/м <sup>3</sup>		
Подкласс Copepoda	<u>1.0</u> 1.8	<u>4.8</u> 0.3	<u>0.3</u> 1.4	<u>0.020</u> 0.115	<u>0.096</u> 0.007	<u>0.006</u> 0.044
Надотряд Cladocera	<u>74.3</u> 35.1	<u>29.3</u> 38.8	<u>61.0</u> 28.2	<u>1.850</u> 0.750	<u>0.422</u> 1.062	<u>1.448</u> 0.463
Класс Ostracoda	= 1,2	<u>0.5</u> 0.03	<u>1.0</u> 1.4	= 0.035	<u>0.014</u> 0.001	<u>0.029</u> 0.042
Класс Insecta, Отряд Diptera	<u>0.1</u> 0.7	<u>0.5</u> 0.1	<u>0.02</u> 0.1	<u>0.012</u> 0.140	<u>0.092</u> 0.015	<u>0.004</u> 0.024
Всего	<u>75.4</u> 38.8	<u>35.0</u> 39.2	<u>62.4</u> 31.2	<u>1.886</u> 1.040	<u>0.624</u> 1.085	<u>1.487</u> 0.572

*Примечание.* Над чертой – среднее значение в июле, под чертой – в сентябре.

**Таблица 2.** Численность и биомасса макрозообентоса в прудах в июле и в сентябре (непосредственно перед спуском)

Таксон	Пруды					
	1	2	3	1	2	3
	Численность, экз./м <sup>2</sup>			Биомасса, г/м <sup>2</sup>		
Тип Annelida, Класс Oligochaeta	<u>210</u> 50	<u>10</u> 130	<u>250</u> 140	<u>0.04</u> 0.03	<u>0.20</u> 0.61	<u>0.86</u> 0.18
Подкласс Hirudinea	<u>100</u> –	<u>5</u> 5	<u>5</u> –	<u>0.24</u> –	<u>0.16</u> 0.24	<u>0.00</u> –
Тип Mollusca, Класс Gastropoda	<u>2153</u> 10	<u>150</u> 0	<u>45</u> 50	<u>13.85</u> 0.08	<u>1.078</u> 0.00	<u>0.37</u> 0.16
Тип Arthropoda, Подтип Crustacea						
Отряд Isopoda	<u>20</u> 10	<u>25</u> 20	<u>=</u> 10	<u>0.14</u> 0.02	<u>0.11</u> 0.05	<u>=</u> 0.001
Класс Ostracoda	<u>48</u> –	<u>20</u> –	<u>830</u> 5	<u>0.23</u> –	<u>0.02</u> –	<u>1.89</u> 0.01
Класс Insecta						
Отряд Hemiptera	<u>190</u> 15	<u>120</u> 60	<u>140</u> 5	<u>1.08</u> 0.16	<u>0.43</u> 1.04	<u>0.63</u> 0.04
Отряд Coleoptera (imago)	<u>=</u> 5	<u>15</u> 20	<u>10</u> 20	<u>=</u> 0.01	<u>0.04</u> 0.06	<u>0.07</u> 0.004
Отряд Coleoptera (larvae)	<u>168</u> 20	<u>260</u> 5	<u>70</u> 130	<u>0.54</u> 0.02	<u>0.52</u> 0.002	<u>0.45</u> 0.15
Отряд Diptera, кроме Chironomidae	<u>12.5</u> 160	<u>5</u> –	<u>10</u> 130	<u>0.06</u> 0.04	<u>0.14</u> –	<u>0.003</u> 0,03
Отряд Diptera, сем. Chironomidae	<u>765</u> 385	<u>45</u> 1010	<u>905</u> 37355	<u>0.22</u> 0.24	<u>0.01</u> 6.69	<u>0.39</u> 15.73
Отряд Ephemeroptera	<u>375</u> 125	<u>435</u> 55	<u>235</u> 745	<u>0.96</u> 0.04	<u>2.61</u> 0.01	<u>0.76</u> 0.33
Отряд Odonata	<u>38</u> 150	<u>30</u> 95	<u>5</u> 495	<u>1.92</u> 9.39	<u>0.15</u> 5.71	<u>0.01</u> 7.60
Отряд Trichoptera	<u>=</u> 25	<u>15</u> 40	<u>=</u> 85	<u>=</u> 0.06	<u>0.01</u> 0.06	<u>=</u> 0.07
Всего	<u>4078</u> 955	<u>1135</u> 1440	<u>2505</u> 39170	<u>19.27</u> 10.04	<u>5.48</u> 14.47	<u>5.43</u> 24.22

*Примечание.* Над чертой – среднее значение в июле, под чертой – в сентябре.

(табл. 2). Обращает на себя внимание снижение численности моллюсков в пруду 1 за период между исследованиями с 2000 до 10 особей на 1 м<sup>2</sup>. Также значительные изменения претерпел и видовой состав насекомых в прудах, что могло быть обусловлено завершением личиночного цикла развития одних видов и началом развития других. В сентябре наиболее массовой группой были личинки хирономид (*Polypedilum nubifer* (Skuse, 1889); *Glyptotendipes* sp. Kieffer, 1913; *Chironomus* sp. Meigen, 1803 и др.). Их максимальная численность отмечена в пруду 3, где они были

приурочены к скоплениям нитчатых зелёных водорослей на дне водоёма. Вероятно, высоким обилием личинок хирономид в скоплениях водорослей обусловлены и более высокие показатели суммарной биомассы макрозообентоса в пруду 3. Обращает на себя внимание разнообразие хищных видов бентоса, таких как личинки стрекоз, имаго и личинки жуков, клопов во всех трёх прудах. В сентябре на личинок стрекоз и хирономид приходилась основная биомасса бентоса (табл. 2).

За период выращивания в прудах масса раков увеличилась в 200 раз в пруду 1, в 100

раз в пруду 2 и в 6 раз в пруду 3, а выживаемость составила от 56.5 до 84.7% (табл. 3). Раки в прудах 1 и 3 достигли товарного размера. Величина прироста зависела от продолжительности культивирования и размерных характеристик выпущенной в пруды молоди. Максимальные показатели роста и выживаемости отмечены в пруду 1, при максимальной продолжительности культивирования (97 сут). Соотношение самцов и самок в прудах было близким к 1:1, а их размерно-весовые характеристики отличались незначительно. Биомасса раков в пруду 1 в сентябре оказалась выше биомассы бентоса и составила 31.4 г/м<sup>2</sup>. Показатели биомассы раков и макробентоса в пруду 2 были близки, а в пруду 3 биомасса раков оказалась ниже биомассы бентоса (табл. 2, 3).

У отловленных раков в 83.3% желудков была обнаружена пища (рис. 1). Интенсивность питания оказалась статистически значимо выше у раков, отловленных утром в прудах 2 и 3, чем у особей, отловленных вечером (пруд 1) ( $p = 0.0004$  и  $0.009$ , соответственно). Доля желудков, наполненных более чем на треть, у них составила 62% и 56%, соответственно. У раков, отловленных вечером (пруд 1), большая часть желудков оказалась практически пустой, и только у одной особи желудок был заполнен более чем на треть. Низкие показатели наполненности желудков свидетельствуют о снижении интенсивности питания в дневное время, что отмечено и у других видов речных раков [Черкашина,

2002]. В связи с этим при дальнейшем анализе интенсивности питания и при определении доли пищевых компонентов в виртуальном пищевом комке мы использовали только данные, полученные при изучении содержимого желудков раков из прудов 2 и 3.

Кроме того, отмечено снижение интенсивности питания у раков в период линьки, такие особи имели крупные гастролиты на стенке желудка или внутри него (рис. 2).

В прудах 2 и 3 наполнение желудков самок в среднем составило 42.6 ( $\pm 36.2$ )%, а самцов только 32.3 ( $\pm 26.6$ )%, однако наблюдаемые отличия не были статистически значимы.

В содержимом желудков раков отмечены остатки растительного происхождения (фрагменты высших растений, семена, нитчатые зелёные водоросли), части животных и песок (табл. 4).

Остатки растительного происхождения в желудках были представлены фрагментами высших растений и нитчатыми зелёными водорослями. Фрагменты высших растений представляли собой преимущественно отмершие (детритизированные) части тростника и другой растительный детрит, реже встречались зелёные листья рдестов и семена. Они отмечены во всех исследованных желудках (табл. 4), а их доля в виртуальном пищевом комке для раков из прудов 2 и 3 составила 71.3% и 54.8%, соответственно. Чаще всего семена встречались в желудках раков из пруда 3 (частота встречаемости – 42.1%), но их доля в виртуальном пищевом комке при этом

**Таблица 3.** Рост и выживаемость раков *Cherax quadricarinatus* при культивировании в прудах

Показатели	Пруд 1	Пруд 2		Пруд 3
Средняя масса выпущенной молоди, г	0.18 $\pm$ 0.10	0.04 $\pm$ 0.01	0.17 $\pm$ 0.10	5.1 $\pm$ 3.14
Средняя длина выпущенной молоди, мм	19.0 $\pm$ 3.8	10.5 $\pm$ 0.9	18.7 $\pm$ 3.8	58.0 $\pm$ 9.5
Кол-во выпущенной молоди, экз.	1000	650	850	500
Продолжительность выращивания, сут	97	78		63
Количество выловленных раков, экз.	847	850		342
Выживаемость, %	84.7	56.5		68.4
Средняя масса выловленных раков, г	37.1 $\pm$ 11.2	15.6 $\pm$ 7.7		30.5 $\pm$ 14.2
Средняя длина выловленных раков, мм	119.0 $\pm$ 15.4	95.4 $\pm$ 20.1		113.6 $\pm$ 17.0
Биомасса, г/м <sup>2</sup>	31.4	13.2		10.4

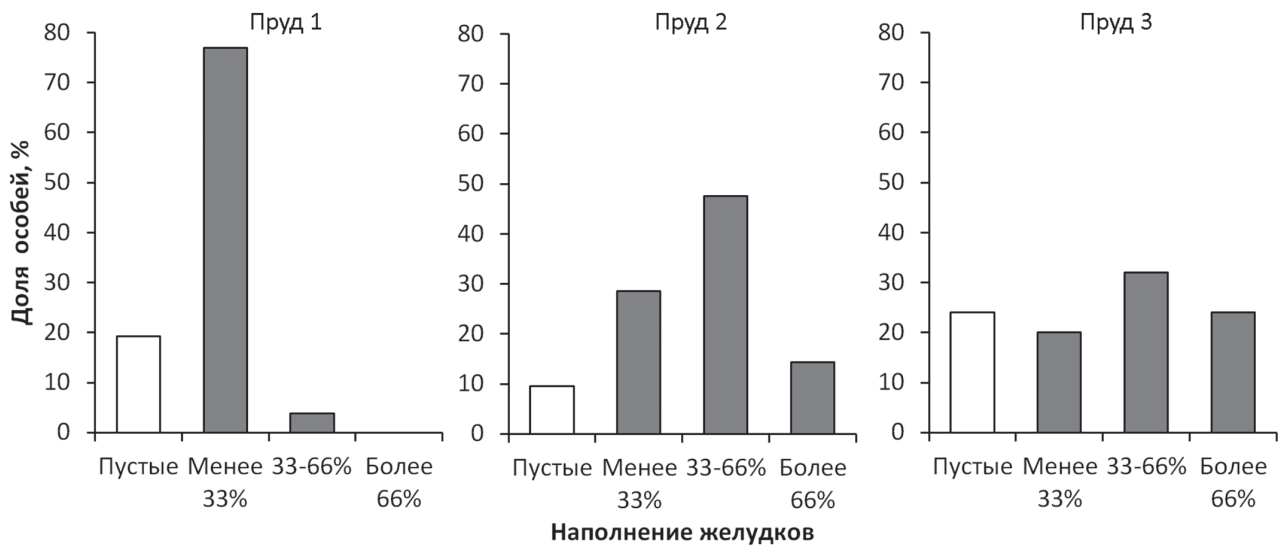


Рис. 1. Наполнение желудков у раков *Cherax quadricarinatus* в прудах

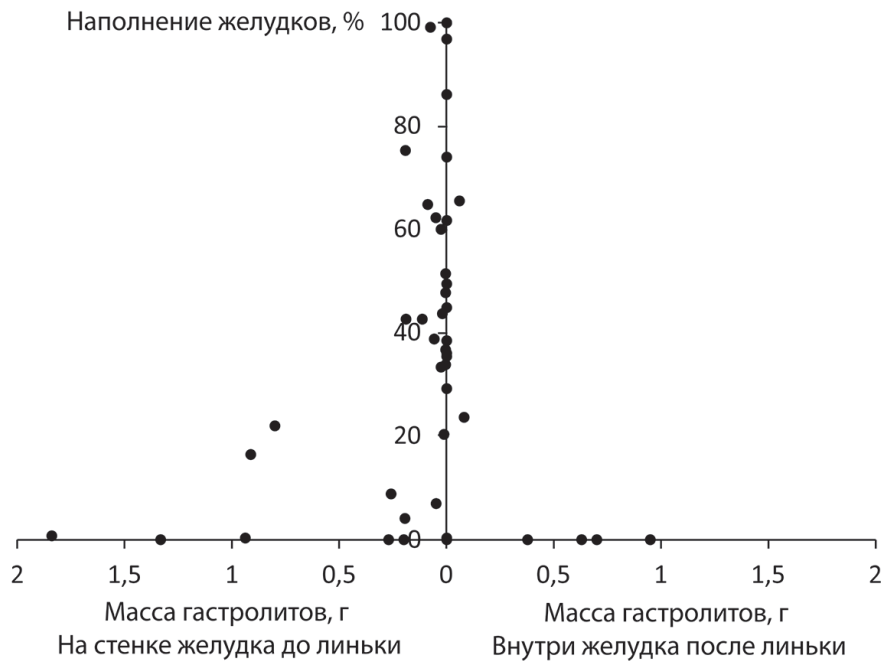


Рис. 2. Наполнение желудков у раков *Cherax quadricarinatus* из прудов 2 и 3, в зависимости от массы и положения гастролитов

Таблица 4. Состав пищи рака *Cherax quadricarinatus* в прудах

Пищевые компоненты	Частота встречаемости (%)			Доля в виртуальном пищевом комке, % **	
	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3	Пруд 2	Пруд 3
Фрагменты высших растений*	100.0	100.0	100.0	71.3	54.8
Семена	9.5	10.5	42.1	0.3	6.3
Нитчатые зелёные водоросли	14.2	68.4	57.9	6.2	26.5
Части животных	57.1	94.7	73.7	14.3	10.1
Песок	14.2	73.7	36.8	7.9	2.3
Исследовано желудков	21	19	19	15	14

\*– Преимущественно гниющие фрагменты высших растений, чаще всего тростника, единично присутствовали зелёные части рдестов. \*\*– Для особей с наполнением более трети желудка.

составила лишь 6.3% (табл. 5). Нитчатые зелёные водоросли отмечены более чем в половине желудков у раков из прудов 2 и 3 (табл. 4), но существенную долю в виртуальном пищевом комке (26.5%) они составляли только у раков из пруда 3. Фрагменты зелёных листьев рдестов встречались единично и не составляли значимой доли в виртуальном пищевом комке.

Частота встречаемости песка была высокой у раков из пруда 2 (73.7%), но его доля в виртуальном пищевом комке при этом составила только 7.9%. У раков из прудов 1 и 3 песок в желудках встречался значительно реже (табл. 5). По-видимому, песок захватывался раками не целенаправленно, а вместе с детритизированными растительными остатками.

Компоненты животного происхождения были представлены хитиновыми частями насекомых и ракообразных. Частота встречаемости компонентов животного происхождения была высокой – в прудах 2 и 3 она составила 94.7 и 73.7%. Доля в виртуальном пищевом комке составила 14.3 и 10.1%, соответственно, однако эти различия не были статистически значимы (табл. 4).

В общей сложности в желудках раков обнаружены остатки 20 видов беспозвоночных. В таблице 5 приведены данные по частоте встречаемости основных групп беспозвоночных. Из представителей макробентоса чаще других раки поедали личинок стрекоз (*Anax parthenope* (Sélys, 1839); *Crocothemis*

*erythraea* (Brullé, 1832); *Enallagma cyathigerum* (Charpentier, 1840)), личинок и имаго жуков (сем. Dytiscidae и Hydrophilidae), личинок хирономид (*Chironomus* sp.; *Cricotopus* gr. *sylvestris*; *Glyptotendipes* sp.; *Polypedilum* sp.) и клопов (*Plea minutissima* Leach, 1817; *Sigara* sp. Fabricius, 1775). В виде единичных находок в желудках отмечены статобласты мшанок и личинки вислоккрылки (*Sialis* sp.). Помимо водных насекомых в желудках нескольких раков обнаружены части муравьёв, которые в большом количестве заселяли берега прудов. Планктонные ракообразные в желудках раков из прудов 1 и 2 значимой доли в пищевом комке не составляли, а регулярно отмечался только *Eurycercus lamellatus* (O.F. Müller, 1776).

### Обсуждение результатов

Результаты проведённого нами исследования спектра питания рака *C. quadricarinatus* в рыбоводных прудах показали, что в составе пищи преобладающую роль играли растительные остатки, в большинстве представленные детритизированными фрагментами тростника. Доля животной пищи в среднем составила 10–15%, в основном это были личинки и имаго насекомых. Полученные нами данные хорошо соотносятся с результатами других исследователей [Saoud et al., 2012; Marufu et al., 2018; Zengeya et al., 2022], согласно которым, в природных водоёмах растительная пища и детрит доминируют в раци-

**Таблица 5.** Частота встречаемости (%) групп беспозвоночных в желудках рака *Cherax quadricarinatus* в прудах

Объекты питания	Пруд 1	Пруд 2	Пруд 3
Надотряд Cladocera	23.8	36.8	–
Подкласс Copepoda	–	5.3	5.3
Тип Bryozoa	–	–	5.3
Отряд Ephemeroptera	9.5	–	–
Отряд Odonata	14.3	21.1	26.3
Отряд Diptera, Chironomidae	0.0	31.6	10.5
Отряд Hemiptera	–	21.1	–
Отряд Megaloptera	–	5.3	–
Отряд Hymenoptera, сем. Formicidae	–	10.5	5.3
Исследовано желудков	21	19	19



оне взрослых особей рака *C. quadricarinatus*. Хотя полученные нами данные указывают на превалирование растительной составляющей в питании *C. quadricarinatus*, мы считаем, что животная пища является важным компонентом его рациона. На это указывает тот факт, что у активно питающихся особей (пруды 2 и 3) животная пища встречена в 94.7 и 73.7% желудков. В литературе отмечено, что значение в питании рака детрита и растительности часто преувеличивается, поскольку при изучении содержимого желудков внимание акцентируется на неперевариваемых остатках, в том числе фрагментах растений [Momot, 1995; Alcorlo et al., 2004]. По этой же причине может недооцениваться значимость животных с мягким телом, таких как моллюски, поскольку раки чаще всего потребляют их без раковин [Huner, Naqvi, 1986; Momot, 1995]. Доля энергии, получаемой из животной пищи, по данным изотопного анализа могла быть в 4–5 раз выше, чем согласно только анализу содержимого желудков [Whitledge, Rabeni, 1997]. Следует так же учитывать, что доступность макрозообентоса обычно существенно ниже, чем детрита и растительности, поэтому высокая частота встречаемости животных остатков в желудках раков указывает на целенаправленное поглощение ими животной пищи. Наблюдения за пищевым поведением речных раков показывают, что, несмотря на часто отмечаемое превалирование растительности в их рационе, животная пища остаётся для них наиболее привлекательной [Momot, 1995; Nyström, 2002; Johnston et al., 2011]. Животная пища особенно важна для обеспечения высокой скорости роста молоди раков. При культивировании молоди *C. quadricarinatus* рекомендуется использовать корма с долей белка не менее 30% [Hernandez et al., 2001; Cortes-Jacinto et al., 2003; Gutierrez, Rodriguez, 2010; Rigg et al., 2020]. По данным ряда авторов, в рационе молоди рака обычно выше доля животной пищи, чем в рационе взрослых особей рака *C. quadricarinatus* [Saoud et al., 2012; Marufu et al., 2018; Zengeya et al., 2022]. Изменение состава диеты в ходе онтогенеза у *C. quadricarinatus* подтверждается и составом пищеварительных ферментов. У молоди отмечается высокое содержа-

ние протеаз и низкое – карбогидраз, однако по мере роста раков содержание карбогидраз увеличивается, что указывает на снижение доли белковой пищи [Figueiredo, Anderson, 2003].

Анализ относительной роли разных экологических групп животных в пищевом спектре рака *C. quadricarinatus* показал, что они представлены в основном макробентосом. Планктонные ракообразные, за исключением *E. lamellatus*, встречались в желудках раков единично. Незначительная роль планктона в питании взрослых раков может быть обусловлена изменением пищевых предпочтений, а также поведения (молодь часто перемещается по водной растительности, а крупные раки преимущественно перемещаются по дну). Кроме того, ловля мелких пищевых объектов в отсутствие у раков настоящего фильтрующего аппарата для крупных раков может становиться энергетически не целесообразной.

Большое разнообразие представителей макрозообентоса в желудках раков указывает на широкие возможности рака *C. quadricarinatus* по потреблению донных беспозвоночных. Вместе с тем, можно отметить, что раки отдавали предпочтение насекомым и их личинкам среднего и крупного размера, в частности, личинкам стрекоз и жуков. Именно на них приходится основная доля животного компонента в виртуальном пищевом комке. Мелкие пищевые объекты, например личинки хирономид, которые в массе были отмечены в зарослях нитчатых водорослей, оказались не столь многочисленны в желудках раков. Возможно, они были менее доступны для раков, чем личинки более крупных хищных насекомых. Широкий спектр потребления различных групп донных беспозвоночных характерен и для нативных видов раков. Так, оценивая избирательность питания раков, Н.Я. Черкашина [1976] отмечает, что они потребляют практически всех донных беспозвоночных, встречающихся в водоёме. По данным различных исследователей, в рационе европейских речных раков чаще всего присутствуют моллюски и личинки насекомых (особенно хирономид и ручейников) [Куренков, 1951; Будников, Третьяков, 1952; Нефёдов, Наумова, 1974; Румянцев,

1974; Бродский, 1981; Momot, 1995; Черкашина, 2002].

Во всех трёх изученных нами прудах растительные остатки были наиболее доступным ресурсом. По-видимому, учитывая склонность рака *C. quadricarinatus* к эврифагии, это обеспечило превалирование растительного компонента в его питании. В то же время, присутствие в пище раков разнообразных водных насекомых, муравьёв и семян свидетельствует о том, что раки активно занимаются поиском более калорийных и богатых белком источников пищи. Данные о потреблении раками семян и муравьёв имеются и для других видов речных раков [Momot, 1995; Gherardi et al., 2004].

Полученные нами результаты соответствуют опубликованным ранее исследованиям, где рак *C. quadricarinatus* классифицирован как политрофный факультативно всеядный вид [Jones, 1990; Saoud et al., 2012; Marufu et al., 2018; Joyce, Pirozzi, 2015; Zengeya et al., 2022].

В желудках раков нами не было обнаружено моллюсков. При этом в июле это была одна из ведущих групп бентоса, но осенью моллюски отмечались лишь единично. В литературе многократно указывалось на возможность снижения численности моллюсков вследствие выедания их раками [Barr et al., 1978; Huner, Naqvi, 1986; Hanson et al., 1990; Nyström et al., 1999; Kreps et al., 2012] и даже локальное их исчезновение [Alcorlo et al., 2004]. Учитывая, что в сентябре биомасса раков в прудах оказалась выше или сравнима с биомассой макрозообентоса, можно предположить, что они могли оказывать существенное влияние на макробентос и за период культивирования существенно сократили количество моллюсков в прудах.

Наибольшей биомасса раков осенью была в пруду 1 (табл. 3). Здесь же в сентябре оказалась минимальной биомасса макрозообентоса (табл. 2). Учитывая общее снижение биомассы бентоса в пруду 1 за время культивирования раков (табл. 2), можно предполагать, что это стало следствием активного питания раков бентосными организмами. В прудах 2 и 3 продолжительность культивирования и биомасса раков осенью была ниже, и тенденции

снижения биомассы бентоса в прудах отмечено не было. Кроме того, несмотря на активное потребление раками личинок стрекоз, их численность осенью оказалась выше, чем летом во всех прудах (табл. 2). Возможно, раки способны оказать существенное влияние на развитие макробентоса только при высоких плотностях посадки.

Имеющиеся на сегодня данные о пищевых предпочтениях речных раков указывают на то, что им свойственна эврифагия и высокая пищевая пластичность, проявляющаяся в освоении новых пищевых объектов при сезонных или иных изменениях условий существования и в использовании разной пищи в разных водоёмах [Бродский, 1981; Momot, 1995; Askefors, 1998; Correia, 2002; Nyström, 2002; Saoud et al., 2012; Joyce, Pirozzi, 2015]. Многие авторы придерживаются мнения, что речные раки могут занимать одно из ведущих мест в сообществе благодаря своей политрофности [Hogger, 1988; Hanson et al., 1990; Lodge et al., 1994; Momot, 1995; Nyström et al., 1996; Parkyn et al., 1997; Whitley, Rabeni, 1997; Nyström et al., 1999]. Количество потребляемой ими животной пищи варьирует в соответствии с её доступностью [Alcorlo et al., 2004]. Таким образом, раки могут играть роль как хищников, так и потребителей автотрофного вещества или разлагающейся органики [Giling et al., 2009]. Как виды, способные к взаимодействию с разными трофическими уровнями, они оказывают более интенсивное воздействие на экосистему, чем взаимодействующие с одним трофическим уровнем [Geiger et al., 2005]. Потребляя бентосных беспозвоночных, макрофиты и детрит, они тем самым оказывают сильное влияние на бентосные сообщества, меняя их структуру, а, следовательно, влияют и на потоки энергии в экосистемах в целом. Показано, что раки могут снижать обилие водорослей, таких как *Cladophora* [Hart, 1992] и макрофитов [Feminella, Resh, 1989; Lodge et al., 2000; Alcorlo et al., 2004], тем самым изменяя среду обитания. Также многократно отмечена способность раков сильно снижать обилие моллюсков [Barr et al., 1978; Huner, Naqvi, 1986; Hanson et al., 1990; Alcorlo et al., 2004; Kreps et al., 2012].

В условиях нашего эксперимента раки *C. quadricarinatus* продемонстрировали высокие скорости роста в прудах. Результаты выращивания раков в пруду 1 показали, что за три месяца при посадке молоди 1 экз./м<sup>2</sup> исходной средней массой 0.1 г, могут быть получены особи товарного размера массой 30–60 г. Скорость роста молоди *C. quadricarinatus* оказалась в несколько раз выше, чем у раков нативных видов, которые в среднем за первый год в прудах достигают массы 5 г, а массы 35 г только к концу второго года культивирования [Черкашина, 2007]. При этом выживаемость составила 84.7%. Всё это свидетельствует о том, что условия и кормовая база в прудах, даже при отсутствии дополнительного внесения кормов, оказались оптимальными для раков. При этом из всех признаков влияния раков на биоценозы водоёмов, отмеченных в литературе, в нашем эксперименте наблюдалось только резкое сокращение численности моллюсков, а показатели биомассы бентоса в целом оставались на высоком уровне. Это свидетельствует, что естественных ресурсов биоценозов водоёмов было достаточно для обеспечения интенсивного роста раков при плотности посадки около 1 экз./м<sup>2</sup>. Отсутствие ярко выраженного влияния раков на донное сообщество может быть обусловлено высокой долей растительных остатков, которые раки включают в свой рацион, что приводит к уменьшению нагрузки на бентосные сообщества.

Оценивая экологические риски при культивировании рака *C. quadricarinatus*, можно предполагать, что его прямое воздействие на экосистемы водоёмов, вероятно, будет небольшим (учитывая, что во взрослом состоянии этот вид в основном является детритофагом), сопоставимым с влиянием нативных видов. При этом, поскольку низкие зимние температуры в регионе не позволяют раку *C. quadricarinatus* успешно перезимовать [King, 1994; Semple et al., 1995; Vesely et al., 2015], его воздействие на экосистемы в целом будет временным и ограничиваться летним и осенним сезонами.

### Выводы

Первые в России исследования питания рака *C. quadricarinatus* в условиях естественной кормовой базы показали, что основу его

рациона составляют различные растительные остатки, а основным источником белка являются макробеспозвоночные, в первую очередь различные личинки насекомых. Всего в желудках обнаружено 20 видов беспозвоночных. Среди бентосных видов преобладали личинки стрекоз (чаще других отмечены личинки *Anax parthenope*), личинки хирономид и жуков. Планктонные ракообразные не составляли значимой доли в виртуальном пищевом комке. Полученные результаты свидетельствуют, что раки *C. quadricarinatus* при использовании разнообразной естественной кормовой базы прудов демонстрируют высокие скорости роста, превышающие показатели роста нативных видов раков данного региона. Как и другие виды раков, *C. quadricarinatus*, по-видимому, способен подстраиваться под имеющиеся пищевые ресурсы, активно используя детрит и растительность. При этом раки по возможности продолжают поиск более калорийных и богатых белком кормовых объектов. На основе имеющихся данных можно предполагать, что при проникновении в естественные водоёмы его воздействие на экосистемы водоёмов будет небольшим и сопоставимым с влиянием нативных видов, а также будет ограничено летне-осенним периодом.

### Благодарности

Авторы благодарят за помощь в проведении работ сотрудников Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» Р.Р. Тангатарову и Б.М. Анкешеву, а также Е.С. Чертопруд (ЦИ ФГБНУ «ВНИРО») за консультации по определению планктона

### Финансирование работы

Исследования проведены в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» по теме «Разработка полноцикловых технологий выращивания перспективных объектов аквакультуры с учётом региональной специфики».

### 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 N 12000-496 и приказом Минвуза СССР от 13 сентября 1984 N 22. Все усилия были предприняты, чтобы использовать только минимальное количество животных, необходимое для получения надёжных научных данных.

## Литература

- Бродский С.Я. Річкові раки // Фауна України. Т. 26, вып. 3, Київ: Наукова думка, 1981.
- Будников К.Н., Третьяков Ф.Ф. Речные раки и их промысел. М., 1952.
- Буруковский Р.Н. Креветки: состав пищи и пищевые взаимоотношения. СПб.: Проспект науки, 2022.
- Жигин А.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Загорская Д.С., Арыстангалиева В.А. Выращивание австралийского красноклешневого рака в циркуляционной установке // Рыбное хозяйство, 2017. № 1. С. 61–65.
- Куренков И.И. Питание речного рака // Тр. Московского технол. ин-та рыбн. пром-сти и х-ва, 1951. Вып. 4. С. 82–90.
- Лагуткина Л.Ю., Кузьмина Е.Г., Бирюкова М.Г., Першина Е.В. Биопродуктивность прудов VI рыбноводной зоны // Вестник Астраханского гос. технического ун-та, 2019. Серия: Рыбное хозяйство. № 4. С. 87–94.
- Лагуткина Л.Ю., Кузьмина Е.Г., Таранина А.А., Ахмеджанова А.Б., Ясинский В.С., Пономарев Р.А. Фактологическое обеспечение практик повышения эффективности выращивания тропических пресноводных видов // Вестник Астраханского гос. технического ун-та., 2020. Серия: Рыбное хозяйство № 2. С. 94–105.
- Нефёдов В.Н., Наумова Г.В. К изучению питания длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* в водоёмах Волго-Ахтубинской поймы // Тр. Волгогр. отд. ГосНИОРХ. 1974. Т. 8. С. 79–82.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1: Зоопланктон / Ред. В.Р. Алексеев, С.Я. Цалолыхин. М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2010.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2: Зообентос / Ред. В.Р. Алексеев, С.Я. Цалолыхин. М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2016.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3: Паукообразные и низшие насекомые / Ред. С.Я. Цалолыхин. СПб.: Наука, 1997.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4: Высшие насекомые. Двукрылые / Ред. С.Я. Цалолыхин. СПб.: Наука, 1999.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий, Т. 5: Высшие насекомые (ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, перепончатокрылые) / Ред. С.Я. Цалолыхин. СПб.: Наука, 2001.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеоздат, 1992.
- Румянцев В.Д. Речные раки Волго-Каспия. М.: Пищевая пром-сть, 1974.
- Хорошко А.В., Крючков В.Н. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса, 2010. № 2. С. 51–54.
- Хофштэттер К.В. Креветки и раки в аквариуме. М.: Аква-Принт, 2008.
- Черкашина Н.Я. Распределение и биология толстопалого рака (*Astacus pachypus*) в туркменских водах Каспия // Зоологический журнал, 1976. Т. 55. № 4. С. 602–606.
- Черкашина Н.Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Castiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. М.: ФГУП «Нацрыбресурс», 2002.
- Черкашина Н.Я. Сборник инструкций по культивированию раков и динамике их популяций. Ростов-на-Дону: Медиа-полис, 2007.
- Шокашева Д.И. Специфика многолетней доместикации австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в условиях западной части Российской Федерации // Изв. ТИНРО, 2018. Т. 194. С. 188–192.
- Ackefors H. The culture and capture crayfish fisheries in Europe // World Aquaculture, 1998. Vol. 29. No. 2. P. 18, 64–67.
- Alcorlo P., Geiger W., Otero M. Feeding preferences and food selection of the red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*, in habitats differing in food item diversity // Crustaceana, 2004. Vol. 77. No. 4. P. 435–453.
- Arias A., Torralba-Burrial A. First record of the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) on the Iberian Peninsula // Limnetica, 2021. Vol. 40. P. 33–42.
- Barr J.E., Huner J.V., Klarberg D.P., Witzig J. The large invertebrate-small invertebrate fauna of several south Louisiana crawfish ponds with emphasis on predacious arthropods // Proc. World Mari. Soc., 1978. Vol. 9. P. 683–698.
- Bergh Ø., Neves C.G., Hindar K., Høgåsen H.R., Jelmert A., Vrålstad T., Agdestein A., Asmyhr M.G., Basic D., Brun E., Bøe K., Godfroid J., Gudding R., Hoel K., Mejdell C., Mortensen S., Rimstad E., Hjeltnes B. Risk assessment on import of Australian redclaw crayfish to Norway. Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. Oslo, Norway, 2016.
- Bláha M., Weiperth A., Patoka J., Szajbert B., Balogh E.R., Staszny Á., Ferincz Á., Lente V., Maciaszek R., Kouba A. The pet trade as a source of non-native decapods: the case of crayfish and shrimps in a thermal waterbody in Hungary // Environmental Monitoring and Assessment, 2022. Vol. 194. P. 1–12.

- Chaoshu Z., Tubake T., Thi Thu Thuy N., Improving feeds and feeding practices for the redclaw aquaculture industry. Report. Barton: ACT, 2014.
- Chucholl C. Understanding invasion success: Life-history traits and feeding habits of the alien crayfish *Orconectes immunis* (Decapoda, Astacida, Cambaridae) // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems. 2012. Vol. 404. No. 4. P. 1–22.
- Chucholl C., Pfeiffer M. First evidence for an established Marmorcrebs (Decapoda, Astacida, Cambaridae) population in Southwestern Germany, in syntopic occurrence with *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) // Aquat. Invas. 2010. Vol. 5. No. 4. P. 405–412.
- Correia A.M., Niche breadth and trophic diversity: feeding behaviour of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) towards environmental availability of aquatic macroinvertebrates in a rice field (Portugal) // Acta Oecologica. 2002. Vol. 23. No. 6. P. 421–429.
- Cortes-Jacinto E., Villarreal-Colmenares H., Civera-Cerecedo R., Martinez-Cordova R. Effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) // Aquaculture Nutrition. 2003. Vol. 9. No. 4. P. 207–213.
- Feminella J.W., Resh V.H. Submersed macrophytes and grazing crayfish: an experimental study of herbivory in a California freshwater marsh // Holarctic Ecology. 1989. Vol. 12. P. 1–8.
- Figueiredo M.S.R.B., Anderson A.J. Ontogenetic changes in digestive proteases and carbohydrases from the Australian freshwater crayfish, redclaw *Cherax quadricarinatus* (Crustacea, Decapoda, Parastacidae) // Aquaculture Research. 2003. Vol. 34. P. 1235–1239.
- Geiger W., Alcorlo P., Baltanás A., Montes C. Impact of an introduced Crustacean on the trophic webs of Mediterranean wetlands // Biological Invasions. 2005. Vol. 7. P. 49–73.
- Gherardi F., Acquistapace P., Santini G. Food selection in freshwater omnivores: a case study of crayfish *Austropotamobius pallipes* // Archiv fur Hydrobiologie. 2004. Vol. 159. No. 3. P. 357–376.
- Giling D., Reich P., Thompson R.M. Loss of riparian vegetation alters the ecosystem role of a freshwater crayfish (*Cherax destructor*) in an Australian intermittent lowland stream // J. N. Am. Benthol. Soc. 2009. Vol. 28. No. 3. P. 626–637.
- Gutierrez M.L., Rodriguez E.M. Effect of protein source on growth of early juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae) // Freshwater Crayfish. 2010. Vol. 17. P. 23–29.
- Hanson J.M., Chambers P.A., Prepas E.E. Selective foraging by the crayfish *Orconectes virilis* and its impact on macroinvertebrates // Freshwater Biology. 1990. Vol. 24. P. 69–80.
- Hart D.D. Community organization in streams: the importance of species interactions, physical factors, and chance // Oecologia. 1992. Vol. 91. P. 220–228.
- Haubrock P., Oficialdegui F., Yiwen Z., Zeng Z., Patoka J., Yeo D.C.Y., Kouba A. The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots // Reviews in Aquaculture. 2021. Vol. 13. P. 1488–1530.
- Hernandez M.P., Rouse D.B., Olvera-Novoa M.A. Effect of dietary protein-lipid ratios on survival and growth of Australian crayfish (*Cherax quadricarinatus*) hatchlings and juveniles // Freshwater Crayfish. 2001. Vol. 13. P. 97–106.
- Hogger J.B. Ecology, Population Biology and Behaviour // In: Freshwater crayfish: biology, management and exploitation / Eds. D.M. Holdich, R.S. Lowery. London: Chapman and Hall, 1988. P. 114–144.
- Holdich D.M., Reynolds J.D., Souty-Grosset C., Sibley P.J. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species // Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst. 2009. Vol. 11. P. 394–395.
- Huner J. V., Naqvi S. Invertebrate faunas and crawfish food habits in Louisiana crawfish ponds // Proc of the 37th Annu. Conf. Southeast Assoc. of Fish and Wild. Agendes. 1986. Vol. 38. P. 395–406.
- Jaklič M., Vrežec A. The first tropical alien crayfish species in European Waters: the redclaw *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) // Crustaceana. 2011. Vol. 84. P. 651–665.
- Johnston K., Robson B.J., Fairweather P.G. Trophic positions of omnivores are not always flexible: Evidence from four species of freshwater crayfish // Austral Ecology. 2011. Vol. 36. P. 269–279.
- Jones C.M. The Biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries Information, 1990.
- Joyce M., Pirozzi I. Using stable isotope analysis to determine the contribution of naturally occurring pond biota and supplementary feed to the diet of farmed Australian freshwater crayfish, redclaw (*Cherax quadricarinatus*) // International Aquatic Research. 2015. Vol. 8. P. 1–13.
- Jutagate T., Kwangkhwang W., Saowakoon S. Growth and competitions of the Australian red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in Thailand: the experimental approaches // Aquatic Invasions. 2023. Vol. 18. No. 1. P. 103–117.
- King C.R. Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland // Aquaculture. 1994. Vol. 122. P. 75–80.
- Kreps T.A., Baldrige A.K., Lodge D.M. The impact of an invasive predator (*Orconectes rusticus*) on freshwater snail communities: insights on habitat-specific effects from a multilake long-term study // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2012. Vol. 69. No. 7. P. 1164–1173.
- Larson E.R., Olden J.D. Using avatar species to model the potential distribution of emerging invaders // Global Ecology and Biogeography. 2012. Vol. 21. No. 11. P. 1114–1125.
- Lawrence C., Jones C. *Cherax* // In: Biology of Freshwater Crayfish / Ed. D.M. Holdich. Oxford: Blackwell Scientific Press, 2002. P. 635–669.
- Lockwood J.L., Hoopes M.F. Marchetti M.P. Invasion Ecology. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.

- Lodge D.M., Kershner M.W., Aloï J.E., Covich A.P. Effects of an omnivorous crayfish (*Orconectes rusticus*) on a freshwater littoral food web // Ecology. 1994. Vol. 75. No. 5. P. 1265–1281.
- Lodge D.M., Taylor C.A., Holdich D.M., Skurdal J. Non-indigenous Crayfishes Threaten North American Freshwater Biodiversity: Lessons from Europe // Fisheries. 2000. Vol. 25. No. 8. P. 7–20.
- Marufu L.T., Dalu T., Crispin P., Barson M., Simango R., Utete B., Nhiwatiwa T. The diet of an invasive crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), in Lake Kariba, inferred using stomach content and stable isotope analyses // BioInvasions Records. 2018. Vol. 7. No. 2. P. 121–132.
- McKinney M.L., Lockwood J.L. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction // Trends Ecol. Evol. 1999. Vol. 14. P. 450–453.
- Momot W.T., Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems // Reviews in Fisheries Science. 1995. Vol. 3. No. 1. P. 33–63.
- Nyström P. Ecology // In: Biology of Freshwater Crayfish / Ed. D.M. Holdich. Oxford: Blackwell Scientific Press, 2002. P. 192–235.
- Nyström C., Bronmark W., Graneli P. Influence of an exotic and a native crayfish species on a littoral benthic community // Oikos. 1999. Vol. 85. No. 3. P. 545–553.
- Nyström C., Bronmark W., Graneli P. Patterns in benthic food webs – a role for omnivorous crayfish // Freshwater Biology. 1996. Vol. 36. No. 3. P. 631–646.
- Parkyn S.M., Rabeni C.F., Collier K.J. Effects of crayfish (*Paranephrops planifrons*, Parastacidae) on in stream processes and benthic faunas – a density manipulation experiment // New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 1997. Vol. 31. No. 5. P. 685–692.
- Reynolds J., Souty-Grosset C., Richardson A. Ecological Roles of Crayfish in Freshwater and Terrestrial Habitats // Freshwater Crayfish. 2013. Vol. 19. No. 2. P. 197–218.
- Rigg D., Seymour J., Courtney R., Jones C. A review of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1898) aquaculture: global production practices and innovation // Freshwater Crayfish. 2020. Vol. 25. P. 13–30.
- Sallehuddin A.S., Kamarudin A.S., Ismail N. Review on the global distribution of wild population of Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) // Bioscience research. 2021. Vol. 18. No. 2. P. 194–207.
- Saoud I., Garza de Yta A., Ghanawi J. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Aquacult. Nutr. 2012. Vol. 18. P. 349–368.
- Saoud I., Ghanawi J. Thompson K.R., Webster C.D. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens 1868) // Journal of the World Aquaculture Society. 2013. Vol. 44. No. 1. P. 1–29.
- Seebens H., Bacher S., Blackburn T., Capinha C., Dawson W., Dullinger S., Genovesi P., Hulme P.E., van Kleunen M., Kühn I., Jeschke J.M., Lenzner B., Liebhold A.M., 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.
- Semple G., Rouse D., McLain K. *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential // Freshwater Crayfish. 1995, Vol. 8. P. 495–503.
- Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y., Reynolds J.D., Haffner P. Atlas of Crayfish in Europe. Vol. 64. Paris: Museum national d'Histoire naturelle, 2006.
- Vesely L., Buric M., Kouba A. Hardy exotics species in temperate zone: can “warm water” crayfish invaders establish regardless of low temperatures? // Scientific Reports. 2015. Vol. 5. 16340.
- Weiperth A., Gál B., Kuřiková P., Langrová I., Kouba A., Patoka J. Risk assessment of pet-traded decapod crustaceans in Hungary with evidence of *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in the wild // North-Western Journal of Zoology. 2019. Vol. 15. No. 1. P. 42–47.
- Whitledge G.W., Rabeni C.F. Energy sources and ecological role of crayfishes in an Ozark stream: insights from stable isotopes and gut analysis // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1997. Vol. 54. No. 11. P. 2555–2563.
- Zengeya T.A., Lombard R.J.-H., Nelwamondo V.E., Nunes A.L., Measey J., Weyl O.L. Trophic niche of an invasive generalist consumer: Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in the Inkomati River Basin, South Africa // Austral Ecology. 2022. Vol. 47. P. 1480–1494.

# FOOD SPECTRUM OF THE AUSTRALIAN RED CLAW CRAYFISH *CHERAX QUADRICARINATUS* (VON MARTENS, 1868) (DECAPODA, PARASTACIDAE) IN THE PONDS OF THE ASTRAKHAN REGION

© 2024 Vorob'eva L.V.<sup>a, \*</sup>, Borisov R.R.<sup>a</sup>, Kovacheva N.P.<sup>a</sup>, Pyatikopova O.V.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 105187, Russia

<sup>b</sup> Volga-Caspian branch of the VNIRO ("CaspNIRKH"), Astrakhan, 414056, Russia

e-mail: \*vorobjeva.lada@yandex.ru

For the first time, the data on the feeding habits of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* in water bodies of Russia are presented. The studies were carried out during the cultivation of crayfish in three ponds of the scientific and experimental complex of aquaculture "BIOS" of the Volga-Caspian branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography "VNIRO" in the Astrakhan region in 2022. The food spectrum of *C. quadricarinatus* was dominated by plant remains and detritus (mainly rotting parts of cane), they were noted in all stomachs with food, and their share in the virtual food bolus constituted 82.4% on average. The share of the animal component in the virtual food bolus was 12.8% on average, and it was represented mainly by macrobenthos. Planktonic crustaceans did not make up a significant proportion in the virtual food bolus. In total, 20 taxa of invertebrates were found in stomachs. Among the benthic species, larvae of Odonata, chironomids, and larvae and imago of Coleoptera predominated. A preliminary assessment of the possible impact of crayfish *Cherax quadricarinatus* on ecosystems when it penetrates into natural water bodies of the South of Russia has been carried out.

**Keywords:** Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, food spectrum, nutrition, trophic characteristics.

# СТРЕМИТЕЛЬНАЯ ЭКСПАНСИЯ СОЛНЕЧНОГО ОКУНЯ *LEPOMIS GIBBOSUS* (CENTRARCHIDAE) В ДЕЛЬТУ ДОНА В 2023 г.

©2024 Гуськов Г.Е.\*, Степанова Ю.В., Бухмин Д.А.

Южный научный центр РАН, ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, Россия  
e-mail: \*gleb\_guskov@mail.ru

Поступила в редакцию 27.11.2023. После доработки 10.02.2024. Принята к публикации 23.02.2024

В работе представлены сведения о внезапном, массовом появлении солнечного окуня в дельте р. Дон в сентябре – октябре 2023 г. Единичные экземпляры были отмечены в конце августа 2023 г. в р. Дон (Свиное гирло). После нагона воды из Таганрогского залива в дельту р. Дон было добыто 78 особей солнечного окуня. Размеры особей составили: стандартная дина 4.5–7.5 см, масса 2.46–12.98 г. В уловах были отмечены как сеголетки, так и самки в V стадии зрелости гонад и только что отнерестившиеся особи. Высказывается предположение о возможном пути проникновения солнечного окуня в дельту Дона.

**Ключевые слова:** *Lepomis gibbosus*, чужеродный вид, биологическая инвазия, р. Дон.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-23-27

## Введение

В список 100 самых опасных инвазионных видов России включено пять представителей лучепёрых рыб. Солнечный окунь *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) – пресноводный, солоноватоводный донно-пелагический вид, входит в этот перечень [Решетников и др., 2018]. Температура обитания этого вида находится в пределах от +4 °С до +32 °С, летальная +35 °С [Riehl, Baensch, 1991; Решетников и др., 2018]. Максимальная глубина обнаружения – 41 м [Scott, Crossman, 1973]. Солнечный окунь семейства ушастых окуней, или центрарховых (Centrarchidae), был завезён в Европу в конце XIX в. из Северной Америки. По одним данным, он был целенаправленно выпущен в открытые водоёмы Франции в 1877 г. как объект спортивного рыболовства, а в 1880 г. этот вид уже появился и в Германии. По другим данным, он был завезён в Европу как объект аквариумистики [Решетников и др., 2018]. Из озёр, где его разводили, попал в р. Дунай, откуда проник в воды Чёрного моря и распространился в обе стороны от дельты реки вдоль береговой линии. В середине прошлого века вид начал встречаться в северо-западной части Чёрного моря, проникая в р. Днепр, р. Днестр и другие реки, впадающие в эту часть моря [Световидов, 1964]. Сейчас

он распространился по многим рекам, прудам и озёрам как западной, так и восточной Европы. Самая северная страна обнаружения – Норвегия. Распространён в Азии в таких странах, как Грузия, Турция, Китай, а также в Африке: Конго, Марокко [Решетников и др., 2018].

Солнечный окунь хорошо приспосабливается к новым условиям среды и быстро размножается. Питается, помимо ракообразных и личинок насекомых, икрой и молодь других рыб, поэтому может выступать как пищевой конкурент, так и в качестве хищника, способствуя сокращению численности аборигенных видов рыб. Эти обстоятельства, как правило, негативно сказываются на местной ихтиофауне. К примеру, в Крыму в одном из притоков р. Чёрная, в р. Сухой, солнечный окунь сейчас почти единственный обитатель, хотя в начале XXI в. здесь были многочисленны крымский усач *Barbus tauricus* Kessler, 187, быстрянка южная *Alburnoides fasciatus* (Nordmann, 1840), пескарь *Gobio krymensis* Bănărescu & Nalbant, 1973. Высказано предположение о том, что *L. gibbosus*, как и некоторые другие чужеродные виды, попал вместе с посадочным материалом в реки Юго-Западного Крыма, где сформировал самовоспроизводящуюся популяцию. Эти реки никогда не



имели контакта с системой Северо-Крымского канала, откуда солнечный окунь расселился по остальной части Крымского полуострова [Карпова, 2016].

Вид встречается в Азовском бассейне, в реках Северного Приазовья: р. Молочная, р. Кальмиус, р. Миус в бассейне р. Северский Донец [Дирипаско и др., 2008]. В водохранилище Штеровской ТЭС на р. Миус (208 км от устья) солнечный окунь отмечен в 2015 г. [Коваль, Форошук, 2018]. Попадался этот вид рыбакам-любителям и в Краснодарском крае, в озере Старая Кубань [собственные данные].

В Ростовской обл. *L. gibbosus* был впервые обнаружен А.Н. Решетниковым 1 мая 2019 г. в р. Северский Донец у г. Каменск-Шахтинский во время маршрутной экспедиции ИПЭЭ РАН, посвящённой мониторингу чужеродных видов [А.Н. Решетников, персональное сообщение] и позже, в октябре 2019 г, сотрудниками «ВНИРО» в р. Северский Донец у г. Белая Калитва, где при помощи волокуши было добыто 29 особей этого вида [Сайт... ФГБНУ «ВНИРО», 2019].

В июле 2021 г. один экземпляр был отмечен в юго-западной части Ростовской обл. в устье р. Сарматской вблизи впадения в р. Миус – на расстоянии 6.7 км по течению от Миусского лимана. В конце июня 2023 г. в хуторе Обуховка Азовского района рыбаком-любителем также была добыта особь солнечного окуня [NewsInfo24, 2023]. По неподтверждённым данным, вид отмечен рыбаками в р. Кагальник ещё в 2022 г. Подтверждённых данных о наличии *L. gibbosus* непосредственно в р. Дон, тем более в его дельте, до 2023 г. не поступало.

В настоящей работе представлены сведения о массовом, внезапном появлении солнечного окуня в дельте р. Дон в сентябре – октябре 2023 г.

### Материалы и методы

Исследования проводили в заказнике «Донской» в низовье р. Дон. Наблюдения за ихтиофауной дельты вели в приустьевом участке Таганрогского залива и р. Дон (протока Свиное гирло) с использованием катеров «Мастер-540» и «Мастер-450». Орудием лова являлись мальковый вентерь диаметром 1.5 м

с ячейкой в кутце 8 мм – 1 шт., верши диаметром 0.3 и 0.5 м с ячейкой 12 мм – 2 шт. Видовую принадлежность выловленных особей устанавливали по определителю [Световидов, 1964].

### Результаты и обсуждение

Мониторинг уловов проводился ежедневно с апреля 2023 г. однако до конца лета этого года солнечный окунь в уловах не отмечался. Единичные экземпляры были замечены нами в конце августа в р. Дон (рукав Свиное гирло, 47°4'42.478" с. ш., 39°18'16.178" в. д.) в 2.5 км от места впадения в Таганрогский залив. Первые небольшие стайки были выловлены 21 сентября в рукаве Свиное гирло. 9 октября 2023 г. в улове донной ловушки было обнаружено сразу 26 особей этого вида. Примечательно, что за день до указанной даты из-за западного ветра произошли нагонные явления. Вода из Таганрогского залива вошла в дельту р. Дон, подтопив некоторые населённые пункты. Несмотря на это, отобранные пробы показали достаточно распреснённую воду, химический анализ которой обнаружил привычные для р. Дон параметры (таблица).

За четыре дня (с 9 по 13 октября) после нагона добыто 78 экземпляров солнечного окуня. Размеры добытых особей варьировали: *SL* от 4.5 до 7.5; *TL* от 5.9 до 9.0 см (*SL* – стандартная длина, *TL* – абсолютная длина тела) и массой тела от 2.46 до 12.98 г.

Подсчёт меристических признаков показал: D IX–X 11, A III 9–10, где D – количество лучей в спинном плавнике, A – количество лучей в анальном плавнике (римские цифры – число неразветвлённых, арабские – разветвлённых лучей). Чешуя ктеноидная, окраска несколько бледнее особей, выловленных в р. Северский Донец в 2019 г. Общее количество чешуй в боковой линии от 29 до 37 шт. Внешний вид соответствует описанию из литературных источников [Световидов, 1964].

Основная часть добытых особей заходила в ловушки в дневное время. Наибольшие уловы отмечены на глубине 0.5 м у береговой линии перед камышами, уловы на глубине 1.5–2.0 м оказались менее результативными.

Судя по наличию сеголеток в уловах, солнечный окунь в этом году успешно отнерестился. Вскрытие рыб, пойманных в октябре

**Таблица.** Химический состав воды и некоторые другие показатели во время уловов солнечного окуня после нагонных явлений в р. Дон (Свиное гирло)

Дата	Кол-во шт. в улове.	Температура воды, °С	Уровень воды, м/мБС*	Cl-, мг/л	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	Жёсткость, мг/л	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , мг/л	Общая минерализация, мг/л
09.10.23	24	13.0	2.3/0.6	148.89	212.35	307.39	3.6	76.15	41.34	172.00	958.13
10.10.23	13	11.7	1.9/0.2	141.80	214.79	268.97	4	84.17	46.21	128.00	883.93
11.10.23	34	12.4	1.8/0.1	141.80	222.11	288.18	3.6	80.16	38.91	161.00	932.16
12.10.23	7	12.3	1.65/-0.05	134.71	224.55	268.97	4	84.17	46.21	127.00	885.61

\* – Уровень в метрах по балтийской системе высот (мБС).

2023 г., показало наличие только что отнерстившихся самок и самок V стадии зрелости. Это указывает на порционное икрометание. Скорее всего, ранее вид не обнаружили, потому что в жаркую погоду он избегает мелководья, бедного растворённым кислородом, хотя *L. gibbosus* устойчив к его дефициту [Матишов, Болтачев, 2010].

Ранее некоторыми авторами уже было высказано предположение о появлении солнечного окуня в нижнем течении р. Дон. Предполагалось два пути проникновения – из р. Северский Донец и со стороны Таганрогского залива [Болтачев и др., 2003; Демченко, Демченко, 2015].

На наш взгляд, наиболее вероятным путём инвазии вида в дельту Дона стали воды Таганрогского залива. Донором, скорее всего, послужили реки Северного Приазовья. Осолонение Азовского моря не является препятствием для данного вида, так как он может переносить до 18.2‰ [Матишов, Болтачев, 2010]. Столь резкое и массовое появление *L. gibbosus* вряд ли произошло со стороны р. Северский Донец. Расстояние от Белой Калитвы до с. Кагальник составляет 293 км по реке. Этот путь перекрыт четырьмя гидроузлами, которые не имеют рыбообводных каналов, и массовое появление вида на таком большом протяжении реки не могло бы остаться незамеченным рыболовецкими бригадами и рыбаками-любителями. Так как скорость расселения солнечного окуня для крупных и малых рек составляет 7–10 км/год [Федоненко,

Маренков, 2013], то появление его в дельте р. Дон, из р. Северский Донец можно считать маловероятным.

После массовой регистрации вселенца в Свином гирле 9–12 октября одна особь была замечена в улове рыболовецкой бригады 14 октября 2023 г. в р. Дон в районе Кумженской роши под г. Ростовом-на-Дону. Ранее рыбаки здесь этот вид не отмечали. Расстояние от Кумженской роши до Свиного гирла составляет около 29 км вверх по течению, однако, вероятно, на скорость продвижения *L. gibbosus* вверх по р. Дон могут оказывать нагонные явления из-за сильных западных ветров.

### Заключение

Дельта Дона является одним из основных мест нереста многих промысловых рыб Азовского моря. Солнечный окунь может негативно повлиять на численность других видов, которые являются ценными для местного рыболовства и важными элементами экосистемы. На данном этапе работ проводится морфометрический анализ всех пойманных особей. Для контроля популяции *L. gibbosus* в дельте р. Дон в данное время сотрудники лаборатории ихтиологии ЮНЦ РАН проводят мониторинг его численности и выясняют ареал.

### Финансирование работы

Публикация подготовлена в рамках государственного задания (00–24–09, номер го-

с регистрации 122020100328–1) по теме ЮНЦ РАН.

### 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

- Болтачев А.Р., Зуев Г.В., Мельникова Е.Б. Ихтиофауна черноморского побережья Крыма // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. С. 363–424.
- Демченко В.А., Демченко Н.А. Чужеродные виды в ихтиофауне водоёмов северо-западной части Азовского бассейна // Российский журнал биологических инвазий. 2015. № 1. С. 17–29.
- Дирипаско О.А., Демченко Н.А., Кулик П.В., Заброта Т.А. Расширение ареала солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Centrarchidae, Perciformes) на восток Украины // Вісник зоології. 2008. № 42 (3). С. 269–273.
- Карпова Е.П. Чужеродные виды рыб в пресноводной ихтиофауне Крыма // Российский журнал биологических инвазий. 2016. № 3. С. 47–60.
- Коваль Е.С., Форощук В.П. Морфометрическая характеристика интродуцированного солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (L., 1758) в водоёмах бассейнов рек Северский Донец и Миус Луганской области (Украина) // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. 2018. С. 193–198.
- Матишов Г.Г., Болтачев А.Р. Вселенцы в биоразнообразии и продуктивности Азовского и Чёрного морей. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. 114 с.
- Сайт Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). Расселение нового в Донском бассейне вида рыб – солнечного окуня – обнаружили учёные АзНИИРХ. 2019. (Электронный документ) // (<https://azniirkh.vniro.ru/content/read/archive/novosti/rasselenie-novogo-v-donskom-basseyne-vida-ryib-solnechnogo-okunya-obnaruzhili-uchenyie-azniirkh?yclid=lofpt0kuiq321504228>). Проверено 21.11.2023 г.
- Световидов А.Н. Рыбы Чёрного моря. М.: Наука, 1964. 554 с.
- Решетников А.Н., Зиброва М.Г., Дгебуадзе Ю.Ю. *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) // В кн.: Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. С. 546–552.
- Федоненко Е.В., Маренков О.Н. Расселение, пространственное распространение морфометрическая характеристика солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Centrarchidae, Perciformes) Запорожского водохранилища // Российский журнал биологических инвазий. 2013. № 2. С. 51–59.
- NewsInfo24. Необычный улов в Обуховке (Электронный документ) // (<https://newsinfo24.ru/?p=20488>). Проверено 21.11.2023 г.
- Riehl R., Baensch H.A. Aquarien Atlas. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Naturund Heimtierkunde, Germany. 1991. P. 992.
- Scott W.B., Crossman E.J. Freshwater Fishes of Canada. Bulletin 184. Fisheries Research Board of Canada. 1973. P. 966.

# RAPID EXPANSION OF THE PUMPKINSEED *LEPOMIS GIBBOSUS* (CENTRARCHIDAE) TO THE DON DELTA IN 2023

©2024 Gus'kov G.E.\*, Stepanova Yu.V., Bukhmin D.A.

Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, SSC RAS, Rostov-on-Don, Russia  
e-mail: [\\*gleb\\_guskov@mail.ru](mailto:*gleb_guskov@mail.ru)

The paper presents information about a sudden, massive invasion of Pumpkinseed into the delta of the Don in September – October 2023. Single specimens were recorded at the end of August 2023 in Svinoe Girlo branch of the Don River. After the wind flooding with waters from the Taganrog Bay to the delta, 78 individuals of Pumpkinseed were collected there. The size (standard length) of individuals ranged from 4.5 to 7.5 cm, weighing - from 2.46 to 12.98 g. Both fingerlings and females of the V stage of maturity and newly spawned individuals were caught. An assumption about a possible pathway of penetration of Pumpkinseed into the Don delta is made.

**Keywords:** *Lepomis gibbosus*, alien species, biological invasion, the Don.

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВЯЗИ АБОРИГЕННЫХ ДЕНДРОБИОНТНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ С ИНВАЗИОННЫМ ВИДОМ – ЛИПОВОЙ МОЛЬЮ-ПЕСТРЯНКОЙ *PHYLLONORYCTER ISSIKII* (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE)

© 2024 Ермолаев И.В.<sup>a, b</sup>

<sup>a</sup> Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, 620130, Россия

<sup>b</sup> Удмуртский государственный университет, Ижевск, 426034, Россия  
e-mail: ermolaev-i@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.10.2023. После доработки 23.02.2024. Принята к публикации 02.02.2024

Исследованы экологические связи аборигенных дендробионтных членистоногих с минами инвазионного вида липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae). Работу провели в период 2016–2023 гг. на примере популяций минёра Удмуртской Республики. Выявлен комплекс хищников *Ph. issikii*. Трипс *Haplothrips subtilissimus* (Haliday, 1852) (Thysanoptera, Phlaeothripidae) и клещ *Anystis* sp. (Trombidiformes, Anystidae) впервые отмечены в качестве хищников минёра. В качестве укрытия мины *Ph. issikii* используют сеноед *Valenzuela flavidus* (Stephens, 1836) (Caeciliusidae), божья коровка *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae), пауки *Clubiona* sp. (Clubionidae).

**Ключевые слова:** липовая моль-пестрянка, *Phyllonorycter issikii*, биологическая инвазия, хищник.  
DOI:10.35885/1996-1499-17-1-28-35

## Введение

Серьёзной проблемой для европейских и западносибирских насаждений липы *Tilia cordata* Mill. стало появление инвазионного вида – липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae). Первичный ареал этого дальневосточного вида охватывает часть России, Корею, Китай и Японию, вторичный – значительную часть Европы, РФ и Кавказ (рис. 1) [Ермолаев, Рублёва, 2017; Kirichenko et al., 2022; Lu et al., 2022]. Доминирование однолетней генерации [Ермолаев, Домрачев, 2020] и низкая эффективность местных энтомофагов [Ермолаев и др., 2011; 2018; 2019; 2023] позволяют минёру быстро увеличивать плотность заселения деревьев на значительной территории РФ. В результате три фазы инвазии (появление, становление и распространение) [Liebhold, Tobin, 2008] *Ph. issikii* проходит здесь за три года [Ермолаев, Рублёва, 2017]. Хронические повреждения листьев липы минёром оказывают негативное влияние на ростовые и генеративные характеристики дерева [Ермолаев, Зорин, 2011].

Последнее обстоятельство приводит к значительным экономическим потерям регионального пчеловодства.

В результате инвазии на территории РФ *Ph. issikii* стал доминирующим видом среди филлофагов липы [Ермолаев, Сидорова, 2011]. При этом плотность заселения отдельного листа *T. cordata* минёром достигала показателя 35 мин на лист [Ермолаев, Рублёва, 2017]. Важной особенностью липы является тот факт, что это повреждение дерева *Ph. issikii* не приводит к значительному преждевременному опадению листьев (как это происходит, например, при повреждении тополей *Ph. populifoliella*). Существование значительного количества мин *Ph. issikii* на листьях липы в течение длительного периода вегетации оказывает косвенное влияние на местную биоту членистоногих.

Цель представленной работы – исследовать экологические связи аборигенных дендробионтных членистоногих с минами инвазионного вида *Ph. issikii* на примере популяций минёра в Удмуртской Республике.



Рис. 1. Первичный (зелёный) и вторичный (синий) ареалы *Phyllonorycter issikii*. Серым цветом показан ареал рода *Tilia*, на котором не встречается *Ph. issikii*.

### Материал и методика

Материалы, связанные с обитателями мин *Ph. issikii*, собирали в течение полевых сезонов 2016–2023 гг. преимущественно на примере популяций минёра Удмуртской Республики. Для этого в период развития гусениц и куколок *Ph. issikii* собирали листья *T. cordata* с минами. Содержимое мин исследовали в полевой лаборатории под бинокляром. Беспозвоночных фотографировали с помощью камеры Sony α65, а также камеры для бинокляра Levenhuk M1400 PLUS. Исследовано более 5 тыс. листьев липы с минами *Ph. issikii*.

Наличие предпочтений при выборе растения, на котором охотится клоп *Anthocoris nemorum* (Linnaeus, 1761) (Anthocoridae) и стафилин *Anthophagus caraboides* (Linnaeus, 1758) (Staphylinidae), оценили в период развития гусениц и куколок первого поколения *Ph. issikii* (с 10 июня по 15 июля 2017 г.) на пробной площади в пойменной дубраве близ биостанции «Сива» Удмуртского государственного университета (56°83' с. ш., 53°90' в. д.). Древоостой липового дубняка был расположен в низине и представлен дубом черешчатым, липой мелколистной (*T. cordata*), вязом гладким (*Ulmus laevis* Pall.) и осинкой (*Populus tremula* L.). Древоостой состоял из 40% дуба, 30% липы, 20% вяза и 10% осины (4ДЗЛп2В1Ос). Бонитет IV класса. Относи-

тельная полнота 0.8. Высота деревьев дуба  $14.6 \pm 0.2$  м, диаметр ствола на высоте 130 см (на уровне груди)  $34.5 \pm 0.5$  см ( $n = 100$ ). Возраст древостоя 100 лет. Подрост высотой 5–6 м включает липу и вяз. С периодичностью раз в пять дней обтряхивали всех беспозвоночных с кроны 30 модельных деревьев подростка липы и вяза. Подрост липы не был заселён *Ph. issikii*. Во всех случаях было проведено 8 учётов.

В конце ноября 2016 г. в г. Ижевске на пробной площади «Телевышка» (56°87' с. ш., 53°17' в. д.) в лесном опаде были собраны более 600 листьев липы с минами *Ph. issikii*. Содержимое мин изучили под бинокляром.

### Результаты и их обсуждение

Наше исследование позволило выявить комплекс хищных членистоногих *Ph. issikii*. Среди них наиболее обычен клоп *A. nemorum* (3.5–4.3 мм). Вид широко распространён особенно в лесной зоне Европы, европейской части России, Сибири и Китая [Péricart, 1972, 1996]. Количество поколений *A. nemorum* зависит от широты. На севере ареала (Норвегия, Финляндия, Шотландия, Северо-Запад России) вид даёт одно поколение, в странах Центральной Европы (Англия, Германия, Голландия, Австрия, Польша) – 2, южнее (Франция) – 3 поколения [Саулич, Мусолин, 2009]. По классификации А.В. Лагунова [2003], *A.*

*nemorum* относится к морфоэкологической группе «ползателей». Представители этой группы – ярусно подвижные компоненты ценозов с короткими ногами и невытянутым телом [Лагунов, 2003].

Личинки и имаго *A. nemorum* могут питаться широким спектром арthropод на цветущих травянистых и кустарниковых растениях: трипсами, равнокрылыми, чешуекрылыми, жесткокрылыми, двукрылыми и клещами [Herard, 1986]. При этом каких-либо предпочтений растения-хозяина клоп не имеет [Hill, 1957, 1977]. Клоп нападает на гусениц и куколок *Ph. issikii*, прокалывая эпидермис листа хоботком над миной (рис. 2). Кроме того, личинок этого клопа можно обнаружить внутри мины. Питание *A. nemorum* гусеницами и куколками *Ph. issikii* отмечено в Московской [Осипова, 1992, 1995], Ульяновской [Мищенко, 2011], Томской [Конусова и др., 2019] областях, а также Удмуртской Республике [Ермолаев, Домрачев, 2020].

Другой хищник *Ph. issikii* – небольшой (4.5–5.5 мм) стафилин *A. caraboides* (рис. 3). Вид широко распространён в Европе и Азии [Shavrin, 2008; Hlaváč et al., 2016]. *A. caraboides* встречается на цветущих травянистых, кустарниковых и древесных растениях [Киршенблат, 1965; Assing, Schülke, 2012]. По классификации В.А. Кашеева [1999], *A. caraboides* относится к морфоэкологическому классу эпибионтов. Представители этой группы ведут открытый образ жизни,

имеют хорошо развитые глаза на отчётливо прогнатной голове, сильную склеротизацию покровов и относительно короткое и широкое брюшко с относительно небольшой подвижностью. Тело хищника дорзовентрально уплощено, ноги широко расставлены. При этом карабoidalный облик жука, по-видимому, связан со спецификой используемых видом укрытий [Кашеев, 1999]. Исследование гигропреферендума *A. caraboides* показало безусловное предпочтение 100%-й влажности воздуха [Тихомирова, 1973]. Питание стафилина *A. caraboides* липовой молью-пестрянкой *Ph. issikii* отмечено в Московской [Осипова, 1992, 1995], Томской [Конусова и др., 2019] областях, а также в Удмуртской республике [Ермолаев, Домрачев, 2020].

Несмотря на то, что *A. nemorum* и *A. caraboides* – широкие полифаги, у них, по-видимому, есть свои предпочтения растений, на которых лучше охотиться. Наше исследование, проведённое в пойменной дубраве близ биостанции «Сива» Удмуртского государственного университета, показало, что плотность *A. nemorum* схожа как на липе, так и на вязе ( $0.05 \pm 0.03$  и  $0.05 \pm 0.02$  клопов на дерево, соответственно). Плотность *A. caraboides* была достоверно выше ( $P < 0.05$ ) на липе ( $3.0 \pm 0.6$ ), чем на вязе ( $1.4 \pm 0.3$  жуков на дерево).

*Haplothrips subtilissimus* (Haliday, 1852) (Thysanoptera, Phlaeothripidae) – голарктический вид [Stannard, 1968]. Встречается с начала вегетации до первых заморозков как на



**Рис. 2.** Личинка клопа *Anthocoris nemorum* поедает гусеницу *Ph. issikii* (Удмуртская Республика, биостанция УдГУ «Сива», 20.06.2016).



**Рис. 3.** Стафилин *Anthophagus caraboides* на мине *Ph. issikii* (Удмуртская Республика, биостанция УдГУ «Сива», 16.06.2016).



**Рис. 4.** Личинка *Haplothrips subtilissimus* поедает гусеницу *Ph. issikii* (Удмуртская Республика, биостанция УдГУ «Фертики», 23.06.2023).

древесно-кустарниковой, так и на травянистой растительности [Яхонтов, 1955; Жильцова, Дербенева, 1972]. Зимует под корой, часто в растительном опаде. В европейской части РФ личинки трипса проходят развитие с мая до конца июля [Жильцова, Дербенева, 1972]. По всей вероятности, *H. subtilissimus* имеет смешанное питание. Хищничество вида варьирует от факультативного [Marullo, De Grazia, 2013] до облигатного [Stannard, 1968]. При этом наиболее частыми объектами питания являются клещи. Нами впервые выявлен факт питания *H. subtilissimus* гусеницами *Ph. issikii* (рис. 4).

Клещ *Anystis* sp. (Trombidiformes, Anystidae) обычен на листьях деревьев и травянистых растений. На примере *A. baccarum* известно, что эти хищники поедают растительноядных клещей, трипсов, тлей, цикадок, настоящих листоблошек, личинок листоедов, гусениц листовёрток [Cuthbertson et al., 2014]. Нами впервые сфотографировано нападение нимфы *Anystis* sp. на гусеницу *Ph. issikii* (рис. 5).

На листьях с минами *Ph. issikii* часто встречали яйца златоглазок (Chrysopidae) (рис. 6). Несмотря на то, что сам факт питания хищника гусеницами *Ph. issikii* нами зафиксирован не был, однако вероятность этого события достаточно высока. При попадании в мину личинки златоглазок часто нападают на хозяина. Так, значительная смертность от личинок *Chrysopa* sp. была отмечена для



**Рис. 5.** Нимфа клеща *Anystis* sp. напала на гусеницу *Ph. issikii* (Удмуртская Республика, биостанция УдГУ «Фертики», 24.06.2023).

дубовой широкоминирующей моли-пестрянки *Acrocercops brongniardella* (Fab.) [Санина, 1949]. В яблоневых садах Висконсина смертность куколок второго поколения *Ph. blancardella* (F.) от златоглазок составляла до 60% общей [Ridgway, Mahr, 1985].

Несмотря на таксономическое разнообразие мелких аборигенных дендробионтных хищников на липе, все они не являются специализированными хищниками представителей *Phyllonorycter* и оказывают слабое влияние на динамику численности *Ph. issikii*.

Выявлено, что ряд членистоногих могут использовать мину *Ph. issikii* как временное убежище. Большинство таких случаев отмечено во время развития куколки, а так-



**Рис. 6.** Личинка златоглазки в поисках пищи на листе липы (Удмуртская Республика, биостанция УдГУ «Фертики», 23.06.2023).





**Рис. 7.** Личинка сеноеда *Valenzuela flavidus* в мине *Ph. issikii* (г. Москва, ботанический сад МГУ, 18.07.2017).

же в период после оставления мины имаго моли. Например, в мине часто прячется сеноед *Valenzuela flavidus* (Stephens, 1836) (Caeciliusidae) (рис. 7). Этот голарктический, партеногенетический вид обычен на листовных деревьях [Голуб, 2015, 2016].

После выхода *Ph. issikii* мины моли активно используют в качестве укрытия мелкие хищники. Так, жуки божьей коровки *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae) активны днём и прячутся в минах ночью (рис. 8). Ювенильные особи паука *Clubiona* sp. (Clubionidae) заходят в мины в дневные часы, и выходят из них охотиться ночью. При этом пауки часто ремонтируют старые мины *Ph. issikii* с разорванным эпидермисом (рис.



**Рис. 8.** Божья коровка *Oenopia conglobata* внутри мины *Ph. issikii* (Удмуртская Республика, биостанция УдГУ «Сива», 10.07.2016).



**Рис. 9.** Паук *Clubiona* sp. сшивает разорванную мину *Ph. issikii* (Воронежский государственный природный биосферный заповедник, 21.08.2022).

9). Использование пауками *Clubiona* sp. мины как места убежища автор наблюдал в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике, а также в популяциях моли в ряде районов Удмуртской Республики. Интересно, что самки пауков *Clubiona* sp. дополнительно могут использовать мины в качестве мест укрытия для собственных кладок яиц (рис. 10). При этом эмбриональное развитие яиц паука в мине продолжается около 20 дней.

Анализ более шестисот листьев *T. cordata*, собранных в конце ноября 2016 г. на постоянной пробной площади по учёту *Ph. issikii* (г. Ижевск), показал отсутствие каких-либо зимующих беспозвоночных в минах инвайдера.



**Рис. 10.** Кладка паука *Clubiona* sp. в мине *Ph. issikii* (г. Ижевск, 02.07.2017).

## Благодарности

Выражаю 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. Автор благодарен Н.В. Голуб, С.В. Миронову, С.А. Филимоновой (Зоологический институт РАН), В.Б. Голуб (Воронежский государственный университет), С.В. Дедюхину (Удмуртский государственный университет), С.Л. Есюнину (Пермский государственный национальный исследовательский университет), В.И. Рожной (Калининградская межрайонная ветеринарная лаборатория), А.Н. Созонтову (Институт экологии растений и животных), А.В. Шаврину (Daugavpils University, Institute of Systematic Biology, Latvia) за помощь в определении собранного материала.

## Финансирование работы

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «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

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 N 12000-496 и приказом Минвуза СССР от 13 сентября 1984 N 22. Все усилия были предприняты, чтобы использовать только минимальное количество животных, необходимое для получения надёжных научных данных.

## Литература

- Голуб Н.В. Фауна сеноедов (Psocoptera) Южного Урала // Энтомологическое обозрение. 2015. Т. 94 (3). С. 608–615.
- Голуб Н.В. Новые указания сеноедов (Psocoptera) из Карачаево-Черкесской Республики // Евразийский энтомологический журнал. 2016. Т. 15 (2). С. 183–187.
- 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., 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., 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., Ефремова З.А., Ижболдина Н.В. Паразитоиды как фактор смертности липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 1. С. 24–32.
- Ермолаев И.В., Зорин Д.А. Особенности распределения липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в естественных насаждениях // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 10. С. 1193–1196.
- 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., Сидорова О.В. Сезонная динамика повреждения липы мелколистной комплексом членистоногих-филлофагов // Зоологический журнал. 2011. Т. 90. № 5. С. 552–558.
- Жильцова Л.А., Дербенёва Н.Н. Отряд Thysanoptera – Пузыреногие, или трипсы // Насекомые и клещи. Вредители сельскохозяйственных культур. Насекомые с неполным превращением. Том 1. Л.: Наука, 1972. С. 262–283.
- Кашеев В.А. Классификация морфоэкологических типов имаго стафилинид // TETHYS Entomological Research. 1999. № 1. С. 157–170.

- Киршенблат Я.Д. Семейство Staphylinidae // Определитель насекомых европейской части СССР: В 5 т. Т. 2. Жесткокрылые. М.; Л: Наука. 1965. С. 111–156.
- Конусова О.Л., Михайлова С.И., Прокопьев А.С., Щепеткина С.А. Липовая моль-пестрянка – инвазивный вредитель в насаждениях Томска // Защита и карантин растений. 2019. № 10. С. 49–51.
- Лагунов А.В. Жизненные формы хортобионтных полужесткокрылых (Hemiptera, Insecta) в Ильменском заповеднике // Известия Челябинского научного центра. 2003. Вып. 1. № 18. С. 113–117.
- Мищенко А.В. Энтомофауна листовых мин // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. Вып. 5. С. 101–106.
- 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-Тerrasного биосферного заповедника и его использование в лесном мониторинге: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Московский государственный университет леса, 1995. 22 с.
- Санина З.М. Минирующие насекомые древесных пород в заповеднике «Лес на Ворскле» // Учёные записки Ленинградского государственного университета. Серия биологических наук. 1949. № 92. Вып. 17. С. 116–133.
- Саулич А.Х., Мусолин Д.Л. Сезонное развитие и экология антокорид (Heteroptera, Anthocoridae) // Энтомологическое обозрение. 2009. Т. 88. № 2. С. 257–291.
- Тихомирова А.Л. Морфоэкологические особенности и филогенез стафилинид (с каталогом фауны СССР). М.: Наука, 1973. 191 с.
- Яхонтов В.В. Отряд Thysanoptera – Пузыреногие, или трипсы // Вредители леса. Том 2. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 886–897.
- Assing V., Schülke M. Freude-Harde-Lohse-Klausnitzer – Die Käfer Mitteleuropas. Band 4. Staphylinidae I (exklusive Aleocharinae, Pselaphinae und Scydmaeninae). Zweite neubearbeitete Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 2012. 560 s.
- Cuthbertson G.S., Qiu B.-L., Murchie A.K. *Anystis baccharum*: an important generalist predatory mite to be considered in apple orchard pest management strategies // Insect. 2014. Vol. 5. P. 615–628.
- Herard F. Annotated list of the entomophagous complex associated with pear psylla, *Psylla pyri* (L.) (Hom.: Psyllidae) in France // Agronomie. 1986. Vol. 6 (1). P. 1–34.
- Hill A.R. The biology of *Anthocoris nemorum* (L.) in Scotland (Hemiptera, Anthocoridae) // Transactions of the Royal Entomological Society of London. 1957. Vol. 109. P. 379–394.
- Hill A.R. The seasonal distribution of *Anthocoris* spp. in Scotland (Hem., Cimicidae) in a deciduous wood in west Central Scotland // The Entomologist's monthly magazine. 1977. Vol. 113. P. 139–146.
- Hlaváč P., Kocian M., Nakládal O. Updated list of the subfamily Omaliinae (Coleoptera: Staphylinidae) from Kazakhstan with some new records // Turkish Journal of Zoology. 2016. Vol. 40. P. 1505–1529.
- 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 18.09.2023)
- Liebhöf A.M., Tobin P.C. Population ecology of insect invasions and their management // Annual Review of Entomology. 2008. Vol. 53. P. 387–408.
- 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 (3). P. 265–280. [https://doi.org/10.11646/zootaxa.5205.3.5] (Accessed on 18.09.2023)
- Marullo R., De Grazia A. Territorial distribution, classification and relationships amongst Italian Thysanoptera // Bulletin of Insectology. 2013. Vol. 66 (1). P. 127–134.
- Péricart J. Hémiptères, Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Ouest Paléarctique // Faune de l'Europe et du Bassin Méditerranéen. 1972. No. 7. Paris. 402 p.
- Péricart J. Family Anthocoridae Fieber, 1836 – flower bugs, minute pirate bugs // Aukema B., Rieger C. (eds.). Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic region. Vol. 2. Cimicomorpha I. Wageningen, The Netherlands: The Netherlands Entomological Society. 1996. P. 108–140.
- Ridgway N.M., Mahr D.L. Natural enemies of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blancardella* (Lepidoptera: Gracillariidae), in sprayed and unsprayed apple orchards in Wisconsin // Environmental Entomology. 1985. Vol. 14. P. 459–463.
- Shavrin A.V. On the genus *Anthophagus* Gravenhorst, 1802 (Coleoptera: Staphylinidae, Omaliinae, Anthophagini) in Cisbaikalia, with additional Palearctic material of *A. (Phaganthus) caraboides* Linnaeus, 1758 // Baltic Journal of Coleopterology. 2008. Vol. 8 (2). P. 159–167.
- Stannard L. The Thrips, or Thysanoptera, of Illinois. Illinois Natural History Survey bulletin. 1968. Vol. 29 (4). 552 p.

**ECOLOGICAL RELATIONSHIPS OF DENDROBIOTIC  
ARTHROPODS WITH INVASIVE LIME LEAFMINER  
*PHYLLONORYCTER ISSIKII* (KUMATA, 1963) (LEPIDOPTERA,  
GRACILLARIIDAE)**

© 2024 Ermolaev I.V.<sup>a, b</sup>

<sup>a</sup> Botanic Garden Institute, Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, 620130, Russia

<sup>b</sup> Udmurt State University, Izhevsk, 426034, Russia

e-mail: [ermolaev-i@yandex.ru](mailto:ermolaev-i@yandex.ru)

The ecological relationships of native dendrobiont arthropods with the mines of the invasive species *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) were studied in Udmurtia during 2016–2023. A complex of predators of *Ph. issikii* has been identified. Thrips *Haplothrips subtilissimus* (Haliday, 1852) (Thysanoptera, Phlaeothripidae) and mite *Anystis* sp. (Trombidiformes, Anystidae) has been reported as predators of the leaf miner for the first time. *Valenzuela flavidus* (Stephens, 1836) (Caeciliusidae), *Oenopia conglobata* (Linnaeus, 1758) (Coccinellidae), *Clubiona* sp. (Clubionidae) use mines *Ph. issikii* as a cover.

**Key words:** lime leafminer, *Phyllonorycter issikii*, biological invasion, predator.

## ПЕРВАЯ НАХОДКА ШАКАЛА *CANIS AUREUS* В ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ – ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

© 2024 Кораблёв Н.П.<sup>a, b, \*</sup>, Цветков И.Н.<sup>a, b, \*\*</sup>, Кораблёв П.Н.<sup>c</sup>, Кораблёв М.П.<sup>d</sup>

<sup>a</sup> ФГБУ «Государственный природный заповедник «Полистовский»», п. Бежаницы, 182840, Россия

<sup>b</sup> ФГБОУ ВО Великолукская государственная сельскохозяйственная академия, г. Великие Луки, 182112, Россия

<sup>c</sup> ФГБУ «Центрально-Лесной государственный заповедник», пос. Заповедный, 172521, Россия

<sup>d</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071, Россия

e-mail: \*cranlab@gmail.com; \*\*Tsvetkov-iliya@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.11.2023. После доработки 04.01.2024. Принята к публикации 05.02.2024

В работе даны результаты исследования шакала *Canis aureus*, впервые обнаруженного на территории Псковской области, устойчивые популяции которого известны в границах соседних государств – Эстонии и Белоруссии. Видовая диагностика подтверждена морфологическими и молекулярно-генетическими методами. Краниометрические признаки и маркер мтДНК указывают на вероятное происхождение добытого зверя от популяций, заселивших Восточную Европу в конце XX – начале XXI вв. У добытого шакала выявлены два вида паразитических червей, имеющих медицинское и ветеринарное значение. Появление нового представителя в многовидовых сообществах Canidae, в случае натурализации инвазионного вида, способно привести к глубоким перестройкам сложившихся биотических отношений. Необходим мониторинг процесса инвазии *C. aureus* на северо-западе России. Предложены меры контроля за распространением инвазионного вида.

**Ключевые слова:** *Canis aureus*, инвазионный вид, северо-запад России, Псковская область.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-36-48

### Введение

Шакал *Canis aureus* L., 1958 – представитель семейства Canidae, исторически населяющий Южную и Переднюю Азию, Кавказ, Юго-Восточную Европу, Северную Африку [Гептнер и др., 1967]. По отношению к условиям обитания демонстрирует выраженную эврибионтность – населяет аридные и семиаридные ландшафты, предгорья, достигая высоты до 2000 м над ур. м., водно-болотные угодья с богатой околородной растительностью, сельскохозяйственные и урбанизированные ландшафты. Будучи первично эндемиком Средиземноморья, известным по искомым находкам с Голоцена, шакал с середины XIX в. начал распространяться в Юго-Восточную Европу, а столетие спустя расширяет ареал на север и запад, при этом последние десятилетия численность вида неуклонно растёт [Arnold et al., 2012; Кудактин и др., 2019].

В первом десятилетии XXI в. отечественные териологи рассматривали этот вид в статусе редкого, общей численностью 3.5–4.0 тыс. особей, в границах относительно ста-

бильного исторического ареала [Туманов, 2009]. Более пристальный взгляд спустя десятилетие кардинально изменил статус шакала. Активно расселяясь со второй половины XX в., этот хищник проник далеко на север европейской части России вплоть до Псковской обл., и по современным оценкам его численность составляет не менее 17 тыс. особей [Кудактин и др., 2019]. Самой северной точкой находки шакала в России в настоящее время следует считать Архангельскую обл. северней 64° с. ш. [Rykov et al., 2022]. По данным портала Млекопитающие России [2024], самой северо-восточной точкой присутствия вида стал Троицко-Печорский район Республики Коми (Id 193829). В Европе ареал шакала стремительно увеличивается, этот вид зарегистрирован в границах не менее 34 государств [Hatlauf et al., 2021]. В последние годы достоверное присутствие шакалов неоднократно фиксировалось в северных широтах на территории Финляндии и Норвегии [Sørensen, Lindsø, 2021; Kojola et al., 2023].

Среди специалистов, изучающих процесс расселения шакала, существует мнение, что одной из причин экспансии в более высокие широты служат глобальные климатические изменения, приводящие, в частности, к потеплению зим и уменьшению глубины снегового покрова [Бобров и др., 2008; Trouwborst et al., 2015].

Кроме того, согласно одной из популярных теорий, объясняющей быструю экспансию *C. aureus* в Европе с 1970-х гг., причина заключается в низкой плотности современных популяций волков *Canis lupus* по сравнению с историческим прошлым [Krofel et al., 2017]. Однако по сообщениям А.Н. Кудактина [Кудактин и др., 2019, 2021] на юге России в начале XXI в. наблюдается синхронный рост численности и волка, и шакала, при этом межвидовые антагонистические отношения между хищниками не выражены.

Причинно-следственные связи экспансии *C. aureus* по-прежнему дискутируются, тем временем шакал, образуя авангардные популяционные группы, входит в состав гильдий аборигенных видов и видов-вселенцев псо-

вых на обширных пространствах Европы, в том числе в европейской части России, а также в Оренбургской обл. и в азиатской части [Млекопитающие России..., 2024]. Это диктует необходимость, с одной стороны, мониторинга статуса вида на территории экспансии, с другой – оценку рисков вхождения этого инвазионного вида в состав местной фауны хищников.

Цель работы – с помощью краниометрических, молекулярно-генетических и гельминтологических методов установить возможные пути проникновения и санитарно-ветеринарное значение достоверной находки *C. aureus* в Псковской обл., предложить превентивные меры управления процессом инвазии.

### Материал и методы

В феврале 2023 г. на территории Elizavetovskogo охотничьего хозяйства Псковского района Псковской обл. между д. Толбица и автодорогой Псков – Гдов в точке с координатами 58.154167° с. ш., 28.266944° в. д. (рис. 1) в процессе охоты добыт среднего размера хищник, самец, отличающийся фенотипиче-



Рис. 1. Карта места добычи *Canis aureus* в Псковской обл.



**Рис. 2.** Шакал *Canis aureus*, добытый в феврале 2023 г. на северо-западе Псковской обл.: внешний вид (а) и состояние зубной системы (б).

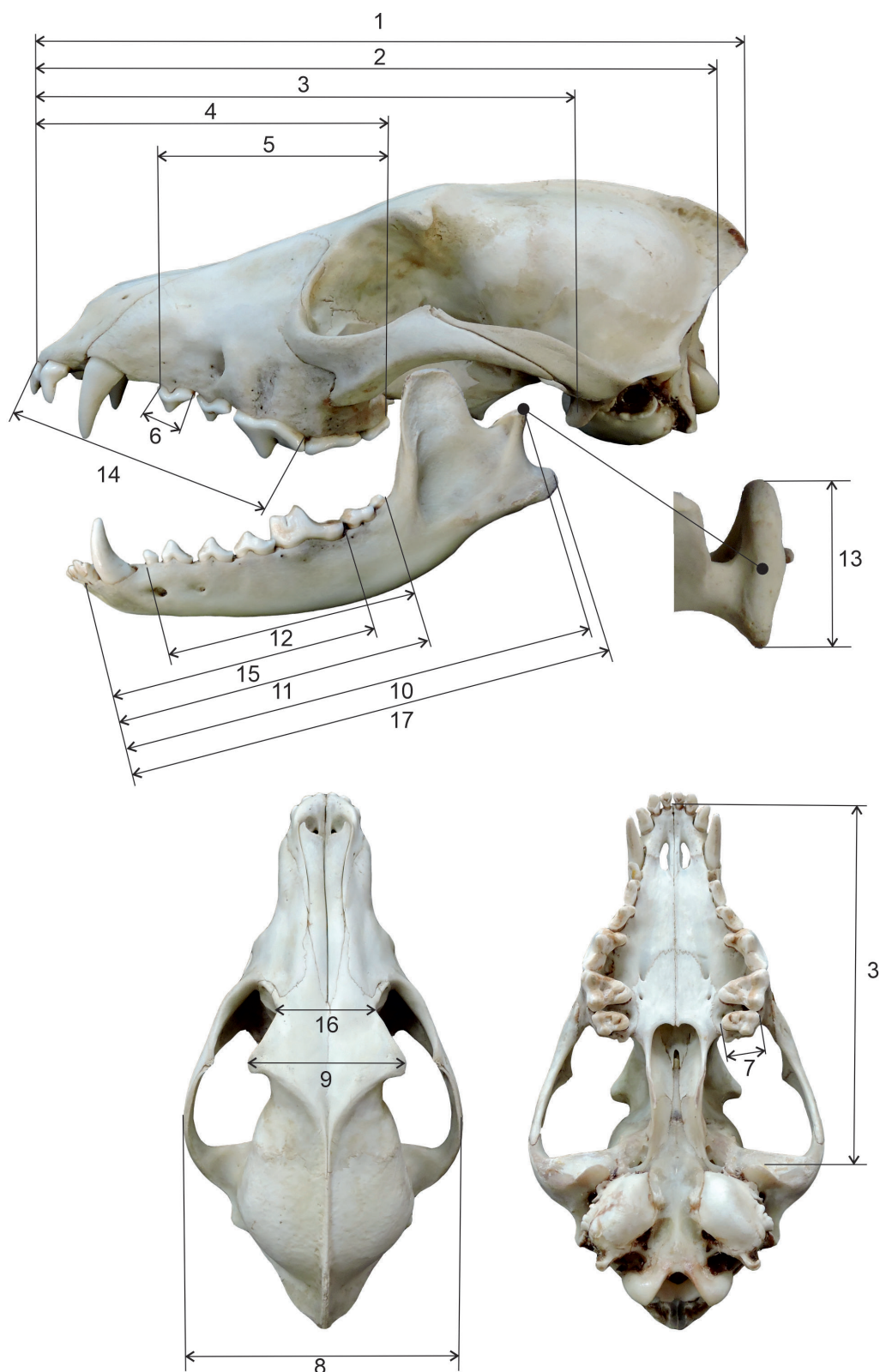
ски от волка *C. lupus* (рис. 2). Охотником-корреспондентом в полевых условиях возрастная группа добытого зверя оценена как 2+ (перярок). Выполненная позже в камеральных условиях оценка по степени стирания верхних резцов [Raichev et al., 1999] соответствовала возрастной группе 21–23 месяца.

Для получения краниометрических параметров череп шакала был измерен электронным штангенциркулем с точностью до 0.01 мм (рис. 3). Схема промеров включала 16 измерений черепа и нижней челюсти, в том числе билатерально симметричные признаки. Система измерений в значительной мере унифицирована с общеупотребимыми схемами [Ansorge, 1994].

Для генетического анализа использовали фиксированный в этаноле образец мышечной ткани. Выделение ДНК осуществляли с использованием набора реагентов QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Германия). Для оценки филогенетических связей исследованной особи с конспецификами из других частей ареала анализировали фрагмент контроль-

ного региона мтДНК, амплифицированный с применением праймеров WDLOOPL и H519, разработанных ранее для волка [Caniglia et al., 2013]. ПЦР выполнена в объёме 10 мкл, включающем 1 мкл ДНК, 2 мкл готовой 5-кратной ПЦР-смеси Mas<sup>DD</sup>TaqMIX-2025 (Диалат, Россия) и 0.35 мкл прямого и обратного праймеров с исходной концентрацией 5 пкмоль/мкл. Условия работы термоциклера: 94° С – 2 мин, (94° С – 15 с, 55° С – 15 с, 72° С – 30 с) × 40 циклов, 72° С – 5 мин [Fabbri et al., 2014]. Очистка ПЦР осуществлена методом осаждения в спиртовом растворе 3-молярного натрия ацетата с последующей промывкой охлажденным 70-процентным спиртом. Прочтение нуклеотидных последовательностей выполнено с прямым и обратным праймерами на генетическом анализаторе ABI 3500 (Applied Biosystems, США) с применением набора реагентов для секвенирования BigDye Terminator v.3.1 (Applied Biosystems, США). Полученная последовательность нуклеотидов длиной 489 п.н. была визуально проверена и выровнена с гомологичными участками мтДНК *C. aureus* из Базы данных Генбанк (номера доступа AF184048 [Randi et al., 2000]; AY289996 [Aggarwal et al., 2007]; HQ845260 [Rueness et al., 2011]; KF588364 [Fabbri et al., 2014]; KJ490945–46 [Pilot et al., 2014]; KT123040 [Paulauskas et al., 2018]; KT268318–19 [Kowalczyk et al., 2015]; KT343787–93, KT343795–96, KT343798–KT343803 [Yumnam et al., 2015]; KT362174–76 [Rutkowski et al., 2015]; MF113207 [Szeifert, не опубликовано]; MK801736 [Shakarashvili et al., 2020]; OL323053 [Rykov et al., 2022]; OP345200 [Sosale et al., 2023]) в программе BioEdit 7.0.9.0 [Hall, 1999]. В результате было получено выравнивание из 40 последовательностей длиной 240 п.н. Филогенетические отношения между гаплотипами оценены на основании дендрограммы, построенной методом ближайшего связывания (NJ) с использованием двухпараметрической модели Кимуры (K2P) в программе MEGA 11 [Tamura et al., 2021]. Достоверность узлов дендрограммы оценена на основе бутстреп-анализа (1000 повторов).

Для паразитологического обследования была доступна только голова добытого зверя.



**Рис. 3.** Схема измерений черепа и нижней челюсти шакала *Canis aureus*. Обозначения: 1 – максимальная длина черепа, 2 – кондилобазальная длина черепа, 3 – длина верхней челюсти, 4 – общая (альвеолярная) длина зубного ряда верхней челюсти, 5 – альвеолярная длина коренных зубов верхней челюсти, 6 – максимальная длина коронки P1 верхней челюсти, 7 – максимальная длина коронки M2 верхней челюсти, 8 – скуловая ширина, 9 – ширина заглазничных отростков, 10 – длина нижней челюсти по суставному отростку, 11 – общая (альвеолярная) длина зубного ряда нижней челюсти, 12 – альвеолярная длина ряда коренных зубов нижней челюсти, 13 – ширина головки суставного отростка нижней челюсти, 14 – длина от переднего края альвеолы резца до P3 верхней челюсти, 15 – длина от переднего края альвеолы резца до P4 нижней челюсти; 16 – заглазничное сужение; 17 – длина нижней челюсти по угловому отростку.



Исследованию подвергли кожные покровы, лобные синусы, носовую и ротовую полости, органы зрения, жевательные мышцы. Кожные покровы исследовали путём осмотра. Полости и органы зрения промывали физраствором и микроскопировали полученные смывы. Жевательные мышцы исследовали компрессионным методом.

Запись о первой находке *S. aureus* в Псковской обл. размещена на портале Млекопитающие России [Korablev N.P., 2023] (Id 233863). Последовательность исследованного фрагмента мтДНК с указанием географического происхождения добытой особи депонирована в Базе данных Генбанк [GenBank..., 2024] (номер доступа OR541968).

## Результаты и обсуждение

### Краниометрическая характеристика

Результаты измерения черепа шакала представлены в таблице 1. Номера промеров соответствуют таковым на рис. 3.

Для сравнительной характеристики размеров добытой особи использовали средние значения аналогичных краниометрических признаков для выборок *S. aureus* из различных частей современного ареала, полученные из литературных данных [Giannatos, 2004; Markov et al., 2017; Stoyanov, 2019; Rykov et al., 2022]. Сопоставление с краниометриче-

скими признаками, описывающими общие пропорции черепа и нижней челюсти, указывает на сходство размеров добытого в Псковской обл. шакала с животными подвида *S. aureus moreoticus*, населяющими юг Венгрии и Болгарию [Markov et al., 2017] (табл. 2).

С учётом установленной половозрастной группы, добытая особь шакала относится к сравнительно некрупным животным. Похожие по размерам шакалы населяют юг Восточной Европы. Несколько меньшие размеры черепа, по сравнению с полученными нами, характерны для шакалов Болгарии [Stoyanov, 2019]. В пределах Восточной Европы более крупные шакалы населяют Сербию [Markov et al., 2017]. Взрослый самец шакала, добытый в Архангельской обл. в 2022 г., также имел более крупные размеры черепа [Rykov et al., 2022]. Особь из Псковской обл. характеризуется размерами черепа, известными для взрослых самцов шакала подвида *S. aureus moreoticus*, населяющих в настоящее время обширные пространства Европы и Северо-Запад России. Морфологические особенности шакала, обнаруженного далеко на северо-восток от первичного ареала, подтверждают обнаруженную ранее тенденцию размерной изменчивости в соответствии с правилом Бергмана, характерную для европейских популяций хищника [Giannatos, 2004].

**Таблица 1.** Результаты измерения черепа шакала из Псковской обл.

Номер промера	Наименование промера	Значение, мм
1	максимальная длина черепа	170.63
2	кондилобазальная длина черепа	160.02
3	длина верхней челюсти	125.18
4	общая длина зубного ряда верхней челюсти	86.25
5	альвеолярная длина коренных зубов верхней челюсти	59.42
6	максимальная длина коронки P1 верхней челюсти	5.13
7	максимальная длина коронки M2 верхней челюсти	11.48
8	скуловая ширина	90.17
9	ширина заглазничных отростков	45.68
10	длина нижней челюсти по суставному отростку	123.29
11	общая длина зубного ряда нижней челюсти	84.70
12	альвеолярная длина ряда коренных зубов нижней челюсти	66.58
13	ширина головки суставного отростка нижней челюсти	18.70
14	длина от переднего края альвеолы резца до P3 верхней челюсти	53.14
15	длина от переднего края альвеолы резца до P4 нижней челюсти	52.77
16	заглазничное сужение	29.3
17	длина нижней челюсти по угловому отростку	125.92

**Таблица 2.** Сравнительная краниометрическая характеристика шакала, добытого в Псковской обл., и особей из Европы, наиболее близких по размерным признакам

Измерения черепа, мм	Наши данные, мм	Самые близкие значения, мм	Локалитет
максимальная длина	170.63	170.5 ± 6.01	Южная Венгрия
кондилобазальная длина	160.02	161.5 ± 3.99; 162 ± 4.63	Южная Болгария; Южная Венгрия
альвеолярная длина зубного ряда верхней челюсти	86.25	86.86 ± 2.73	Южная Венгрия
скуловая ширина	90.17	89.64 ± 2.82; 90.94 ± 5.67	Южная Венгрия; Северо-Западная Болгария
заглазничное сужение	29.3	30.25 ± 2.2	Юго-Восточная Болгария
длина нижней челюсти по угловому отростку	125.92	125 ± 3.79; 125.4 ± 3.03	Южная Венгрия; Юго-Восточная Болгария

### **Молекулярно-генетическая характеристика**

Полученная последовательность (460 п.н.) совпадает с гаплотипом, описанным ранее у шакалов из Архангельской обл. [Rykov et al., 2022], Польши [Kowalczyk et al., 2015], Украины [Kowalczyk et al., 2015], Венгрии [Szeifert, не опубликовано], Болгарии [Randi et al., 2000], Кавказа [Pilot et al., 2014]. При сокращении длины анализируемых фрагментов до 240 п.н. гаплотип изученной особи совпадает с последовательностями также из Литвы, Хорватии, Сербии, Грузии, Италии и Турции (рис. 4).

Результаты филогенетического анализа показывают, что в восточно-европейской части ареала распространён преимущественно один преобладающий гаплотип, к которому относится и последовательность мтДНК изученной особи (рис. 4). Генетическая однородность популяции шакала в Европе, в особенности на северо-востоке расширяющегося ареала, подчеркивалась разными авторами и рассматривается как эффект основателя [Zachos et al., 2009; Fabbri et al., 2014; Rutkowski et al., 2015; Kusza et al., 2019].

### **Гельминтологическая характеристика**

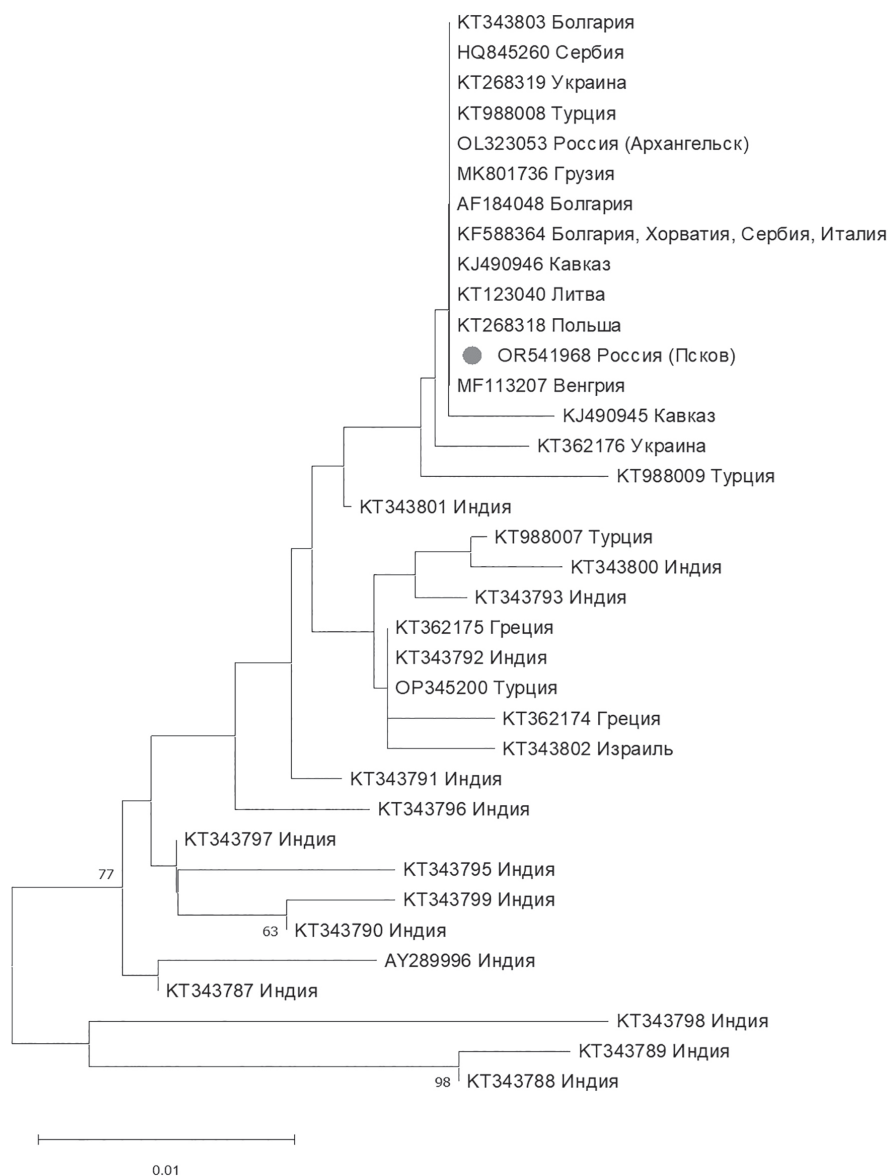
При обследовании головы шакала выявлены паразитические черви *Eucoleus boehmi* в носовой полости и *Trichinella* sp. в жевательных мышцах (рис. 5а–б).

Жизненный цикл *E. boehmi* изучен недостаточно. Известно, что развитие этих нематод

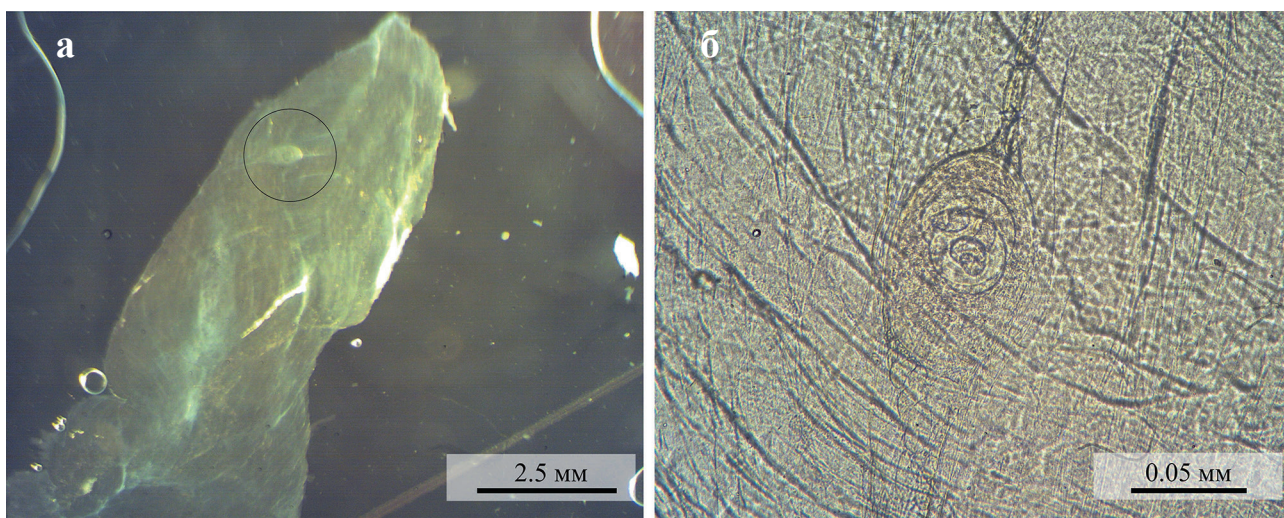
происходит с участием дождевых червей в качестве резервуарных хозяев. Точный способ инвазивирования окончательного хозяина неизвестен. Предполагают заражение прямым путём или через дождевого червя. Кроме шакала хозяевами *E. boehmi* служат другие дикие псовые и домашняя собака *Canis familiaris*. В Европе данных нематод обнаруживали у шакала в Сербии [Cabrito et al., 2018], у лисицы *Vulpes vulpes* в Венгрии [Sréter et al., 2003], Швейцарии [Gillis-Germitsch et al., 2020], Сербии [Lalošević et al., 2013], у домашней собаки в Италии [Veronesi et al., 2013], у волка в Швеции [Al-Sabi et al., 2018]. *E. boehmi* вызывает у хозяина патологию от ринита до менингококкового энцефалита.

Нематодами рода *Trichinella* животные заражаются вследствие хищничества, каннибализма и некрофагии при потреблении мяса, инвазированного личинками трихинелл. У шакала трихинеллёз зарегистрирован в Иране [Mirjalali et al., 2014; Shamsian et al., 2018], Венгрии [Széll et al., 2013], Сербии [Ćirović et al., 2015; Dmitric et al., 2017], Швейцарии [Frey et al., 2022], Румынии [Blaga et al., 2008], Казахстане [Uakhit et al., 2023], Алжире [Nezri et al., 2006]. При незначительной интенсивности инвазии трихинеллёз протекает в лёгкой форме, а при высокой заражённости вызывает у хозяина патологию кишечника, миозит, миокардит и, как правило, заканчивается летальным исходом.

Роль шакала в функционировании очагов гельминтозов ещё предстоит оценить. Очевид-



**Рис. 4.** Дендрограмма филогенетических отношений гаплотипов фрагмента контрольного региона мтДНК (240 п.н.) шакала. В узлах представлены значения бутстреп-анализа (1000 повторов). Последовательность изученной особи отмечена серым кружком.



**Рис. 5.** Паразитические черви, обнаруженные у исследованной особи *C. aureus*. а – срез жевательной мышцы с капсулой *Trichinella* sp. (увеличение 6×); б – капсула с личинкой *Trichinella* sp. (увеличение 100×).

но, этот инвазионный вид будет способствовать поддержанию очага и распространению трихинеллёза. Кроме того, вхождение шакала в гильдию псовых, населяющих регион, наряду с волком, лисицей и енотовидной собакой, в перспективе обогатит гельминтофауну представителей сем. Canidae за счёт транзита паразитических червей, характерных для шакала в различных пунктах расширяющегося ареала. На территории европейских стран, куда последние десятилетия шакал активно проникает, этот вид рассматривают как важный вектор распространения трансмиссивных патогенов, зоонозных и ветеринарно значимых заболеваний [Paulauskas et al., 2018].

### **Эколого-демографическая характеристика Canidae Псковской области в контексте находки *C. aureus***

Согласно данным Комитета по природным ресурсам и экологии Псковской обл. на территории региона за период наблюдений с 2010 по 2022 гг. численность аборигенных представителей сем. Canidae составила: волк *C. lupus* в среднем  $257.2 \pm 23$  особи (lim 171–446); лисица *V. vulpes* в среднем  $3489.2 \pm 605$  особей (lim 1885–8812). Численность интродуцированной енотовидной собаки *Nyctereutes procyonoides* в среднем составила  $9577.6 \pm 1076$  особей (lim 4962–16522). На исследуемой территории указанные хищники распределены неравномерно. Наиболее лесистые районы области (северные и северо-восточные) благоприятны для обитания волка. Более урбанизированные и аграрные южные, центральные и западные благоприятны для лисицы. Енотовидная собака распределена более равномерно, но тяготеет к влажным местообитаниям.

С точки зрения межвидового взаимодействия, вступая в острые конкурентные отношения с волком на значительной части ареала, шакал проигрывает в конкурентной борьбе [Krofel et al., 2017]. Однако, как отмечает А.Н. Кудактин [Кудактин и др., 2021], в последние годы на юге России в Краснодарском и Ставропольском краях наблюдают снижение остроты межвидовой конкуренции хищников и синхронный тренд увеличения плотности их популяций. Одна из возможных причин формирования толерантных межви-

довых отношений – гибридизация волка и собаки, что может повлечь за собой изменение в поведении таких животных по отношению к *C. aureus* [Кудактин и др., 2021]. По нашим данным [Korablev et al., 2021; Korablev et al., 2023] центр и северо-запад России населяет генетически высокополиморфная часть популяции волка *C. lupus*, характеризующаяся низкой долей волко-собачьих гибридов. Частота межвидовой гибридизации *C. aureus* × *C. lupus* и *C. aureus* × *C. familiaris* слабо изучена в границах ареала вида в России. В Европе и на Ближнем Востоке этот аспект экологии шакала исследован существенно лучше [Cohen et al., 2013; Galov et al., 2015; Barash et al., 2023]. Результаты изучения гибридизации показали, что и «антропогенная» (в случае с домашней собакой) и «естественная» (с волком) происходит вследствие нарушения структуры популяций диких хищников из-за прямого и косвенного уничтожения животных и трансформации среды их обитания. Аналогичные результаты были получены при изучении гибридизации североамериканских восточных волков *C. lycaon* с койотами *C. latrans* в Канаде [Rutledge et al., 2012]. Можно предполагать, что стабильная численность и ненарушенная структура популяции волка выступают естественными факторами контроля за распространением шакала.

Антагонистические отношения с лисицей у шакала менее выражены, однако и в этом случае экологические ниши их перекрываются, что способствует формированию конкурентных отношений.

Енотовидная собака, не вступая в острые конкурентные отношения с шакалом, тем не менее, занимает сходную трофическую нишу. Оба вида активно добывают корм во влажных местообитаниях и обладают сходным спектром питания [Туманов, 2009; Sutor et al., 2010; Кудактин и др., 2019]. Это приводит к увеличению пресса хищников на боровую и водоплавающую дичь, а также молодняк млекопитающих.

### **Вероятное происхождение шакала в Псковской области**

Молекулярно-генетические и краниометрические данные указывают, что добытая

особь *C. aureus* близка к животным из южной и восточноевропейской групп популяций. Ранее было показано, что формирующиеся группировки вида в Прибалтике несут свидетельства генетического преемства как от популяции Кавказа (в случае с Эстонией), так и от шакалов юго-востока Европы (в случае с Литвой) [Rutkowski et al., 2015]. Территориально наиболее близкая устойчивая популяция вида находится в Эстонии, где первые животные были зарегистрированы в 2012 г. на западе страны. С 2016 г. известны выводковые логова шакала на островах Чудского оз. на востоке Эстонии, вблизи границы с Россией [Männil, Ranc, 2022]. В зимний период по льду шакалы способны преодолевать значительные расстояния, которые летом служили водными преградами, именно этот фактор позволил зверю заселить острова в Балтийском море на западе Эстонии [Männil, Ranc, 2022]. В соответствии с этими данными, наиболее вероятным источником вселения вида в Псковскую обл. является популяция шакала Эстонии. В то же время нельзя исключать и другие коридоры проникновения, учитывая способность шакала к расселению на дальние расстояния [Rutkowski et al., 2015; Lanszki et al., 2018]. Так, в Республике Беларусь, граничащей с Псковской обл. на юго-западе, постоянное присутствие шакала фиксируется с 2011 г. [Гричик и др., 2018].

По аналогии с условиями обитания вида на территории Эстонии [Männil, Ranc, 2022] следует ожидать, в первую очередь, заселение шакалом прибрежной зоны Псковско-Чудского оз. и водно-болотных угодий Чудской низменности. Дальнейшая судьба хищника на Северо-Западе России, в том числе и в Псковской обл., будет зависеть от ряда биотических и абиотических (преимущественно климатических) факторов. До сих пор остаётся неясным, способен ли шакал в долгосрочной перспективе адаптироваться к обитанию в новых, существенно отличающихся от исходного ареала, климатических условиях. Однако наблюдаемый в настоящее время рост численности вида в Эстонии [Männil, Ranc, 2022] позволяет предположить, что хищник может вселяться в бореальные экосистемы и формировать устойчивые популяции [Kojola et al., 2023].

### **Практические рекомендации по контролю за шакалом на Северо-Западе России**

Учитывая, что на Северо-Западе России шакал – чужеродный вид, его натурализация в экосистемах, населенных аборигенными Canidae и интродуцированной енотовидной собакой, может привести к трансформациям существующих биотических отношений. Формирование устойчивого населения этого вида на территории Псковской обл. вполне возможно, принимая во внимание обитание шакала в странах Балтии и сходные с ними природно-климатические особенности региона. В этой связи необходим мониторинг за распространением и численностью шакала в изучаемом регионе. Практика показывает, что для этих целей могут быть использованы размещённые с учётом возможных коридоров инвазии и предпочитаемых видом станций фотодокументирующие устройства (фотоловушки). Данный способ мониторинга широко используется в полевой зоологии, в том числе для наблюдения за шакалом [Männil et al., 2014; Varash et al., 2023]. Учитывая опыт стран, где в последнее десятилетие сформировались устойчивые популяции шакала, целесообразно фиксировать каждый случай регистрации, добычи или гибели особей *C. aureus* с указанием координат места обнаружения, пола, возраста и количества особей.

Кроме того, необходимо включение *C. aureus* в охотничьи виды животных в тех регионах Северо-Запада, где присутствие шакала достоверно подтверждено, поскольку на начальных этапах колонизация инвазионным видом новой территории поддается контролю путём управления его численностью. Например, в соседней Эстонии добыча шакала разрешена ежегодно с 1 сентября по 29 февраля без лицензий [Männil, Ranc, 2022]. Поэтому целесообразно открыть круглогодичную охоту на этого хищника разрешёнными способами в соответствии с действующим законодательством.

С точки зрения оценки потенциала пригодности местообитаний для шакала на Северо-Западе России целесообразно использование моделей пространственного распространения видов (species distribution models – SDMs) [Guisan et al., 2017]. Прак-

тика подтверждает эффективность этого методического инструмента в отношении инвазионных видов для оценки биотического потенциала различных территорий за пределами нативного ареала [Хляп и др., 2023].

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Комитету по природным ресурсам и экологии Псковской области за помощь при получении материалов от добытого животного. Генетическое исследование выполнено в ЦКП «Инструментальные методы в экологии» Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

### Финансирование работы

Генетическое исследование проведено в рамках государственного задания по теме «Экологические и эволюционные аспекты поведения и коммуникации животных» № FFER-2021-0004.

### 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

Бобров В.В., Варшавский А.А., Хляп Л.А. Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 232 с.

Гептнер В.Г., Наумов Н.П., Юргенсон П.Б., Слудский А.А., Чиркова А.Ф., Банников А.Г. Млекопитающие Советского Союза. Морские коровы и хищные. М.: Высшая школа, 1967. Т. 2. Ч. 1. 1003 с.

Гричик В.В., Прокопчук В.В., Гребенчук А.Е., Рябцева А.О., Цыбовский И.С. Шакал (*Canis aureus* L., 1758) – новый вид в териофауне Беларуси // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2018. № 3. С. 55–61.

Кудактин А.Н., Касьян А.С., Козменко Н.Г. Распространение и динамика численности шакала (*Canis aureus*) в Краснодарском Крае // Вестник охотоведения. 2021. Т. 18. № 1. С. 110–115.

Кудактин А.Н., Яровенко Ю.А., Яровенко А.Ю. Современное распространение и экология шакала обыкновенного *Canis aureus* (L., 1758) в России и на Кавказе // Вестник охотоведения. 2019. Т. 16. № 1. С. 22–28.

Млекопитающие России (Электронный ресурс) // (<https://rusmam.ru/>). Проверено 04.01.2024.

Туманов И.Л. Редкие хищные млекопитающие России (мелкие и средние виды). СПб: Бранко, 2009. 448 с.

Хляп Л.А., Варшавский А.А., Дергунова Н.Н., Осипов Ф.А., Петросян В.Г. Самые опасные инвазионные околотоводные млекопитающие России: ансамблевые модели пространственного распространения // Российский журнал биологических инвазий. 2023. Т. 16. № 2. С. 238–271. [Перевод: Khlyap L.A., Warshavsky A.A., Dergunova N.N., Osipov F.A., Petrosyan V.G. The Most Dangerous Invasive Near-Water Mammals in Russia: Ensemble Models of Spatial Distribution // Russian Journal of Biological Invasions. 2023. Vol. 14. No. 3, pp. 457–483.] <https://doi.org/10.1134/S2075111723030104>

Aggarwal R.K., Kivisild T., Ramadevi J., Singh L. Mitochondrial DNA coding region sequences support the phylogenetic distinction of two Indian wolf species // J. Zool. Syst. Evol. Res. 2007. Vol. 45. No. 2. P. 163–172. DOI:10.1111/j.1439-0469.2006.00400.x

Al-Sabi M.N.S., Rääf L., Osterman-Lind E. et al. Gastrointestinal helminths of gray wolves (*Canis lupus lupus*) from Sweden // Parasitol. Res. 2018. Vol. 117. No. 6. P. 1891–1898. DOI: 10.1007/s00436-018-5881-z

Ansorge H. Intrapopular skull variability in the red fox, *Vulpes vulpes* (Mammalia: Carnivora: Canidae) // Zool. Abh. Staat. Mus. Tierk. Dresden. 1994. Vol. 48. P. 103–123. <https://doi.org/10.25225/fozo.v59.i4.a3.2010>

Arnold J., Humer A., Heltai M., Murariu D. Current status and distribution of golden jackals *Canis aureus* in Europe // Mammal Rev. 2012. Vol. 42. No. 1. P. 1–11. DOI: 10.1111/j.1365-2907.2011.00185.x

Barash A., Preiss-Bloom S., Machluf Y., Fabbri E., Malkinson D., Velli E., Mucci N., Barash A., Caniglia R., Tamar Dayan T., Dekel Y. Possible origins and implications of atypical morphologies and domestication-like traits in wild golden jackals (*Canis aureus*) // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. P. 73–88. DOI: 10.1038/s41598-023-34533-w

Blaga R., Gherman C., Seucom D., Cozma V., Boireau P. First identification of *Trichinella* sp. in golden jackal (*Canis aureus*) in Romania // J. Wildl. Dis. 2008. Vol. 44. No. 2. P. 457–459. DOI: 10.7589/0090-3558-44.2.457

Cabrilo O.B., Simin M., Miljević M., Cabrilo B., Mijatović D., Lalošević D. Respiratory and cardiopulmonary nematode species of foxes and jackals in Serbia // Helminthologia. 2018. Vol. 55. P. 213–221. DOI: 10.2478/helm-2018-0019

Caniglia R., Fabbri E., Mastrogiuseppe L., Randi E. Who is who? Identification of livestock predators using forensic genetic approaches // Forensic Science International Genetics. 2013. Vol. 7. P. 397–404. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.11.001>

Ćirović D., Teodorović V., Vasilev D., Marković M., Ćosić N., Dimitrijević M., Klun I., Djurković-Djaković O. A large-scale study of the *Trichinella* genus in the golden jackal (*Canis aureus*) population in Serbia // Vet. Parasitol. 2015. Vol. 212. P. 253–256. DOI: 10.1016/j.vetpar.2015.07.022

- Cohen T.M., Lichter-Peled A., Bar-Gal G.K. Genetic characterization of populations of the golden jackal and the red fox in Israel // *Conservation Genetics*. 2013. Vol. 14. No. 1. P. 55–63. DOI: 10.1007/s10592-012-0423-1
- Dmitric M., Vidanovic D., Vaskovic N., Matovic K., Sekler M., Debeljak Z., Karabasil N. Trichinella infections in red foxes (*Vulpes vulpes*) and golden jackals (*Canis aureus*) in six districts of Serbia // *J. Zoo. Wildl. Med.* 2017. Vol. 48. No. 3. P. 703–707. DOI: 10.1638/2016-0169.1
- Fabbri E., Caniglia R., Galov A., Arbanasić H., Lapini L., Bošković I., Florijančić T., Vlasseva A., Ahmed A., Mirchev R.L., Randi E. Genetic structure and expansion of golden jackals (*Canis aureus*) in the north-western distribution range (Croatia and eastern Italian Alps) // *Conservation genetics*. 2014. Vol. 15. P. 187–199. DOI: 10.1007/s10592-013-0530-7
- Frey C.F., Basso W.U., Zürcher-Giovannini S., Marti I., Borel S., Guthruf S., Gliga D., Lundström-Stadelmann B., Origgi F.C., Ryser-Degiorgis M.P. The golden jackal (*Canis aureus*): A new host for *Echinococcus multilocularis* and *Trichinella britovi* in Switzerland // *Schweiz. Arch. Tierheilkd.* 2022. Vol. 164. No. 1. P. 71–78. DOI: 10.17236/sat00338
- Galov A., Fabbri E., Caniglia R., Arbanasić H., Lapalombella S., Florijančić T., Bošković I., Galaverni M., Randi E. First evidence of hybridization between golden jackal (*Canis aureus*) and domestic dog (*Canis familiaris*) as revealed by genetic markers // *Royal society open science*. 2015. Vol. 2. 150450. <https://doi.org/10.1098/rsos.150450>
- GenBank (Electronic resource) // (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Accessed 04.01.2024.
- Giannatos G. Conservation Action Plan for the golden jackal *Canis aureus* L. in Greece. Athens: WWF. 2004. 47 p. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2016.02.005>
- Gillis-Germitsch N., Müller S., Gori F., Schnyder M. *Capillaria boehmi* (syn. *Eucoleus boehmi*): Challenging treatment of a rarely diagnosed nasal nematode in dogs and high prevalence in Swiss foxes // *Vet. Parasitol.* Vol. 281. 2020. DOI: 10.1016/j.vetpar.2020.109103
- Guisan A., Thuiller W., Zimmermann N.E. Habitat suitability and distribution models. Camb. and N.Y.: University Press. 2017. 496 p. <https://doi.org/10.1017/9781139028271>
- Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // *Nucl. Acids. Symp.* 1999. Vol. 41. P. 95–98. DOI:10.14601/Phytopathol\_Mediterr-14998u1.29
- Hatlauf J., Bayer K., Trouwborst A., Hackländer K. New rules or old concepts? The golden jackal (*Canis aureus*) and its legal status in Central Europe // *Eur. J. Wildl. Res.* 2021. 67:25. DOI:10.1007/s10344-020-01454-2
- Kojola I., Henttonen H., Heikkinen S., Ranc N. Golden jackal expansion in northernmost Europe: records in Finland // *Mamm. Biol.* 2023.
- Korablev M., Korablev N., Korablev P. Genetic diversity and population structure of the grey wolf (*Canis lupus* Linnaeus, 1758) and evidence of wolf × dog hybridisation in the centre of European Russia // *Mammalian Biology*. 2021. Vol. 101. No.1. P. 91–104.
- Korablev N.P. *Canis aureus* // *Mammals of Russia* // (<https://rusmam.ru/lk/record>). Uploaded by Korablev N. 04.05.2023. Accession number 233863.
- Korablev P.N., Korablev N.P., Zinoviev A.V., Korablev M.P. Can skull morphology-morphometry discern Russian wolf-dog hybrids from wolves (*Canis lupus*) and dogs (*Canis familiaris*)? // *Russian Journal of Theriology*. 2023. Vol. 22. No.1. P. 62–73.
- Kowalczyk R., Kolodziej-Sobocinska M., Ruczynsk I., Wojcik J.M. Range expansion of the jackal (*Canis aureus*) into Poland: first records // *Mammal Res.* 2015. Vol. 60. No. 4. P. 411–414.
- Krofel M., Giannatos G., Čirovič D., Stoyanov S., Newsome T.M. Golden jackal expansion in Europe: a case of mesopredator release triggered by continent-wide wolf persecution? // *The Italian Journal of Mammalogy. Hystrix*. 2017. Vol. 28. No. 1. doi:10.4404/hystrix-28.1-11819.
- Kusza S., Nagy K., Lanszki J., Heltai M., Szabó C., Czarnomska S. Moderate genetic variability and no genetic structure within the European golden jackal (*Canis aureus*) population in Hungary // *Mamm. Res.* 2019. Vol. 64. P. 63–69.
- Lalošević V., Lalošević D., Čapo I., Simin V., Galfi A., Traversa D. High infection rate of zoonotic *Eucoleus aerophilus* infection in foxes from Serbia. // *Parasite*. 2013. Vol. 20. DOI: 10.1051/parasite/2012003
- Lanszki J., Schally G., Heltai M., Ranc N. Golden jackal expansion in Europe: first telemetry evidence of a natal dispersal // *Mamm Biol.* 2018. Vol. 88. P. 81–84. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.11.011>
- Männil P., Jogisalu I., Ozolins J., Maran T. Golden jackal – new carnivore species in Northern Europe? // 9th Baltic Theriological Conference. Book of Abstracts. Daugavpils. 2014. DOI:10.6001/biologija.v64i3.3825
- Männil P., Ranc N. Golden jackal (*Canis aureus*) in Estonia: development of a thriving population in the boreal ecoregion // *Mammal Research*. 2022. Vol. 67. P. 245–250 <https://doi.org/10.1007/s13364-021-00615-1>
- Markov G., Heltai M., Nikolov I., Penezić A., Lanszki J., Duško 'C.D. Phenetic similarity of European golden jackal (*Canis aureus moreoticus*) populations from south-eastern Europe based on craniometric data // *Biologia*. 2017. Vol. 72. No. 11. P. 1355–1361. DOI: <https://doi.org/10.1515/biolog-2017-0148>
- Mirjalali H., Rezaei S., Pozio E., Naddaf S.R., Salahi-Moghaddam A., Kia E.B., Shahbazi F., Mowlavi G. *Trichinella britovi* in the jackal *Canis aureus* from south-west Iran // *J. Helminthol.* 2014. Vol. 88. No. 4. P. 385–388. DOI: 10.1017/S0022149X1300028X
- Nezri M., Ruer J., De Bruyne A., Cohen-Valensi R., Pozio E., Dupouy-Camet J. Première observation d'un cas humain de trichinellose due à *Trichinella britovi* en Algérie après consommation de viande de chacal (*Canis aureus*) // *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 2006. Vol. 99. No. 2. P. 94–95.
- Paulauskas A., Razanske I., Radzijeuskaja J., Nugaraite D., Gedminas V. The golden jackal (*Canis aureus*) – new alien species in Lithuania // *Biologija*. 2018. Vol. 64. No. 3. P. 203–207 DOI:10.6001/biologija.v64i3.3825

- Pilot M., Dąbrowski M.J., Hayrapetyan V., Yavruyan E.G., Kopaliani N., Tsingarska E., Bujalska B., Kamiński S., Bogdanowicz W. Genetic variability of the grey wolf *Canis lupus* in the Caucasus in comparison with Europe and the Middle East: distinct or intermediary population? // *PloS one*. 2014. Vol. 9. No. 4. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093828>
- Raichev E., Rosen D., Dimova T., Hristov H. How to determine the age of the Golden Jackal (*Canis aureus*) by cutting-teeth attrition and ossification of the basal cranial synchondroses // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 1999. No. 5. P. 807–810.
- Randi E., Lucchini V., Christensen M.F., Mucci N., Funk S.M., Dolf G., Loeschcke V. Mitochondrial DNA variability in Italian and East European wolves: detecting the consequences of small population size and hybridization // *Conserv. Biol.* 2000. Vol. 14. No. 2. P. 464–473.
- Rueness E.K., Asmyhr M.G., Sillero-Zubiri C., Macdonald D.W., Bekele A., Atickem A., Stenseth N.C. The cryptic African wolf: *Canis aureus lupaster* is not a golden jackal and is not endemic to Egypt // *PloS one*. 2011. Vol. 6. No. 1. DOI: 10.1371/journal.pone.0016385
- Rutkowski R., Krofel M., Giannatos G., Ćirović D., Männil P., Volokh A.M., Lanszki J., Heltai M., Szabó L., Banea O.C., Yavruyan E. A European concern? Genetic structure and expansion of golden jackals (*Canis aureus*) in Europe and the Caucasus // *PLoS one*. 2015. Vol. 10. No. 11. DOI: 10.1371/journal.pone.0141236
- Rutledge L.Y., White B.N., Row J.R., Patterson B.R. Intense harvesting of eastern wolves facilitated hybridization with coyotes // *Ecology and Evolution*. 2012. Vol. 2. P. 19–33. <https://doi.org/10.1002/ece3.61>
- Rykov A.M., Kuznetsova A.S., Tirronen K.F. The first record of the golden jackal (*Canis aureus* Linnaeus, 1758) in the Russian Subarctic // *Polar Biol.* 2022. Vol. 45. P. 965–970. <https://doi.org/10.1007/s00300-022-03037-0>
- Shakarashvili M., Kopaliani N., Gurielidze Z., Dekanoidze D., Ninua L., Tarkhnishvili D. Population genetic structure and dispersal patterns of grey wolves (*Canis lupus*) and golden jackals (*Canis aureus*) in Georgia, the Caucasus // *Journal of Zoology*. 2020. Vol. 312. No. 4. P. 227–238. DOI:10.1111/jzo.12831
- Shamsian A., Pozio E., Fata A., Navi Z., Moghaddas E. The Golden jackal (*Canis aureus*) as an indicator animal for *Trichinella britovi* in Iran // *Parasite*. 2018. Vol. 25. doi: 10.1051/parasite/2018030.
- Sørensen O.J., Lindso L.K. The golden jackal *Canis aureus* detected in Norway – management challenges with naturally dispersed species new to the country // *Fauna*. 2021. Vol. 74. P. 74–87
- Sosale M.S., Songsasen N., İbiş O., Edwards C.W., Figueiró H.V., Koepfli K.P. The complete mitochondrial genome and phylogenetic characterization of two putative subspecies of golden jackal (*Canis aureus cruesemanni* and *Canis aureus moreotica*) // *Gene*. 2023. Vol. 866. DOI: 10.1016/j.gene.2023.147303
- Sréter T., Széll Z., Marucci G., Pozio E., Varga I. Extraintestinal nematode infections of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Hungary // *Veterinary Parasitology*. 2003. Vol. 115. No. 4. P. 329–334. DOI: 10.1016/s0304-4017(03)00217-6
- Stoyanov S. Cranial variability and sexual dimorphism of golden jackal in Bulgaria // *Forestry Ideas*. 2019. Vol. 25. No. 2 P. 425–442
- Sutor A., Kauhala K., Ansorge H. Diet of the raccoon dog *Nyctereutes procyonoides* – a canid with an opportunistic foraging strategy // *Acta Theriologica*. 2010. Vol. 55. No. 2. P. 165–176. DOI:10.4098/j.at.0001-7051.035.2009
- Széll Z., Marucci G., Pozio E., Sréter T. *Echinococcus multilocularis* and *Trichinella spiralis* in golden jackals (*Canis aureus*) of Hungary // *Vet. Parasitol.* 2013. Vol. 197. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.04.032.
- Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA 11: molecular evolutionary genetics analysis version 11 // *Mol. Biol. Evol.* 2021. Vol. 38. No. 7. P. 3022–3027.
- Trouwborst A., Krofel M., Linnell J.D.C. Legal implications of range expansions in a terrestrial carnivore: the case of the golden jackal (*Canis aureus*) in Europe // *Biodivers Conserv.* 2015. Vol. 24. P. 2593–2610. DOI: 10.1007/s10531-015-0948-y
- Uakhit R., Mayer-Scholl A., Shin C., Smagulova A., Lidner L., Leontyev S., Kiyan V. Genetic identification of *Trichinella* species found in wild carnivores from the territory of Kazakhstan // *Front. Vet. Sci.* 2023. Vol. 14. doi: 10.3389/fvets.2023.1266561.
- Veronesi F., Lepri E., Morganti G., Di palma S., Mechelli L., Moretti A., Traversa D. Nasal eucoleosis in a symptomatic dog from Italy // *Vet. Parasitol.* 2013. Vol. 195. P. 187–191. DOI: 10.1016/j.vetpar.2013.01.022
- Yumnam B., Negi T., Maldonado J.E., Fleischer R.C., Jhala Y.V. Phylogeography of the golden jackal (*Canis aureus*) in India // *PloS one*. 2015. Vol. 10. No. 9. DOI:10.1371/journal.pone.0138497
- Zachos F.E., Ćirović D., Kirschning J., Otto M., Hartl G., Petersen B., Honnen A.-C. Genetic variability, differentiation, and founder effect in golden jackals (*Canis aureus*) from Serbia as revealed by mitochondrial DNA and nuclear microsatellite loci // *Biochem. Genet.* 2009. Vol. 47. P. 241–250. DOI:10.1007/s10528-009-9221-y



# THE FIRST RECORD OF GOLDEN JACKAL *CANIS AUREUS* IN PSKOV REGION – CAUSES AND CONSEQUENCES

© 2024 Korablev N.P.<sup>a, b, \*</sup>, Tsvetkov I.N.<sup>a, b, \*\*</sup>, Korablev P.N.<sup>c</sup>, Korablev M.P.<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Polistovsky State Nature Reserve, Bezhanitsy, Pskov oblast, 182840, Russia

<sup>b</sup>Velikie Luki State Agricultural Academy, Velikie Luki, Pskov oblast, 182112, Russia

<sup>c</sup>Central Forest State Nature Biosphere Reserve, Zapovednyi, Tver oblast, 172521, Russia

<sup>d</sup>A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russia  
e-mail: [\\*cranlab@gmail.com](mailto:*cranlab@gmail.com); [\\*\\*Tsvetkov-iliya@yandex.ru](mailto:**Tsvetkov-iliya@yandex.ru)

The article reports the first record of the golden jackal *Canis aureus* in the Pskov region, the stable populations of which are known in neighboring countries - Estonia and Belarus. Species diagnostics was confirmed by morphological and molecular genetic methods. Both craniometric features and an mtDNA marker indicate the probable origin of the hunted animal from populations that settled in Eastern Europe at the end of the 20th and beginning of the 21st centuries. Two species of parasitic worms of medical and veterinary significance were identified in the golden jackal. The appearance of a new representative in multi-species communities of Canidae can lead to profound restructuring of existing biotic relationships. Monitoring of the *C. aureus* invasion process in northwestern Russia is necessary. Measures to control the spread of the invasive species have been suggested.

**Key words:** *Canis aureus*, invasion species, north-west of Russia, Pskov Region.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ВТОРИЧНОГО АРЕАЛА УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА (*POLYGRAPHUS PROXIMUS* *BLANDFORD*) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© 2024 Кривец С.А.<sup>a, 1</sup>, Керчев И.А.<sup>a, 2</sup>, Бисирова Э.М.<sup>a, b, 3</sup>, Волкова Е.С.<sup>a, 4</sup>,  
Астапенко С.А.<sup>c, d, 5</sup>, Ефременко А.А.<sup>e, 6</sup>, Косилов А.Ю.<sup>f, 7</sup>, Кудрявцев П.П.<sup>g, 8</sup>,  
Кузнецова Ю.Р.<sup>h, 9</sup>, Пономарёв В.И.<sup>i, 10</sup>, Потапкин А.Б.<sup>g, 11</sup>, Тараскин Е.Г.<sup>j, 12</sup>,  
Титова В.В.<sup>k, 13</sup>, Шилоносоев А.О.<sup>l, 14</sup>, Баранчиков Ю.Н.<sup>e, 15</sup>

<sup>a</sup> Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, 634055, Россия

<sup>b</sup> Томский филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений», Томск, 634069, Россия

<sup>c</sup> Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Красноярского края», Красноярск, 660036, Россия

<sup>d</sup> Филиал ФБУ «ВНИИЛМ» – «Центр лесной пирологии», Красноярск, 660062, Россия

<sup>e</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачёва ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, 660036, Россия

<sup>f</sup> Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Алтайского края», Барнаул, 656056, Россия

<sup>g</sup> ФБГУ «Национальный парк «Таганай», Челябинская обл., Златоуст, 456209, Россия

<sup>h</sup> Инзерское лесничество Министерства лесного хозяйства Республики Башкортостан,  
пос. Инзер Белорецкого р-на Республики Башкортостан, 453570, Россия

<sup>i</sup> Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, 620144, Россия

<sup>j</sup> Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Нижегородской области»,  
Нижний Новгород, 603024, Россия

<sup>k</sup> Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской республики,  
Ижевск, 426051, Россия

<sup>l</sup> Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «Центр защиты леса Пермского края», Пермь, 614081, Россия

e-mail: <sup>1</sup>krivec\_sa@mail.ru; <sup>2</sup>ikea86@mail.ru; <sup>3</sup>bissirovaem@mail.ru; <sup>4</sup>evolko@mail.ru;

<sup>5</sup>astapenkosa@rcfh.rosleshoz.gov.ru; <sup>6</sup>efremenko2@mail.ru; <sup>7</sup>kosilovaj@rcfh.rosleshoz.gov.ru;

<sup>8</sup>kudryavcev@taganay.org; <sup>9</sup>gkurbul18@mail.ru; <sup>10</sup>v\_i\_ponomarev@mail.ru; <sup>11</sup>potapkin\_ab@taganay.org;

<sup>12</sup>e-taraskin@yandex.ru; <sup>13</sup>silistria18@gmail.com; <sup>14</sup>shilonosovao@rcfh.rosleshoz.gov.ru; <sup>15</sup>baranchikov\_yuri@yahoo.com

Поступила в редакцию 01.12.2023. После доработки 17.01.2024. Принята к публикации 10.02.2024

Представлены актуальные данные о современном вторичном ареале в России уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* – опасного инвазионного вредителя пихтовых насаждений. Чужеродный вид найден на территории 18 административных субъектов Российской Федерации – от Москвы и Московской области на западе до Иркутской области и Республики Бурятия на востоке. За 17 лет, прошедших с первого нахождения вида за пределами его естественного ареала на Дальнем Востоке России, вид широко распространился в Западной и Центральной Сибири, в последние годы – в Предуралье и на Урале, от средней тайги до лесостепи на равнинах до верхней границы произрастания пихты сибирской в горах. Образует очаги массового размножения в эксплуатационных лесах, на особо охраняемых природных территориях, в искусственных насаждениях населённых пунктов. С учётом особенностей произрастания основного в районах инвазии растения-хозяина – пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), времени обнаружения и источников формирования инвазивных популяций разработана структура вторичного ареала, даны характеристики современного распространения уссурийского полиграфа в регионах и прогноз дальнейшего расширения его ареала.

**Ключевые слова:** уссурийский полиграф, *Polygraphus proximus*, регионы инвазии, структура вторичного ареала, карты региональных ареалов, прогноз распространения.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-49-69

### Введение

Уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – инвазионный короед дальневосточного происхождения, стволовый вреди-

тель пихтовых насаждений в ряде регионов Российской Федерации, относится к так называемым «местным экзотам» [Guo, Ricklefs, 2010] – видам, преодолевшим биогеографические рубежи внутри стран и континентов.

Решением Совета Евразийской экономической комиссии № 158 от 30 ноября 2016 г. *P. proximus* включён в перечень карантинных вредных организмов, ограниченно распространённых на территории Евразийского экономического союза. Вид также включён в список А2 карантинных вредителей для стран Европейской и Средиземноморской организации по защите растений [EPPO Global Database, 2023].

Исходно обитающий на дальневосточных видах пихты (*Abies* spp.) [Старк, 1952] и не причиняющий заметного вреда в первичном ареале, уссурийский полиграф в районах инвазии в России стал наиболее агрессивным дендрофагом пихты сибирской (*A. sibirica* Ledeb.) и основной причиной её массового усыхания с 2000-х гг.

Многочисленны сведения о находках *P. proximus* на территории РФ [Чилахсаева, 2008; Баранчиков, Кривец, 2010; Baranchikov et al., 2010; Gninenko et al., 2010; Баранчиков и др., 2011, 2013, 2020а; Кривец, Керчев, 2011; Акулов, Мандельштам, 2012; Тараскин, 2013; Астапенко и др., 2014; Керчев, 2014; Кривец и др., 2014а, 2014б, 2019; Серая и др., 2014, 2015; Ефременко, Демидко, 2019; Bystrov, Antonov, 2019; Дедюхин, Титова, 2021; Kerchev et al., 2022; Бисирова и др., 2023; Кобзарь и др., 2023]. Существует ряд обзорных работ о распространении *P. proximus* в различных регионах России [Уссурийский полиграф..., 2015; Кривец и др., 2015, 2018; Chilahsaeva et al., 2019; Krivets et al., 2019; Soldatov et al., 2019].

В настоящее время наблюдается как расширение ареала уссурийского полиграфа в уже известных регионах инвазии, так и его проникновение в новые регионы РФ, что пока не нашло полного отражения в литературе. В статье обобщены все имеющиеся данные, в том числе публикуемые впервые, о распространении чужеродного вида на территории России. Цель сообщения – установление общей картины современного вторичного ареала *P. proximus*, важной не только для понимания особенностей и прогнозирования инвазионного процесса, но и для организации мониторинга и защиты лесов от опасного вредителя.

## Материал и методика

Основой для анализа послужили сведения о находках уссурийского полиграфа, полученные при непосредственном участии соавторов данной статьи в наземных обследованиях пихтовых насаждений в 2008–2023 гг. в 15 субъектах Российской Федерации (от Кировской обл. до Республики Бурятия). Достоверность сведений обеспечена точным указанием местонахождений и тщательным морфологическим изучением насекомых для определения их систематической принадлежности. Дополнительно к собственным материалам использована информация об обнаружении *P. proximus* на территории РФ, опубликованная в научных изданиях и на официальных сайтах специализированных организаций – Российского центра защиты леса (ФБУ «Рослесозащита»), Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор), региональных министерств, департаментов лесного хозяйства.

Для выявления *P. proximus* при проведении полевых исследований в первую очередь обследовали насаждения, в которых наблюдали заселённые полиграфом деревья пихты с характерными внешними признаками повреждения – порыжевшей хвоей и продольными натёками смолы на стволе в местах атак жуков (так называемый «плач пихты»). Главным критерием наличия уссурийского полиграфа в пихтовых древостоях являлось обнаружение под корой деревьев жуков, идентифицируемых как *P. proximus* по 6-члениковому жгутику усика, форме булавы усика и размерам тела, что отличает вселенца от аборигенных видов рода *Polygraphus* Er. [Старк, 1952; Чилахсаева, 2010]. Дополнительными надёжными признаками были следы развития полиграфа на деревьях: характерные отпечатки ходов на коре и лубе, углублённые в заболонь куколочные колыбельки, некрозы флоэмы, вызванные ассоциированными с короедом офиостомовыми грибами [Уссурийский полиграф..., 2015].

При отсутствии заметного усыхания пихты на территориях, для которых предполагалось обнаружение чужеродного вида, в разные годы проводили специальные исследова-

дования. Так, в Свердловской обл. для этого использовали подготовленные для заселения жуками окольцованные ловчие деревья (живые деревья диаметром 10–15 см, в нижней части которых был снят круговой участок коры). В Республике Бурятия для выявления полиграфа был проведён тщательный осмотр около 1 тыс. деревьев пихты с признаками усыхания на территории Байкальского биосферного заповедника и сопредельных землях лесного фонда. Иногда полиграфа обнаруживали в насаждении лишь при анализе буреломных и ветровальных деревьев, либо при случайном попадании жуков в ловушки с нецелевыми феромонами короедов.

Составление приведённых в данном сообщении картосхем распространения *P. proximus* осуществляли с применением программного пакета ArcGis 10.3. на основе реальных географических координат находок, определённых с помощью GPS-навигаторов при обследовании насаждений.

Для характеристики лесорастительных условий на территории вторичного ареала уссурийского полиграфа использованы находящиеся в открытом доступе электронные версии Лесных планов регионов РФ на 2019–2028 гг. [Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов..., 2019].

## Результаты

О самой ранней находке *P. proximus* за пределами его первичного ареала – в Ленинградской обл. близ железнодорожной станции Тосно-2 на ели (*Picea* sp.) в 1981 г. – сообщали М.Ю. Мандельштам и Б.Г. Поповичев [2000]. Авторы интерпретировали находку как результат возможного завоза вида в область по железной дороге, проходившей вблизи места сбора насекомых к существовавшему в то время лесогрузному терминалу Ленинградского морского порта. Этот факт до сих пор воспроизводится во многих публикациях, посвящённых уссурийскому полиграфу как чужеродному виду [см., например, Гниненко и др., 2023]. По последним данным [Мандельштам, Селиховкин, 2020], уссурийский полиграф исключён из списка короедов региона, как более не встречающийся, и, возможно, ошибочно указанный из-за неверной этикетировки

старого энтомологического материала. В связи с этим в нашем сообщении Ленинградская обл. не рассматривается в составе ареала *P. proximus*.

Современный вторичный ареал уссурийского полиграфа на территории естественного произрастания пихты сибирской в Российской Федерации охватывает восточную часть Приволжского федерального округа, часть Уральского федерального округа и часть Сибирского федерального округа от Приобья до Байкала. За пределами естественного ареала *A. sibirica* существует изолированный участок ареала *P. proximus* в Центральном федеральном округе.

Во вторичном ареале *P. proximus* нами выделены кластеры – сконцентрированные по географическому признаку группы административных субъектов РФ, регионов-реципиентов инвазии. В европейской части России образовались два кластера: Московский, объединяющий Москву и Московскую обл., и Приволжский, в который входят Кировская обл., Пермский край, Удмуртская Республика, Республики Татарстан и Башкортостан. К Приволжскому кластеру с востока примыкает Уральский кластер, включающий Свердловскую и Челябинскую области. Сибирская часть ареала представлена 3 кластерами: Приобским (Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край и Республика Алтай), Енисейским (Красноярский край и Республика Хакасия) и Байкальским (Иркутская обл. и Республика Бурятия).

Каждый из кластеров, при наличии наиболее вероятной причины образования – случайной интродукции *P. proximus* на лесопroduкции и крепёжном материале из пихты по Транссибирской железнодорожной магистрали и дальнейшей ступенчатой инвазии, обладает особенностями, обусловленными характером кормовой базы, временем обнаружения и фактического проникновения чужеродного вида, а также источниками формирования его популяций (донорами инвазии).

## Московский кластер

Как инвазионный вид внутри России уссурийский полиграф впервые был отмечен в 2006 г. в посадках пихты сибирской и северо-

Таблица 1. Местонахождения *P. proximus* в Москве и Московской области

Субъект РФ	Муниципальное образование*	Местонахождение	Год первого обнаружения	Источник
Москва	Троицкий административный округ	Михайловское (Шишкин лес), 55°24'29" с. ш., 37°10'04" в. д.	2006	Чилахсаева, 2008
	Останкинский район	ГБС РАН, 55°50'21" с. ш., 37°36'03" в. д.	2012	Серая и др., 2014
	Южный административный округ	Бирюлево Восточное, 55°35'42" с. ш., 37°39'22" в. д.	2018	Баранчиков и др., 2020б
Московская область	Городской округ Химки	Куркинское шоссе (Новогорск), 55°53'57" с. ш., 37°20'56" в. д.	2006	Чилахсаева, 2008
	Городской округ Королёв	г. Королёв, 55°55'00" с. ш., 37°49'00" в. д.	2006	Чилахсаева, 2008
	Одинцовский городской округ	дер. Агафоново, 55°37'25" с. ш., 36°34'40" в. д.; пос. Заречье, 55°41'16" с. ш., 37°23'47" в. д.	2006	Чилахсаева, 2008
	Раменский городской округ	пос. Быково, 55°37'54" с. ш., 38°05'26" в. д.	2008	Chilakhsaeva et al., 2019
	Городской округ Серпухов	г. Серпухов, 54°55'00" с. ш., 37°24'00" в. д.	2011	Chilakhsaeva et al., 2019
	Городской округ Пушкинский	г. Пушкино, 56°01'00" с. ш., 37°51'00" в. д.	2013	Chilakhsaeva et al., 2019

\*Здесь и далее наименования муниципальных образований приведены согласно современному административно-территориальному делению субъектов РФ.

роамериканской пихты бальзамической (*A. balsamea* (L.) Mill.) в Москве и центральной части Московской обл., позднее выявлен в искусственных пихтовых насаждениях и в других районах Подмосковья (табл. 1, рис. 1А).

На территории Москвы локальный очаг размножения действовал в 2012–2014 гг. в коллекции Главного ботанического сада РАН, где полиграф заселил 11 разных по географическому происхождению видов рода *Abies* Mill. и особенно сильные повреждения нанёс пихте сибирской. Очаг был ликвидирован с использованием химических средств защиты растений [Серая и др., 2014, 2015].

Возникновение нового очага в 2018 г. в дендропарке Бирюлёво подтверждает, что *P. proximus* остаётся постоянным компонентом биоты мегаполиса [Баранчиков и др., 2020б] и угрозой для Москвы и Московской обл. [Гниненко и др., 2020].

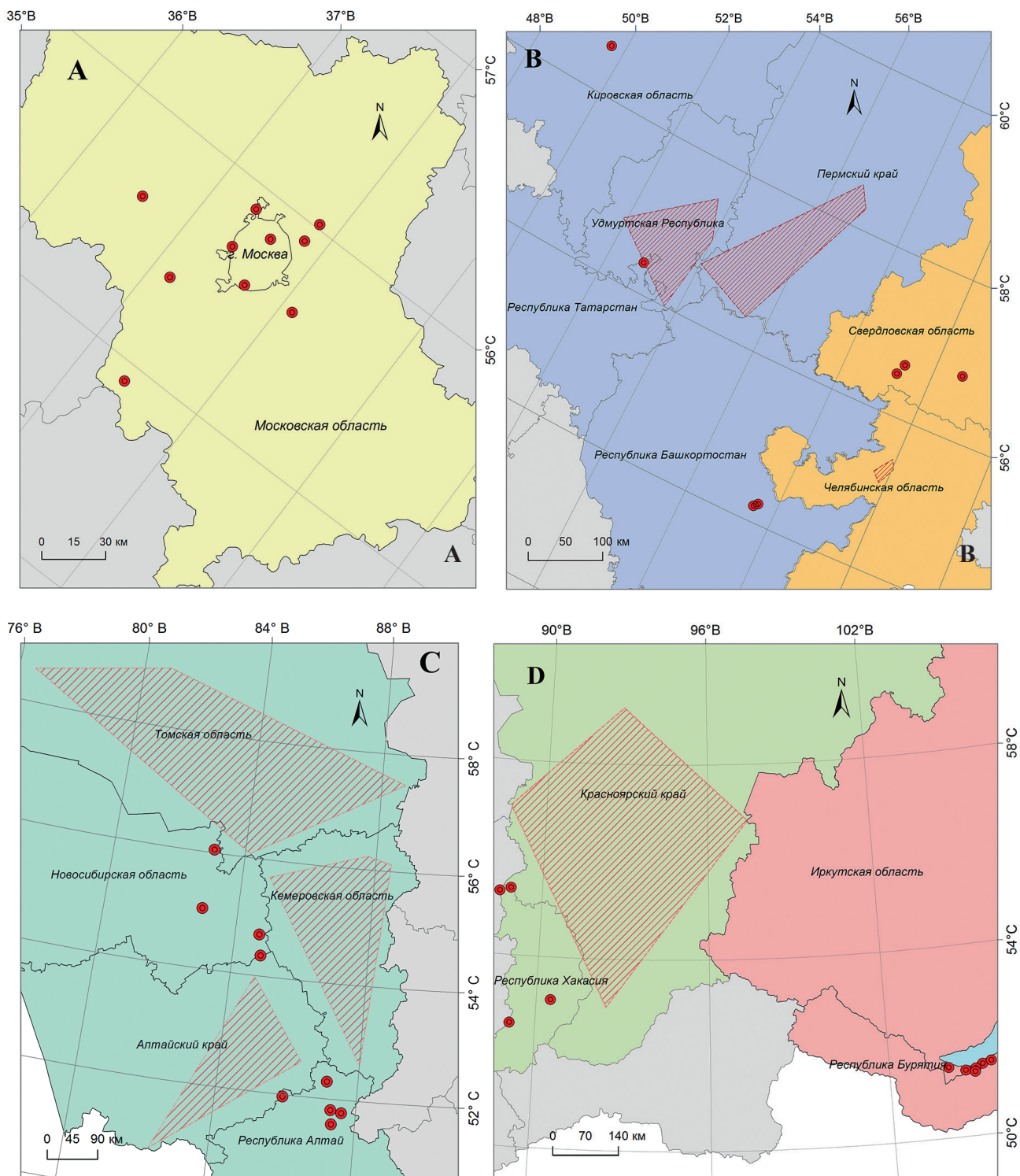
### Приволжский кластер

В регионах Приволжского кластера (Предуралье) уссурийский полиграф проник в западную часть ареала пихты сибирской, произрастающей здесь в составе елово-пих-

товых южно-таёжных и хвойно-широколиственных (смешанных) лесов, с разным, иногда высоким, участием *A. sibirica* в составе древостоев. Чужеродный вид регистрируется здесь лишь в последние годы в связи с обнаружением очагов массового размножения (рис. 1В, табл. 2).

Распространение *P. proximus* в **Удмуртской Республике** в 2019 г. подробно описано С.В. Дедюхиным и В.В. Титовой [2021], с указанием географических координат находок, ближайших населённых пунктов и лесных кварталов лесного фонда в четырёх муниципальных округах. К 2023 г. полиграф был обнаружен уже в 12 муниципальных округах республики: на землях лесного фонда; в пригородных и городских лесах Ижевска; на особо охраняемой территории федерального значения «Нечкинский национальный парк». В направлении с севера на юг полиграф распространён от 57°53'36" до 56°01'00" с. ш., с запада на восток – от 51°55'29" до 53°58'00" в. д.

В 2019 г. *P. proximus* был найден также на северо-востоке **Республики Татарстан**, на границе с Малопургинским округом Удмур-



**Рис. 1.** Карты-схемы распространения *P. proximus* уссурийского полиграфа в регионах: А – Московского кластера; В – Приволжского и Уральского кластеров; С – Приобского кластера; D – Енисейского и Байкальского кластеров. Кружками отмечены локальные очаги размножения (см. в тексте), штриховкой выделены территории с широким распространением уссурийского полиграфа.

тии, что может указывать на источник проникновения. Очаг полиграфа возник на площади 4.4 га в Агрызском участковом лесничестве (координаты очага 56°31'18" с. ш., 53°05'21" в. д.; 56°31'13" с. ш., 53°05'32" в. д.). Установленная карантинная фитосанитарная зона по

уссурийскому полиграфу была упразднена в 2022 г., в связи с ликвидацией очага и отсутствием карантинного объекта в течение 2 лет подряд [В Республике Татарстан..., 2022]. При этом территория республики остаётся в составе вторичного ареала полиграфа из-за

Таблица 2. Распространение уссурийского полиграфа на землях лесного фонда в регионах Приволжского кластера

Субъект РФ	Лесничество	Муниципальное образование	Год первого обнаружения
Удмуртская Республика	Завьяловское	Завьяловский округ	2019
	Киясовское	Киясовский округ	2019
	Яганское	Малопургинский округ	2019
	Сарапульское	Сарапульский округ	2019
	Каракулинское	Каракулинский округ	2021
	Алнашское	Алнашский округ	2022
	Воткинское	Воткинский округ	2022
	Увинское	Увинский округ	2022
	Якшур-Бодьинское	Якшур-Бодьинский округ	2022
	Вавожское	Вавожский округ	2023
	Дебесское	Дебесский округ	2023
	Кезское	Кезский округ	2023
Республика Татарстан	Агрызское	Агрызский район	2019
Пермский край	Добрянское	Добрянский округ	2022
	Закамское	Пермский округ	2022
	Очерское	Оханский округ	2022
	Пермское	Пермский район	2022
	Чайковское	Чайковский округ Еловский округ	2022
	Куединское	Бардымский округ Куединский район	2023
	Чусовское	Чусовской округ	2023
Кировская область	Осинское	Частинский округ	2023
	Городское	г. Киров	2023
Республика Башкортостан	Инзерское	Белорецкий район	2023

реальной опасности его повторного расселения из сопредельных районов Удмуртии.

В **Пермском крае** уссурийский полиграф впервые выявлен в 2022 г., в повреждённых им городских лесах г. Пермь и 5 лесничествах, а к 2023 г. его распространение было подтверждено уже в 10 муниципальных образованиях и 8 лесничествах (табл. 2). Инвазией полиграфа охвачена территория Прикамья от среднеуральского таёжного района Европейской части РФ (Чусовское лесничество) до района хвойно-широколиственных лесов (Чайковское и Куединское лесничества). В направлении с севера на юг *P. proximus* встречается от 58°31'33" до 56°20'48" с. ш., с запада на восток – от 54°01'29" до 56°56'58" в. д.

В 2023 г. официально признана инвазия уссурийского полиграфа на территории **Кировской обл.** [Лесопатологи филиала..., 2023; На

территории г. Кирова..., 2023]. Усыхание пихты с признаками повреждения, типичными для *P. proximus*, наблюдалось в 2022 г. в черте г. Кирова (Городское лесничество, 58°39'01"–58°39'03" с. ш., 49°34'49"–49°35'02" в. д., южно-таёжный лесной район Европейской части РФ) на площади 6.8 га. Ослабление насаждения произошло из-за воздействия ураганных ветров в 2019 г. и засушливого летнего периода в 2021 и 2022 гг., что способствовало образованию локального очага массового размножения стволового вредителя, который сначала был определён как пальцеходный лубоед (*Xylechinus pilosus* (Ratz.)) [Уссурийский полиграф не обнаружен..., 2022]. Достоверная идентификация чужеродного вредителя в 2023 г. стала возможна благодаря контактам лесопатологов Нижегородского филиала ФГУ «Рослесозащита» и энтомологов Инсти-

туда мониторинга климатических и экологических систем СО РАН.

В 2023 г. также прояснилась ситуация с уссурийским полиграфом в **Республике Башкортостан**. В июле 2022 г. инженер-лесопатолог Российского центра защиты леса А.А. Мещериков наблюдал недалеко от железнодорожной станции в пос. Инзер Белорецкого р-на на востоке Башкирии сильное усыхание лесного массива пихты, которое он предположительно связал с уссурийским полиграфом. Работавшие в очаге по этому сигналу лесопатологи республиканского центра защиты леса определили вредителя как пушистого полиграфа (*Polygraphus poligraphus* (L.)). Проведённое в 2023 г. специалистами Инзерского лесничества детальное обследование насаждений выявило типичные признаки повреждения деревьев уссурийским полиграфом, а определение систематической принадлежности вредителя энтомологами ИМКЭС СО РАН подтвердило предположение об инвазии *P. proximus* в ещё один регион России. Уссурийский полиграф найден в Башкирском Предуралье (южно-уральский лесостепной лесной район), на территории Инзерского участкового лесничества (координаты очага 54°13'28"–54°13'30" с. ш., 57°32'08"–57°32'09" в. д.) и в Ямаштинском лесничестве Южно-Уральского государственного природного заповедника (54°14'22" с. ш., 57°35'42" в. д.).

### Уральский кластер

Формирование Уральского кластера, выявленное в последнее время, сократило ранее существовавший разрыв вторичного ареала уссурийского полиграфа между европейской и сибирской его частью. Местонахождения *P. proximus* на Урале обозначены на рис. 1В.

В 2022 г. впервые установлено проникновение *P. proximus* на особо охраняемую природную территорию федерального значения «Национальный парк «Таганай», расположенный в **Челябинской обл.**, в северной части средневысотных горных хребтов восточного макросклона Южного Урала, где пихта является одной из основных лесообразующих пород и произрастает в составе пихтово-еловых и елово-пихтовых лесов. Систематическая

принадлежность короеда была определена энтомологами Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН.

Проведённые в 2023 г. исследования выявили уссурийского полиграфа в Юрминском, Таганайском, Шумгинском и Чернореченском лесничествах национального парка, на высоте от 428 до 906 м над ур. м., в насаждениях разного породного состава, с участием пихты в составе древостоев от единичных деревьев до 70% и средним возрастом от 70 до 140 лет. Наиболее часто полиграф встречался в южной части национального парка, где образовал локальные очаги массового размножения с сильным усыханием пихтовых древостоев. Крайние точки распространения *P. proximus* в 2023 г.: на севере – 55°30'41" с. ш., 59°57'48" в. д.; на юге – 55°10'09" с. ш., 59°50'27" в. д.; на западе – 55°16'22" с. ш., 59°38'43" в. д.; на востоке – 55°23'8" с. ш., 59°60'4" в. д.

В 2023 г. *P. proximus* найден на Среднем Урале, в **Свердловской обл.**: в лесах близ г. Нижние Серги (56°39'36" с. ш., 59°17'47" в. д.) и в природном парке «Оленьи Ручьи» (56°31'23" с. ш., 59°13'44" в. д., Нижнесергинский муниципальный р-он). В Екатеринбурге, в Ботаническом саду Уральского отделения РАН (56°48'01" с. ш., 60°36'40" в. д.), полиграф повредил коллекционные посадки пихты сибирской и пихты сахалинской (*A. sachalinensis* (F. Schmidt) Mast.).

Крупные сибирские кластеры на территории инвазии *P. proximus* – Приобский и Енисейский – расположены в срединной части ареала пихты сибирской с самыми большими площадями, занятыми этой древесной породой, часто образующей здесь чистые пихтарники. Данные территории характеризуются широким распространением вселенца, ранним формированием очагов его массового размножения в таёжных экосистемах, начиная с середины первого десятилетия XXI в., и наибольшими масштабами усыхания пихтовых лесов.

### Приобский кластер

Общее распространение уссурийского полиграфа в регионах Приобского кластера отражено на рис. 1С и в табл. 3.



Таблица 3. Распространение *P. proximus* на землях лесного фонда в регионах Приобского кластера

Лесничество	Муниципальный район	Лесничество	Муниципальный район
Томская область			
Асиновское	Асиновский	Кривошеинское	Кривошеинский
Бакчарское	Бакчарский	Молчановское	Молчановский
Васюганское	Каргасокский	Парабельское	Парабельский
Верхнекетское	Верхнекетский	Первомайское	Первомайский
Зырянское	Зырянский	Тегульдетское	Тегульдетский
Каргасокское	Каргасокский	Тимирязевское	Томский
Кедровское	Парабельский	Томское	Томский
Кожевниковское	Кожевниковский	Улу-Юльское	Первомайский
Колпашевское	Колпашевский	Чаинское	Чаинский
Корниловское	Томский	Шегарское	Шегарский
Новосибирская область			
Колыванское	Колыванский	Мирновское	Тогучинский
Маслянинское	Маслянинский	Новосибирское	Новосибирский
Кемеровская область			
Беловское	Беловский	Прокопьевское	Прокопьевский
Гурьевское	Гурьевский	Промышленновское	Промышленновский
Ижморское	Ижморский	Таштагольское	Таштагольский
Кемеровское	Кемеровский	Тисульское	Тисульский
Крапивинское	Крапивинский	Тяжинское	Тяжинский
Кузедеевское	Новокузнецкий	Чебулинское	Чебулинский
Мариинское	Мариинский	Юргинское	Юргинский
Междуреченское	Междуреченский	Яйское	Яйский
Мысковское	Новокузнецкий	Яшкинское	Яшкинский
Новокузнецкое	Новокузнецкий		
Алтайский край			
Алтайское	Алтайский	Фрунзенское	Красногорский
Белокурихинское	Алтайский Смоленский	Тягунское	Заринский Кытмановский
Горно-Колыванское	Змеиногорский Курьинский Краснощёковский Третьяковский	Чарышское	Краснощёковский Солонешенский Усть-Калманский Чарышский
Залесовское	Залесовский	Тогульское	Заринский Ельцовский Тогульский
Солтонское	Солтонский		
Республика Алтай			
Майминское	Майминский	Чойское	Чойский
Турочакское	Турочакский		

В **Томской обл.** *P. proximus* впервые был случайно обнаружен в лесах Томского р-на в 2008 г. в ловушках при испытании различных феромонных смесей для мониторинга местных видов короедов. К настоящему времени в результате многолетних исследований

полиграф найден во всех муниципальных районах и лесничествах области за исключением самого северного – Александровского р-на. Наиболее широко инвайдер расселился в южной части области – в Бакчарском, Зырянском, Первомайском, Тегульдетском,

Томском районах. Здесь выявлены многочисленные локальные очаги массового размножения вредителя и погибшие от него древо-стой в эксплуатационных лесах. Усыхание пихты наблюдалось и на особо охраняемых территориях регионального значения (в Алтайском, Ларинском, Поскоевском, Томском, Южнотаёжном государственных заказниках, Сибирском ботаническом саду Томского государственного университета), в искусственных насаждениях населённых пунктов (г. Томск, с. Кривошеино).

Ареал *P. proximus* в Томской обл. охватывает территорию от границы подтайги с лесостепью на юге до среднетаёжной подзоны таёжной зоны Западно-Сибирской равнины на севере. В направлении с севера на юг полиграф распространён от 59°00'24" до 56°05'01" с. ш., с запада на восток – от 76°30'01" до 88°45'35" в. д.

В **Новосибирской обл.**, бóльшая часть которой относится к лесостепной зоне, уссурийский полиграф встречается фрагментарно. На землях лесного фонда он регистрируется с 2011 г. – на северо-востоке, в южно-таёжных темнохвойных лесах Колыванского р-на, и на юго-востоке, в Тогучинском и Маслянинском районах, в осиново-пихтово-берёзовых (черневых) лесах низкогорий Салаирского кряжа. Полиграф проник также в искусственные пихтовые насаждения населённых пунктов прилегающих лесостепных районов – Мошковского (пос. Мошково) и Новосибирского (г. Новосибирск), встречается в коллекционных посадках пихты сибирской в Центральном Сибирском ботаническом саду СО РАН – особо охраняемой территории федерального значения.

Координаты крайних местонахождений *P. proximus* в Новосибирской обл.: на севере – 56°03'55" с. ш., 83°06'02" в. д. (дер. Усть-Тоя Колыванского р-на); на юге – 54°20'23" с. ш., 84°49'32" в. д. (с. Елбань Маслянинского р-на); на западе – 55°02'29" с. ш., 82°56'04" в. д. (г. Новосибирск); на востоке – 54°43'30" с. ш., 84°44'51" в. д. (пос. Мирный Тогучинского р-на).

Широко распространён *P. proximus* в **Кемеровской обл.**, где впервые отмечен в 2010 г. в Тисульском р-не [Гниненко, Клюкин,

2011]. К настоящему времени уссурийский полиграф найден в 17 муниципальных районах – на территории 19 лесничеств лесного фонда (табл. 3), в государственном природном заповеднике «Кузнецкий Алатау» и Шорском национальном парке. В Горной Шории поднимается до верхней границы произрастания пихты (гора Мустаг в окрестностях пос. Шерегеш, 1490 м над ур. м.).

Полиграф встречается во всех представленных на территории области лесных районах и лесорастительных зонах (Западно-Сибирском южно-таёжном равнинном районе таёжной зоны, Западно-Сибирском подтаёжно-лесостепном районе лесостепной зоны, Алтае-Саянском горно-таёжном районе Южно-Сибирской горной зоны). Региональный ареал полиграфа простирается с севера на юг от 56°12'50" до 52°37'35" с. ш., с запада на восток – от 84°53'09" до 88°31'22" в. д.

В **Алтайском крае** *P. proximus* впервые зарегистрирован в 2012 г., уже в очагах массового размножения. В настоящее время распространился на территории 16 муниципальных районов, 9 лесничеств восточной, юго-восточной и южной части края, относящихся к Алтае-Саянскому горно-таёжному району (табл. 3). Встречается в черневых лесах Салаирского кряжа, предгорных, низкогорных и среднегорных лесах Алтая с различным участием пихты в составе древостоев.

Чужеродный вид обнаружен в Тигирекском государственном природном заповеднике, расположенном на самом юге Алтайского края, у государственной границы с Казахстаном, на части территорий Краснощёковского, Змеиногорского, Третьяковского, Курьинского и Чарышского районов. Встречается здесь локально на протяжении всего лесного пояса, от реликтовой черневой тайги с преобладанием осиново-пихтовых высокотравных лесов до кедрово-пихтовых редколесий.

Распространение уссурийского полиграфа в Алтайском крае нуждается в дальнейшем изучении. В настоящее время условно можно принять в качестве крайних местонахождений *P. proximus* точки с координатами: на севере – 53°59'38" с. ш., 84°44'35" в. д. (с. Залесово Залесовского р-на); на востоке – 52°35'11" с. ш., 86°20'27" в. д. (пос. им. Фрунзе Крас-

ногорского р-на); на юге и западе – 50°49'4" с. ш., 82°24'17" в. д. (с. Новоалейское Третьяковского р-на).

В Республике Алтай полиграф с 2013 г. регистрируется в северо-восточной, Прителецкой, части региона, на территории трёх муниципальных районов и соответствующих лесничеств (табл. 3). Массово заселяет пихту в горно-черневом высотном поясе. Реже встречается в горно-таёжном поясе, до верхней границы произрастания пихты (водораздел рек Иогач и Левый Самыш, 51°33'37" с. ш., 87°22'43" в. д., 1493 м над ур. м.).

*P. proximus* также найден в пихтовых насаждениях населённых пунктов: пос. Турочак (52°15'43" с. ш., 87°07'14" в. д.); пос. Артыбаш (51°47'34" с. ш., 87°16'33" в. д.); г. Горно-Алтайск (51°57'38" с. ш., 85°55'08" в. д.); в прилегающей к Телецкому озеру части Алтайского государственного биосферного за-

поведника в Турочакском р-не (окрестности с. Яйлю, 51°46'09" с. ш., 87°36'10" в. д.). В связи с труднодоступностью для наземных обследований горных территорий распространение уссурийского полиграфа в Республике Алтай изучено недостаточно.

### Енисейский кластер

Енисейский кластер по площади распространения и очагов массового размножения уссурийского полиграфа является самым крупным в России (рис. 1D, табл. 4).

В Красноярском крае *P. proximus* впервые был идентифицирован в 2009 г. в Боготольском и Козульском районах, на территории одноимённых лесничеств. За прошедшее время число муниципальных районов, в которых фиксируется вредитель, увеличилось до 34 (из 44 районов края), число лесничеств – до 40 (из 62 лесничеств), а площадь повреж-

Таблица 4. Распространение *P. proximus* на землях лесного фонда в регионах Енисейского кластера

Лесничество	Муниципальный район	Лесничество	Муниципальный район
Красноярский край			
Абанское	Абанский	Козульское	Козульский
Ачинское	Ачинский	Красноярское	Березовский
Балахтинское	Балахтинский	Курагинское	Курагинский
Боготольское	Боготольский	Маганское	Березовский
Большемуртинское	Большемуртинский	Манзенское	Богучанский
Большеулуйское	Большеулуйский	Манское	Манский
Верхнеманское	Партизанский	Мининское	Емельяновский
Даурское	Балахтинский	Мотыгинское	Мотыгинский
Дзержинское	Дзержинский	Назаровское	Назаровский
Долгомостовское	Абанский	Новосёловское	Новосёловский
Емельяновское	Емельяновский	Пировское	Пировский
Енисейское	Енисейский	Рыбинское	Рыбинский
Ермаковское	Ермаковский	Северо-Енисейское	Северо-Енисейский
Идринское	Идринский	Сухобузимское	Сухобузимский
Иланское	Иланский	Таёжинское	Бирилюсовский
Ирбейское	Ирбейский	Тинское	Нижнеингашийский
Казачинское	Казачинский	Тюхтетское	Тюхтетский
Канское	Канский	Усольское	Тасеевский
Каратузское	Каратузский	Уярское	Уярский
Кизирское	Курагинский	Чунское	Богучанский
Республика Хакасия			
Бальксинское	Аскизский	Копьёвское	Орджоникидзевский
Горячегорское	Орджоникидзевский	Таштыпское	Таштыпский

дённных насаждений с 1.9 тыс. га до 561.8 тыс. га. Крупный очаг уссурийского полиграфа образовался на территории ООПТ федерального значения – национального парка «Красноярские Столбы», в котором пихтовые древостои повреждены к настоящему времени на площади более 26 тыс. га (55% от всей лесной территории резервата) [Полиграф уссурийский – главный фактор..., 2022].

Полиграф расселился от южной до восточной и западной границы края по всем равнинным и предгорным лесам с участием пихты и активно продвигается в северном направлении [Полиграф уссурийский продолжает распространение..., 2022]. Региональный ареал охватывает лесные районы таёжной зоны (Нижеангарский, Среднесибирский плоскогорный, Западно-Сибирский южно-таёжный равнинный), Среднесибирский подтаёжно-лесостепной район лесостепной зоны, Алтае-Саянский горно-таёжный и Алтае-Саянский горно-лесостепной районы Южно-Сибирской горной лесорастительной зоны.

В направлении с севера на юг Красноярского края *P. proximus* распространён от 59°09'07" до 53°02'04" с. ш., с запада на восток – от 88°39'06" до 97°28'21" в. д. Крайние точки местонахождений: на севере – с. Брянка Северо-Енисейского р-на; на юге – пос. Большая Речка в Ермаковском р-не, в предгорьях Западного Саяна; на западе – в Тюхтетском р-не, на территории Тюхтетского лесничества; на востоке – в Абанском р-не, на территории Долгомостовского лесничества.

В **Республике Хакасия**, где первые находки уссурийского полиграфа датируются 2013 г. [Баранчиков и др., 2013], он встречается в низкогорьях Кузнецкого Алатау, на территории 3 муниципальных районов и 4 лесничеств, относящихся по лесорастительному районированию к Алтае-Саянскому горно-таёжному району Южно-Сибирской горной зоны. Северная и западная точка обнаружения *P. proximus* находится в Орджоникидзевском р-не близ пос. Полуторник (55°18'32" с. ш., 88°20'13" в. д., 480 м над ур. м.), на самой границе республики с Тисульским р-ном Кемеровской обл. Южная граница распространения проходит по среднему течению р.

Абакан, по его левому притоку – р. Средняя Ада в Таштыпском р-не (координаты находки – 52°31'02" с. ш., 89°04'52" в. д., 700 м над ур. м.).

### Байкальский кластер

Появление уссурийского полиграфа в регионах Байкальского кластера обнаружено позднее по сравнению с другими сибирскими регионами.

В **Иркутской обл.** *P. proximus* впервые зарегистрирован в 2017 г. в Южном Прибайкалье, в предгорьях северного макросклона хребта Хамар-Дабан, близ пос. Утулик Слюдянского района (51°32'42" с. ш., 104°03'22" в. д.) [ФГБУ «ВНИИКР»..., 2017; Быстров и др., 2019; Bystrov, Antonov, 2019]. Здесь сформировался быстро растущий очаг размножения инвазионного вредителя с массовой гибелью пихты сибирской, общая площадь которого, по данным государственного лесопатологического мониторинга, в 2022 г. составляла 1655.3 га [Балданова, Титов, 2023].

В 2022 г. ещё одно местонахождение *P. proximus* в Слюдянском р-не обнаружено в лесных массивах рекреационного экопарка «Озёра на Снежной» (пос. Новоснежная, 51°23'43" с. ш., 104°38'51" в. д.) и его окрестностях [Кобзарь и др., 2023].

В **Республике Бурятия** поисковые исследования, проведённые в 2014 г. сотрудниками ИМКЭС СО РАН на Хамар-Дабане, в Бабушкинском лесничестве и Байкальском государственном природном заповеднике, не выявили присутствие полиграфа, что, по-видимому, было обусловлено крайне низкой его численностью в регионе. По устному сообщению сотрудника заповедника Н.А. Беловой, первые признаки его проникновения в пихтовые леса ООПТ (окрестности пос. Танхой Кабанского р-на республики, 51°33'11" с. ш., 105°07'08" в. д.) были замечены в 2020 г.

Специально организованные исследования в 2021 г. позволили подтвердить начавшуюся экспансию *P. proximus* в темнохвойную тайгу Бурятии [Kerchev et al., 2022]. В результате осмотра большого количества ослабленных и ветровальных деревьев пихты сибирской уссурийский полиграф был найден в 3 точках бурятской части Хамар-Дабана: на

склоне г. Мамай (51°24'55" с. ш., 104°49'18" в. д., в 60 км от первой находки в Утулике Иркутской обл.); в долине р. Осиновка Мишихинская (51°33'49" с. ш., 105°23'41" в. д.); самая высокая точка – 1030 м над ур. м. на склоне долины р. Большой Мамай (51°23'43" с. ш., 104°50'45" в. д.).

Установленные местонахождения уссурийского полиграфа располагаются в лесах Алтае-Саянского горно-таёжного и Байкальского горного лесных районов Южно-Сибирской горной зоны, в границах центральной экологической зоны Байкальской природной территории, на которой законодательно запрещено проведение санитарно-оздоровительных мероприятий и можно ожидать дальнейшего распространения вредителя на прилегающие территории.

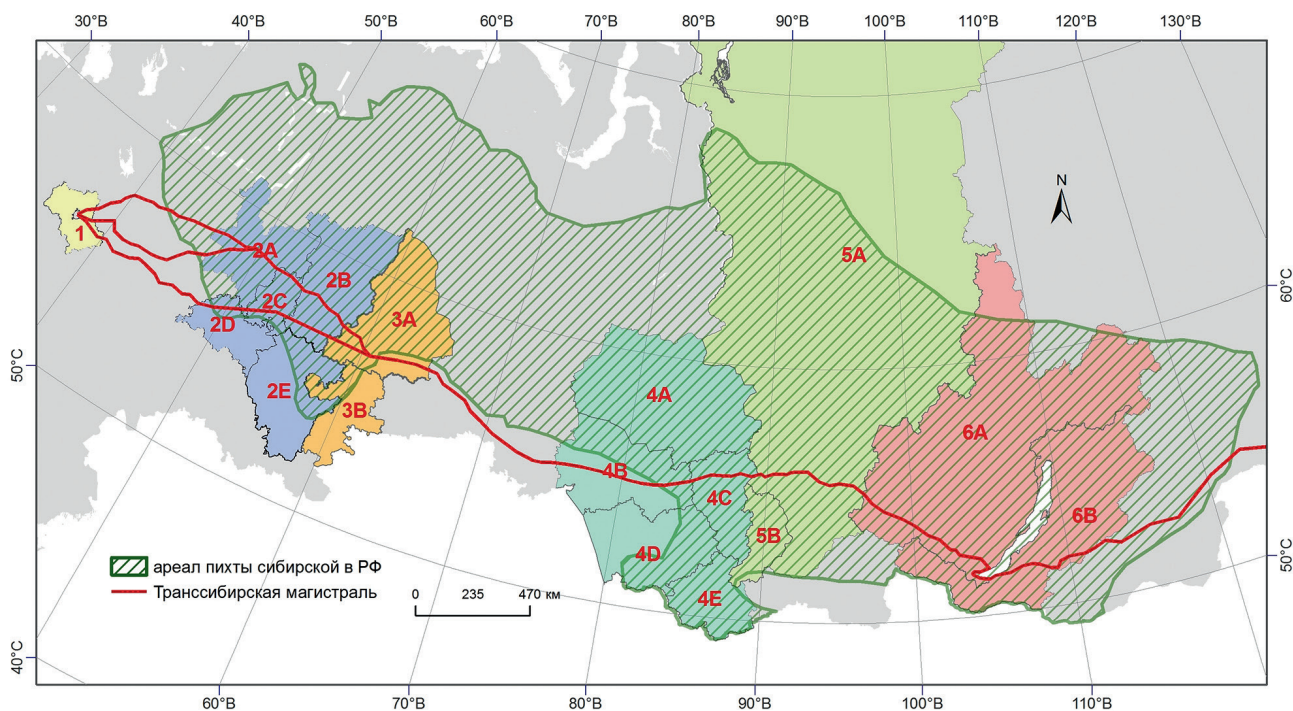
### Обсуждение

Установленный к настоящему времени вторичный ареал уссурийского полиграфа охватывает 18 субъектов Российской Федера-

ции и значительную часть ареала пихты сибирской (рис. 2) и, с учётом наличия московского эксклава, занимает территорию от 59° с. ш. на севере до 50° с. ш. на юге и от 36° в. д. на западе до 105° в. д. на востоке. Существование долготного разрыва ареала полиграфа к востоку от Урала до Приобья, в Тюменской и Омской областях, по-видимому, объясняется отсутствием исследований в этих регионах.

Расположение регионов инвазии связано с Транссибирской железнодорожной магистралью, что позволяет считать её основным путём для антропогенной интродукции *P. proximus* с лесоматериалами из восточных районов страны. Дальнейшее его распространение на сопредельные территории и внутри регионов происходит по местным транспортным коридорам и в процессе естественного расселения взрослых жуков.

Одним из аспектов анализа вторичного ареала уссурийского полиграфа является установление региональных особенностей формирования его инвазивных популяций с



**Рис. 2.** Структура современного вторичного ареала уссурийского полиграфа в России:

1. Московский кластер. 2. Приволжский кластер (2А – Кировская обл., 2В – Пермский край, 2С – Удмуртская Республика, 2D – Республика Татарстан, 2Е – Республика Башкортостан). 3. Уральский кластер (3А – Свердловская обл., 3В – Челябинская обл.). 4. Приобский кластер (4А – Томская обл., 4В – Новосибирская обл., 4С – Кемеровская обл., 4D – Алтайский край, 4Е – Республика Алтай). 5. Енисейский кластер (5А – Красноярский край, 5В – Республика Хакасия). 6. Байкальский кластер (6А – Иркутская обл., 6В – Республика Бурятия).

Для изображения границ ареала пихты сибирской использована информация, содержащаяся в Атласе ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР [1983] и монографии Л.П. Рысина с соавторами [2012].

использованием молекулярно-генетических методов (изучение распределения частот гаплотипов генов *COI-COII* митохондриальной ДНК).

Так, выделение Приобского и Енисейского кластеров в сибирской части ареала обосновано не только территориальной близостью входящих в их состав регионов, но и существованием географических популяций *P. proximus* с неперекрывающимися наборами гаплотипов. Это указывает на независимую интродукцию вида в Западную и Центральную Сибирь с территории Дальнего Востока и проявление эффекта «бутылочного горлышка», когда инвазивные популяции основаны небольшим вначале «десантом», несущим лишь часть генотипа исходных популяций [Баранчиков, 2012].

В Приобском кластере роль первичного региона-реципиента инвазии и донора для остальных регионов, популяции которых имеют сходный набор гаплотипов, сыграла Кемеровская обл., расположенная ближе всех к Транссибирской магистрали. В Енисейском кластере, популяции в котором принадлежат к другой генетической группе, по этой же причине первичным регионом-реципиентом и донором для Хакасии являлся Красноярский край. Состав гаплотипов в популяции полиграфа в окрестностях Москвы свидетельствует о том, что она сформировалась под действием множественной инвазии из дальневосточного исходного и западносибирского инвазивного ареалов [Баранчиков, 2012; Baranchikov et al., 2015; Kononov et al., 2016].

Принадлежность образцов жуков из удмуртской и томской популяций к одной гаплогруппе [Вуков et al., 2020] может быть подтверждением происхождения из одного источника. В популяции *P. proximus* из Бурятии также выявлена лишь одна гаплогруппа – доминирующая в Западной Сибири, что позволяет предположить инвазию полиграфа в Прибайкалье из Томской или Кемеровской обл. в результате железнодорожной перевозки неокорённой древесины или других товаров [Kerchev et al., 2022].

Ещё одним подтверждением целесообразности выделения кластеров во вторичном ареале вредителя служит распределение

по этому ареалу ассоциированных с короедом-пришельцем офиостомовых грибов (в том числе и фитопатогенных), привнесённых пришельцем из своего первичного ареала. Их число уменьшается при продвижении инвайдера к западу: от 10 видов грибов в первичном ареале полиграфа до 8 в Енисейском, 7 в Приобском и всего до 4 видов грибов в Московском кластере [Пашенова и др., 2018].

Как и во многих случаях биологических инвазий, формирование вторичного ареала *P. proximus* началось задолго до первых эпизодов обнаружения самого насекомого. Чужеродные виды обычно отмечаются после прохождения ими периода лаг-фазы инвазии, что особенно свойственно короедам, ведущим скрытый образ жизни [Rassati et al., 2016; Barnouin et al., 2020]. Регистрация вида в новом ареале происходит, чаще всего, уже при нанесении инвайдером реального экономического и экологического ущерба, либо в результате случайного отлова или карантинного досмотра [Brocknerhoff et al., 2006; Орлова-Беньковская, 2016].

Дендрохронологические исследования, проведённые в одном из ранних очагов уссурийского полиграфа в Красноярском крае, позволили установить проникновение *P. proximus* в леса региона в 1970-е гг. Первые немногочисленные следы поселения короеда были обнаружены на деревьях, отмерших в 1976–1988 гг. [Баранчиков и др., 2014]. В лесах южной части Томской обл. появление инвайдера датируется серединой 1990-х гг. [Демидко, 2014], как и в Удмуртии [Баранчиков и др., 2020a]. На южное побережье Байкала *P. proximus* заселился, вероятнее всего, в 2005–2006 гг. [Ефременко, Демидко, 2019].

С середины первого десятилетия XXI в. в Южной Сибири наблюдался переход инвазивных популяций уссурийского полиграфа во вспышечное состояние, и распространение вселенца приобрело характер взрывной экспансии. Одним из основных триггеров наращивания численности короеда явилось, по-видимому, изменение климата, выразившееся в повышении температуры приземного воздуха с середины 1970-х гг., особенно в зимне-весенний период, что способствовало лучшему выживанию жуков и развитию не-

скольких генераций за удлинившийся вегетационный сезон [Керчев и др., 2017]. В период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. территория инвазии полиграфа в Сибири находилась практически в эпицентре потепления на Азиатской территории России. Например, оценки тренда температуры ( $0.55\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ) и его среднеквадратического отклонения ( $0.33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ ) для мая в Сибири являлись одними из самых высоких в годовом ходе; особенно интенсивно процесс потепления наблюдался в Западной Сибири [Ипполитов и др., 2008].

Увеличению численности уссурийского полиграфа косвенно способствовало и уменьшение в этот период количества осадков, с трендом в масштабах Южной Сибири  $5\text{ мм}/10\text{ лет}$  [Ипполитов и др., 2008]. Именно аномально сухие весенние периоды могли послужить причиной синхронного по всей Южной Сибири беспрецедентного ослабления пихтовых массивов, которые стали благоприятным плацдармом для закрепившегося на новой территории вселенца. Изменение погодных условий в последующие годы не смогло остановить лавинообразного роста численности уссурийского полиграфа и его экспансии в сопредельные регионы [Керчев и др., 2017].

На продолжающееся в настоящее время ухудшение состояния пихтовых лесов на территории России влияют участвовавшие экстремальные природные события, в значительной степени связанные с изменением климата (высокотемпературные явления, засухи, пожары, сильные ветры). Ухудшение состояния насаждений обусловлено также аэротехногенными воздействиями, распространением грибных и раковых заболеваний, вспышками массового размножения сибирского шелкопряда, неблагоприятными локальными почвенно-климатическими условиями, высоким возрастом древостоев [Карбаинов, 1993; Бажина, Третьякова, 2001; Павлов и др., 2009]. Все это способствует увеличению кормовой базы для полиграфа и создаёт условия для его дальнейшего распространения.

Примечательно, что системы мониторинга и контроля популяций этого вредителя в настоящее время далеки от совершенства.

Налицо многолетнее запаздывание большинства критических этапов в разработке этих систем, включая «классические», такие как поиск паразитоидов и фитопатогенных грибов-ассоциантов, и кончая методами химического контроля и современными технологиями мониторинга (табл. 5).

Таким образом, при имеющихся проблемах с управлением популяциями вредителя, с одной стороны, и количественным и качественным потенциалом пихтовых лесов, с другой, нет оснований считать установленное на данный момент распространение *P. proximus* на территории Российской Федерации окончательным. Обнаружение уссурийского полиграфа в регионах с разной, даже незначительной, площадью пихтовых лесов (табл. 6) позволяет предположить дальнейшее расширение его ареала на запад и север европейской части России – на части территорий Нижегородской обл., Республик Марий Эл и Коми, в пихтовые насаждения Вологодской обл. и Республики Чувашия. В Уральском федеральном округе возможно продвижение границы ареала уссурийского полиграфа на север в Ханты-Мансийский автономный округ, в Сибири – на восток Иркутской обл. и Республики Бурятии. Из-за наличия очагов массового размножения можно прогнозировать увеличение площадей региональных ареалов во всех административных субъектах Приволжского кластера, в Свердловской и Челябинской областях Уральского кластера.

Широкомасштабная экспансия уссурийского полиграфа на территории РФ наглядно продемонстрировала, что применяемые на практике санитарно-оздоровительные мероприятия, проводимые в очагах в фазе вспышки массового размножения вредителя, неэффективны в ограничении его распространения, экономически нерациональны и экологически часто неприемлемы.

Особую озабоченность вызывают ООПТ с высокой долей пихтовых лесов, поскольку санитарные мероприятия на них ограничены или вообще запрещены, что, при возникновении очагов размножения полиграфа, создаёт угрозу не только для растительного покрова самих ООПТ, но и сопредельных пихтовых насаждений. С другой стороны, и окружаю-

Таблица 5. Этапы и запаздывание разработки системы контроля уссурийского полиграфа (с момента его обнаружения во вторичном ареале)

Год	Этапы	Источник	Запаздывание, лет
1970-е	Интродукция в Сибирь	Баранчиков и др., 2014	–
2006	Первое обнаружение в Москве и Подмосковье	Чилахсаева, 2008	0
2008	Идентификация сибирских популяций	Баранчиков, Кривец, 2010	2
2010	Нахождение фитопатогенного грибного ассоцианта	Пашенова и др., 2011	4
2010	Феромон, начало работ	Не опубликовано	4
2012	Нахождение паразитоидов / хищников	Керчев, 2012; Баранчиков, Петько, 2013	6
2013	Дендрохронологическая датировка начала локальных инвазий	Баранчиков и др., 2014	7
2013	Механизмы устойчивости пихты, начало	Астраханцева и др., 2014, 2016	7
2015	Ареал инвазии, первое обобщение	Кривец и др., 2015	9
2015	Использование генетических методов для межпопуляционных различий	Baranchikov et al., 2015	9
2015	Химический контроль, начало	Серая и др., 2018	9
2016	Химический контроль, некоторые результаты	Пашенова и др., 2016; Серая и др., 2018	10
2016	Технология мониторинга, подходы к разработке	Гниненко и др., 2016; Технология..., 2018	10
2017	Использование беспилотных летательных аппаратов в мониторинге	Керчев, 2017	11
2022	Феромон, идентификация компонентов	Viklund et al., 2022	16
2023	Механизмы устойчивости пихты, некоторые результаты	Астраханцева и др., 2023	17

щие эксплуатационные леса с неизбежными нарушениями в ходе их использования, в частности, при проведении рубок, могут служить местом накопления вредителя и дальнейшего расселения на охраняемые территории.

Требуется новая парадигма лесозащиты, направленная на раннее обнаружение появления чужеродного вредителя, на стадии появления отдельных деревьев, заселённых полиграфом, или начальной стадии формирования очага, что облегчит его локализацию и позволит минимизировать экологический и экономический ущерб. Такой подход соответствует и современным принципам инвазионной биологии.

Одним из оптимальных способов раннего обнаружения короеда и мониторинга динамики его численности является использование ловушек с видоспецифичным феромоном.

Феромон уссурийского полиграфа недавно идентифицирован в результате исследований Института леса СО РАН совместно со шведскими учеными [Viklund et al., 2022]. Для создания рабочего препарата и его полевого испытания с целью дальнейшего применения в практике требуется решение вопроса о финансовой поддержке этих работ.

Перспективным для раннего обнаружения вредителя является дистанционный мониторинг состояния пихтовых насаждений, как по космоснимкам, так и с использованием беспилотных летательных аппаратов [Технология мониторинга..., 2018], что позволяет захватить начало формирования очага и обеспечить более раннее и менее травматичное для леса проведение выборочной рубки заселённых короедом деревьев на ограниченной площади.



Таблица 6. Площадь, занятая пихтой сибирской в лесопокрытой площади лесного фонда регионов РФ [Электронный фонд..., 2019]

Регион	Площадь, занятая пихтой в лесном фонде, тыс. га	Доля пихты в площади основных лесообразующих пород, %	Доля пихты в площади хвойных пород, %
Алтайский край	255.30	6.95	16.34
Иркутская область	1722.00	2.99	3.80
Кемеровская область	1745.80	34.43	79.90
Кировская область	24.50	0.32	0.63
Красноярский край	5770.80	5.89	7.25
Нижегородская область	0.30	0.01	0.02
Новосибирская область	41.60	0.90	4.11
Омская область	62.90	1.38	5.71
Пермский край	65.90	0.59	0.97
Республика Алтай	350.00	9.82	12.42
Республика Башкортостан	42.70	0.83	3.70
Республика Бурятия	268.90	1.55	1.74
Республика Коми	127.90	0.45	0.56
Республика Марий Эл	0.40	0.04	0.08
Республика Татарстан	0.80	0.07	0.29
Республика Хакасия	520.90	18.30	25.65
Свердловская область	175.20	1.38	2.41
Томская область	614.60	3.20	5.96
Тюменская область	62.90	0.92	2.47
Удмуртская Республика	9.90	0.52	1.01
Ханты-Мансийский автономный округ	84.80	0.30	0.38
Челябинская область	44.92	1.70	6.20

В заключение следует отметить, что в настоящее время основной причиной расселения уссурийского полиграфа и увеличения площади повреждённых им древостоев является невозможность своевременных действий по ликвидации очагов в связи с положениями действующего законодательства [Правила осуществления мероприятий..., 2020; Правила санитарной безопасности..., 2020]. В сочетании с благоприятными для чужеродного вида климатическими условиями это создаёт угрозу его дальнейшего распространения на территории страны.

Работа посвящена памяти нашего коллеги, Алексея Александровича Мещерикова (1963–2022), инженера-лесопатолога Российского центра защиты леса, который более 10 лет занимался выявлением очагов массового размножения уссурийского полиграфа в лесах России.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность д.б.н. М.Ю. Мандельштаму (Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова) за многолетнюю помощь в идентификации уссурийского полиграфа в различных регионах России.

### Финансирование

Исследование было поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, проекты FWRG-2021-0003, FWRG-2022-0001 и госзадание Института леса им. В.Н. Сукачёва ФИЦ КНЦ СО РАН, проект FWES-2021-0011).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Соблюдение этических стандартов

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

## Литература

- Акулов Е.Н., Мандельштам М.Ю. О новых находках короедов (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) на юге Красноярского края и в Республике Хакасия // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых: Материалы Всерос. конф. с международ. участием. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. С. 123–128.
- Астапенко С.А., Ягунов М.Н., Голубев Д.В., Сашко Е.В. Оценка воздействия и распространения насекомых-вредителей в лесах Красноярского края на примере полиграфа уссурийского // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы IV Всерос. научно-практич. конф. Железногорск: СПСА, 2014. С. 46–51.
- Астраханцева Н.В., Анискина А.А., Пашенова Н.В., Баранчиков Ю.Н. Структурные и химические особенности коры пихт в первичном и вторичном ареале инвазийного вредителя – уссурийского полиграфа // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения: Материалы Всерос. научно-практич. конф. с международ. участием. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 18–19.
- Астраханцева Н.В., Пашенова Н.В., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Реакция тканей ствола пихты сибирской и пихты белокорой на инокуляцию фитопатогенным грибом *Grosmannia aoshimae* (Ohtaka, Masuya et Yamaoka) Masuya et Yamaoka – ассоциантом уссурийского полиграфа // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 207. С. 142–153.
- Астраханцева Н.В., Серая Л.Г., Пашенова Н.В., Коженкова А.А., Баранчиков Ю.Н. Анатомические особенности коры как фактор устойчивости видов пихт к заселению уссурийским полиграфом // Сибирский лесной журнал. 2023. Вып. 5. С. 43–59.
- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: Производственное объединение «Картография», 1983. 340 с.
- Бажина Е.В., Третьякова И.Н. К проблеме усыхания пихтовых лесов // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121. № 6. С. 626–631.
- Балданова Л.П., Титов А.Ю. Лесопатологическое состояние лесов Байкальской природной территории // Отходы и ресурсы. 2023. Т. 10. № 3 // (<https://resources.today/PDF/04ECOR323.pdf>). DOI: 10.15862/04ECOR323. Проверено 01.11.2023.
- Баранчиков Ю.Н. Инвазии дендрофильных насекомых – источник хозяйственных проблем и полигон для эколого-эволюционных исследований // Экологические и экономические последствия инвазий дендрофильных насекомых: Материалы Всерос. конф. с международ. участием. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. С. 6–11.
- Баранчиков Ю.Н., Демидко Д.А., Бабичев Н.С., Петько В.М. Республика Хакасия, далее везде: уссурийский полиграф найден в очередном регионе Сибири // VII Чтения памяти О.А. Катаева. Вредители и болезни древесных растений России: Материалы международного. конф. / Под ред. А.В. Селиховкина, Д.Л. Мусолина. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. С. 10.
- Баранчиков Ю.Н., Демидко Д.А., Лаптев А.В., Петько В.М. Динамика отмирания пихты сибирской в очаге уссурийского полиграфа // Вестник Московского гос. университета леса – Лесной Вестник. 2014. № 6. С. 132–138.
- Баранчиков Ю.Н., Ефременко А.А., Демидко Д.А., Титова В.В. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Предуралье: где, откуда и когда // XI Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: Материалы Всерос. конф. с международ. участием / Под ред. Д.Л. Мусолина, Н.И. Кириченко, А.В. Селиховкина. СПб.: СПбГЛТУ, 2020а. С. 74–75.
- Баранчиков Ю.Н., Кривец С.А. О профессионализме при определении насекомых: как просмотрели появление нового агрессивного вредителя пихты в Сибири // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: В 2 т. / Отв. ред. В.В. Аношин. Абакан: Изд-во ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2010. Т. 1, вып. 14. С. 50–52.
- Баранчиков Ю.Н., Петько В.М. О перспективах биологического контроля популяций инвазийного вредителя пихты сибирской – уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Bland. // Материалы IX Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013»: Международн. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 4. С. 97–101.
- Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Астапенко С.А., Акулов Е.Н., Кривец С.А. Уссурийский полиграф — новый агрессивный вредитель пихты в Сибири // Вестник Московского гос. университета леса – Лесной Вестник. 2011. № 4 (80). С. 78–81.
- Баранчиков Ю.Н., Серая Л.Г., Ефременко А.А., Демидко Д.А. Туда и снова обратно: дальневосточные инвайдеры на пихтах и ясенях в Москве // XI Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: Материалы Всерос. конф. с международным участием / Под ред. Д.Л. Мусолина, Н.И. Кириченко, А.В. Селиховкина. СПб.: СПбГЛТУ, 2020б. С. 76–77.
- Бисирова Э.М., Кривец С.А., Черногровов П.Н. Распространение и популяционные характеристики уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* на севере Томской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 244. С. 6–25. DOI:10.21266/2079-4304.2023.244
- Быстров С.О., Морозова Т.И., Воронин В.И., Осколков В.А. Инвазия уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford в темнохвойную тайгу Южного

- Прибайкалья (хребет Хамар-Дабан) // Лесные экосистемы бореальной зоны: биоразнообразие, биоэкономика, экологические риски: Материалы Всерос. конф. с международным участием. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2019. С. 70–72.
- В Республике Татарстан отменён карантинный фитосанитарный режим по уссурийскому полиграфу. 29.09.2022. (Электронный документ) // (<https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/news/213571.html>). Проверено 22.10.2023.
- Гниненко Ю.И., Клюкин М.С. Уссурийский полиграф в России // Защита и карантин растений. 2011. № 11. С. 32–33.
- Гниненко Ю.И., Клюкин М.С., Чилахсаева Е.А., Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А., Пашенова Н.В., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Рекомендации по выявлению, обследованию и локализации очагов массового размножения уссурийского полиграфа в районах инвазии на территории Российской Федерации. Пушкино: ВНИИЛМ, 2016. 32 с.
- Гниненко Ю.И., Чилахсаева Е.А., Клюкин М.С. Пихтовые леса европейской части России под угрозой // Защита и карантин растений. 2023. № 2. С. 31–32.
- Гниненко Ю.И., Чилахсаева Е.А., Чернова У., Железова С.В., Хегай И.В. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* – незаслуженно забытая угроза для Москвы и Подмосковья // Совет ботанических садов стран СНГ при международной ассоциации академий наук. Информационный бюллетень. М.: ООО «Научтехлитература», 2020. Вып. 14 (37). С. 21–24.
- Дедюхин С.В., Титова В.В. Обнаружение уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford, 1894) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Удмуртии // Российский журнал биологических инвазий. 2021. № 2. С. 32–39. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-2021-14-2-32-39>
- Демидко Д.А. Датировка инвазии полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) на территорию Томской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 207. С. 225–234.
- Ефременко А.А., Демидко Д.А. Очаги уссурийского полиграфа на побережье Байкала // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Вып. 23 / Отв. ред. В.В. Анюшин. Абакан: Изд-во ФГБОУ ВПО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2019. Т. 1. С. 41–42.
- Ипполитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Харюткина Е.В. Структура и динамика метеорологических полей на Азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. // Журнал Сибирского федерального университета. 2008. № 3. С. 42–58.
- Карбаинов Ю.М. Экологические последствия катастрофических нарушений в темнохвойных лесах Байкальского биосферного заповедника: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М: ИЭМЭЖ РАН, 1993. 79 с.
- Керчев И.А. Насекомые – хищники полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandf. в Западной Сибири // Материалы XIV съезда Русского энтомологического общества. СПб., 2012. С. 176.
- Керчев И.А. Первый опыт использования беспилотных летательных аппаратов для мониторинга состояния пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Томской области // Тезисы докладов Двенадцатого Сибирского совещания и школы молодых учёных по климатоэкологическому мониторингу / Ред. М.В. Кабанов. Томск: ООО «Офсет-центр», 2017. С. 134–135.
- Керчев И.А. Экология полиграфа уссурийского *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западно-Сибирском регионе инвазии // Российский журнал биологических инвазий. 2014. № 2. С. 80–94.
- Керчев И.А., Кривец С.А., Логинов С.В., Харюткина Е.В. Климатические экстремумы и формирование очагов массового размножения уссурийского полиграфа в Западной Сибири // Биологическое разнообразие и проблемы охраны фауны – 3: Материалы международной научной конференции. Ереван: ООО «ТАСК», 2017. С. 118–122.
- Кобзарь В.Ф., Колесова Н.И., Петрик А.А. Уссурийский полиграф *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 в пихтарниках экопарка «Озёра на Снежной» (Иркутская область) // Фитосанитария. Карантин растений. 2023. № 1. С. 59–71.
- Кривец С.А., Бисирова Э.М., Керчев И.А., Масленок Е.В., Ноздренко Я.В., Пац Е.Н. Уссурийский полиграф – опасный инвазионный вредитель пихтовых лесов Новосибирской области // Материалы X международного научного конгресса «Интерэкспо-ГЕО-Сибирь-2014»: международн. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». Новосибирск: СГГА, 2014а. Т. 2. С. 240–244.
- Кривец С.А., Бисирова Э.М., Керчев И.А., Пац Е.Н., Симонова Г.А. Состояние популяции уссурийского полиграфа и его роль в лесах северо-восточной части заповедника «Кузнецкий Алатау» (Кемеровская область) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 228. С. 7–28.
- Кривец С.А., Бисирова Э.М., Керчев И.А., Пац Е.Н., Чернова Н.А. Популяционные характеристики и влияние уссурийского полиграфа на состояние пихтовых лесов Северо-Восточного Алтая // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014б. Вып. 207. С. 37–48.
- Кривец С.А., Керчев И.А. Уссурийский полиграф – новый опасный вредитель хвойных лесов Томской области // Материалы VII международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2011»: международная научная конференция «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью». Новосибирск: СГГА, 2011. Ч. 2. Т. 3. С. 211–215.
- Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Дебков Н.М. Современное распространение и прогноз расширения инвазионного ареала уссурийского *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 в Томской области (За-

- падная Сибирь) // Евразийский энтомологический журнал. 2018. № 17 (1). С. 53–60. DOI: 10.15298/euroasentj.17.1.05
- Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Распространение уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandf. (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) в Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 211. С. 33–45.
- Лесопатологи филиала обнаружили карантинного вредителя уссурийского полиграфа на землях лесного фонда Кировской области. 7.04.2023. (Электронный документ) // (<https://nizhnovgorod.rcfh.ru/presscenter/novosti/lesopatologi-filiala-obnaruzhili-karantinnogo-vreditelya-ussuriyskiy-poligraf-na-zemlyakh-lesnogo-fa>). Проверено 22.10.2023.
- Мандельштам М.Ю., Поповичев Б.Г. Аннотированный список видов короедов (Coleoptera, Scolytidae) Ленинградской области // Энтомологическое обозрение. 2000. Т. 79. № 3. С. 599–618.
- Мандельштам М.Ю., Селиховкин А.В. Короеды Северо-Запада России (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae): история изучения, состав и генезис фауны // Энтомологическое обозрение. 2020. Т. 99. № 3. С. 631–665. DOI: 10.31857/S0367144520030119
- На территории города Кирова установлена карантинная фитосанитарная зона по уссурийскому полиграфу. 22.05.2023 (Электронный документ) // (<https://43.fsvps.gov.ru/news/na-territorii-goroda-kirova-ustanovlena-karantinnaja-fitosanitarnaja-zona-po-ussurijskomu-poligrafu>). Проверено 22.10.2023.
- Орлова-Беньковская М.Я. Можно ли отличить чужеродные виды жесткокрылых (Coleoptera) от местных // Энтомологическое обозрение. 2016. Т. 95. № 2. С. 71–89.
- Павлов И.Н., Барабанова О.А., Агеев А.А., Шкуренок А.С., Кулаков С.С., Шпенглер Д.В., Губарев П.В. Основная причина массового усыхания пихтово-кедровых лесов в горах Восточного Саяна – корневые патогены // Хвойные бореальной зоны. 2009. Т. 26. № 1. С. 33–40.
- Пашенова Н.В., Бабичев Н.С., Демидко Д.А., Петько В.М., Перцова А.А., Баранчиков Ю.Н. Опыт контроля вредителей и патогенов пихты сибирской путём инъектирования стволов препаратом системного действия // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения: Мат. Всерос. научно-практич. конф. с международным участием. Красноярск: ИЛ СО РАН. 2016. С. 149–150.
- Пашенова Н.В., Баранчиков Ю.Н., Петько В.М. Агрессивные офиостомовые грибы из ходов полиграфа уссурийского // Защита и карантин растений. 2011. Вып 6. С. 31–32.
- Пашенова Н.В., Кононов А.В., Устьянцев К.В., Блинов А.Г., Перцова А.А., Баранчиков Ю.Н. Офиостомовые грибы, ассоциированные с уссурийским полиграфом на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. № 1. С. 65–80.
- Полиграф уссурийский – главный фактор повышения пожарной опасности в национальном парке «Красноярские Столбы». 27.04.2022. (Электронный документ) // (<https://krasnoyarsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/poligraf-ussuriyskiy-glavnyy-faktor-povysheniya-pozharnoy-opasnosti-v-natsionalnom-parke-krasnoyarsk>). Проверено 10.10.2023.
- Полиграф уссурийский продолжает распространение в Красноярском крае. 25.11.2022. (Электронный документ) // (<https://krasnoyarsk.rcfh.ru/presscenter/novosti/poligraf-ussuriyskiy-prodolzhaet-rasprostranenie-v-krasnoyarskom-kraye>). Проверено 22.10.2023.
- Правила осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов. Утв. приказом Минприроды России от 09.11.2020 № 912. (Электронный документ) // (<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74969200>). Проверено 01.11.2023.
- Правила санитарной безопасности в лесах. Утв. постановлением Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047. (Электронный документ) // (<https://base.garant.ru/75037636>). Проверено 01.11.2023.
- Рысин Л.П., Манько Ю.И., Бебия С.М. Пихтовые леса России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 197 с.
- Серая Л.Г., Мухина Л.Н., Каштанова О.А., Баранчиков Ю.Н. Инвазийные организмы в коллекциях древесных растений ГБС РАН // Защита лесов от вредителей и болезней: научные основы, методы и технологии: Материалы Всерос. науч. конф. с международным участием. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2015. С. 56–60.
- Серая Л.Г., Пашенова Н.В., Демидко Д.А., Коженкова А.А., Ефременко А.А., Гниненко Ю.И., Баранчиков Ю.Н. Попытки химического контроля инвазивных популяций уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* (Coleoptera: Curculionidae) // X Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах. Т. 1. Насекомые и прочие беспозвоночные животные: Материалы международной конференции / Под ред. Д.Л. Мусолина, А.В. Селиховкина. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. С. 97–98.
- Серая Л.Г., Пашенова Н.В., Мухина Л.Н., Дымович А.В., Александрова М.С., Баранчиков Ю.Н. Повреждаемость видов рода *Abies* Mill. в коллекции Главного ботанического сада РАН уссурийским полиграфом *Polygraphus proximus* Blandf. и его грибными ассоциантами // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Материалы Всерос. науч. конф. с международным участием. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 652–655.
- Старк В.Н. Фауна СССР. Жесткокрылые. Т. 31. Короеды. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1952. 462 с.
- Тараскин Е.Г. Роль и современное состояние уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandf.) в лесах Кемеровской области // Вестник Московского гос. университета леса – Лесной вестник. 2013. № 6 (98). С. 102–105.
- Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири: Методическое пособие / Кривец С.А., Бисирова Э.М., Дебков Н.М.,

- Волкова Е.С., Керчев И.А., Мельник М.А., Никифоров А.Н., Чернова Н.А. Томск: УМИУМ, 2018. 74 с.
- Уссурийский полиграф в лесах Сибири: распространение, биология, экология, выявление и обследование повреждённых насаждений: Методическое пособие / Отв. ред. С.А. Кривец, Ю.Н. Баранчиков. Томск; Красноярск: УМИУМ, 2015. 48 с.
- Уссурийский полиграф не обнаружен. 11.11.2022. (Электронный документ) // (<https://nizhnovgorod.rfh.ru/presscenter/novosti/ussuriyskiy-poligraf-ne-obnaryuzhen>). Проверено 22.10.2023.
- ФГБУ «ВНИИКР». О результатах 5-летних исследований, проводимых в рамках научно-практической деятельности ФГБУ «ВНИИКР». 25.04.2017. (Электронный документ) // (<https://vniikr.ru/main/events/otresultatax-5-ti-letnix-issledovaniy-provodimyix-v-ramkax-nauchno-practicheskoy-deyatelnosti-fgbu-vniikr>). Проверено 15.09.2021.
- Чилаксаева Е.А. Первая находка *Polygraphus proximus* (Coleoptera, Scolytidae) в Московской области // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2008. Т. 113, вып. 6. С. 39–42.
- Чилаксаева Е.А. Обзор видов рода *Polygraphus* Erichson, 1836 (Coleoptera, Scolytidae) фауны Московской области // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2010. Т. 115, вып. 3. С. 48–50.
- Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: Лесные планы регионов Российской Федерации на 2019–2028 гг. Консорциум «Кодекс», 2019. (Электронный ресурс) // (<http://kodeks.ru>). Проверено 22.10.2023.
- Baranchikov Yu., Akulov E., Astapenko S. Bark beetle *Polygraphus proximus*: a new aggressive Far Eastern invader on *Abies* species in Siberia and European Russia // Proceedings of the 21<sup>st</sup> USDA Interagency research forum on invasive species, 2009. Morgantown, USDA Forest Service, 2010. P. 12.
- Baranchikov Y.N., Ustyantsev K.V., Kononov A.V., Blinov A.G. Mitochondrial DNA markers in pathway tracing of the four-eyed fir bark beetle invasion in Siberia // Proceedings of the 4-th international conference «Conservation of forest genetic resources in Siberia». Barnaul, 2015. P. 12–13.
- Barnouin T., Soldati F., Roques A., Faccoli M., Kirkendall L.R., Mouttet R., Daubree J.-B., Noblecourt T. Bark beetles and pinhole borers recently or news introduced to France (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae and Platypodinae) // Zootaxa. 2020. Vol. 4877 (1). P. 51–74.
- Brockerhoff E.G., Bain J., Kimberley M. and Knížek M. Interception frequency of exotic bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytinae) and relationship with establishment in New Zealand and worldwide // Canadian Journal of Forest Research. 2006. Vol. 36. P. 289–298.
- Bykov R., Kerchev I., Demenkova M., Ryabinin A., Ilinsky Y. Sex-specific Wolbachia infection patterns in population of *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) // Insects. 2020. Vol. 11 (8). No. 547. 12 p. (<https://doi.org/10.3390/insects11080547>). Accessed 22.10.2023.
- Bystrov S.O., Antonov I.A. First record of the four-eyed beetle *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) from Irkutsk Province, Russia // Entomological Review. 2019. Vol. 99. No. 1. P. 54–55. (<https://doi.org/10.1134/S001387381901007X>). Accessed 22.10.2023.
- Chilakhsaeva E.A., Gninenko Yu.I., Khagai I.V. *Polygraphus proximus* in European Russia // Invasive dendrophilous organisms – challenges and protection operations / Ed. Yu.I. Gninenko. Pushkino: VNIILM, 2019. P. 65–74.
- EPPO Global Database. 2023. *Polygraphus proximus* (POLGPR), Categorization // (<https://gd.eppo.int/taxon/POLGPR/categorization>). Accessed 22.10.2023.
- Gninenko Yu.I., Chilakhsaeva E.A., Klukin M.S. New risk for European forests – ussuriysky bark beetle *Polygraphus proximus* // Future with Forests // First Serbian forestry Congress, 11–13 November, 2010. Belgrade, 2010. P. 171–172.
- Guo Qinfeng, Ricklefs R.E. Domestic exotics and the perception of invisibility // Diversity and Distribution. 2010. Vol. 16. P. 1034–1039.
- Kerchev I., Bykov R., Ilinsky Yu. Expansion of the secondary range of *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae): invasion of Khamar-Daban mountains (Republic of Buryatia) // Acta biologica sibirica. 2022. No. 9. P. 1–11. (<https://doi.org/10.5281/zenodo.7679805>). Accessed 01.11.2023.
- Kononov A., Ustyantsev K., Blinov A., Fet V., Baranchikov Y. Genetic diversity of aboriginal and invasive populations of four eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) // Agricultural and Forest Entomology. 2016. Vol. 18. No. 3. P. 294–301. (<https://doi.org/10/1111/afe.12161>). Accessed 22.10.2023.
- Krivets S.A., Kerchev I.A., Bisirova E.M., Debkov N.M., Chernova N.A., Pats E.N. Four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) in Western Siberia: review of a ten years of research of the invasion // Invasive dendrophilous organisms – challenges and protection operations / Ed. Yu.I. Gninenko. Pushkino: VNIILM, 2019. P. 87–103.
- Rassati D., Lieutier F., Faccoli M. Alien wood-boring beetles in Mediterranean regions // In: Insects and Diseases of Mediterranean Forest systems / Eds. T.D. Paine and F. Lieutier. Springer International Publishing. Cham. 2016. P. 293–327. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24744-1\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24744-1_11)
- Soldatov V.V., Golubev D.V., Ostroshinskaya E.M., Gninenko Yu.I. *Polygraphus proximus* in the Krasnoyarsk territory // Invasive dendrophilous organisms – challenges and protection operations / Ed. Yu.I. Gninenko. Pushkino: VNIILM, 2019. P. 104–109.
- Viklund L., Baranchikov Y., Schroeder M., Efremenko A., Demidko D., & Hedenström E. Identification of sex-specific compounds in the invasive four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* // Chemocology. 2022. Vol. 32. P. 183–195. (<https://doi.org/10.1007/s00049-022-00377-5>). Accessed 22.10.2023.

# OVERVIEW OF THE CURRENT SECONDARY RANGE OF THE FOUR-EYED FIR BARK BEETLE (*POLYGRAPHUS PROXIMUS* BLANDFORD) IN THE RUSSIAN FEDERATION

© 2024 Krivets S.A.<sup>a,\*</sup>, Kerchev I.A.<sup>a</sup>, Bisirova E.M.<sup>a,b</sup>, Volkova E.S.<sup>a</sup>, Astapenko S.A.<sup>c,d</sup>, Efremenko A.A.<sup>e</sup>, Kosilov A.Yu.<sup>f</sup>, Kudryavtsev P.P.<sup>g</sup>, Kuznetzova Yu.P.<sup>h</sup>, Ponomarev V.I.<sup>i</sup>, Potapkin A.B.<sup>g</sup>, Taraskin E.G.<sup>j</sup>, Titova V.V.<sup>k</sup>, Shilonosov A.O.<sup>l</sup>, Baranchikov Yu.N.<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Institute of Monitoring of Ecological and Climatic Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, 634055, Russia

<sup>b</sup> All-Russian Plant Quarantine Center, Tomsk Branch, Tomsk, 634069, Russia

<sup>c</sup> Centre of Forest Health of Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk, 660036, Russia

<sup>d</sup> Centre of Forest Pyrology, Krasnoyarsk, 660062, Russia

<sup>e</sup> V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, 660036, Russia

<sup>f</sup> Centre of Forest Health of Altai Region, Barnaul, 656056, Russia

<sup>g</sup> Taganay National Park, Zlatoust, 456209, Russia

<sup>h</sup> Inser Forestry, Inser of Beloretzky district, Republic Bashkortostan, 453560, Russia

<sup>i</sup> Botanical Garden Urals Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, 620144, Russia

<sup>j</sup> Centre of Forest Health of Nizhegorodsk Region, Nizhniy Novgorod, 603024, Russia

<sup>k</sup> Ministry of Natural Resources of Udmurtia Republic, Izhevsk, 426051, Russia

<sup>l</sup> Centre of Forest Health of Perm Region, Perm, 614081, Russia

e-mail: [\\*krivec\\_sa@mail.ru](mailto:*krivec_sa@mail.ru)

Current data on the existing secondary range of the four-eyed fir bark beetle *Polygraphus proximus* in Russia, a dangerous invasive pest of fir stands, are presented. The alien species was found on the territory of 18 administrative subjects of the Russian Federation, from Moscow and the Moscow Region in the West to the Irkutsk Region and the Republic of Buryatia in the East. Within 17 years since the species was first found outside its Far-Eastern natural range, it has spread widely in Western and Central Siberia and in recent years in the Cis-Urals region and the Urals, from the middle taiga to forest-steppe on the plains to the upper limit of Siberian fir in the mountains. It forms outbreak foci in industrial forests, in specially protected natural areas, in artificial fir plantations of settlements. Taking into account the peculiarities of host plant growth, the time of detection and sources of invasive population formation, the structure of secondary range is developed, and the characteristics of modern distribution of the four-eyed fir bark beetle and the forecast of further expansion of its secondary range are given.

**Key words:** four-eyed fir bark beetle, *Polygraphus proximus*, invasion regions, secondary range structure, regional range maps, distribution forecast.

## ЭКСПАНСИЯ ПОЛИХЕТЫ *LAONOME XEPROVALA* BICK & BASTROP, IN BICK ET AL., 2018 В ВОДОЁМЫ ДОЛИНЫ РЕКИ МАНЫЧ

© 2024 Оганесян А.А.

Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону, 344006, Россия  
email: avetis1975@gmail.com

Поступила в редакцию 09.09.2023. После доработки 10.02.2024. Принята к публикации 23.02.2024

В результате обработки проб макрозообентоса, отобранных в ходе комплексной экспедиции ЮНЦ РАН в 2021 г. в водохранилищах долины р. Западный Маныч, были обнаружены 2 особи полихеты рода *Laonome*. Вероятно, полихета *Laonome xeprovala* Bick & Bastrop, in Bick et al., 2018 проникла в Весёловское водохранилище по каскаду водотоков из р. Дон. Это новый локалитет для данного вида в пределах инвазивного ареала рода на территории Российской Федерации. На сегодняшний день ввиду обнаружения данной полихеты лишь на одной станции сложно судить о масштабах натурализации этого вида в водоёмах долины Западного Маныча.

**Ключевые слова:** инвазия, экспансия, макрозообентос.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-70-75

### Введение

Биологические инвазии – важная проблема последних десятилетий. Помимо потенциального вреда для экосистемы они способны нанести существенный урон экономике региона-реципиента. В отдельных случаях ущерб от таких «вторжений» исчисляется миллиардами долларов в год [Есипенко, 2012].

Расширение ареалов чужеродных организмов может происходить непосредственно благодаря человеку (непреднамеренная интродукция, например, с балластными водами судов; преднамеренная интродукция), опосредованно (в результате изменений условий среды человеком), а также независимо от него (в результате естественной экспансии) [Решетников, 2020]. Наиболее важным путём попадания вселенцев в водные экосистемы считается судоходство [Науменко и др., 2014].

Способность колонизировать территорию зависит от способности вида развиваться в новой среде: умения перераспределять энергетические ресурсы для жизнедеятельности и наличия естественных врагов [Есипенко, 2012]. Вид-вселенец, имеющий высокую конкурентную способность, может неблагоприятно воздействовать на выживание аборигенных видов, способствовать уменьшению

биологического разнообразия и перестройке сообществ. [Яныгина, 2017]. Однако это происходит не всегда [Александров, 2004].

Процесс биологических инвазий коснулся и водоёмов Юга России. Так, только в бассейне р. Дон в разные периоды был обнаружен ряд чужеродных организмов: *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897) в 1980, *Potamopyrgus antipodarum* (J.E. Gray, 1843) в 2007, *Marenzelleria neglecta* Sikorski & Bick, 2004 в 2014, *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) в 2017 г. [Булышева и др., 2020]...

Ещё одним представителем организмов, вселившихся в р. Дон в XXI в., является многощетинковый червь-фильтратор *Laonome xeprovala* Bick & Bastrop, in Bick et al., 2018, принадлежащий к семейству Sabellidae. Появление полихеты рода *Laonome* в водоёмах Европы было впервые отмечено около 14 лет назад в реках Нидерландов. Предполагалось, что данные организмы относятся к австралийскому виду *Laonome calida* Sara, 2007, но из дальнейших исследований выяснились отличия, позволившие выделить новый вид – *Laonome xeprovala* [Bick et al., 2018]. В Азовском море данный организм был обнаружен в 2013 г. (но был идентифицирован как *Aracia* sp.) [Сёмин и др., 2014]. Уже к 2020 г.

*L. xeprovala* обнаруживался в р. Дон вплоть до Семикаракорска [Булышева и др., 2020].

В процессе обработки проб макрозообентоса, отобранных в ходе комплексной экспедиции ЮНЦ РАН в 2021 г. в каскаде водохранилищ долины р. Западный Маныч, были обнаружены 2 особи сабеллид, ранее здесь не отмеченных. Цель настоящей работы – привести сведения о находке полихеты рода *Laonome* на границе Весёловского и Пролетарского водохранилищ (р. Западный Маныч, левый приток р. Дон, Ростовская обл.). Это новый локалитет для данного вида в пределах инвазивного ареала рода на территории Российской Федерации.

### Материал и методы

Материал исследования был получен в ходе экспедиционных исследований ЮНЦ РАН в Кумо-Манычской долине с 26.07.21 по 05.08.21 г. Пробы макрозообентоса отбирались по общепринятым гидробиологическим методикам [Абакумов и др., 1983]. Использовался модифицированный дночерпатель Пе-

терсена (площадь захвата – 0.028 м<sup>2</sup>). Пробы грунта промывались через бентосный мешок с ячейкой 500 мкм и фиксировались в герметично закрывающемся пластиковом контейнере раствором 4%-го формальдегида.

Отделение донных беспозвоночных от остатков грунта, определение видового состава (при помощи определителей) и подсчёт количественных характеристик проводились в лабораторных условиях. Место обнаружения *L. xeprovala* показано на рисунке 1.

Окрашивание полихет метиленовым синим проводилось по методике, описанной в [Жирков, 2001].

Фотографии сделаны в Южном научном центре Российской академии наук (Ростов-на-Дону, Россия) с помощью конструкции, изготовленной В.Ю. Шматко из цифрового фотоаппарата Sony Alpha ILCE-6000 и микроскопа С1У4.2 с использованием объектива aus JENA 10/0.25.

Название вида приведено в соответствии с современной редакцией World Register of Marine Species [2023].

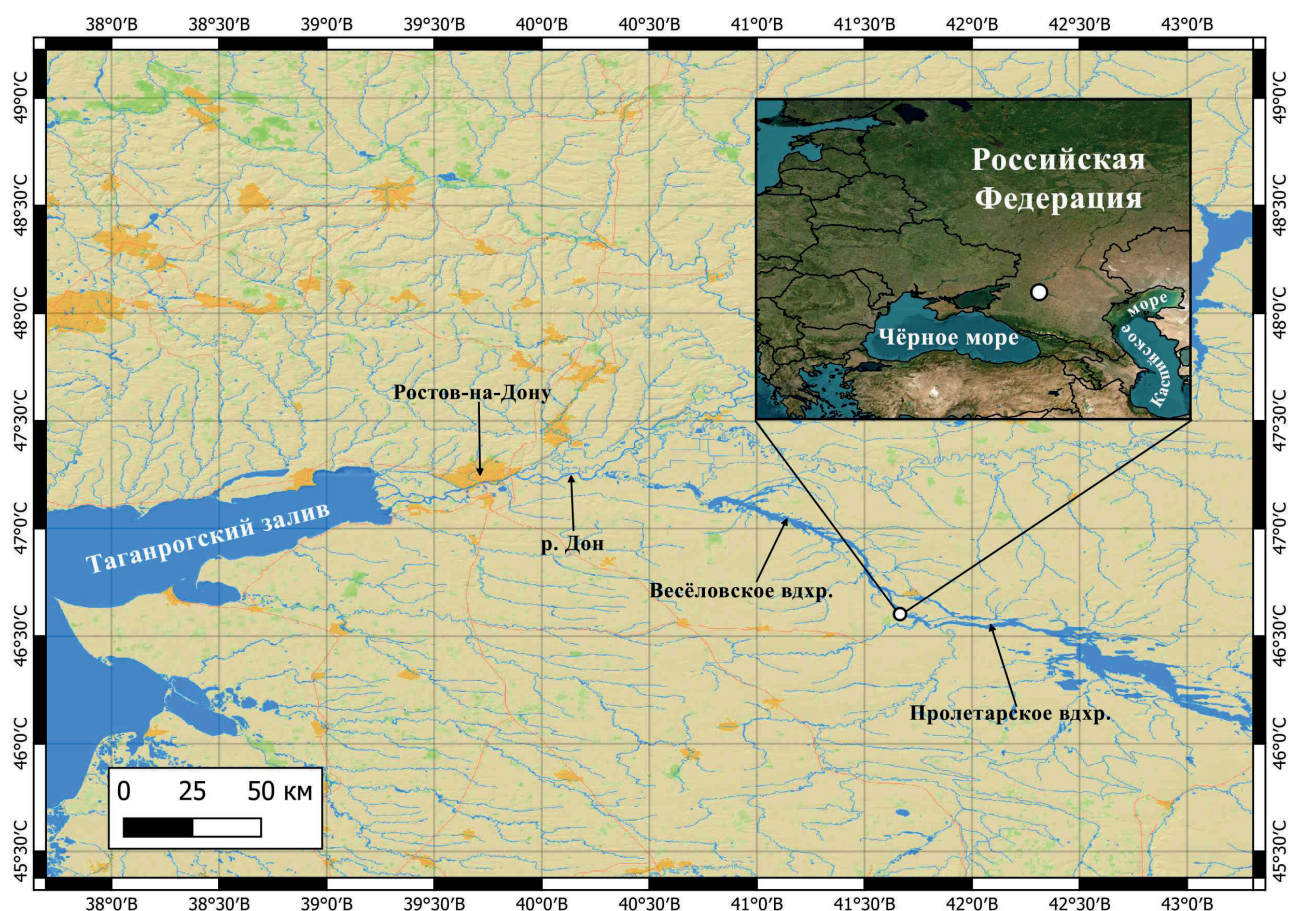


Рис. 1. Место обнаружения *L. xeprovala* (отмечено белой меткой).



## Результаты и обсуждение

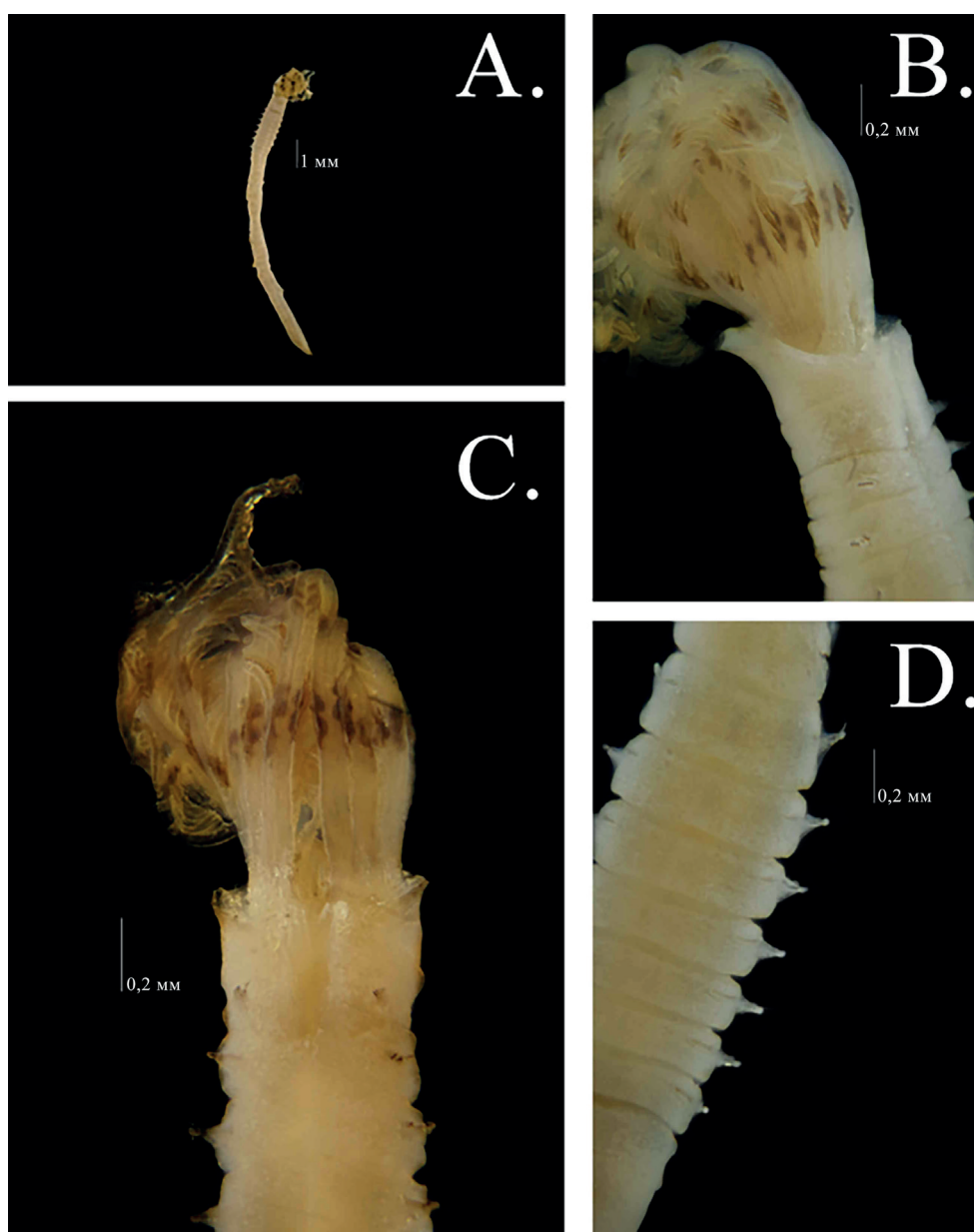
Весёловское водохранилище – русловое водохранилище на р. Западный Маныч, образованное в конце 1930-х – начале 1940-х гг. Его площадь составляет 246 км<sup>2</sup>, максимальная длина 93 км [Матишов, Гаргопа, 2005].

В целом, Западный Маныч представляет собой каскад водохранилищ (Усть-Манычское, Весёловское, Пролетарское), соединённых между собой одноимёнными гидроузлами, спроектированный как часть Азово-Каспийского водного пути. Поскольку естественный сток не обеспечивал проектного уровня водохранилищ, в первой полови-

не XX в. были созданы Невинномысский и Донской магистральные каналы, а также ряд небольших водохранилищ (Сальское, Нижнетроицкое и др.), обеспечивающих поступление вод из Дона и Кубани [Матишов, Гаргопа, 2005]. В настоящее время Западный Маныч утратил транспортное значение.

Две особи рода *Laonote* были выявлены в пробе, отобранной 01.08.2021 г. на границе Весёловского и Пролетарского водохранилищ (46°36'8" с. ш., 41°39'57" в. д.).

Обнаруженные экземпляры полихет (один из них представлен на рисунке 2) имеют набор признаков, согласующихся с описанием



**Рис. 2.** Внешний вид найденной особи *L. xeprovala*. А. – общий вид полихеты с брюшной стороны; В. – передний конец тела, вид сбоку; С. – передний конец тела, вид со спинной стороны; D. – торакальные сегменты, вид с брюшной стороны.

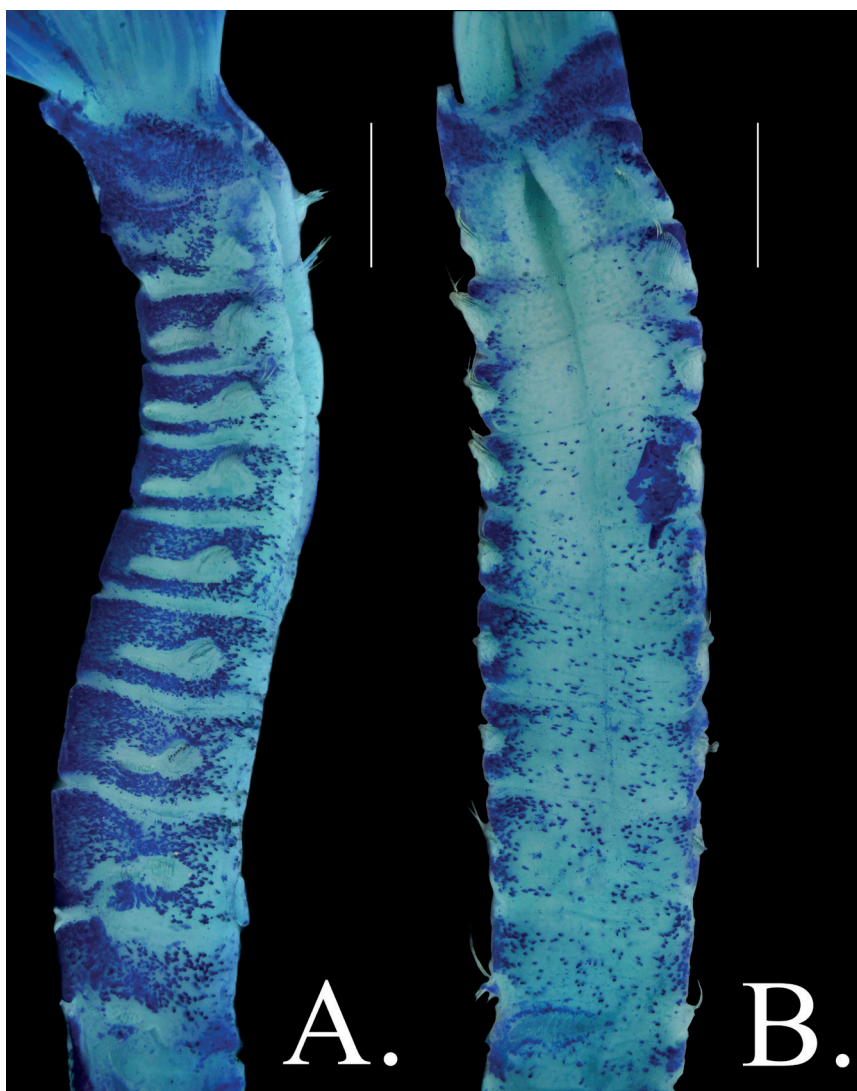
*Laonome xeprovala* в литературе: цилиндрическое тело, сужающееся к концу; 6–8 пар жаберных лучей; 8 торакальных сегментов (у взрослых особей); отсутствие глаз на перистомиуме и пигидиуме; двулопастной воротничок с брюшной выемкой; бороздка, отделяющая воротничок от первого сегмента хорошо заметна; торакальные нотохеты волосявидные окаймлённые и короткие шпательвидные; uncinі авикулярные без удлинённой ножки и сопровождающие их мотыговидные [Vick et al., 2018; Тамулёнис и др., 2020].

На рисунке 3 изображены торакальные сегменты экземпляра *L. xeprovala*, прокрашенного метиленовым синим. Брюшная и боковые стороны прокрашиваются более интенсивно, чем спинная сторона и участки около нотоподий и невроподий.

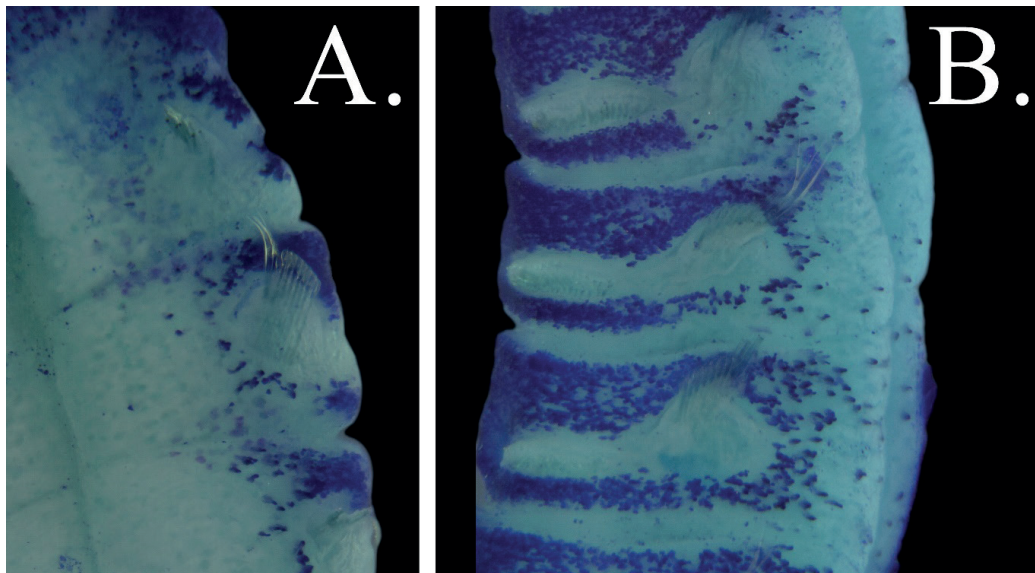
На рисунке 4 показаны невроподии и нотоподии прокрашенного метиленовым синим экземпляра *L. xeprovala*.

Вероятно, полихета *L. xeprovala* проникла в Весёловское водохранилище по каскаду водотоков из р. Дон, где она регулярно встречается в пробах макрозообентоса в последние 3 года по данным ЮНЦ РАН [Булышева и др., 2020].

В пробах из Усть-Манычского водохранилища, расположенного ниже по течению Западного Маныча, полихеты *Laonome* на момент проведения исследований не зафиксированы. На сегодняшний день ввиду обнаружения *L. xeprovala* лишь на одной станции сложно судить о масштабах натурализации этого вида в водоёмах долины Маныча. Требуется дальнейший мониторинг сообществ



**Рис. 3.** Внешний вид торакальных сегментов *L. xeprovala*, прокрашенной метиленовым синим (линейка – 500 мкм). А. – торакальные сегменты, вид сбоку; В. – торакальные сегменты, вид со спины.



**Рис. 4.** Нотоподии и невроподии *L. xeprovala*, прокрашенной метиленовым синим (без масштаба). А. – волосовидные и шпательевидные нотохеты торакса, вид со спины; В. – вид на нотоподии и невроподии сбоку.

макрозообентоса Кумо-Манычского каскада. Следует отметить, что возможности для расселения этого вида в бассейне Нижнего Дона весьма велики, с учётом широкого водосбора, наличия множества малых рек и разветвлённой сети искусственных каналов.

#### Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность Булышевой Н.И. за всестороннюю помощь при написании статьи; Коваленко Е.П., Бирюковой С.В. и Сёмину В.Л. за верификацию определения обнаруженных экземпляров полихет; Шматко В.Ю. за помощь с фотосъёмкой и обработкой фотографий.

#### Финансирование работы

Работа выполнена в рамках темы НИР Государственного задания ЮНЦ РАН № гос. рег. 122103100027-3.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

#### Соблюдение этических стандартов

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

#### Литература

- Абакумов В.А., Бубнова Н.П., Холикова Н.И., Горидченко Т.П., Лиёпа Р.А., Свирская Н.Л., Ганьшина Л.А., Сёмин В.А., Хромов В.М., Никитин Д.И., Катанская В.М., Распопов И.М. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
- Александров Б.Г. Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий // Морской экологический журнал. 2004. Т. 3. № 1. С. 5–17. EDN UBNHDZ.
- Булышева Н.И., Сёмин В.Л., Шохин И.В., Савикин А.И., Коваленко Е.П., Бирюкова С.В. Чужеродные виды зообентоса в экосистемах Нижнего Дона и Азовского моря на рубеже XX–XXI вв. // Труды Южного научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 8. С. 256–273. DOI 10.23885/1993-6621-2020-8-256-273. EDN HEKUKW.
- Есипенко Л.П. Биологические инвазии как глобальная экологическая проблема Юга России // Юг России: экология, развитие. 2012. Т. 7. № 4. С. 21–25. EDN PYNBHX.
- Жирков И.А. Полихеты Северного Ледовитого океана // М.: Янус-К, 2001. 632 с.
- Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. Формирование гидролого-гидрохимического режима водоёмов Маныча // Маныч – Чограй: история и современность (предварительные исследования). Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. С. 20–36.
- Науменко Е.Н., Рудинская Л.В., Гусев А.А. Влияние видов-вселенцев на структуру зоопланктона и зообентоса в Вислинском заливе Балтийского моря // Региональная экология. 2014. № 1–2. С. 21–28.
- Решетников Ю.С. О фазах вселения нового вида в пресноводные экосистемы // Успехи современной биологии. 2020. Т. 140. № 3. С. 294–305. DOI 10.31857/S0042132420030084. EDN JGNWJH.

- Сёмин В.Л., Коваленко Е.П., Савикин А.И. *Aracia* sp. (Polychaeta: Sabellidae) из дельты р. Дон // Российский журнал биологических инвазий. 2014. № 4. С. 97–101.
- Тамулёнис А.Ю., Гагаев С.Ю., Стратаненко Е.А., Зуев Ю.А., Потин В.В. Инвазия полихеты *Laonome xeprovala* Bick & Bastrop, 2018 (Sabellidae, Polychaeta) в устьях рек Луга и Хаболовка (Лужская губа, Финский залив) // Российский журнал биологических инвазий. 2020. Т. 13. № 1. С. 52–60.
- Яныгина Л.В. Оценка уровня биологического загрязнения водоёмов // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения: Сб. научных трудов, посвящ. Году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН (Сочи, 02–07 октября 2017 г.) / Институт водных проблем РАН, Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр. Сочи: ООО «Лик», 2017. С. 464–468. EDN ZRZJQH.
- Bick A., Bastrop R., Meyer M., Kotta J., Meibner K., Syomin V. Description of a new species of Sabellidae (Polychaeta, Annelida) from fresh and brackish waters in Europe, with some remarks on the branchial crown of *Laonome* // Zootaxa. 2018. Т. 4483. No. 2. P. 349–364.
- World Register of Marine Species. (Electronic resource) // (<https://www.marinespecies.org>). Accessed on 6.08.2023.

## EXPANSION OF THE POLYCHAETE *LAONOME XEPROVALA* BICK & BASTROP, IN BICK ET AL., 2018 INTO THE RESERVOIRS OF THE MANYCH RIVER VALLEY

© 2024 Oganessian A.A.

Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, 344006, Russia  
email: [avetis1975@gmail.com](mailto:avetis1975@gmail.com)

As a result of analyzing the samples of macrozoobenthos taken during the expedition of the SSC RAS in 2021 in the reservoirs of the Western Manych River valley, 2 specimens of the polychaete of the genus *Laonome* were found. It is possible that the polychaete *Laonome xeprovala* Bick & Bastrop, in Bick et al., 2018 got into the Veselovsky reservoir via the cascade of streams from the Don River. This is a new sighting place for this species within its invasive range in the territory of the Russian Federation. To date, due to the record of this polychaete only at one sampling site, it is difficult to evaluate the state of naturalization of this species in the reservoirs of the Western Manych River valley.

**Key words:** invasion, expansion, macrozoobenthos.

## АМЕРИКАНСКИЙ СОМИК *AMEIURUS NEBULOSUS* (SILURIFORMES: ICTALURIDAE) – НОВЫЙ ВИД В БАССЕЙНЕ РЕКИ НЕМАН

©2024 Охременко Ю.И.\*, Гайдученко Е.С.

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», Минск, 220072, Беларусь  
e-mail: \*okhremenko.yulia@yandex.by

Поступила в редакцию 05.08.2023. После доработки 02.02.2024. Принята к публикации 19.02.2024

Представлены данные о первом обнаружении американского (карликового) сомика *Ameiurus nebulosus* в бассейне р. Неман. Показаны статистически значимые отличия пластических признаков особей сомика американского из бассейна р. Неман от особей бассейна р. Западный Буг (место первоначального вселения в Беларуси) по 11 пластическим признакам. Отмечен более широкий диапазон варьирования количества лучей в плавниках рыб из Беларуси по сравнению с естественным ареалом. Представлены данные об уровне генетического полиморфизма по митохондриальному гену COI популяций американского сомика из водоёмов приобретённого ареала (в том числе из бассейна р. Неман) в сравнении с естественным ареалом.

Ключевые слова: инвазивный вид, американский сомик, *Ameiurus nebulosus*, распространение, меристические и пластические признаки, COI, гаплотипическое разнообразие, бассейн р. Неман.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-76-86

### Введение

Американский сомик *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819) – небольшой по размерам вид рыб семейства Иctalуровые (*Ictaluridae*) [Scott, Grossman, 1973; Kendal, 1910; Page, Burr, 2011].

Исторический ареал *A. nebulosus* – восточная часть Северной Америки. В настоящее время этот вид широко интродуцирован в пресные водоёмы более чем 25 стран Северной и Южной Америки, Европы и Азии [Rutkayova et al., 2013]. Обитает в озёрах, прудах, старицах, водохранилищах, мелиоративных каналах с плотной водной растительностью и илистым дном. Способен интенсивно осваивать естественную кормовую базу водоёмов и достигать высокой численности.

В Беларуси встречается с конца XIX столетия, когда был выпущен в озёра и пруды бассейна р. Западный Буг [Макушок, 1951; Жуков, 1965]. Предыдущие исследования показали широкое распространение инвазивного вида в большинстве районов Брестской обл. [Охременко, Гайдученко, 2021]. Отмечено его продвижение из мест первоначальной

интродукции на север и северо-запад [Зубей, 2009; Ризевский, Ермолаева, 2012]. Ранее нами уже были проанализированы морфометрические показатели вида в местах первоначального вселения (оз. Ореховское, бассейн р. Западный Буг) [Охременко, Гайдученко, 2022б]. Проведённые нами ранее молекулярно-генетические исследования с использованием митохондриального гена COI в водных объектах Брестской обл. показали низкие значения гаплотипического и нуклеотидного разнообразия изученных выборок, что может свидетельствовать о первоначальной однократной интродукции малого числа особей и последующем расселении по водоёмам Беларуси из места начальной инвазии предположительно посредством человека [Охременко, Гайдученко, 2022а, б, в].

До настоящего времени в водоёмах бассейна р. Неман американский сомик обнаружен не был [Froese, Pauly, 2023]. Любая информация о нахождении объекта исследования, его распространении, биологии, экологии и генетической структуре в водных экосистемах Беларуси вносит весомый вклад

в изучение вида за пределами естественного ареала.

Таким образом, цель данной статьи – анализ морфометрических показателей и уровня генетического полиморфизма по митохондриальному гену COI популяций американского сомика водоёмов бассейна р. Неман. На основании полученных данных установление филогенетических взаимосвязей особей из естественного и приобретённого ареала для прогноза дальнейшего распространения вида.

### Материалы и методы

Материал собран в августе – октябре 2021 г. в водоёмах бассейна р. Неман на территории Гродненской и Минской областей Республики Беларусь. Всего было обнаружено: 43 особи в водоёме агрогородка Новый двор Щучинского района (53°81'53" с. ш., 24°56'63" в. д.), 7 особей в водоёме агрогородка Верейки Волковыского района (53°25'01" с. ш., 24°19'02" в. д.) Гродненской обл. и 2 особи в оз. Засуль-

ское (53°58'47" с. ш., 26°83'72" в. д.) Столбцовского района Минской обл. (рис. 1).

В качестве орудий лова использовали ловушки зонтичного типа (раколовки) с размером ячеи 0.5 см, установленные недалеко от берега на глубине от 1.5 м. Особи американского сомика попадались в ловушки преимущественно ночью.

Измерение морфометрических признаков выполняли в соответствии с общепринятыми методиками [Правдин, 1966]. Всего было проанализировано 34 морфометрических признака: количество лучей в спинном плавнике ( $D$ ); количество лучей в грудных плавниках ( $P$ ); количество лучей в брюшных плавниках ( $V$ ); количество лучей в анальном плавнике ( $A$ ); количество лучей в хвостовом плавнике ( $C$ ); длина рыбы без хвостового плавника ( $l$ ); наибольшая высота тела ( $H$ ); наибольшая толщина тела ( $iH$ ); наименьшая высота тела ( $h$ ); наименьшая толщина тела ( $ih$ ); антедорсальное расстояние ( $aD$ ); постдорсальное расстояние ( $pD$ ); антепекторальное расстояние ( $aP$ );



Рис. 1. Карта мест первого обнаружения *A. nebulosus* в бассейне р. Неман (отмечено красным). Бассейн р. Неман на территории Беларуси выделен синим цветом, место первоначальной интродукции вида на территории Беларуси выделено зелёным цветом.

антевентральное расстояние ( $aV$ ); антеанальное расстояние ( $aA$ ); длина хвостового стебля ( $pl$ ); расстояние между грудным и брюшным плавниками ( $P-V$ ); расстояние между брюшным и анальным плавниками ( $V-A$ ); длина основания спинного плавника ( $ID$ ); высота спинного плавника ( $hD$ ); длина основания анального плавника ( $lA$ ); высота анального плавника ( $hA$ ); длина грудных плавников ( $IP$ ); длина брюшных плавников ( $IV$ ); длина хвостового плавника ( $lC$ ); длина головы ( $c$ ); ширина головы ( $ic$ ); длина рыла ( $r$ ); диаметр глаза ( $o$ ); заглазничный отдел головы ( $op$ ); расстояние между углами рта ( $or$ ); высота головы у затылка ( $hc$ ); ширина лба ( $io$ ).

Полученные данные сопоставляли с результатами собственных исследований, проведённых в местах первоначального вселения американского сомика. Различия между пластическими признаками особей оценивали с помощью двухвыборочного  $t$ -критерия для независимых выборок ( $t_{st}$ ). Различия признавались значимыми на уровне  $p \leq 0.05$ .

Возраст определяли по годовым кольцам на наиболее крупных позвонках вблизи головы [Чугунова, 1959].

В качестве материала для анализа филогенетических связей мы использовали последовательности 5'-фрагмента митохондриального гена COI, кодирующего первую субъединицу цитохромоксидазы  $c$ , полученные авторами статьи и последовательности из международной базы данных GenBank NCBI [GenBank..., 2023]. Последовательности, полученные авторами статьи в ходе проведения исследований, депонированы в международную базу данных ДНК-штрихкодов Barcode of Life Data System [2023]: NEBBY001-23 – NEBBY010-23. Информация о всех последовательностях, использованных в ходе проведения исследований, приведена в таблице 1.

Образец ткани от каждого ваучера помещали в отдельную пробирку и хранили в 96%-м спирте при температуре  $-20$  °C. ДНК выделяли с помощью набора «Нуклеосорб» (Праймтех, Беларусь). Для получения целевого фрагмента использовали пару праймеров FF2d (5'-TTCTCCACCAACCACAARG AYATYGG-3') и FR1d (5'-CACCTCAGGGT GTCCGAARAAYCARAA-3') [Ivanova et al.,

2007]. Программа для амплификации: начальная денатурация 2 мин – 94 °; 35 циклов денатурации в течении 30 с – 94 °, отжиг 40 с – 52 °, элонгация 1 мин – 72 °; финальная стадия элонгации в течении 10 мин при 72 °.

Результаты амплификации анализировали при помощи электрофореза в 1%-м агарозном геле в присутствии бромистого этидия. Продукт ПЦР очищали при помощи ферментов экзонуклеазы и фосфатазы. Проведено секвенирование фрагмента гена COI размером 708 п.н. на генетическом анализаторе Applied Biosystems 3500 с использованием набора реактивов ABI PRISM BigDye Terminator v.1.1 Cycle Sequencing kit (Applied Biosystems). Выравнивание последовательностей (558 п.н.) и построение филогенетических деревьев проводили в программе MEGA-X [Kumar et al., 2018]. Филогенетическое дерево было построено при помощи метода максимального правдоподобия (ML). Выбор модели для построения дерева осуществляли в программе jModelTest [Posada, Crandall, 1998] на основе информационного критерия Байеса (BIC). Надёжность ветвления филогенетического дерева была определена при помощи бутстреп-анализа с учётом 1000 псевдореplikаций. В качестве внешней группы для филогенетического анализа был выбран другой представитель рода *Ameiurus* – *Ameiurus melas* (номер в GenBank KX 909407). Анализ внутригруппового генетического разнообразия проводили в программе DnaSP6 [Rosas et al., 2017]. Медианная сеть гаплотипов была построена в программе PopArt v.1.7 [Leigh, Bryant, 2015].

### Результаты и их обсуждение

В результате проведённых исследований установлены размерные показатели особей: особи американского сомика в водоёмах агрогородков Новый Двор и Верейки имели длину от 68.65 до 137.60 мм и массу от 11.81 до 51.10 г; длину от 54.41 до 108.95 мм и массу от 3.2 до 29.56 г, соответственно. Особи из оз. Засульское имели длину 89.07 и 106 мм и массу 8.79 и 15.92 г.

В результате определения возраста и распределения по возрастным группам всех отловленных особей установлено наличие

**Таблица 1.** Проанализированные в работе образцы американского сомика

Гаплотип	ген COI	Водоём	Широта	Долгота
Нар_1	NEBBY001-23	водоём агрогородка Верейки, Беларусь	53.25	24.19
	NEBBY002-23			
	NEBBY003-23			
	NEBBY004-23			
	NEBBY005-23	оз. Засульское, Беларусь	53.58	26.83
	NEBBY006-23			
	NEBBY007-23	водоём агрогородка Новый двор, Беларусь	53.81	24.56
	NEBBY008-23			
	NEBBY009-23			
	NEBBY010-23			
	OM 736894	США	42.60	-21.81
	OL 339392			
	MT 456141			
	OK 376044			
	KJ 552541	Польша	51.17	20.18
	ON 097475	Австрия	46.75	15.37
	KX 145196	Канада	46.56	-73.78
	KX 145148		46.55	-73.79
	EU 524433		46.30	-72.70
EU 523909	46.55		-73.79	
KX 145343				
KX 909515	Венгрия	46.85	19.98	
KX 909527				
Нар_2	JX 516987	Канада	45.36	-76.88
Нар_3	OM 736895	США	41.02	-77.64
Нар_4	HQ 557164	США	34.32	-80.24
Нар_5	NC 042499	США	42.13	-81.35
	OM 736888			
	JX 517026			
	OM 736886		43.47	-74.39
	KX 145411	Канада	44.46	-79.40
	MK 439917	Чехия	49.71	15.07
	ON 097302	Австрия	47.08	15.41
	ON 097397			
ON 097877				
Нар_6	ON 097289	Австрия	46.94	15.34
Нар_7	OL 806597	США	44.67	117.98
Нар_8	OM 736814	США	47.69	-86.97

*Примечание:* нумерация собственных образцов приведена согласно базе данных генетических образцов сомика американского выгруженных в BOLD [Barcode..., 2023].

четырёх возрастных групп рыб начиная с се-голеток (группа 0+) и заканчивая четырёхлет-ками (группа 3+). Распределение особей по возрастным группам в уловах из исследован-ных водоёмов приведено в табл. 2.

При сравнении меристических признаков американского сомика из различных водоё-мов естественного и приобретённого ареалов установлено, что количество лучей в аналь-ном плавнике у особей из Беларуси входит



**Таблица 2.** Размерно-возрастные показатели американского сомика водоёмов бассейна р. Неман в уловах экспериментальными ловушками зонтичного типа

Водоём	Возраст	n, экз.	Длина, мм		Масса, г	
			lim	M±m	lim	M±m
Новый двор	1+	31	68.65–107.11	93.98±1.36	11.81–24.55	16.3±0.49
	2+	10	104.20–112.25	107.81±0.71	18.32–30.07	21.97±1.,38
	3+	2	137.59–137.60	137.60±0.005	51.04–51.10	51.07±0.03
оз. Засульское	1+	1	–	89.07	–	8.79
	2+	1	–	106	–	15.92
Верейки	0+	1	–	54.41	–	3.2
	1+	5	67.91–74.60	69.87±1.23	6.67–8.97	7.47±0.44
	3+	2	107.94–108.95	108.45±0.51	2.89–29.56	28.23±1.34

в пределы колебаний признака у особей из водоёмов естественного ареала (таблица 3). Также установлено полное совпадение по одному признаку (количество лучей в хвостовом плавнике) из пяти проанализированных у особей из естественного ареала (Северная Америка) и особей водоёма агрогородка Новый двор (Беларусь), в то время как по всем остальным признакам показатели близки по значениям. Следует отметить, что у особей бассейна р. Неман (наши данные) диапазон варьирования числа лучей в плавниках значительно шире.

Нами было проведено сравнение пластических признаков особей американского сомика из оз. Ореховское (место первоначального вселения в Беларуси) с аналогичными показателями из водоёма агрогородка Новый

двор (Щучинский район). В литературных данных, приводимых для нативного ареала, нет информации о разделении особей *A. nebulosus* по возрастным группам при измерении пластических признаков [Макушок, 1951], что затрудняет проведение сравнительного анализа. В нашей работе при сравнении особей из места первоначальной интродукции (оз. Ореховское) с особями недавно заселённого водоёма (агрогородок Новый двор) мы брали особей двухлетнего (1+) и трёхлетнего возраста (2+), что позволило провести корректное сравнение (табл. 4). Сравнение пластических признаков показало статистически значимые различия по 9 признакам параметров тела и по 1 признаку в головном отделе. Ранее была отмечена высокая пластичность морфометрических признаков

**Таблица 3.** Меристические признаки американского сомика естественного и приобретённого ареалов

Регион		D	P	V	A	C	Источник
Естественный ареал	Северная Америка	I 6–7	I 8	8	21–24	18–19	Scott, Grossman, 1973
		I 6–7	–	–	–	18–19	Kendal, 1910
Приобретённый ареал	Чехия	I 6	I 7–8	8–9	18–22	17–19	Rutkayova et al., 2013
	Украина, Закарпатье	I 6–7	I 7–9	–	18–22	–	Movchan, 2014
	БССР, оз. Олтушское 1951 г.	I 6–7	I 7–9	6–8	19–22	–	Макушок, 1951
	<b>водоём агрогор. Новый двор</b>	<b>I 6–8</b>	<b>I 6–8</b>	<b>6–8</b>	<b>19–22</b>	<b>18–19</b>	<b>Наши данные</b>
	<b>оз. Засульское</b>	<b>I 7</b>	<b>I 7–8</b>	<b>8</b>	<b>21</b>	<b>19–20</b>	
<b>водоём агрогор. Верейки</b>	<b>I 7</b>	<b>I 6–8</b>	<b>7–8</b>	<b>20–21</b>	<b>19–20</b>		

D – количество лучей в дорсальном плавнике; P – количество лучей в грудных плавниках; V – количество лучей в брюшных плавниках; A – количество лучей в анальном плавнике; C – количество лучей в хвостовом плавнике.

**Таблица 4.** Сравнительная характеристика пластических признаков сомика американского из водоёма агрогородка Новый двор (Щучинский район) и оз. Ореховское (Малоритский район) – места первоначального вселения американского сомика

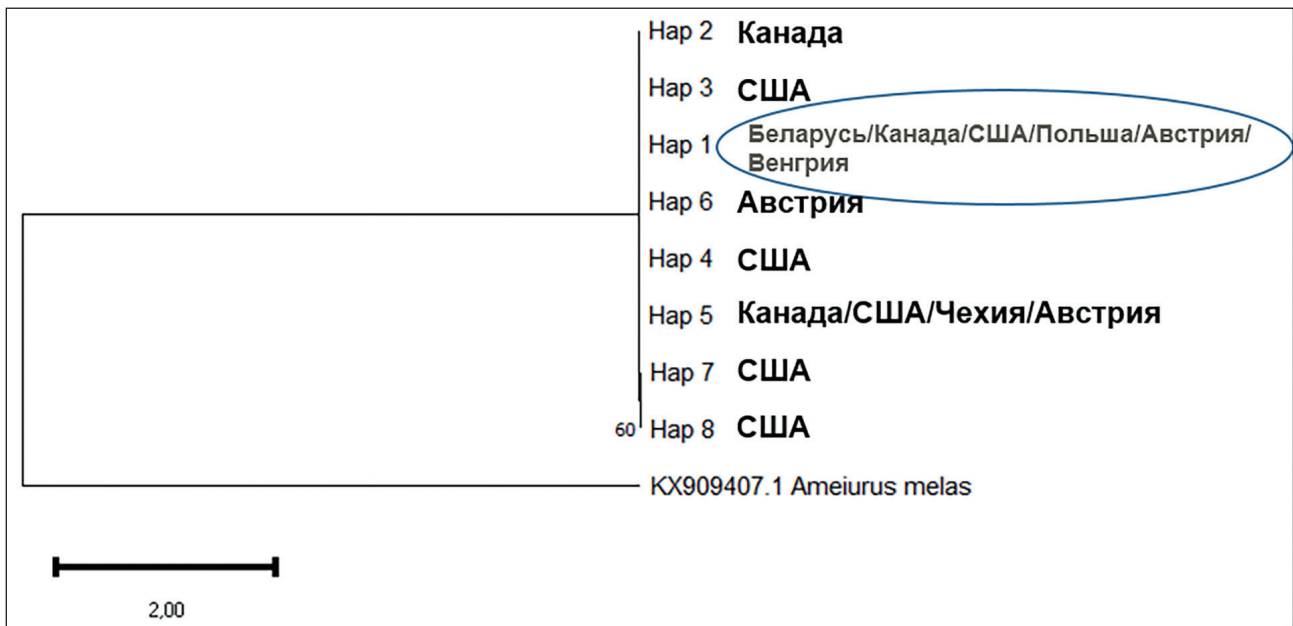
Признак	оз. Ореховское ( <i>n</i> = 16)	водоём агрогородка Новый двор ( <i>n</i> =41)
	<i>M</i> ± <i>m</i>	<i>M</i> ± <i>m</i>
<i>l</i> Длина без хвостового плавника (С), см**	87.97±3.43	97.36±1.40
<i>в % от длины без хвостового плавника (l)</i>		
<i>H</i> наибольшая высота тела	19.05±0.53	19.76±0.36
<i>iH</i> наибольшая толщина тела	16.77±0.34	16.81±0.50
<i>h</i> наименьшая высота тела	11.76±0.83	10.72±0.22
<i>ih</i> наименьшая толщина тела**	3.50±0.25	4.19±0.14
<i>aD</i> антедорсальное расстояние	36.35±0.59	37.63±0.67
<i>pD</i> постдорсальное расстояние	51.40±0.65	53.21±0.81
<i>aP</i> антепектральное расстояние**	21.19±0.51	25.58±0.41
<i>aV</i> антевентральное расстояние**	45.24±0.65	48.37±0.67
<i>aA</i> антеанальное расстояние*	61.01±0.86	62.02±1.67
<i>pl</i> длина хвостового стебля**	17.15±0.71	15.46±0.42
<i>P-V</i> расстояние между грудными и брюшными плавниками	24.57±0.89	25.88±0.51
<i>V-A</i> расстояние между брюшным и анальным плавниками***	18.02±0.72	15.25±0.30
<i>ID</i> длина основания спинного плавника*	8.28±0.62	8.86±0.17
<i>hD</i> высота спинного плавника***	15.65±0.43	21.93±0.54
<i>IA</i> длина основания анального плавника	23.74±0.47	24.39±0.48
<i>hA</i> высота анального плавника	13.04±0.61	14.23±0.53
<i>IP</i> длина грудных плавников	17.22±0.48	18.05±0.47
<i>IV</i> длина брюшных плавников***	13.02±0.57	15.19±0.29
<i>IC</i> длина хвостового плавника	20.14±0.76	21.42±0.52
<i>c</i> длина головы	29.61±0.77	28.66±0.48
<i>% от длины головы (c)</i>		
<i>ic</i> ширина головы	71.57±2.49	70.61±0.,94
<i>r</i> длина рыла***	67.20±2.52	48.48±2.46
<i>o</i> диаметр глаза	16.11±0.68	15.44±0.42
<i>op</i> заглазничный отдел головы	51.13±1.49	60.00±1.05
<i>or</i> расстояние между углами рта	47.46±1.07	48.28±1.20
<i>hc</i> высота головы у затылка	54.82±1.86	5.93±1.00
<i>io</i> ширина лба	49.95±3.01	46.02±1.02

Примечание: \**p* ≤ 0.05; \*\* *p* ≤ 0.01; \*\*\* *p* ≤ 0.001.

вида в водоёмах Беларуси, главным образом, затрагивающая различия пластических признаков, касающихся параметров плавников и расстояния между ними и непосредственно влияющих на локомоцию рыб [Никольский, 1963; Охременко, Гайдученко, 2022г]. Высокую фенотипическую пластичность признаков можно рассматривать как результат быстрой адаптации инвазивных видов,

позволяющий формировать устойчивые популяции в новых местах обитания [Forsman, 2014; Makhrov et al., 2021].

В ходе работы было проанализировано 38 последовательностей митохондриального гена COI американского сомика (10 новых последовательностей для водоёмов Беларуси депонированы в BOLD [Barcode..., 2023], 28 последовательностей взяты из международ-

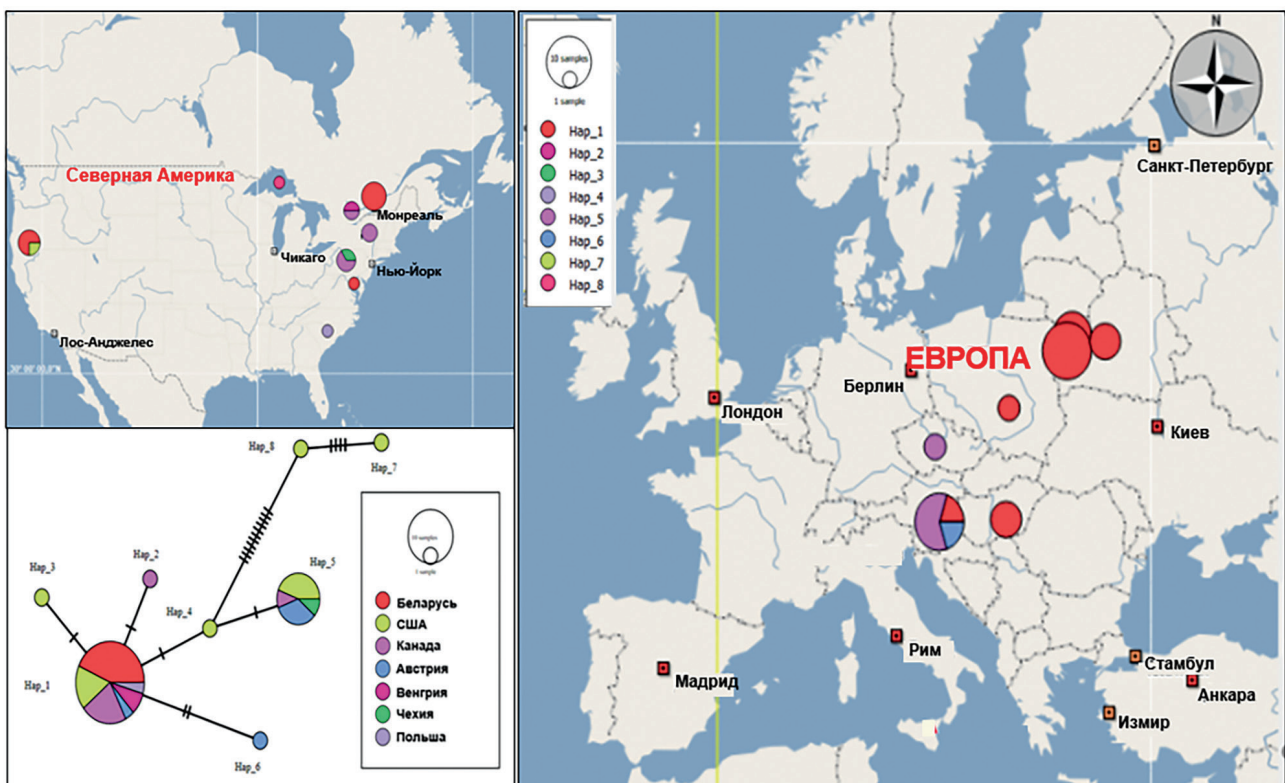


**Рис. 2.** Филогенетическое дерево обнаруженных в ходе анализа гаплотипов гена COI американского сомика, построенное методом максимального правдоподобия (ML), модель Tamura-3.

ной базы данных NCBI [GenBank..., 2023]). В ходе анализа обнаружено 8 гаплотипов, при этом на территории Беларуси встречается только один из них. Особи, отловленные на территории Республики Беларусь, образуют единый кластер с проанализированными последовательностями особей из Канады,

Венгрии, США, Польши и Австрии (Нар\_1) (рис. 2).

Анализ медианной сети гаплотипов (рисунок 3) чётко показывает наличие одного наиболее распространённого гаплотипа по митохондриальному гену COI (Нар\_1), предположительно являющегося предковым. Данный



**Рис. 3.** Географическое распределение гаплотипов по фрагменту митохондриального гена COI американского сомика из разных частей ареала.

гаплотип широко представлен как в нативной (Канада, США) так и в новой части ареала (Венгрия, Польша, Австрия, Беларусь). От данного гаплотипа посредством одной мутации образовались гаплотипы, отмеченные только для нативного ареала (Нар\_3, Нар\_2), также посредством одной мутации от наиболее распространённого Нар\_1 образовался гаплотип Нар\_4 (нативный ареал, река Линчес, США). Данный гаплотип, посредством одной мутации даёт начало образцам как в нативном, так и в приобретённом ареале (Нар\_5: Австрия, Чехия, Канада и США) и, посредством множественных мутаций – гаплотипам Нар\_8 (США, штат Мичиган) и Нар\_7 (США, штат Орегон).

Для определения генетического разнообразия все проанализированные образцы были разделены на 2 группы: 1) образцы из приобретённого ареала – Беларусь, Венгрия, Польша, Чехия и Австрия; 2) образцы из естественного (нативного) ареала – система Великих озёр (США и Канада). Для каждой группы были рассчитаны показатели генетического разнообразия (табл. 5).

Низкие показатели гаплотипического разнообразия американского сомика в приобретённом ареале могут быть объяснены эффектом «основателя» [Avice, 1994] и подтверждают гипотезу о расселении особей по территории Европы из одного первоначального места интродукции.

D-критерий теста на нейтральность Таджимы ( $T's D$ ) для приобретённого ареала показал значения, близкие к нулю, что предполагает нейтральную эволюцию ДНК и отсутствие доказательств отбора. Отрицательные значения теста могут свидетельствовать о пространственной экспансии на новоприоб-

ретенных территориях и возможному всплеску численности популяции.

Анализ географического распределения гаплотипов митохондриального гена COI показал широкое распространение гаплотипа Нар\_1 (рис. 3). Данный гаплотип был обнаружен как в нативном (США и Канада), так и в приобретённом ареале – территория Европы (Польша, Австрия, Венгрия, Беларусь). Также можно выделить ещё один гаплотип Нар\_5 отмеченный в нативном (США, Великие озёра) и приобретённом ареале (Чехия, Австрия). Все остальные гаплотипы обнаружены только на территории Северной Америки, что подтверждает гипотезу о вселении одного наиболее распространённого гаплотипа сначала в страны Западной Европы, а затем и на территорию Беларуси.

По территории Беларуси *A. nebulosus* распространяется предположительно при помощи рыбаков (вселения в новые водоёмы, использование в качестве приманки), и за счёт биологических особенностей (высокая выживаемость, забота о потомстве, отсутствие естественных врагов) вид быстро оккупирует новые водоёмы. Всё вышеперечисленное вызывает обеспокоенность в связи с быстрым распространением инвазивного вида в новые места обитания.

## Заключение

Проанализированные значения меристических показателей американского сомика в исторической и новой частях ареала соответствуют видовым, при этом у особей из Беларуси отмечен более широкий диапазон варьирования числа лучей в плавниках: D I 6–8, P I 6–8, V 6–8, A 19–22, C 19–20. На основании

**Таблица 5.** Данные генетического разнообразия американского сомика по митохондриальному гену COI

<i>Ameiurus nebulosus</i>	N	S	H	Hd±SD	$\pi$ ±SD	k	p	T's D
Приобретённый ареал (Беларусь, Венгрия, Польша, Чехия и Австрия)	19	4	3	0.433±0.117	0.00152±0.00045	0.912	0.010	-0.59736
Естественный ареал (США и Канада)	19	18	7	0.731±0.086	0.00590±0.00228	3.544	0.015	-1.18825

*Примечание:* N – число последовательностей; S – число переменных сайтов; H – число гаплотипов; Hd – гаплотипическое разнообразие;  $\pi$  – нуклеотидное разнообразие; k – среднее число нуклеотидных различий, p – генетическая дистанция между выборками; SD – стандартное отклонение, T's D – тест нейтральности Таджимы.

сравнения пластических признаков можно сделать вывод, что у особей *A. nebulosus* из водоёмов бассейна р. Неман (проточные водоёмы агрогородков Новый Двор и Верейки Гродненской обл.) имеются различия по 9 характеристикам параметров тела и по 2 признакам параметров головы, что, на наш взгляд, можно объяснить экологическими условиями обитания вида. Полученные исходные данные о генетическом разнообразии образцов американского сомика свидетельствуют о низком гаплотипическом и нуклеотидном разнообразии в приобретённом ареале, что может быть объяснено эффектом «основателя» и подтверждать гипотезу о расселении вида по территории Европы из места первоначальной интродукции.

### Финансирование работы

Работа выполнена при поддержке БРФФИ в рамках выполнения проекта молодых учёных (НАУКА-М БМ-089 2023–2025 гг.).

### 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 N 12000-496 и приказом Минвуза СССР от 13 сентября 1984 N 22. Все усилия были предприняты, чтобы использовать только минимальное количество животных, необходимое для получения надёжных научных данных.

### Литература

- Жуков П.И. Рыбы Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1965.
- Зубей А.В. Сомик американский (*Ictalurus nebulosus* (Lesueur, 1819)) – новый вид рыб ихтиофауны водоёмов ГПУНП «Беловежская пуца» // Сб.: Беловежская пуца. Исследования, 2009. Вып. 13. С. 125–132.
- Макушок М.Е. Карликовый сомик, его хозяйственное значение и биологические особенности. Минск: Академия наук БССР, 1951.
- Никольский Г.В., Экология рыб. М.: Высшая школа, 1963.
- Охременко Ю.И., Гайдученко Е.С. Сведения о распространении инвазивного вида рыб американского сомика *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819) в водоёмах Беларуси // Актуальные проблемы экологии: сб. науч. ст. / Министерство образования Респ. Беларусь, ГрГУ им. Янки Купалы, Гродн. обл. ком. природ. ресурсов и охраны окр. среды. Ред. А.Е. Караевский, Г.Г. Юхневич, И.М. Колесник. Гродно: ГрГУ, 2021. С. 43–44.
- Охременко Ю.И., Гайдученко Е.С. Видовая идентификация и оценка генетического разнообразия сомика американского (*Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819)) в водных объектах Беларуси на основе анализа последовательностей гена COI // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах. Мат. II Междунар. научно-практич. конф. Минск, Беларусь, 11–14 октября 2022 г. / Ред. А.В. Кулак и др. Минск: А.Н. Вараксин, 2022а. С. 340–344.
- Охременко Ю.И., Гайдученко Е.С. Генетический полиморфизм сомика американского (*Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819)) на основе анализа последовательностей гена COI в популяциях естественного и приобретённого ареала // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: VI Международная научно-практич. конф. (Гомель, 2–3 июня 2022 г.): сборник материалов / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. Ред. А.П. Гусев и др. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2022б. С. 188–191.
- Охременко Ю.И., Гайдученко Е.С. Генетическое разнообразие популяций сомика американского *Ameiurus nebulosus* (Le Sueur, 1819) – инвазивного вида в Беларуси // Современные проблемы биологической эволюции. Мат. IV Междунар. конф. к 875летию Москвы и 115летию со дня основания Государств. Дарвиновского музея (17–20 октября 2022 г., Москва). М.: ГДМ, 2022в. С. 76–78.
- Охременко Ю.И., Гайдученко Е.С. Морфометрические показатели американского сомика *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819) в водоёмах юго-запада Беларуси // Природные ресурсы. 2022г. Вып. 1. С. 87–92.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966.
- Ризевский В.К., Ермолаева И.А. Чужеродные виды рыб Беларуси // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов. Мат. II Междунар. науч.-практич. конф. (Минск, Беларусь, 22–26 октября 2012 г.). Минск: Минсктиппроект, 2012. С. 495–497.
- Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1959.
- Avice J.C. Molecular markers, natural history and evolution. N.Y.: Chapman and Hall, 1994.
- Barcode of Life Data System (Electronic resource) // (www.boldsystems.org). Accessed 22.06.2023.
- Forsman A. Effects of genotypic and phenotypic variation on establishment are important for conservation, inva-

- sion and infection biology // PNAS. 2014. Vol. 111 (1) P. 302–307. <https://doi.org/10.1073/pnas.1317745111>
- Froese R., Pauly D. World Wide Web electronic publication // (<http://fishbase.org/summary/3022>). Accessed 22.06.2023.
- GenBank (Electronic resource) // (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Accessed 22.06.2023.
- Ivanova N.V., Zemlak T., Hanner R., Hebert P. Universal primer cocktails for fish DNA barcoding // Molecular Ecology Notes. 2007. Vol. 7 (4). P. 544–548. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01748.x>
- Kendal W.C. American catfishes: habits, culture and commercial importance. Rep. U.S. Commnr, Fish., 1910.
- Kumar S., Michael G., Stecher L., Knyaz C., Tamura K. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms // Molecular Biology and Evolution. 2018. Vol. 35. P. 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Leigh J.W., Bryant D. PopART: Full-feature software for haplotype network construction // Methods Ecological Evolution. 2015. Vol. 6. P. 1110–1116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12410>
- Makhrov A.A., Artamonova V.S., Borovikova E.A., Karabanov D.P., Yurtseva A.O., Reshetnikov A.N. A group of successful fish invaders with low phenotypic diversities // Invasion of alien species in Holarctic // Borok-VI: Sixth International Symposium. Book of Abstracts (Borok-Uglich, October 11–15 2021). Kazan: Buk, 2021. P. 140.
- Movchan Y.V. Fishes of the genus *Ameiurus* (Ictaluridae, Siluriformes) in the transcarpatian water bodies // Vestnik zoologii. 2014. Vol. 48 (2). P.149–156.
- Page L.M., Burr B.M. Peterson field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico, Houghton Mifflin Harcourt, Boston, Massachusetts, USA, 2011.
- Posada D., Crandall K. MODELTEST: testing the model of DNA substitution // Bioinformatics. 1998. Vol. 14 (9). P. 817–818. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/14.9.817>
- Rozas J., Ferrer-Mata A., Sánchez-DelBarrio J.C., Guirao-Rico S., Librado P., Ramos-Onsins S.E., Sánchez-Gracia A. DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Datasets // Mol. Biol. Evol. 2017. Vol. 34. P. 3299–3302. <https://doi.org/10.1093/molbev/msx248>
- Rutkayova J. et al. *Ameiurus melas* (black bullhead): morphological characteristics of new introduced species and its comparison with *Ameiurus nebulosus* (brown bullhead) // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2013. Vol. 23 (1). P. 51–68. <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9274-6>
- Scott W.B., Grossman E.I. Freshwater fisher of Canada // Bull. Fish. res. board Canada. 1973. No. 184.

# **BROWN BULLHEAD *AMEIURUS NEBULOSUS* (SILURIFORMES: ICTALURIDAE) – A NEW SPECIES IN THE NEMAN RIVER BASIN**

**©2024 Okhremenko Y.I.\*, Gajduchenko H.S.**

State Research and Production Association «Scientific and Practical Center  
of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources», Minsk, 220072, Belarus  
e-mail: [\\*okhremenko.yulia@yandex.by](mailto:*okhremenko.yulia@yandex.by)

The article provides data on the first record of the brown bullhead *Ameiurus nebulosus* in the Neman river basin. Statistically significant differences in the morphometric characteristics of the brown bullhead specimens from the Neman river basin compared to the specimens of the Bug river basin (place of initial introduction in Belarus) according to 11 morphometric characteristics were shown. A wider range of variations in the number of rays in the fins of fish from Belarus compared to the native range was noted. Data on the level of genetic polymorphism for the mitochondrial COI gene in populations of brown bullhead from reservoirs of acquired range (including the Neman river basin) compared to natural range were presented.

**Keywords:** invasive species, brown bullhead, *Ameiurus nebulosus*, distribution, morphometric characteristics, COI, haplotypic diversity, Neman river basin.

# МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ И ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РУССКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER GUELDESTAEDTII* BRANDT ET RATZEBURG (1833) В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА (1992–2011) В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

©2024 Рубан Г.И.<sup>a,\*</sup>, Коноплёва И.В.<sup>b</sup>, Осипов Ф.А.<sup>a</sup>, Дергунова Н.Н.<sup>a</sup>,  
Чжан Х.<sup>c</sup>, Петросян В.Г.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071, Россия

<sup>b</sup> Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Астрахань, 414056, Россия

<sup>c</sup> Факультет Экологии и Институт гидробиологии, Университет Цзинань, Гуанчжоу, 510632, Китай  
e-mail: \*georgii-ruban@mail.ru

Поступила в редакцию 13.01.2024. После доработки 12.02.2024. Принята к публикации 19.02.2024

Представлены модели экологических ниш (ENM) и пространственного распределения (SDM) русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg (1833), а также зообентоса – основных компонентов питания вида (Annelida, Mollusca и Crustacea) в северной части Каспийского моря на основе данных многолетнего мониторинга (1992–2011) и растровых слоёв морской среды. Построенные модели ENM с помощью PCA в рамках двух концепций COUE и ECOUE позволили проверить гипотезу консерватизма экологических ниш русского осетра во времени. Показано, что если в рамках концепции COUE гипотеза консерватизма ниш выполнялась для одного периода мониторинга, то в рамках расширенной концепции ECOUE эта гипотеза выполняется для всех периодов мониторинга. Построенные модели SDM показали, что трофические взаимоотношения русского осетра и азово-черноморских вселенцев из разных таксономических групп (Annelida, Mollusca и Crustacea) в северной части Каспийского моря довольно точно отображаются в их пространственном распределении. Высокие значения биомассы моллюсков, ракообразных и кольчатых червей, как основного компонента в питании русского осетра в западной части Северного Каспия, создают благоприятные условия для нагула русского осетра в летний период. Установлено, что в восточной и приглубой частях Северного Каспия основными компонентами питания являются моллюски и ракообразные.

**Ключевые слова:** русский осётр, *Hediste diversicolor*, *Abra ovata*, Annelida, Mollusca, Crustacea, ENM, экологическая ниша, SDM, распределение, многолетние изменения.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-87-117

## Введение

Русский осётр (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg, 1833) – ценнейшая промысловая рыба. По образу жизни *A. gueldenstaedtii* относится к проходным видам рыб и большую часть жизни проводит в морской среде, заходя в водотоки пресноводных водоёмов только для нереста [Берг, 1949; Ходоревская и др., 2007; Сафаралиев и др., 2013]. В течение жизни осётр совершает различные миграции и перемещения внутри ареала. Одним из необходимых периодов жизненного цикла *A. gueldenstaedtii* являются сезонные нагульные миграции в Каспийском, Чёрном

и Азовском морях, под воздействием которых происходит формирование его численности и запасов [Ходоревская и др., 2007]. Характер распределения и плотность его концентраций во многом зависят от абиотических факторов морской среды и обеспеченности кормовыми ресурсами. В Волго-Каспийском бассейне русский осётр всегда обеспечивал большую часть общего улова. Рекордный улов был достигнут в 1903 г. и составил 39.2 тыс. т [Коробочкина, 1964]. Уловы осетра в середине 1930-х гг. были на уровне 9.3 тыс. т. В последующие десятилетия 1940–1960-х гг. уловы сократились до 2.26 тыс. т [Легеза, Маилян, 1973]. Существу-



ющие данные показывают, что прекращение морского лова в 1962–1965 гг. и регламентация речного рыболовства позволили приостановить снижение его запасов. Оценки показывают, что максимальная численность русского осетра в конце 1960-х гг. составляла 113.2 млн экз. [Лебеза, Маилян, 1973]. В этот период наблюдался рост ежегодного вылова осетра в Каспийском бассейне, который к 1964 г. возрос до 7.35 тыс. т. Однако, в результате строительства Волжской ГЭС в 1958 г. его численность и уловы стали постепенно падать. В 1985 г. общая численность нагуливающегося в Каспийском море русского осетра (от годовика и старше) составила 59.1 млн экз., в 1994 г. она снизилась почти в три раза – до 21.2 млн экз. [Власенко и др., 2002а]. Плотины Волжской ГЭС отрезала 80% нерестилищ русского осетра, и естественное размножение его в нижнем течении Волги сохранилось на 20% от всей площади нерестилищ. Имеется тренд уменьшения численности, если численность осетра в 1960-е гг. в среднем составляла 103 млн экз., то в 1970-е – 70.2, 1980-е – 43.8, в 1990-е – 27.3 млн экз. [Власенко, 2001]. В период 1991–2001 гг., в связи с распадом СССР и образованием новых прикаспийских государств, неоднозначной геополитической ситуацией и ростом незаконного вылова на всей акватории Каспийского моря и в реках бассейна, численность и запасы осетра стали снижаться. В частности, в 2001 г. абсолютная численность находилась на уровне 24.4 млн экз. [Власенко, 2002б], а величина вылова осетра по России, согласно статистическим данным, составила 0.256 тыс. т. С 2005 г. вылов осуществляется только для целей воспроизводства и научно-исследовательских работ. Хотя этот вид, в настоящее время, является основным объектом искусственного разведения, результаты его пока не достигли желаемого уровня, и в пополнении запасов и восстановлении численности во всём ареале вида всё ещё решающую роль играют понимание экологической ниши и потенциальных пригодных районов обитания в нативной части ареала.

Анализ распределения осетровых рыб (русский осётр, белуга *Huso huso* L. 1758, севрюга *Acipenser stellatus*, Pallas 1771) в Ка-

спийском море имеет длительную историю, начиная от первых сведений о распределении осетровых в Каспийском море [Книпович, 1921]. Особый интерес для российских исследователей представляет северная часть Каспийского моря из-за оптимальных условий среды, как в отношении кормовых ресурсов, так и благоприятных абиотических факторов морской среды. Существующие публикации и мониторинговые данные показывают, что она в настоящее время продолжает оставаться местом нагула молоди и половозрелых особей осетровых рыб [Молодцова, Полянинова, 2004; Сокольский и др., 2005; Ходоревская и др., 2007; Ruban et al., 2022]. В литературе широко обсуждается наличие большого количества чужеродных видов различных таксономических групп в Каспийском море, которые формируют значительную часть кормовых ресурсов для осетровых рыб [Малиновская, Зинченко, 2010; Сафаралиев и др., 2013, 2019; Ruban et al., 2022]. Роль чужеродных ракообразных, моллюсков, кольчатых червей в питании севрюги в северной части Каспийского моря в летний период ранее была показана в специальных исследованиях [Сафаралиев и др., 2013, 2019; Ruban et al., 2022]. Были разработаны модели экологических ниш севрюги в северной части Каспийского моря на основе данных многолетнего мониторинга (1992–2006 гг.) в летний период [Ruban et al., 2022]. В этой работе приведены оценки влияния абиотических и биотических факторов на формирование экологических ниш севрюги в восточном и западном районах северной части Каспийского моря и ординационные диаграммы пространственного распределения севрюги в разные годы мониторинга в плоскости двух главных компонент (РСА). Показано, что ведущими факторами для построения моделей экологических ниш являются солёность воды и плотность скоплений ракообразных. Выделение ракообразных в качестве важнейшей предикторной переменной в значительной степени связано с высокой частотой их встречаемости на учётных участках мониторинга и относительно большей среднегодовой биомассой по сравнению с другими альтернативными видами кормовых ресурсов (*Abra ovata* (Philippi,

1893.) и *Hediste diversicolor* Muller, 1776). Однако в этой работе не были представлены модели пространственного распределения кормовых ресурсов. Важно отметить, что, тем не менее, предложенный методический подход, может быть использован для определения роли предпочитаемых кормовых ресурсов русского осетра (кольчатые черви – Annelida, ракообразные – Crustacea и моллюски – Mollusca), распределение и экологические предпочтения которых плохо изучены и/или сведения о них имеют фрагментарный характер. В целом, оценка роли чужеродных видов в питании и пространственном распределении русского осетра отсутствует.

За последние два десятилетия значительно вырос интерес к прогнозированию распределения видов с помощью современных методов экологического моделирования. Моделирование пространственного распределения видов (SDM) стало важным инструментом в экологии, эволюции, биогеографии и сохранении биоразнообразия. Создаваемые SDM могут расширить наши знания и предоставить информацию для анализа и сохранения морских экосистем. Принимая во внимание большой интерес к SDM и их широкое применение в наземных экосистемах, очень мало исследований было проведено для создания SDM морских видов. Это отставание в значительной степени было связано с поздним появлением наборов данных для морской среды. Хотя доступных данных о морской среде в различных источниках существует достаточно много, однако есть только два удобных для пользователей глобальных набора данных с высоким разрешением, предназначенных для создания SDM – MarSpec (Ocean climate layers for marine spatial ecology) [Sbrocco, Barber, 2013] и BioORACLE (global environmental dataset for marine species distribution modelling) [Assis et al., 2018; Bosch et al., 2018]. Важно отметить, что глобальные базы данных MarSpec и BioORACLE были разработаны без учёта Каспийского моря, поскольку оно рассматривалось как крупнейшее замкнутое озеро в мире. Однако позже были разработаны специальные слои (Caspian Sea environmental variables) для Каспийского моря [Lattuada et al., 2020].

Этот набор данных включал растровые слои максимальных, минимальных, средних значений и диапазонов изменений трёх наиболее важных переменных среды: температуры, солёности и содержания хлорофилла на поверхности моря. Кроме этих растров также нами были созданы оригинальные геофизические слои по батиметрии (глубины, уклона и шероховатости морского дна), расстояния до берега и скорости течения на поверхности. В данной работе впервые использованы специальные слои для Каспийского моря и общая интегрированная глобальная база данных, включающих акватории всех морей и океанов [Sbrocco, Barber, 2013; Assis et al., 2018]. Эффективность созданной глобальной базы данных была показана на примере создания SDM для самых опасных инвазионных видов ракообразных из списка ТОП 100 России: *Acartia tonsa* Dana, 1849, *Amphibalanus improvisus* Darwin 1854, *Cercopagis pengoi* Ostroumov, 1891, *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939, *Monocorophium acherusicum* Costa, 1853, *Oithona davisae* Ferrari & Orsi, 1984, *Paralithodes camtschaticus* Tilesius, 1815, *Platorchestia platensis* Krøyer, 1845, *Pontogammarus robustoides* Sars, 1894, *Rhithropanopeus harrisi* Wicksten 2012 [Петросян и др., 2022].

В этом исследовании мы использовали метод максимальной энтропии (MaxEnt), чтобы предсказать потенциальные ареалы *A. gueldenstaedtii*. Мы предположили, что SDM будут иметь возможность прогнозировать потенциальное распределение вида с использованием данных о присутствии кормовых ресурсов с гарантированной точностью, и набором важнейших предикторных переменных морской среды с разрешением (2.5 arc minute, примерно 4.5 км).

Цель работы – выявление биотических и абиотических факторов, определяющих экологическую нишу и пространственное распределение русского осетра; построение моделей экологической ниши и пространственного распределения русского осетра в северной части Каспийского моря на основе данных многолетнего мониторинга и пространственного распределения кормовых ресурсов – азово-черноморских вселенцев из разных таксономических групп Annelida, Crustacea и Mollusca.

## Материалы и методы

Для проведения анализа и построения двух типов моделей ENM и SDM был использован комплексный подход, состоящий из 6 этапов: 1) подготовка набора векторных данных точек находок (ТН) и растровых данных предикторных переменных; 2) пространственное разреживание ТН и предикторных переменных; 3) оценка изменения реализованных экологических ниш (ENM) русского осетра во времени на основе данных мониторинга; 4) определение оптимальных параметров моделей MaxEnt по информационному критерию AIC; 5) построение моделей пространственного распределения (SDM) русского осетра и кормовых ресурсов с учётом абиотических факторов среды; 6) построение моделей пространственного распределения русского осетра с учётом абиотических и биотических факторов.

### 1. Подготовка наборов векторных данных точек находок и растровых данных предикторных переменных

**Набор векторных данных точек находок.** Для создания векторной базы данных точек находок (ТН) в среде ArcGIS Desktop 10.8.1 кроме собственных полевых данных также использовались и литературные данные. В целом, в набор данных ТН были включены записи местонахождений трёх типов. Первый тип объединяет записи, которые были представлены географическими координатами ТН в наших полевых исследованиях. Полевой набор включал мониторинговые данные из северной части Каспийского моря, полученные сотрудниками Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») во время летних траловых съёмов в 1992, 1994, 2002, 2003, 2006, 2011 гг. Распределение участков мониторинга в 1992–2011 гг. в северной части Каспийского моря (участки отмечены красными точками) приведено на рисунке 1. Абиотические факторы среды (температура и солёность воды) определялись с использованием проб придонного слоя воды, полученных как во время тралений, так и на местах постановки сетей. В процессе дальнейшего анализа все данные мониторинга были представлены в виде обобщённой та-

блицы, состоящей из 134 записей за все годы исследований и включающей площадь и географические координаты участков, год взятия проб, плотность скоплений русского осетра. Выявление и выбор абиотических факторов, определяющих реализованные экологические ниши русского осетра, были проведены на основе данных, указывающих присутствие или отсутствие вида. Плотность скоплений вида на участках преобразовывали в бинарный формат, то есть при численности выловленных рыб больше 0 ей присваивалось значение «1», и значение «0» присваивалось в противном случае. Для данных, полученных из литературного источника [Ходоревская и др., 2007], был использован фильтр для точности представления не менее 5 км ТН. Все записи, которые имели точность привязки более 5 км и сомнительные названия вида были исключены. Второй тип характеризуется тем, что в литературе (монографиях, статьях) ТН были приведены только на картах без указания координат местонахождения русского осетра. Для этого типа данных географические координаты были определены после георегистрации и привязки этих карт к базовым векторным картам акватории морей с выбором не менее 30 опорных точек в среде Arc GIS Desktop 10.8.1. Базовые карты были получены из открытого ресурса Natural Earth Vector [2023]. Для третьего типа данных из публикаций отобрали только те точки находок, которые позволяли определять точные географические координаты с помощью GoogleEarth с точностью до 5 км. В целом после объединения трёх типов записей и исключения дублирующих записей о местонахождениях особей были получены окончательные наборы ТН.

В процессе дальнейшего анализа все данные мониторинга были представлены в виде обобщённой таблицы, содержащей 498 записей за все годы мониторинга и включающей площадь и географические координаты участков, даты взятия проб, плотность скопления русского осетра (экз./10 000м<sup>3</sup>); биомассу (г/м<sup>2</sup>) кормовых ресурсов – кольчатых червей (Annelida), моллюсков (Mollusca) и ракообразных (Crustacea), а также придонную температуру (°C), солёность воды (‰),



Рис. 1. Распределение участков мониторинга в 1992–2011 гг. в северной части Каспийского моря (участки отмечены красными точками). Пунктирной линией указана область изучения и построения моделей SDM и ENM.

глубину отбора проб (м) и прозрачность на каждом участке. Некоторые чужеродные организмы были определены до видового уровня – *Hediste diversicolor* Muller, 1776; *Abra ovata* (Philippi, 1893); *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841); *Mytilaster lineatus* Gmelin, 1791; *Acartia tonsa*, Dana, 1849; *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854); *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) и др.

Для построения моделей (ENM) реализованных экологических ниш и пространственного распределения (SDM) мы использовали два типа данных.

**Переменные среды для построения ENM.** В отличие от растровых слоёв, которые использовались для построения SDM, мы также использовали векторные переменные среды, созданные на основе данных мониторинга. Эти данные были представлены в виде таблицы, состоящей из записей за все годы мониторинга. Она включает географические координаты участков, температуру воды (°C), солёность воды (‰), глубину отбора проб (м),

прозрачность воды, присутствие/отсутствие и биомассу кольчатых червей, ракообразных и моллюсков.

**Переменные среды для построения SDM.** Для создания SDM русского осетра и кормовых ресурсов (Annelida, Crustacea, Mollusca) мы использовали растровые слои предикторных переменных морской среды из глобального набора данных Bio-ORACLE (global environmental dataset for marine species distribution modelling) [Assis et al., 2018; Bosch et al., 2018]. Созданный нами набор переменных включает растровые слои средних годовых значений и диапазонов изменений трёх важных переменных среды: температуры (TempMean и TempRange, °C), солёности (SalinityMean и SalinityRange, ‰) и содержания хлорофилла (ChlorophyllMean и ChlorophyllRange, мг/м<sup>3</sup>) на поверхности моря; геофизические слои: по батиметрии (глубины морского дна – Bathymetry, м; уклона – Slope, градусы; индекс шероховатости морского дна – Roughness, Восточный/Западный или Северный/Южный аспект (Aspect, градусы), расстояния до берега (DistToShore, км), средняя годовая скорость и диапазон скорости течения на поверхности (VilocityMean и VilosityRange, м/с).

## 2. Пространственное разреживание ТН и предикторных переменных

Для проверки пространственной автокорреляции точек находок использовалась двухшаговая процедура. На первом шаге с помощью специального алгоритма выбора подвыборки, доступного в пакете spThin [Aiello-Lammens et al., 2015], были удалены точки присутствия с расстоянием меньше 5 км. На втором шаге полученные наборы данных проверялись на кластеризацию с использованием индекса Average Nearest Neighbor (ANNI) в среде ArcGis [ESRI, 2017]. Эти процедуры привели к сокращённым наборам данных ТН случайно распределённых в области обучения моделей. Проверка и выбор переменных для включения их в модель производилась также с помощью двухшаговой процедуры. На первом шаге с помощью пакета raster [Hijmans et al., 2020] вырезали фрагменты слоёв для каждой предикторной пере-

менной в отдельности для области обучения моделей, указанной в рис. 1. На втором шаге эти слои с помощью функции corSelect пакета fuzzySim [Barbosa, 2015] использовались для исключения переменных, между которыми парный коэффициент ранговой корреляции Спирмена по абсолютному значению больше 0.7. Для измерения мультиколлинеарности использовали показатель VIF (фактор инфляции вариации) с помощью R-пакета fuzzySim [Barbosa, 2015] при пороговом значении  $VIF > 5$ , то есть если выполняется это условие, то предикторная переменная считается мультиколлинеарной и исключается из модели [Dormann et al., 2013]. Эффективность применения вышеуказанных процедур пространственного разреживания ТН и предикторных переменных показана в работах [Petrosyan et al., 2019, 2020, 2023a, 2023b].

### 3. Оценка изменения реализованных экологических ниш вида во времени на основе данных мониторинга

Модели реализованных экологических ниш (ENM) вида для разных периодов мониторинга были построены с использованием общей концепции COUE (унифицированная терминология, принятая для обозначения анализа сдвига центроида, перекрывания, неиспользования и расширения ниш, то есть первые буквы: Centroid shift, Overlap, Unfilling и Expansion niche) [Broennimann et al., 2012; Petitpierre et al., 2012; Petrosyan et al., 2019, 2020]. В последние годы эта концепция широко используется для оценки метрик экологических ниш, которая, по мнению ряда учёных, стала «золотым стандартом» [Liu et al., 2020; Pili et al., 2020; Petrosyan et al., 2023c]. В этой концепции реализованная экологическая ниша вида представляется в пространстве предикторных переменных среды обитания, изображённом на плоскости первых двух осей главных компонент (PCA). В рамках этой концепции, экологически важные характеристики окружающей среды в разные периоды наблюдений в частях морского ареала, где выполнялся мониторинг встречаемости изучаемого вида и оценка условий окружающей среды, локализовали по участкам («квадратам») и привязывали к сетке гео-

графических координат. Данные присутствия вида преобразовывались в плотности с использованием функции ядра для сглаживания распределения плотностей. Плотность популяции русского осетра на участках преобразовывали в бинарный формат, то есть при численности выловленных рыб больше 0 ей присваивалось значение «1», и значение «0» присваивалось в противном случае. В результате этого, построенные модели, определяющие реализованную экологическую нишу во времени и в пространстве, не зависели от нестационарных флуктуаций скоплений рыб и их численности в разные годы на разных участках мониторинга, а также возможных технических ошибок оценки плотности. Бинарные данные присутствия/отсутствия были преобразованы в плотности с использованием специальных сглаживающих ядерных (kernel) функций [Broennimann et al., 2012; Petitpierre et al., 2012; Cola et al., 2017].

Для оценки изменения реализованных ниш во времени проводили их попарный анализ в начальный момент (1992 г.) с последующими годами (1994, 2002, 2003, 2006, 2011) мониторинга в отдельности. Оценку перекрытия ниш вида в разные периоды мониторинга в COUE проводили с использованием индекса Шонера (Schoener's) [Warren et al., 2008; Broennimann et al., 2012]. Этот индекс отражает меру перекрывания ниш в экологическом пространстве и колеблется между 0 (отсутствие перекрытия) и 1 (полное перекрытие). Тест на сходство ниш в рамках концепции COUE реализован с помощью R-пакета EcoSpat [Cola et al., 2017], который определяет: является ли реализованная ниша в определённый период, более похожей на занимаемую нишу в другой момент времени по сравнению со случайным распределением.

*Оценка реализованной экологической ниши русского осетра в рамках концепции COUE.* Оценку изменения реализованной экологической ниш вида во времени и в пространстве проводили в два этапа. На первом этапе оценивали основные метрики ниш (S, E, U) в разные годы мониторинга в рамках концепции COUE. Когда ниши вида в разные годы в многомерном экологическом пространстве перекрывались, тогда для анализа рассматри-

вались три категории: (1) стабильные области (S), в которых вид встречается в разные годы, (2) незаполненные области, в которых вид встречался только в начальном периоде мониторинга (U), и (3) новые области (E), в которых вид встречается в другие годы мониторинга. Индекс стабильности (S) – это доля ниши вида в последующие годы наблюдений, которая пересекается с нишей в начальный момент времени. Индекс незаполнения (U) – это доля ниши вида в начальный момент, которая отсутствует в последующие годы мониторинга. Индекс расширения (E) – это доля ниши вида в начальный момент времени, которая отсутствует в последующий сравниваемый год мониторинга. Поскольку эти индексы оцениваются в пространстве важнейших переменных, определяющих характер распределения вида, поэтому индекс расширения (E) можно рассматривать как изменения ниш, например, вызванные биотическими взаимодействиями с кормовыми видами, хотя внутривидовая конкуренция вида и сокращения численности также могут внести свой вклад. Оценки этих индексов произведены с помощью R-пакета EcoSpat [Cola et al., 2017].

**Оценка реализованной экологической ниши русского осетра в рамках концепции ECOUE.** На втором этапе, метрики ниш были расширены дополнительными метриками – ширина  $B_n$  (начальный момент времени),  $B_i$  (следующий момент времени) и сходством Sim ниш, представленными в работе [Liu et al., 2020]. Далее описанное расширение метрик обозначается ECOUE [Petrosyan et al., 2023c]. В рамках схемы COUE величины E и U оцениваются относительно плотности встречаемости вида в начальный и последующие моменты времени, соответственно. Несмотря на то, что S характеризует перекрытие между нишами начального и последующего периодов мониторинга, его величина оценивается относительно плотности встречаемости вида в последующий момент времени и непосредственно рассчитывается как дополнение расширению ниш, то есть  $S = 1 - E$ . Чтобы преобразовать значения индекса в тот же масштаб, в концепции ECOUE величину U оценивают относительно плотности встречаемости в последующий момент времени с

помощью формулы  $U^T = (S/(1 - U))/U$ . Поскольку индексы E, S,  $U^T$  определены в одном масштабе, тогда новые модифицированные метрики  $E_m$ ,  $S_m$ ,  $U_m$  определяются как  $E_m = E/(E + S + U^T)$ ,  $S_m = S/(E + S + U^T)$  и  $U_m = U^T/(E + S + U^T)$ . В концепции ECOUE метрики  $E_m$ ,  $S_m$ ,  $U_m$  используются для определения ширины в начальный и последующий момент времени с помощью формул  $B_n = S_m + U_m$  и  $B_i = S_m + E_m$ . Для удобства интерпретации результатов в концепции ECOUE и сравнительного анализа ниш используется натуральный логарифм (ln) отношения ширины ниш (breadth ratio, BR), т. е.  $BR = \ln(B_n/B_i)$ . Из этой формулы видно, что если ширина ниш в начальный и последующий моменты времени равна  $B_n = B_i$ , то  $BR = 0$ . Если  $B_n > B_i$ , тогда BR принимает положительные значения, в противном случае – отрицательные значения. В ECOUE относительное положение ниши в двухмерном PCA-пространстве окружающей среды характеризуется как сходство в начальный и последующий моменты времени, а не как расстояние между центроидами ниш. Сходство ниш (Sim) количественно оценивается с помощью Sørensen's similarity index [Baselga, 2017], то есть  $Sim = 2S_m/(B_n + B_i)$ . Метрика Sim варьирует от 0 до 1. Это крайние случаи, когда две ниши не перекрываются или перекрываются полностью в пространстве предикторных переменных окружающей среды, 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 концепции ECOUE отличается от теста на сходство ниш в рамках концепции COUE. В концепции ECOUE принимается важное условие по использованию пороговых значений BR и Sim для индикации сохранения или сдвига ниш. Ниши считаются неизменными, если: а) ниша расширялась медленно, то есть в начальный момент времени ниша была больше, чем в последующие моменты времени [Pearman et al., 2008], б) положение ниши менялось медленно, то есть начальный и последующий моменты времени ниши занимали аналогичные позиции в пространстве окружающей среды [Broennimann et al., 2007].

#### 4. Определение параметров модели MaxEnt по информационному критерию AIC

Хотя настройки параметров MaxEnt по умолчанию при моделировании пространственного распределения базируются на обширном эмпирическом материале [Phillips, Dudik, 2008], тем не менее, недавние работы показали, что они могут привести к неэффективным моделям [Radosavljevic, Anderson, 2014; Petrosyan et al., 2019, 2020, 2023a, 2023b]. По этой причине оптимальные параметры MaxEnt моделей для каждого вида мы определяли с применением информационного критерия AIC с поправкой на размер выборки (AICc) с помощью R пакета ENMeval [Muscarella et al., 2014]. Настройки параметров MaxEnt с помощью критерия AICc отличались от настроек по умолчанию для всех моделей SDM.

#### 5. Построение моделей пространственного распределения (SDM) русского осетра и кормовых ресурсов с учётом абиотических факторов

Модели пространственного распределения SDM были получены на основе метода максимальной энтропии с использованием Maxent 3.4.1 [Phillips et al., 2006] из пакета Dismo [Hijmans et al., 2017] с параметрами, полученными на предыдущем шаге. Для построения SDM использовали 10 запусков Maxent со случайным выбором тестовых и обучающих выборок. Во всех вариантах запуска Maxent 80% записей находок использовали как обучающие выборки, а 20% записей – как тестовые выборки. Мы использовали индекс Бойса ( $B_{ind}$ ) для оценки производительности моделей [Boyce et al., 2002; Hirzel et al., 2006] с использованием R-пакета Ecospat [Cola et al., 2017]. Мы рассчитали индекс  $B_{ind}$  для каждой из 10 моделей и усреднили значения, чтобы получить окончательные оценки. При построении SDM 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, то есть имели высокие

значения (>5%) перестановочной важности (Permutation importance – PI) или высокие значения процента вклада (Percent contribution – PC) [Phillips et al., 2006].

#### 6. Построение моделей распределения русского осетра с учётом абиотических и биотических факторов

Для оценки влияния синергии абиотических и биотических факторов мы определяли сходство моделей SDM с помощью индекса Dg Шонера (Schoener) [Warren et al., 2008]. В данном случае для обозначения индекса D Шонера мы использовали нижний индекс g (Dg), который применяется для количественной оценки степени перекрытия ниш вида в географическом пространстве с помощью разных моделей SDM. В этот набор SDM входят 4 типа моделей – SDM-0, SDM-1, SDM-2, SDM-3. Эти модели различаются между собой тем, что при их построении биотическое взаимодействие русского осетра с кормовыми ресурсами учитывается от нулевого до полного включения всех ресурсов. Если при построении нулевой модели SDM-0 полностью не учитываются кормовые ресурсы, то в SDM-3 учитываются все кормовые ресурсы (кольчатые черви, моллюски, ракообразные). При построении SDM-1 учитывается один тип кормовых ресурсов – кольчатые черви, а при построении SDM-2 учитывается взаимодействие русского осетра с двумя типами кормовых ресурсов (кольчатые черви, моллюски). В данном случае под учётом взаимодействия русского осетра с кормовыми ресурсами подразумевается, что при построении MaxEnt уже существующие SDM кормовых ресурсов рассматриваются в качестве дополнительных отдельных растровых слоёв. Такой способ учёта дополнительных слоёв будет позволять выделять пригодные местообитания не только с учётом абиотических факторов среды, но и местообитаний, обеспеченных кормовыми ресурсами. Для оценки сходства мы выбрали расчёт перекрытия ниши в географическом пространстве построенных моделей, где сравнения между моделями являются наиболее значимыми, а не в широких районах, где модели предсказывают низкую пригодность среды обитания.

Мы построили ENM и SDM с использованием языка R (R-версия 3.6.2 2019) и дополнительных R-пакетов Biomod2 [Thuiller et al., 2021], Dismo [Hijmans et al., 2017], Ecospat [Cola et al., 2017], ENMeval [Muscarella et al., 2014], ENMtools [Warren et al., 2010], fuzzySim [Barbosa, 2015], Raster [Hijmans et al., 2020], SpThin [Aiello-Lammens et al., 2015] и Usdm [Naimi et al., 2014]. Кроме того, мы применили R-скрипты, представленные в работе [Hirzel et al., 2006], для оценки пригодности моделей с помощью RStudio v. 1.4.1106 [RStudio, 2020]. Анализ и визуализация SDM проводились в среде ArcGis Desktop 10.6.1 [ESRI, 2017].

## Результаты

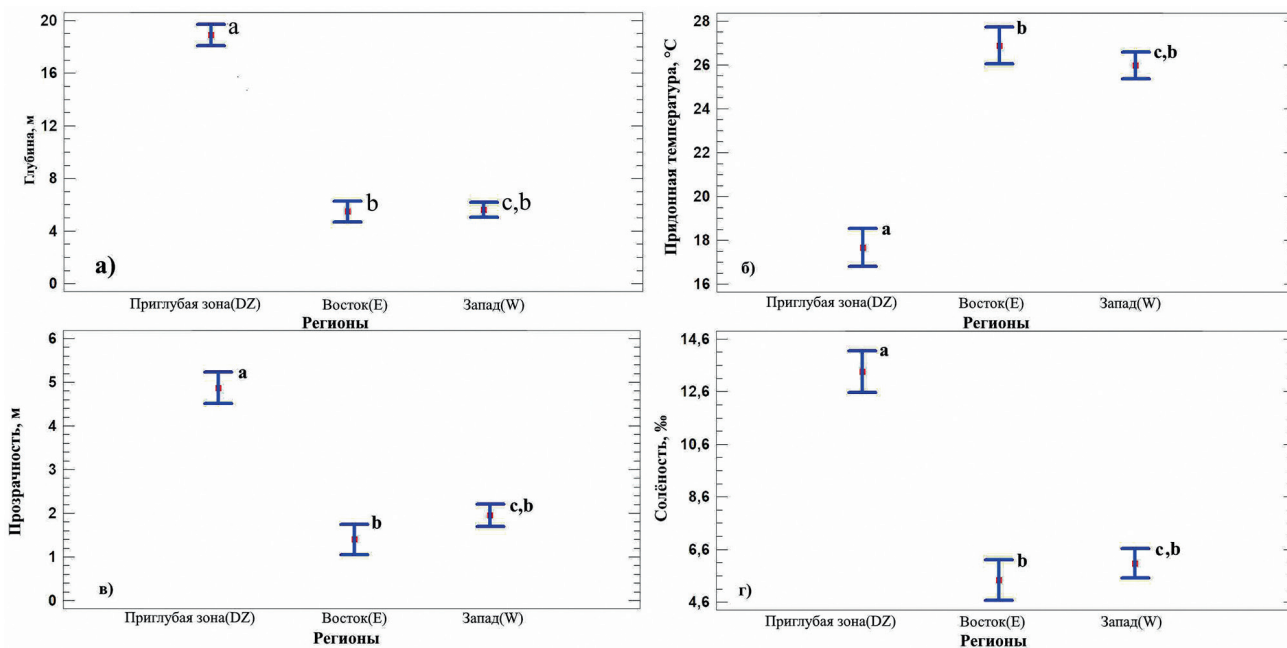
### Анализ переменных среды обитания русского осетра в северной части Каспийского моря

Результаты сравнительного анализа абиотических факторов среды обитания русского осетра в северной части Каспийского моря - придонной температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ), солёности ( $\text{‰}$ ), глубины отбора проб (м) и прозрачности воды в западном и восточном районах и приглубой зоне (DZ) представлены на рисунке 2.

По глубине (Dep) существенное различие наблюдается между приглубой зоной (DZ) и восточными (E) и западными (W) районами, соответственно:  $DZ - \text{Dep} = 17.6 \text{ м} (\pm 0.82)$ ;  $W - \text{Dep} = 6.6 \text{ м} (\pm 0.59)$ ,  $E - \text{Dep} = 5.8 \text{ м} (\pm 0.7)$  (рис. 2а). Понятно, что различие глубин в разных местообитаниях приводит к различию температуры воды (T) между DZ и восточными (E) и западными районами, соответственно:  $DZ - T = 17.5 \text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 0.73)$ ,  $E - T = 25.4 \text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 0.62)$ ;  $W: T = 24.5 \text{ }^{\circ}\text{C} (\pm 0.52)$  (рис. 2б).

Местообитания в DZ отличаются от восточных (E) и западных (W) районов существенно по прозрачности (C) морской воды:  $DZ - C = 4.8 \text{ м} (\pm 0.82)$ ;  $W - C = 2.0 \text{ м} (\pm 0.2)$ ,  $E - C = 1.6 \text{ м} (\pm 0.2)$  (рис. 2в). Более глубокие местообитания также различаются повышенной солёностью (S):  $DZ - S = 11.9\text{‰} (\pm 0.5)$ ;  $W - S = 6.3\text{‰} (\pm 0.4)$ ,  $E - S = 5.9\text{‰} (\pm 0.4)$ . Из сравнительного анализа следует, что русский осётр в приглубой зоне северной части Каспийского моря обитает в более холодных и солёных водах, чем в западном и восточном районах.

### Пространственное распределение кормовых ресурсов русского осетра в различных районах северной части Каспийского моря



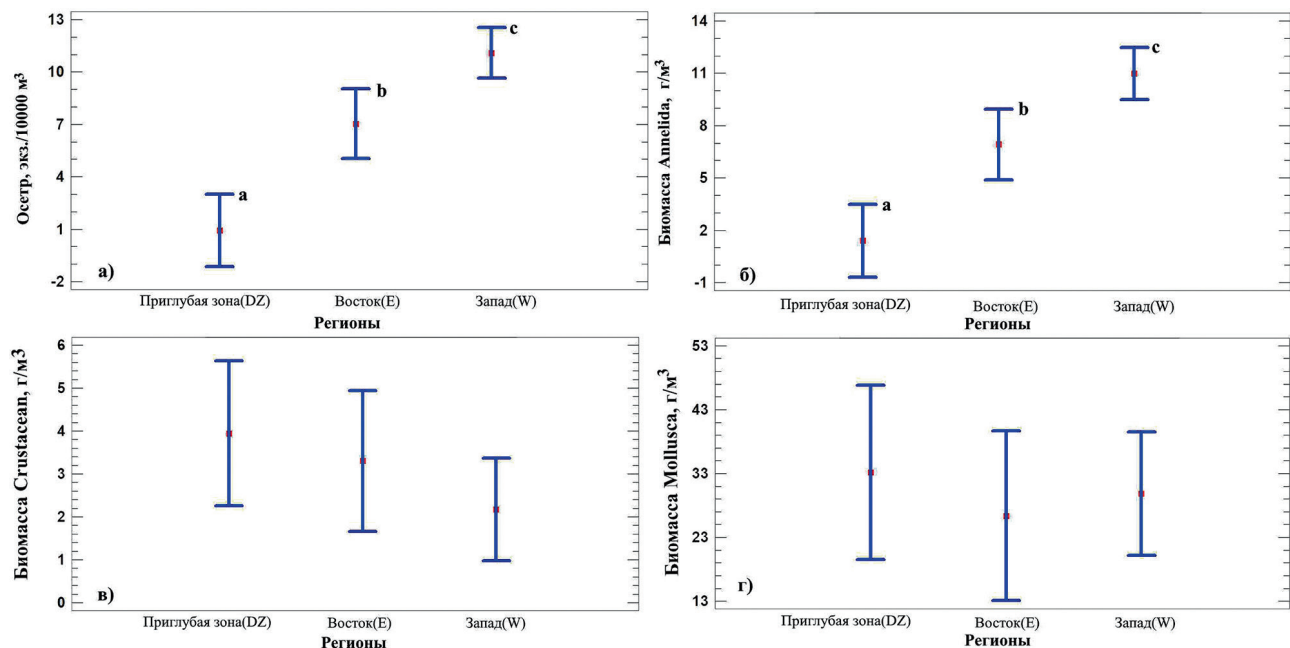
**Рис. 2.** Средние значения и доверительные интервалы Тьюки параметров среды в местообитаниях русского осетра в различных районах северной части Каспийского моря, полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа с фиксированными эффектами: а)  $F = 93.2$ ,  $P << 0.01$ ; б)  $F = 35.9$ ,  $P << 0.01$ ; в)  $F = 45.6$ ,  $P << 0.01$ , г)  $F = 50.4$ ,  $P << 0.01$ , где различающиеся и не различающиеся средние значения обозначены разными и одинаковыми буквами, соответственно.



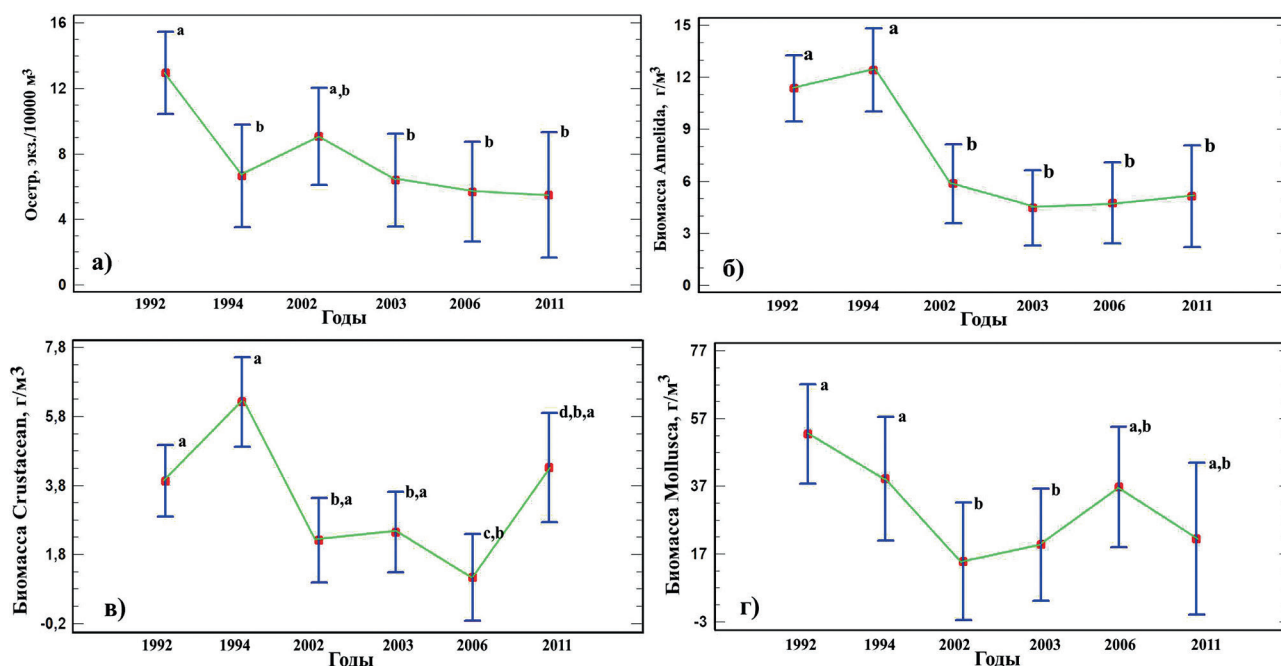
Средние значения и доверительные интервалы Тьюки плотности скоплений русского осетра и кормовых ресурсов в различных районах северной части Каспийского моря представлены в рис. 3. Из рисунка видно, что в глубоководных местообитаниях плотность скоплений русского осетра (Dens) меньше, чем в мелководных западных и восточных районах северной части Каспийского моря:  $DZ - Dens = 1.1$  экз./10 000м<sup>3</sup> ( $\pm 0.5$ );  $W - Dens = 11.3\%$  ( $\pm 1.1$ ),  $E - S = 7.3\%$  ( $\pm 1.5$ ) (рис. 3а). Глубоководные местообитания также отличаются от мелководных западных и восточных районов меньшей биомассой кольчатых червей (An):  $DZ - An = 2.1$  г/м<sup>3</sup> ( $\pm 1.5$ );  $W - An = 10.3$  г/м<sup>3</sup> ( $\pm 0.9$ ),  $E - An = 6.4\%$  ( $\pm 1.2$ ) (рис. 3б). На рисунке 3 можно заметить, что глубоководные и мелководные местообитания не различаются по биомассе ракообразных (рис. 3в) и моллюсков (рис. 3г).

### Динамика плотности скоплений русского осетра и биомассы кормовых ресурсов во времени в различных районах северной части Каспийского моря

Проведённый анализ динамики изменения плотности скоплений русского осетра в северной части Каспийского моря показывает, что наблюдается слабый отрицательный тренд уменьшения плотности. Например, если в 1992 г. плотность скоплений русского осетра составляла  $12.9 (\pm 1.8)$  экз./10 000м<sup>3</sup>, то в 2011 г. она составляла  $5.48 (\pm 2.7)$ , то есть упала в два раза (рис. 4а). Такой же отрицательный тренд – уменьшение биомассы наблюдается у кольчатых червей в местах обитания русского осетра (рис. 4б). Например, если биомасса в 1992 г. составляла  $11.4 (\pm 1.4)$  г/м<sup>3</sup>, то в 2011 г. она составляла  $5.13 (\pm 2.1)$  г/м<sup>3</sup>. Однако отрицательный тренд уменьшения биомассы ракообразных (рис. 4в) и моллюсков (рис. 4г) не наблюдался. Динамика изменения биомассы ракообразных и моллюсков в период мониторинга 1992–2011 гг., по-видимому, характеризуется случайной флуктуацией. Из этого сравнительного анализа можно сделать предварительный вывод, что отрицательный тренд уменьшения плотности скоплений русского осетра не связан с ухудшением кормовых ресурсов, а связан с другими факторами, которые требуют детальных исследований.



**Рис. 3.** Средние значения и доверительные интервалы Тьюки плотности скоплений русского осетра и кормовых ресурсов в различных районах северной части Каспийского моря, полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа с фиксированными эффектами: а)  $F = 11.21$ ,  $P \ll 0.01$ ; б)  $F = 11.4$ ,  $P \ll 0.01$ ; в)  $F = 2.44$ ,  $P = 0.09$ , г)  $F = 0.11$ ,  $P = 0.89$ , где различающиеся средние значения обозначены разными буквами.



**Рис. 4.** Средние значения и доверительные интервалы Тьюки плотности скопления русского осетра и кормовых ресурсов в различных районах северной части Каспийского моря, полученные с помощью однофакторного дисперсионного анализа с фиксированными эффектами: а)  $F = 2.16, P = 0.04$ ; б)  $F = 4.9, P << 0.01$ ; в)  $F = 3.9, P = 0.002$ , г)  $F = 2.1, P = 0.51$ , где различающиеся и не различающиеся средние значения обозначены разными и одинаковыми буквами, соответственно.

### Выбор предикторных переменных и построение модели экологической ниши (ENM) русского осетра

Проведённый нами анализ по выбору предикторных переменных с использованием метода ординации показал, что для построения ENM русского осетра могут быть использованы пять переменных – температура и солёность воды, биомасса кольчатых червей, ракообразных и моллюсков (рис. 5). Из рис. 5 следует, что дисперсия относительно двух осей главных компонент (ГК) при проецировании на плоскость объясняет 81.3% общей вариации данных. При этом ось X ГК положительно коррелирует с температурой воды и отрицательно – с солёностью, а ось Y положительно связана с биомассой червей, ракообразных и моллюсков. Вклад остальных переменных составляет менее 19%. Из этого сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что эти пять переменных могут быть использованы для построения модели экологических ниш ENM с помощью метода PCA (ГК).

В таблице 1 представлены изменения реализованной экологической ниши (РЭН) русского осетра во времени в северной части Ка-



**Рис. 5.** Корреляционный круг (главных компонент – PCA) при использовании пяти факторов для построения модели экологической ниш ENM русского осетра.

спийского моря. Данные для РЭН 1994, 2002, 2003, 2006 и 2011 гг. в отдельности сравниваются с РЭН в 1992 г. В рамках концепции COUE видно, что сходство экологических ниш вида выполняется только в 1994 г., то есть гипотеза консерватизма ниш выполняется при индексе сходства Шонера  $D = 0.6$ . Наблюдается постепенное уменьшение индекса сходства  $D$  Шонера (Schoener's) экологических ниш во времени. Наши исследования показали, что для принятия окончательного решения необхо-

**Таблица 1.** Сравнение экологических ниш (сходства, перекрытия, расширения) русского осетра в разные годы мониторинга в северной части Каспийского моря в рамках концепции COUE

Годы сравнения ниш	Индекс сходства D	P значение	E	S	U
1992–1994	0.6	0.009	0.13	0.87	0.01
1992–2002	0.59	0.07	0.02	0.98	0.07
1992–2003	0.43	0.15	0.03	0.97	0.28
1992–2006	0.25	0.27	0.06	0.94	0
1992–2011	0.33	0.31	0.13	0.87	0.12

*Примечание:* E, S и U – индексы расширения, перекрытия и «неиспользования» ниши, соответственно.

**Таблица 2.** Сравнение экологических ниш (сходства, перекрытия, расширения) русского осетра в разные годы мониторинга в северной части Каспийского моря в рамках концепции ECOUE

Годы сравнения ниш	Em	Sm	Um	Bn	Bi	BR	Sim
1992–1994	0.129	0.862	0.009	0.871	0.991	-0.129	0.926
1992–2002	0.019	0.913	0.069	0.981	0.931	0.052	0.954
1992–2003	0.022	0.704	0.274	0.978	0.726	0.298	0.827
1992–2006	0.060	0.940	0.000	0.940	1.000	-0.062	0.969
1992–2011	0.121	0.774	0.106	0.879	0.894	-0.017	0.872

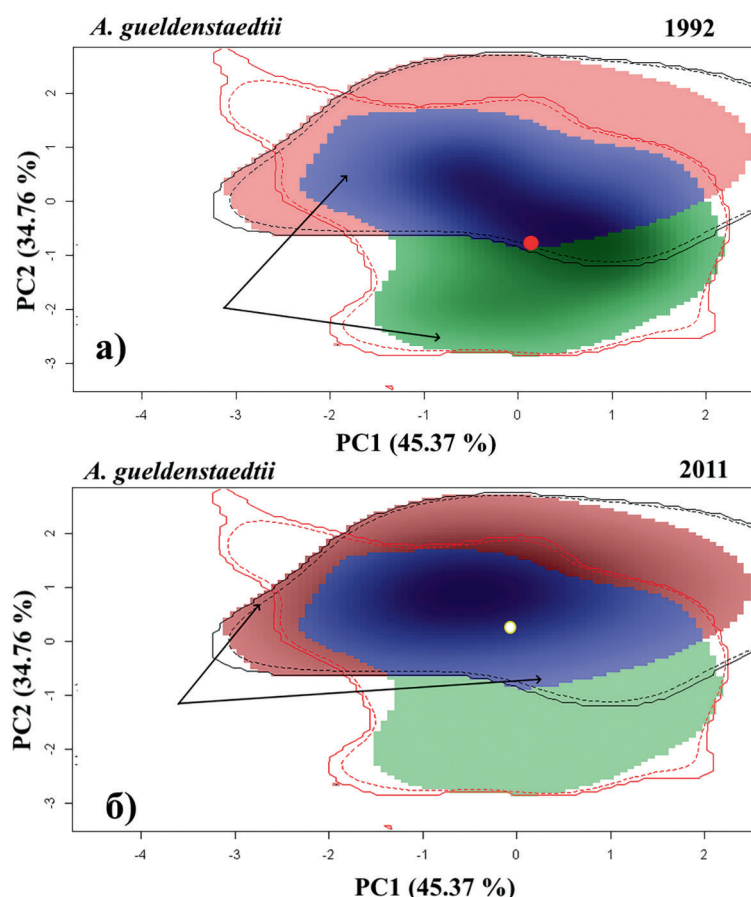
*Примечание:* Em, Sm и Um – модифицированные индексы расширения, перекрытия и «неиспользования» ниши, соответственно, Bn – ширина ниши в начальный момент времени мониторинга, Bi – ширина ниши в следующие моменты времени (1994, 2002, 2003, 2006, 2011), определение индексов BR, Sim приведено в методической части.

дима проверка с помощью расширенной концепции ECOUE [Petrosyan et al., 2023c]. Модифицированные значения пяти метрик Em, Sm, Um, BR и Sim в рамках концепции ECOUE представлены в таблице 2. Мы обнаружили, что для всех последующих годов мониторинга (1994, 2002, 2003, 2006, 2011) сходство ниш не отклоняется по сравнению с начальным моментом сравнения 1992 г.

Несмотря на некоторое изменение ширины ниш (уменьшение ширины в 2002 и 2003 гг., и увеличение ниш в 1994, 2006 и 2011 гг.), гипотеза консерватизма выполняется для всех лет наблюдения. Например, графическое представление перекрытия ниш русского осетра при сравнении 1992 г. ( $B_n = 0.879$ ) с 2011 г. ( $B_i = 0.894$ ) на основе учётных данных в северной части Каспийского моря показывает, что в 2011 г. наблюдается увеличение ширины ниши и сдвиг центроида ниши (рис. 6). Однако, эти изменения в рамках концепции ECOUE не достаточны для обратного утверждения, то есть нарушение гипотезы консерватизма ниш вида.

### Характеристика точек находок и предикторных переменных для построения SDM

Применение процедуры spThin привело (см. методику) к сокращённым наборам данных с уменьшением автокоррелированности точек находок (ТН) для русского осетра и кормовых ресурсов. Количество ТН русского осетра за весь период мониторинга составляло 119 записей (1992 г. – 28 ТН, 1994 г. – 18 ТН, 2002 г. – 20 ТН, 2003 г. – 22 ТН, 2006 г. – 19 ТН, 2011 г. – 12 ТН). Поскольку выше было показано, что не наблюдается изменение экологической ниши вида, мы применяли процедуру разреживания spThin к объединённому набору точек находок за весь период мониторинга. Первоначальное количество ТН видов сократилось на 23%. Количество точек находок (записей) для кольчатых червей, ракообразных и моллюсков составляло 492, 464 и 405, соответственно. Применение процедуры spThin привело к сокращению точек находок кольчатых червей, ракообразных и моллюсков приблизительно на 12%. Количество



**Рис. 6.** Графическое представление перекрытия ниш русского осетра в начале (1992 г.) и в конце мониторинга (2011 г.) на основе учётных данных в северной части Каспийского моря, где S (сиреневый цвет) – зона стабильности, E (розовый цвет) – зона расширения, U (зелёный цвет) – зона «неиспользования». Стрелки указывают области экологической ниши (на рисунке затемнённые), занимаемой видом в 1992 г. (а) и 2011 г. (б). Сплошные и пунктирные линии показывают, соответственно, 100% и 90% области доступной среды в 1992 г. (чёрные линии) и 2011 г. (красные линии), соответственно. Интенсивность цвета заливки зависит от плотности скоплений русского осетра – большей плотности соответствует более интенсивный (тёмный) цвет. Центроиды ниш в 1992 и 2011 гг. отображены красным (а) и жёлтым (б) кругами.

ТН для кольчатых червей, ракообразных и моллюсков для построения SDM составляло 94, 72 и 79 записей, соответственно.

Другая процедура разреживания позволила выбрать восемь из тринадцати предикторных переменных для построения SDM рус-

ского осетра и кормовых ресурсов (кольчатых червей, ракообразных и моллюсков) (рис. 7а, б; табл. 3). В дальнейшем сокращённые наборы данных ТН без кластеризации и восьми предикторных переменных использовались для построения моделей распределения вида

**Таблица 3.** Проверка мультикоррелярности выбранных переменных

№	Переменная	Описание	VIF
1	Aspect*	Аспект, градусы	1.23
2	Bathymetry	Глубина морского дна, м	1.94
3	ChlorophyllRange	Диапазон содержания хлорофилла, мг/м <sup>3</sup>	1.86
4	DistToShore	Расстояние до берега, км	1.44
5	SalinityMean	Средняя солёность воды, ‰	4.41
6	TempRange	Диапазона изменения температуры, °С	4.94
7	Velocitymean	Средняя скорость перемещения поверхности воды, м/с	1.95
8	Velocityrange	Диапазон скорости перемещения поверхности воды, м/с	1.96

\*Переменная Aspect была исключена из списка с учётом рекомендации, представленной в работе [Neftalı, Barbosa, 2020].

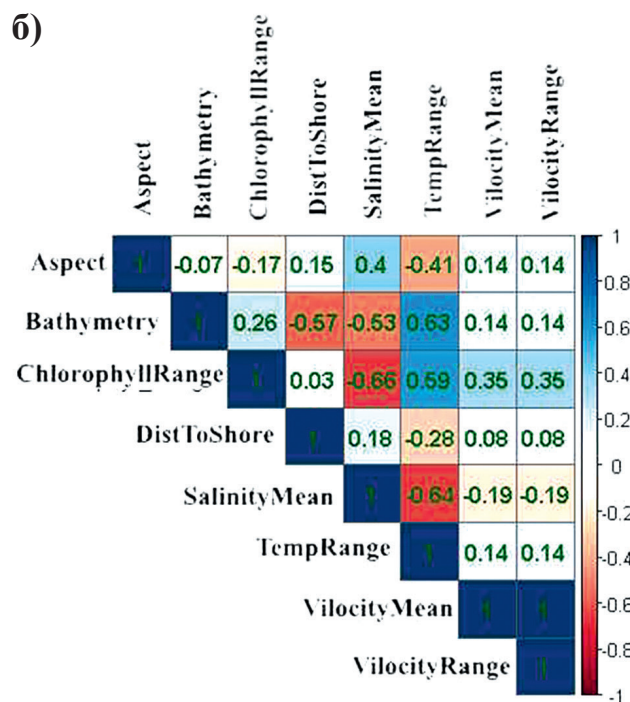
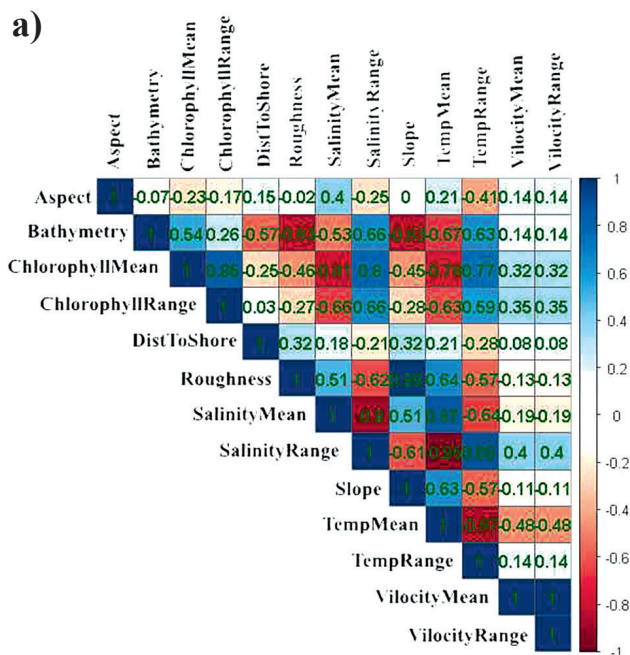


Рис. 7. Парная ранговая корреляция Спирмена (Scor) между переменными морской среды (а – все переменные, б – сокращённый набор переменных, у которых Scor < 0.70).

и кормовых ресурсов. В действительности коэффициент VIF для всех переменных менее 5 (табл. 3).

### Модели распределения кормовых ресурсов русского осетра в северной части Каспийского моря

#### Пространственное распределение (SDM) кольчатых червей

Таблица 4. Вклад предикторных переменных в модели SDM кольчатых червей

Переменные*	Процент вклада (PC)	Перестановочная важность (PI)
SalinityMean	81	37.4
DistToShore	8.7	10.9
ChlorophyllRange	4.3	10.5
Bathymetry	3	25
TempRange	1.6	5.3
VelocityMean	0.8	9.9
VelocityRange	0.6	0.9

Перечень наиболее важных переменных, определяющих пространственное распределение кольчатых червей представлен в таблице 4. Из этой таблицы видно, что из всего списка переменных только три (SalinityMean, DistToShore, ChlorophyllRange) имеют больше 5% вклада в SDM как по PC, так и по PI (табл. 4). По перестановочной важности также выделяются три переменные Bathymetry, TempRange, VelocityRange.

Кривые отклика важнейших переменных SDM представлены на рисунке 8. Из этого рисунка видно, что реализованная ниша позволяет определить оптимальный диапазон изменения солёности для обитания кольчатых червей, который варьирует от 4‰ до 9‰ (рис. 8а). Реализованная ниша также показывает, что наиболее вероятный диапазон изменения расстояния местообитаний до берега для группы видов кольчатых червей варьирует от 40 до 95 км (рис. 8б). В отличие от первых двух переменных, имеющих унимодальную форму, третья переменная имеет S-образную форму (рис. 8в). В данном случае кривая отклика по хлорофиллу показывает, что в период мониторинговых работ образцы с присутствием кольчатых червей были отобраны в местообитаниях с содержанием хлорофилла не менее 5 мг/м<sup>3</sup> воды. Кривые отклика для переменных глубины (Bathymetry) (рис. 8г), диапазона изменения температуры (TempRange) (рис. 8д) и скорости перемещения поверхности воды (VelocityMean) (рис. 8е) показывают, что в пригодных местах обитания кольчатых червей значения этих переменных варьировали в следующих пределах Bathymetry = 1.2–34 м, TempRange = 24–26 °C и VelocityMean = 0.1–0.13 м/с.

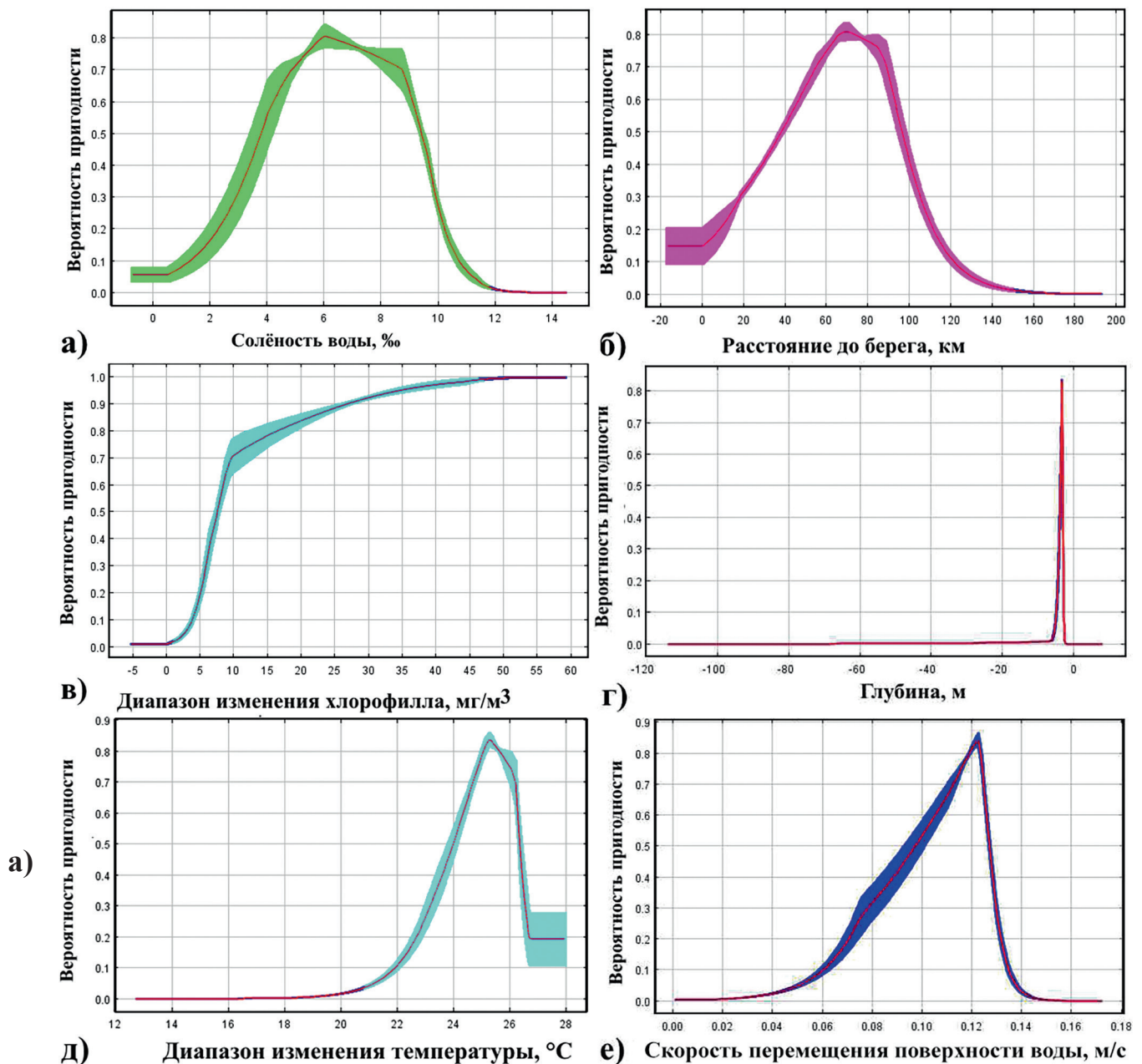


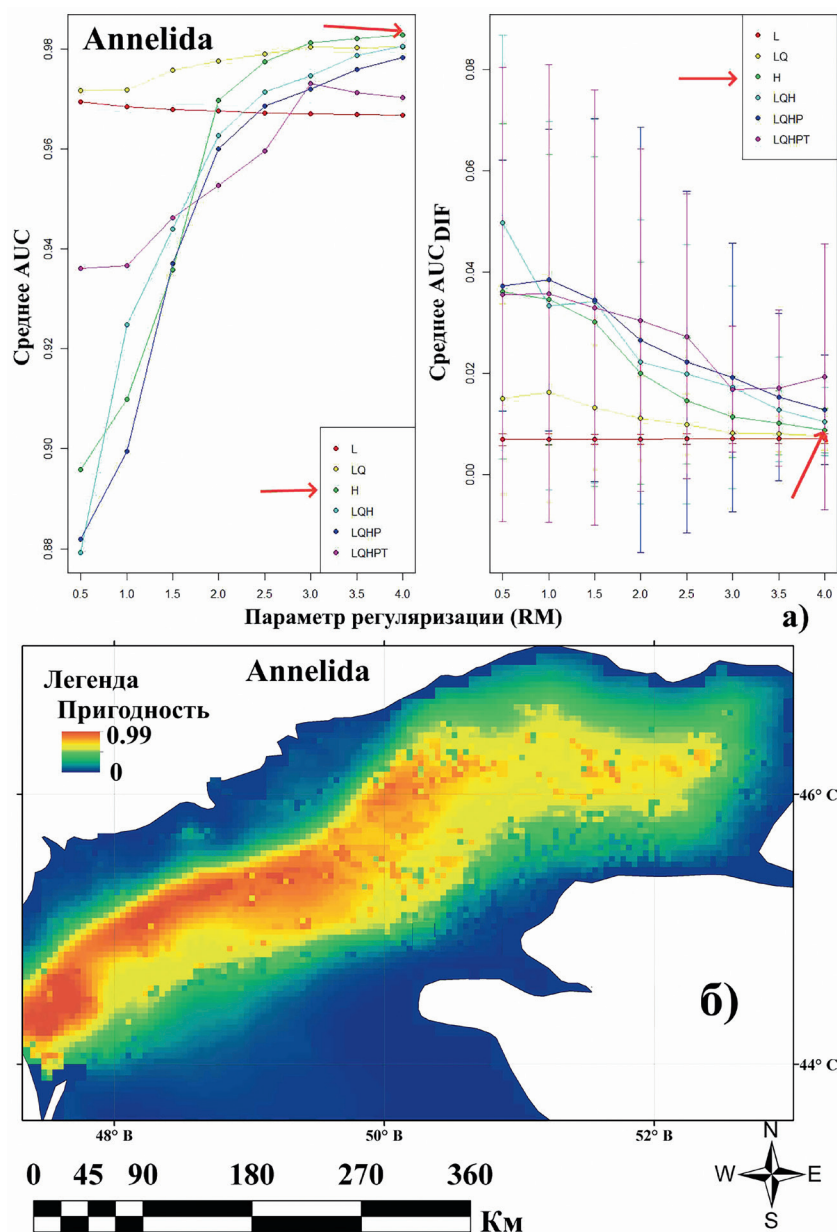
Рис. 8. Кривые отклика присутствия кольчатых червей в зависимости от изменения значений предикторных переменных.

Созданные SDM для кольчатых червей предсказывают высокую пригодность многих местообитаний, в которых присутствие видов было зарегистрировано точками находок. Пригодность этих моделей подтверждена высокими показателями производительности в терминах индекса Бойса  $B_{ind} = 0.923 \pm 0.014$ . Карта пригодности местообитаний для кольчатых червей, построенная с использованием оптимальных параметров MaxEnt (рис. 9а), показывает, что наиболее пригодные местообитания расположены в северо-западном районе Каспийского моря (рис. 9б). Этот вывод

достаточно хорошо согласуется с данными мониторинга по характеру пространственного распределения биомассы червей (см. рис. 3б).

#### Пространственное распределение (SDM) ракообразных

В отличие от кольчатых червей, для модели ракообразных наиболее важными переменными (более 5%) по проценту вклада (PC) и перестановочной важности (PI) выделяются две переменные SalinityMean и DistToShore (табл. 5). Кривые отклика по этим переменным показывают, что центр-ид реализованной ниши по этим перемен-



**Рис. 9.** Оптимальные параметры моделей MaxEnt (сочетания классов признаков и параметры регуляризации) указаны красной стрелкой (а) и карта пригодности местообитаний кольчатых червей в районах мониторинга северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt (б) (SDM-An).

ным расположен в следующих диапазонах: SalinityMean = от 4‰ до 12‰, DistToShore = от 60 до 100 км (рис. 10а, б). Если сравни-

вать с центроидом кольчатых червей, то можно заметить, что по солёности диапазон шире, а по расстоянию до берега – уже,

**Таблица 5.** Вклад предикторных переменных в модели SDM ракообразных

Переменные	Процент вклада (PC)	Перестановочная важность (PI)
SalinityMean	63	7
DistToShore	25	16.5
ChlorophyllRange	3.4	5.6
Bathymetry	3.1	40.4
TempRange	2.6	15.2
Velocitymean	1.6	13.9
Velocityrange	1.3	1.5

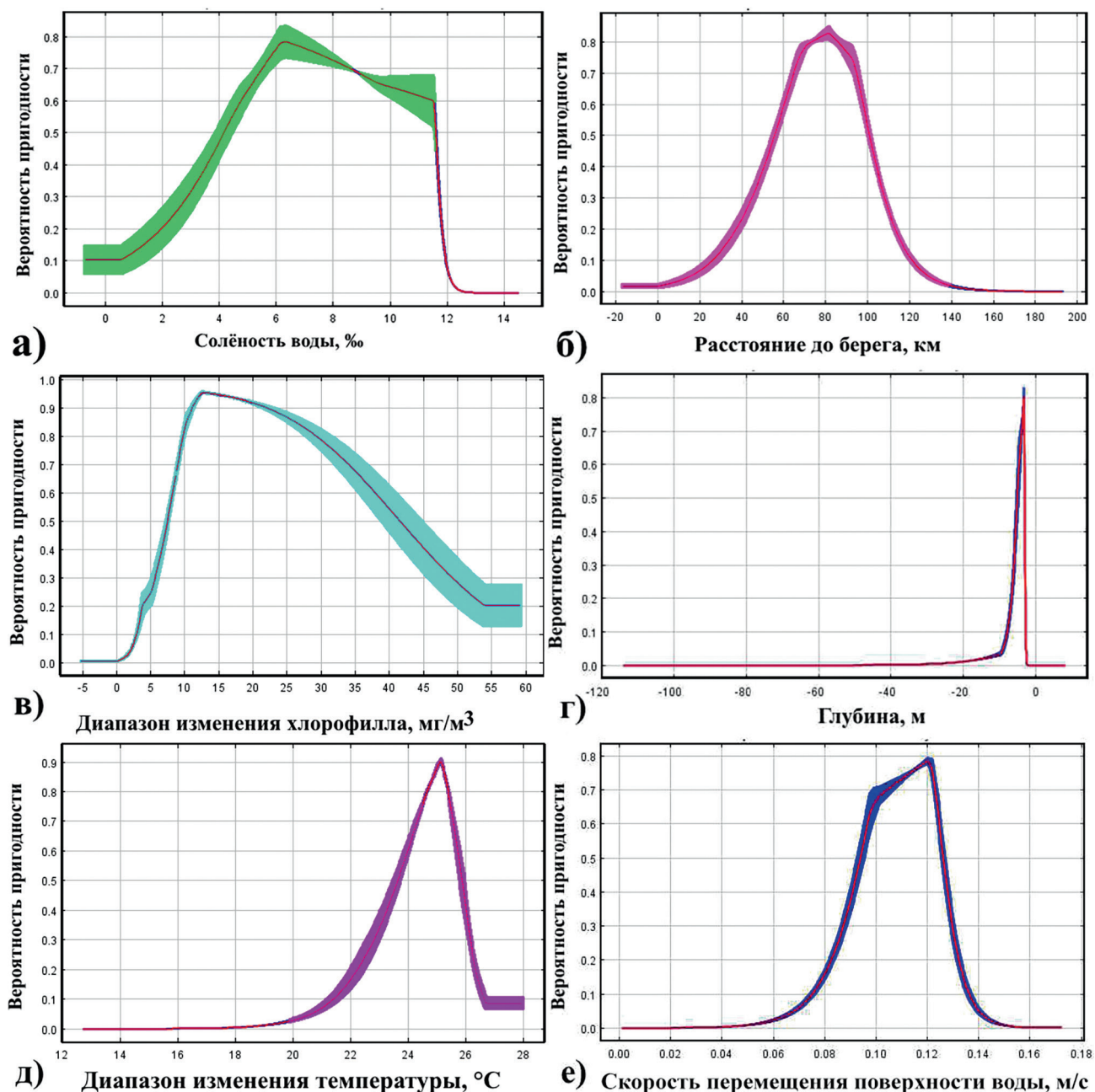


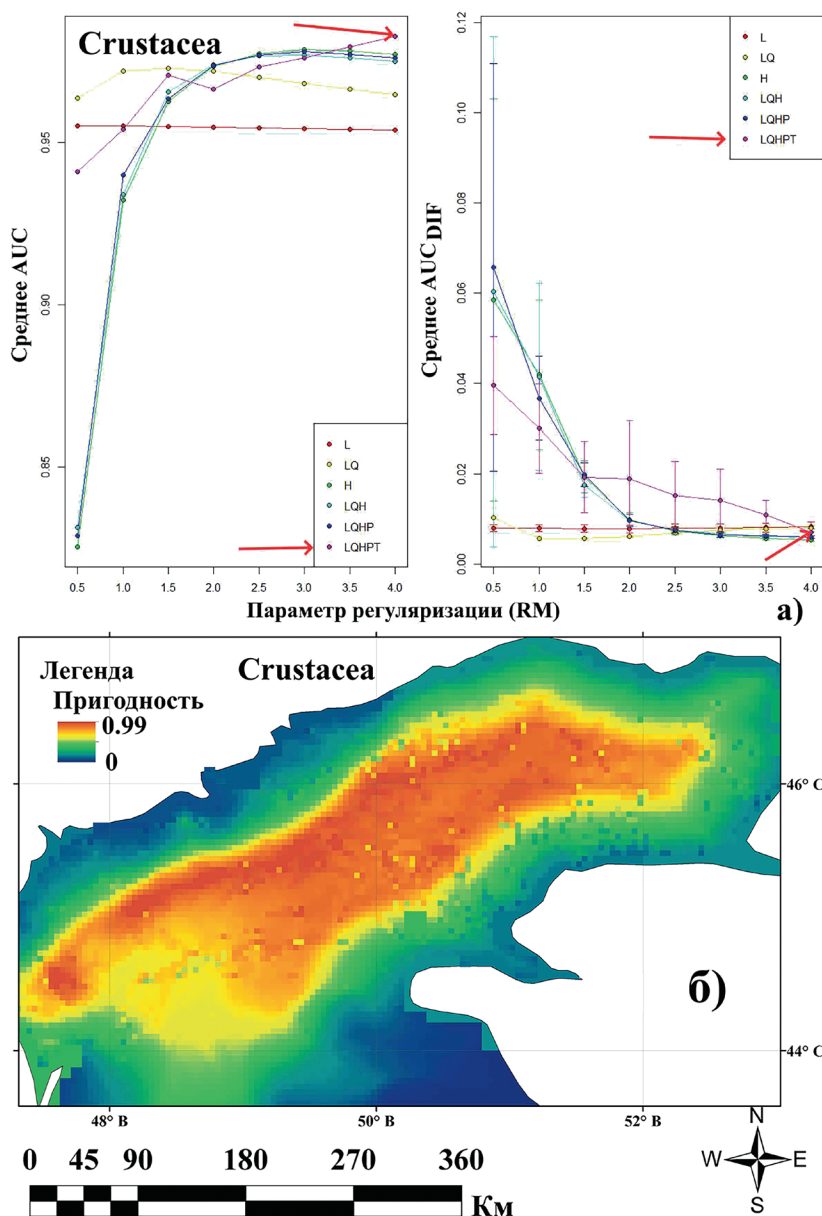
Рис. 10. Кривые отклика присутствия ракообразных в зависимости от изменения значений предикторных переменных.

и сдвинут в сторону увеличения. Важность (более 5%) остальных четырёх переменных (ChlorophyllRange, Bathymetry, TempRange, VelocityMean) выполняется только в терминах перестановочной важности (табл. 5). Кривые отклика показывают, что центроид реализованной ниши в терминах переменных среды – диапазона изменения хлорофилла (ChlorophyllRange) (рис. 10в), глубины морского дна (Bathymetry) (рис. 10г), диапазона изменения температуры (TempRange) (рис. 10д) и скорости перемещения поверхности воды (VelocityMean)

(рис. 10е) характеризуется следующими величинами ChlorophyllRange = 7.5–42 мг/м<sup>3</sup>, Bathymetry = 1.2–10 м, TempRange = 24–26 °С и VelocityMean = 0.07–0.13 м/с, соответственно.

Карта пригодности местообитаний ракообразных в районах мониторинга северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt с оптимальными параметрами, представлена в рисунке 11. Модели SDM для ракообразных также достаточно хорошо предсказывают высокую пригодность многих местообитаний, в которых присут-





**Рис. 11.** Оптимальные параметры моделей MaxEnt (сочетания классов признаков и параметры регуляризации) указаны красной стрелкой (а) и карта пригодности местообитаний ракообразных в районах мониторинга северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt (б) (SDM-Cu).

ствие ракообразных было зарегистрировано точками находок в период мониторинга в 1992–2011 гг. Пригодность этих моделей подтверждена высокими показателями производительности в терминах индекса Бойса  $V_{ind} = 0.936 \pm 0.023$ . Карта пригодности SDM ракообразных показывает, что в отличие от кольчатых червей они распределены по всей северной части равномерно (рис. 11б). Поэтому в период проведения мониторинговых работ в 1992–2011 гг. мы не обнаружили различия биомассы ракообразных в разных частях Северного Каспия (рис. 3в).

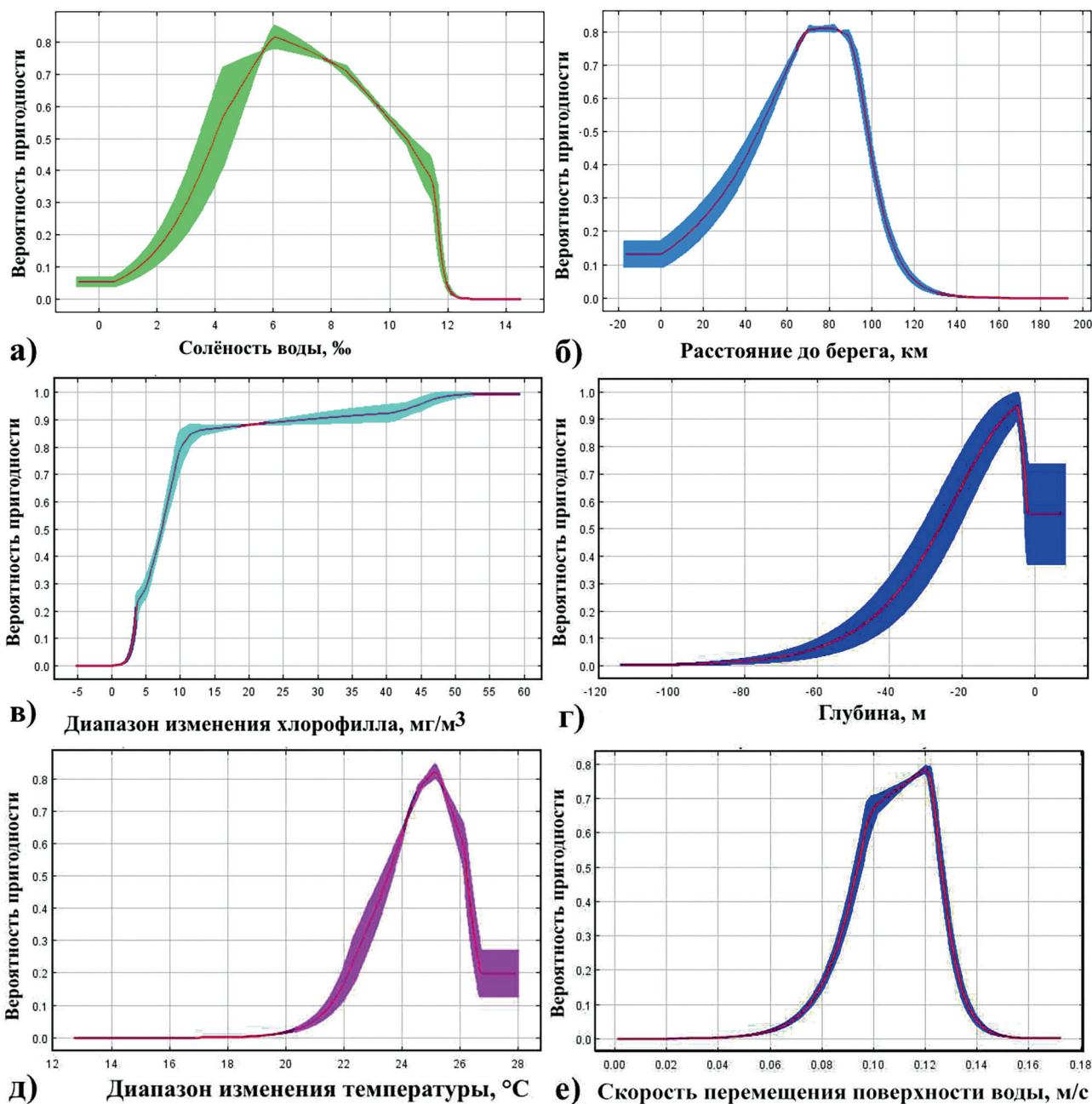
### Пространственное распределение (SDM) моллюсков

Для построения модели SDM моллюсков как в случае ракообразных наиболее важными (более 5%) по PC и PI являются две переменные SalinityMean и DistToShore (табл. 6). Кривые отклика по этим переменным показывают, что центроид реализованной ниши по этим переменным расположен в таких же диапазонах, как и для ракообразных SalinityMean = от 4‰ до 12‰, DistToShore = от 60 до 100 км (рис. 12а, б). Однако есть различия по вкладу этих переменных в SDM. Если для ракообразных вклад

солёности в SDM составлял 63% (табл. 6), то для моллюсков вклад в SDM составляет 77% (табл. 6). Обратное положение выполняется для переменной расстояния до берега, то есть, если вклад переменной DistToShore в SDM ракообразных составлял 25%, то в случае SDM моллюсков вклад этой переменной в модель составляет 16.3%. Важность (более 5%) остальных четырёх переменных (ChlorophyllRange, Bathymetry, TempRange, VelocityMean), как в случае ракообразных, выполняется только в терминах перестановочной важности (табл.

**Таблица 6.** Вклад предикторных переменных в модели SDM моллюсков

Переменные	Процент вклада (PC)	Перестановочная важность (PI)
SalinityMean	76.9	12.6
DistToShore	16.3	13.9
ChlorophyllRange	4.3	6.7
Bathymetry	0.1	10.9
TempRange	0.8	42.8
VelocityMean	1.4	11.9
VelocityRange	0.2	1.2

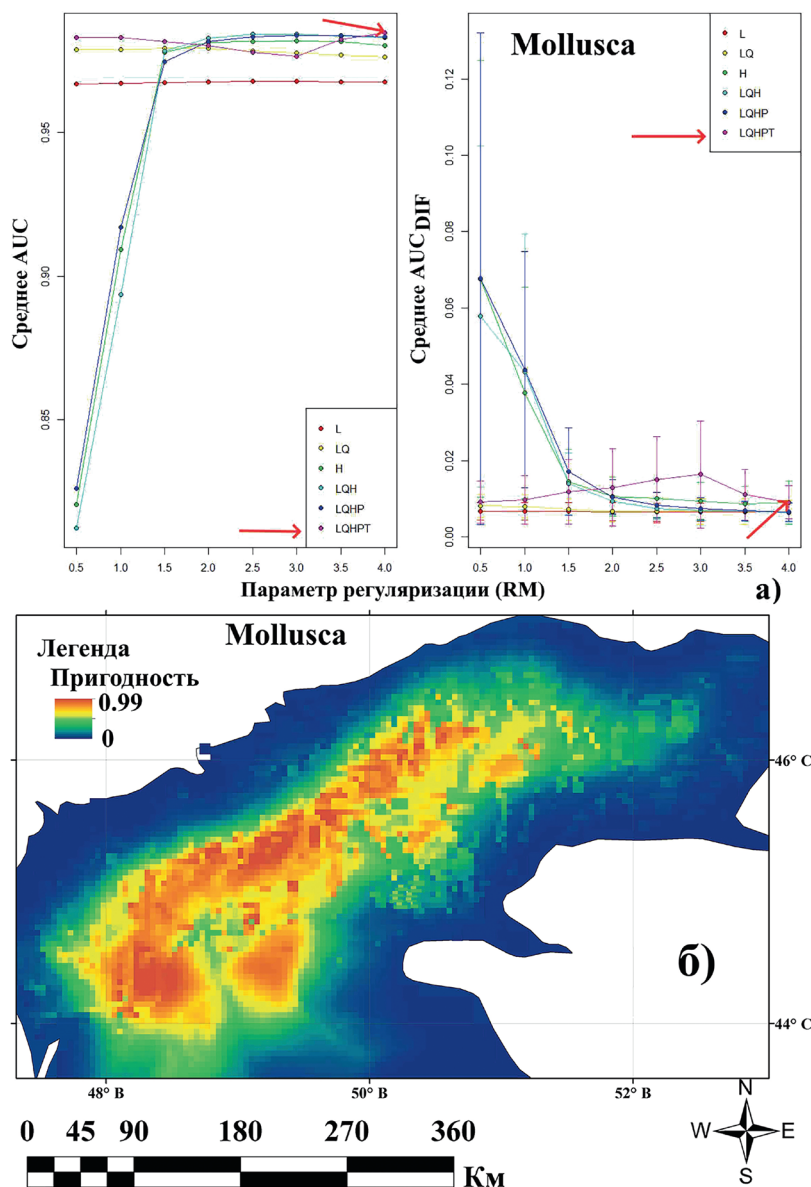


**Рис. 12.** Кривые отклика присутствия моллюсков в зависимости от изменения значений предикторных переменных.

б). Кривые отклика показывают, что центр-ид реализованной ниши в терминах переменных среды – диапазона изменения хлорофилла (ChlorophyllRange) (рис. 12в), глубины морского дна (Bathymetry) (рис. 12г), диапазона изменения температуры (TempRange) (рис. 12д) и скорости перемещения поверхности воды (VelocityMean) (рис. 12е) характеризуется следующими величинами ChlorophyllRange = 7.5–60 мг/м<sup>3</sup>, Bathymetry = 1.2–30 м, TempRange = 23–26.5 С° и VelocityMean = 0.07–0.13 м/с, соответственно. Однако наблюдается определённое различие кривых откликов ChlorophyllRange и Bathymetry. Оно заключается в том, что кривая ChlorophyllRange для ракообразных имеет уни-

модальную форму (рис. 10в), а для моллюсков кривая отклика ChlorophyllRange имеет S-образную форму (рис. 12в). Кроме этого, также можно заметить, что, хотя кривые отклика Bathymetry для обоих случаев имеют унимодальную форму, но кривая отклика Bathymetry для ракообразных значительно уже (рис. 10г и 12г). Кривые отклика для других переменных TempRange (рис. 10д, 12д) и VelocityMean (рис. 10е, 12е) слабо различаются для ракообразных и моллюсков.

Карта пригодности местообитаний моллюсков в северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt с оптимальными параметрами, представлена на ри-



**Рис. 13.** Оптимальные параметры моделей MaxEnt (сочетания классов признаков и параметры регуляризации) указаны красной стрелкой (а) и карта пригодности местообитаний моллюсков в северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt (б) (SDM-Mol).

сунке 13. Модель SDM моллюсков также достаточно хорошо предсказывает высокую пригодность многих местообитаний, в которых присутствие моллюсков было зарегистрировано в период мониторинга в 1992–2011 гг. Пригодность этих моделей подтверждена высокими показателями производительности в терминах индекса Бойса  $V_{ind} = 0.924 \pm 0.028$ . Из этой карты видно, что высокопригодные местообитания мозаично распределены в разных районах северной части Каспийского моря (западном, восточ-

ном районах, приглубой зоне), в которых проводились мониторинговые работы. Отсутствие различия биомассы моллюсков в разных районах согласуется с данными мониторинга (рис. 3г).

### Пространственное распределение русского осетра с учётом абиотических и биотических факторов

Модели SDM русского осетра с учётом только абиотических факторов

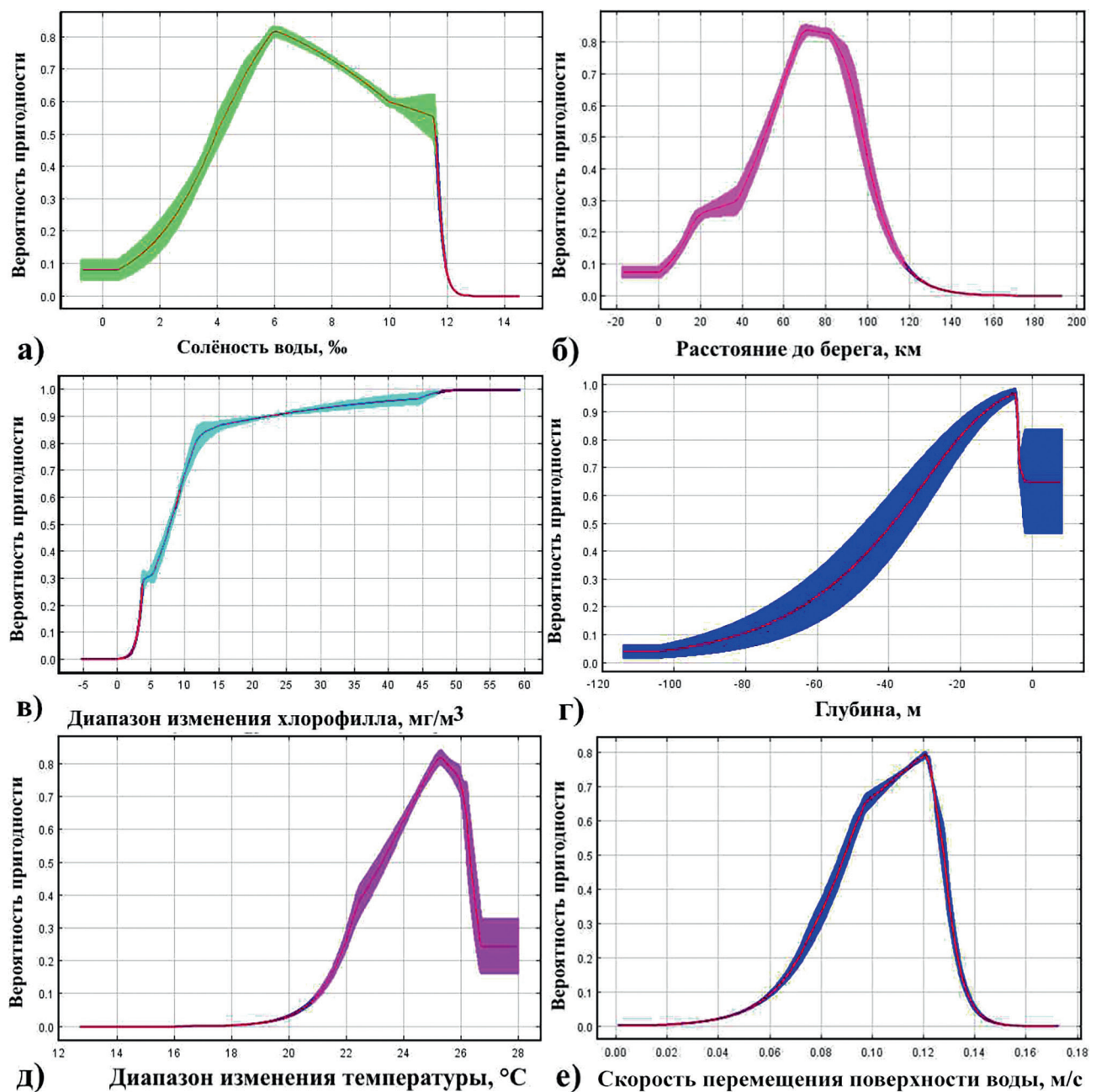


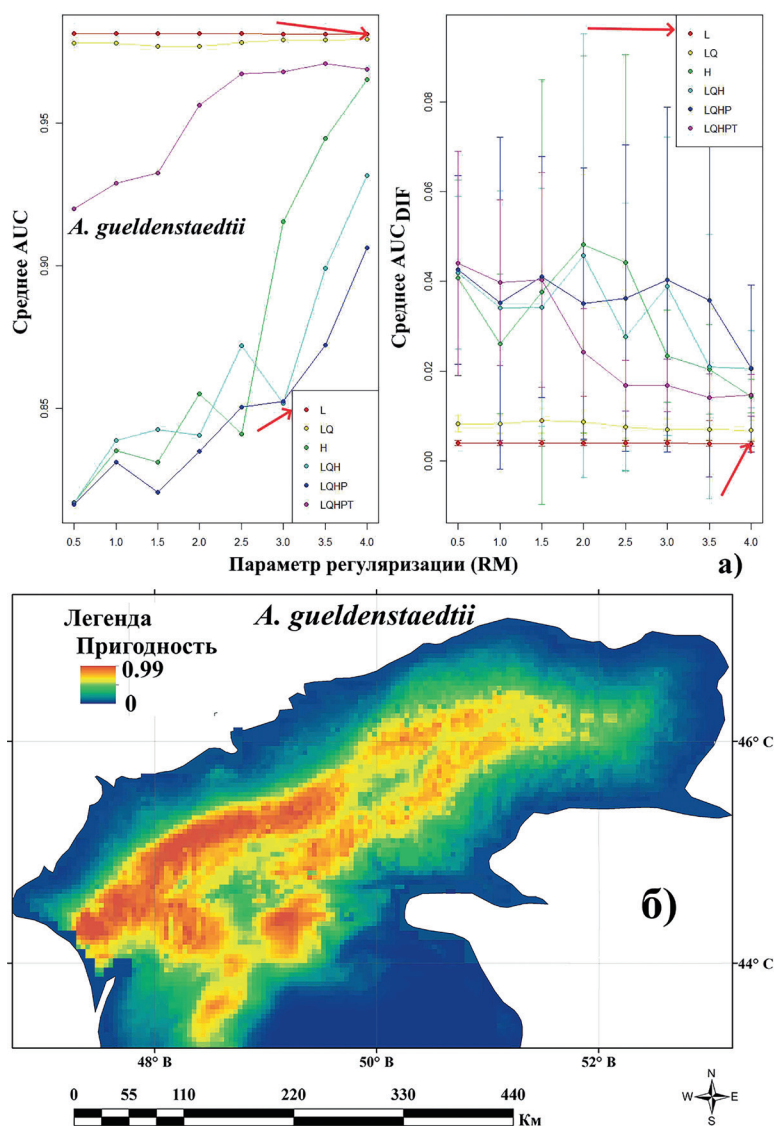
Рис. 14. Кривые отклика присутствия русского осетра в зависимости от изменения значений предикторных переменных.

**Таблица 7.** Вклад предикторных переменных в модели SDM-0 русского осетра с учётом абиотических факторов среды

Переменные	Процент вклада (PC)	Перестановочная важность (PI)
SalinityMean	68.4	15.2
DistToShore	18.7	11.9
ChlorophyllRange	6.4	8.2
Bathymetry	3.3	9.2
TempRange	1.8	38.8
VelocityMean	0.8	13.6
VelocityRange	0.6	3.1

Перечень важных переменных, определяющих пространственное распределение русского осетра, включает три переменных SalinityMean, DistToShore, ChlorophyllRange

(табл. 7). Эти переменные являются важными как по проценту вклада (PC), так и перестановочной важности (PI). Кривые отклика по этим переменным показывают, что центроид реализованной ниши по этим переменным расположен примерно в таких же диапазонах, как и для моллюсков SalinityMean = от 4‰ до 12‰, DistToShore = от 50 до 100 км, ChlorophyllRange = 4.5–60 мг/м<sup>3</sup> (рис. 14а, б, в). Кривая отклика ChlorophyllRange для ракообразных имеет унимодальную форму (рис. 10в), а для кольчатых червей (рис. 8в), моллюсков (рис. 12в) и русского осетра (рис. 14в) – S-образную форму. Вклад средней годовой солёности в SDM для русского осетра и ракообразных составляет 68% и 63%, соответственно, а для моллюсков и кольчатых чер-



**Рис. 15.** Оптимальные параметры моделей MaxEnt (сочетания классов признаков и параметры регуляризации) указаны красной стрелкой (а) и карта пригодности местообитаний русского осетра в северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt (б) (SDM-0).

вей значительно больше 77% и 81%. Вклад переменной DistToShore расстояния до берега в SDM больше всех наблюдается у русско-го осетра (19%) и ракообразных (25%), а для кольчатых червей (9%) и моллюсков (16%) не значительно меньше. Важность (более 5%) остальных трёх переменных (Bathymetry, TempRange, VelocityMean) выполняется только в терминах перестановочной важности (таблица 7). Вклад переменной TempRange в SDM принимает наибольшие значения для ракообразных (2.6%) и русского осетра (1.8%). Для моллюсков и кольчатых червей этот вклад составляет 0.8% и 1.6%.

Карта пригодности местообитаний русско-го осетра в северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt с оптимальными параметрами, представлена на рисунке 15. Пригодность этих моделей подтверждена высокими показателями производительности в терминах индекса Бойса  $V_{ind} = 0.93 \pm 0.01$ . Построенная карта с помощью моделей MaxEnt хорошо согласуется с полевыми данными. Из этой карты видно, что высокопригодные местообитания мозаично распределены в разных районах северной части Каспийского моря (западном, восточном и приглубой зоне), в которых проводились мониторинговые работы. Мозаичный характер распределения высо-

копригодных местообитаний в значительной степени наблюдается на восточном мелководном районе и приглубой зоне северной части Каспийского моря. Наличие мозаичных участков в указанных районах распределения вида является основной причиной различия наблюдаемой средней плотности скоплений вида в период мониторинга в 1992–2011 гг. (рис. 3а). Не вызывает сомнения, что ядро высокопригодных местообитаний расположено в северо-западном районе северной части Каспийского моря.

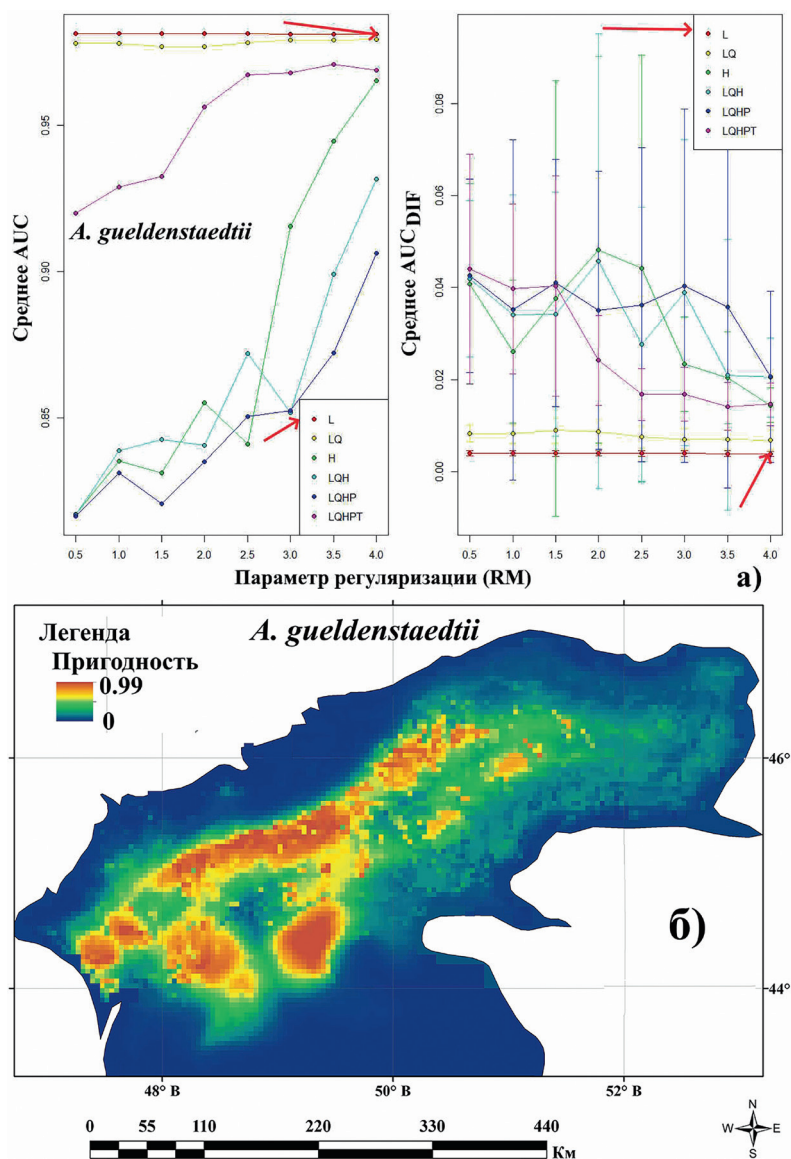
### Модели SDM русского осетра с учётом абиотических и биотических факторов

Вклады наиболее важных абиотических и биотических переменных в разные модели SDM-0 и SDM-1, SDM-2, SDM-3 представлены в таблицах 7 и 8, соответственно. Из таблицы 8 видно, что по производительности эти модели в терминах индекса Бойса не различаются. Однако эти модели различаются по вкладу кормовых ресурсов. Если в модели SDM-1 при учёте одного типа кормового ресурса вклад кольчатых червей (Annelida) составляет 84.8%, то суммарный вклад остальных абиотических переменных в SDM-1 составляет 15.2%. Наибольший вклад среди абиотических переменных наблюдает-

**Таблица 8.** Вклад предикторных переменных в модели SDM русского осетра, построенные с помощью MaxEnt с учётом абиотических и биотических факторов

Переменные /Индекс	<i>A. gueldenstaedtii</i> × An (SDM-1)		<i>A. gueldenstaedtii</i> × An&Mol (SDM-2)		<i>A. gueldenstaedtii</i> × An&Mol&Cr (SDM-3)	
	PC	PI	PC	PI	PC	PI
SalinityMean	0.8	3.5	0.3	1.2	1.6	0.8
DistToShore	8	2.2	0.6	2.1	0.8	5.8
ChlorophyllRange	0.6	0.3	3	1.7	0.6	0.7
Bathymetry	4.5	6	0.7	0.1	0.4	0.1
TempRange	1.1	5.7	1.1	3.5	1.1	2.9
Velocitymean	0.2	0.7	0.6	0.8	0.4	0.7
Velocityrange	0	0.5	0	0	0	0.1
Annelida	84.8	81.1	42.6	14.7	6.7	4.1
Mollusca	-	-	51.2	75.8	18.4	53.2
Crustacea	-	-	-	-	70.1	31.6
Индекс Бойса	0.936±0.014		0.936±0.014		0.937±0.013	
Индекс SchoenerDg по сходству с SDM-0	0.94±0.06		0.81±0.02		0.78±0.01	

*Примечание.* An – Annelida, Mol – Mollusca, Cr – Crustacea, PC – Процент вклада, PI – перестановочная важность.



**Рис. 16.** Оптимальные параметры моделей MaxEnt (сочетания классов признаков и параметры регуляризации) указаны красной стрелкой (а) и итоговая карта пригодности местообитаний русского осетра в северной части Каспийского моря с учётом абиотических и биотических факторов, построенная на основе MaxEnt (б) (SDM-3).

ся для двух переменных расстояние от берега (DistToShore) (8%) и глубина (Bathymetry) (4.5%). Важно отметить, что сходство между моделями SDM-0 и SDM-1 в терминах индекса Шонера составляет  $Dg=0.94$ . Это можно интерпретировать как уменьшение пригодных местообитаний на 6%, выявленных с учётом только абиотических факторов среды.

В модели SDM-2 при учёте двух типов кормовых ресурсов суммарный вклад Annelida и Mollusca составляет 93.8%, суммарный вклад остальных абиотических переменных в SDM составляет 6.2%. Среди абиотических факторов наблюдается одна переменная – концентрация хлорофилла (ChlorophyllRange) с

вкладом 3% в SDM-2. Все оставшиеся переменные вносят вклад менее 1% в отдельности. Можно заметить, что вклад моллюсков (51.2%) в SDM-2 выше вклада кольчатых червей (46.5%). Сходство между моделями SDM-0 и SDM-2 в терминах индекса Шонера составляет  $Dg=0.81$ , то есть происходит уменьшение пригодных местообитаний на 19%, выявленных с учётом только абиотических факторов среды.

В модели SDM-3 при учёте трёх типов альтернативных кормовых ресурсов суммарный вклад Annelida, Mollusca и Crustacea составляет 95.2%, суммарный вклад абиотических переменных в SDM составляет 4.8%.

Среди абиотических факторов наблюдаются две переменные SalinityMean и TempRange с вкладами 1.6% и 1.1%, соответственно, в SDM-3. Эти оценки позволяют ранжировать кормовые ресурсы Crustacea (70.1%), Mollusca (18.4%) и Annelida (6.7%), определяющие пространственное распределение русского осетра в северной части Каспийского моря. Сходство между моделями SDM-0 и SDM-3 в терминах индекса Шонера составляет  $Dg=0.78$ , то есть происходит уменьшение пригодных местообитаний на 22%, выявленных с учётом только абиотических факторов среды. Итоговая карта пригодности местообитаний русского осетра в северной части Каспийского моря, построенная на основе MaxEnt с оптимальными параметрами, представлена на рисунке 16. Пригодность этих моделей подтверждена высокими показателями производительности в терминах индекса Бойса  $B_{ind}=0.937\pm 0.013$ .

### Обсуждение

Оценка экологической ниши русского осетра с помощью моделирования является мощным инструментом для изучения пространственного распределения и выделения специфических требований вида к параметрам окружающей среды и кормовым ресурсам. Более того, если метод ординации (ENM) позволяет провести сравнительный анализ ниш во времени в пространстве экологических предикторных переменных (то есть в E-пространстве), то SDM предсказывают потенциальные местообитания в географическом пространстве (в G-пространстве), что даёт возможность измерить меру перекрытия необходимых экологических условий существования русского осетра с кормовыми ресурсами. Мы предполагаем, что измерение мер перекрытия ниш русского осетра с альтернативными кормовыми ресурсами в географическом пространстве позволяет достоверно ранжировать доступные кормовые ресурсы и определить их роль в питании вида. На основании наших результатов можно предложить набор экологических факторов, определяющих распределение русского осетра и кормовых ресурсов в северной части Каспийского моря в летний период.

### Экологические ниши русского осетра в рамках двух концепций COUE и ECOUE

Обобщение результатов оценок изменения экологической ниши русского осетра обнаружило, что окончательный вывод о достоверности изменения ниши вида зависит от принятой концепции и методологии анализа. Если в рамках концепции COUE изменения ниши выполняется для всех последующих периодов мониторинга (2002–2011 гг.) за исключением 1994 г. (табл. 1), то модифицированная концепция ECOUE позволила установить, что изменения ниши вида отсутствуют для всех последующих периодов мониторинга (табл. 2). Такое различие выводов объясняется различиями концепций COUE и ECOUE, связанными, в первую очередь, с более точной оценкой ширины и сходства ниш в разные периоды мониторинга. Например, из таблицы 1 видно, что для 2002 г. средние значения метрик E (0.02), S (0.98), U (0.07) и P-значение (0.07) в рамках концепции COUE не позволяют утверждать о выполнении гипотезы консерватизма ниш, несмотря на высокие значения метрик S и U. Однако, принимая во внимание незначительное изменение плотности вида в 2002 г., – об этом можно судить по плотности скоплений вида (рис. 3а) и модифицированным значениям  $E_m$ ,  $S_m$ ,  $U_m$ , BR, Sim (табл. 2) – в рамках концепции ECOUE гипотеза консерватизма ниш оказалась справедливой. По этому вопросу существует достаточное количество исследований [Guisan et al., 2014; Petitpierre et al., 2017; Liu et al., 2020, Petrosyan et al., 2023c], в которых показано, что результаты построения ENM в нативной и инвазионной частях ареала видов в значительной степени зависят от выполнения ряда важных условий. В этих работах отмечается, что использование пространственно-автокоррелированных точек находок, ограниченный размер набора данных, не учёт коррелированности и мультикоррелиарности предикторных переменных, избыточная параметризация модели и применение некорректных критериев оценки пригодности моделей могут приводить к неадекватной оценке сдвига ниш. В нашем случае все важные условия были выполнены и получены приемлемые модели ENM, что подтверждают хорошая



точность построения моделей PCA в рамках концепции ECOUE, поскольку первая и вторая компоненты объясняли от 81.3% вариации предикторных переменных. К сожалению, в литературе существует большое количество исследований, в которых не обосновано принимается ложное предположение о нарушении консерватизма ниш. Например, Лю с соавторами [Liu et al., 2020] провели комплексную проверку гипотезы консерватизма ниши и убедительно показали справедливость этой гипотезы в рамках концепции ECOUE, на примере литературных данных. В работе отмечается, что отклонение этой гипотезы в литературе, вероятно, было артефактом, так как для одного и того же вида были получены противоположные результаты, оценённые двумя или более исследованиями, или даже в рамках одного исследования, но с использованием разных концепций, методов и разных критериев. В нашем случае из-за отрицательного тренда плотности скоплений русского осетра (рис. 3а) в период мониторинговых работ в 1992–2011 гг. происходила потеря значительного количества местообитаний, которая детектировалась в рамках концепций COUE как изменения экологической ниши. Наблюдаемая высокая чувствительность концепции COUE к данным для оценки метрик экологических ниш, по-видимому, требует дополнительной проверки гипотезы консерватизма с помощью модифицированной концепции ECOUE. Высокая эффективность применения модифицированной концепции ECOUE показана в работах [Liu et al., 2020, Petrosyan et al., 2023c]. Несмотря на то, что более 100 лет в научной литературе ведутся споры о том, сохраняется ли экологическая ниша видов в пространстве и времени, только в последние годы появилась новая концепция (ECOUE) для надёжной оценки метрик. Анализ важнейших механизмов и факторов, определяющих консерватизм экологических ниш, и случаев отклонения от гипотезы консерватизма достаточно детально представлен в работах [Liu et al., 2020, Petrosyan et al., 2023c]. Гипотеза консерватизма ниш имеет большое практическое значение для сохранения биоразнообразия и анализа инвазионных процессов на региональном и глобальном

уровнях. Наши результаты важны не только для оценки основных метрик экологических ниш, но и для прогнозирования реакции видов на изменение окружающей среды в антропоцене.

### **Анализ построенных моделей (ENM, SDM) и предикторных переменных, определяющих экологическую нишу и пространственное распределение русского осетра**

Проведённый анализ предикторных переменных для построения моделей двух типов ENM и SDM показал, что наблюдается достаточно хорошее соответствие между наборами переменных, определяющих экологическую нишу и пространственное распределение вида. Например, при построении модели ENM русского осетра выделяются пять переменных (солёность, температура воды, биомасса ракообразных, моллюсков, кольчатых червей) (рис. 5), определяющих реализованную экологическую нишу вида. Из рисунка 5 видно, что плотность скоплений русского осетра коррелирует в плоскости главных компонент (ось Y) с температурой воды и биомассами ракообразных (Crustacea), моллюсков (Mollusca), кольчатых червей (Annelida), и отрицательно коррелирует с солёностью. Причём из проекции четырёх векторов (температуры, биомассы ракообразных, моллюсков, кольчатых червей) (рис. 5) на ось Y видно, что по величине этих проекций факторы можно ранжировать следующим образом: «ракообразные» > «моллюски» > «кольчатые черви» > «температура». Из этого ряда следует, что все эти величины положительно коррелируют с осью Y (PCA), но у ракообразных эта проекция незначительно больше остальных. Кроме этого, важно заметить, что проекция вектора «солёности» на ось X отрицательно коррелирует с X (PCA). В данном сравнении переменных, использованных для построения двух типов моделей, более корректно сравнивать ENM с SDM-3, поскольку только в последней модели учитываются абиотические и биотические факторы. Из таблицы следует, что все важные переменные, которые вносят вклад в SDM-3 можно ранжировать как в ENM, то есть «ракообразные» (70.1%)

> «моллюски» (18.4%) > «кольчатые черви» (6.7%) > «солёность» (1.6%) > «температура» (1.1%). Наибольший вклад «ракообразных» в SDM-3 также следует из других оценок по индексу Шонера Dg с использованием моделей SDM-An (рис. 9), SDM-Cu (рис. 11), SDM-Mol (рис. 13) и SDM-0 (рис. 15). Сравнительный анализ перекрытия ниш русского осетра на основе моделей SDM-0, SDM-An, SDM-Cu, SDM-Mol показывает, что сходство ниши русского осетра и ракообразных в географическом пространстве незначительно больше Dg (SDM-0, SDM-Cr) = 0.84, чем с моллюсками Dg (SDM-0, SDM-Mol) = 0.82 или кольчатыми червями Dg (SDM-0, SDM-An) = 0.77. Это означает, что потребление ракообразных русским осетром энергетически более выгодно. В целом наш анализ позволяет утверждать, что, несмотря на различное происхождение переменных среды, которые были использованы при построении моделей, мы получили достаточно надёжные и согласованные результаты. Проведённый анализ позволил выделить набор важнейших переменных для анализа динамики изменения экологической ниши и пространственного распределения русского осетра в Северном Каспии.

### **Роль чужеродных видов в питании русского осетра в северной части Каспийского моря**

Известно, что русский осётр по характеру питания является бентофагом и питается моллюсками, ракообразными и nereидами [Малиновская, Зинченко, 2010, Сафаралиев и др., 2013]. Проведённый нами анализ литературных и собственных данных показывает, что северная часть Каспийского моря характеризуется определённой динамикой развития азово-черноморских вселенцев, которые являются основными кормовыми ресурсами осетровых [Малиновская, Зинченко, 2010, Сафаралиев и др., 2013, 2019]. Данные относительно интродукции, натурализации и динамики численности азово-черноморских вселенцев и их использования осетровым рыбами представлены в работе [Малиновская, Зинченко, 2010]. Важно отметить, что наш анализ и построение моделей ENM и SDM были проведены с заимствованием термино-

логической базы, использованной в материалах по траловым уловам осетровых (русского осетра, севрюги) и пробам бентоса в северной части Каспийского моря [Сафаралиев и др., 2013, 2019; Ruban et al., 2022]. Поскольку у русского осетра и севрюги существует видовая избирательность в выборе кормовых организмов, по этой причине собранные данные в период мониторинга в 1992–2011 гг. по зообентосу были разбиты по таксономической принадлежности на три группы по типам: кольчатые черви (Annelida), членистоногие (Arthropoda) и моллюски (Mollusca). Однако среди этих групп выделяются виды или группа организмов: nereис (*Hediste diversicolor*), ракообразные (Crustacea) и моллюск (*Abra ovata*), которые являются главными пищевыми объектами русского осетра. Предварительный анализ данных мониторинга был представлен в работах [Сафаралиев и др., 2013, 2019; Ruban et al., 2022]. В данном обсуждении проводится анализ результатов, полученных в этих работах для русского осетра, и сопоставляется с результатами наших исследований. В работе Сафаралиева с соавторами [2013], в частности, представлены особенности пространственного распределения отдельных групп зообентоса и русского осетра как компонентов трофического взаимоотношения (в нашей работе рис. 3). Дан сравнительный анализ пищевых предпочтений русского осетра в северной части Каспийского моря и выявлена зависимость между видами зообентоса и численностью русского осетра на местах летнего нагула. Одно из важных положений, сформулированных авторами [Сафаралиев и др., 2013], заключается в утверждении, что данные по распределению моллюсков и ракообразных показывают, что у русского осетра, как довольно пластичного вида в выборе питания, рацион должен различаться в зависимости от нагула в восточном или западном районах моря. Данный факт также отмечается в другой работе [Кашенцева и др., 2003]. Утверждается, что на западе осётр в большей степени потребляет моллюсков и nereид, а на востоке моллюсков и ракообразных. В действительности это утверждение достаточно хорошо согласуется с нашими результатами (рис. 3в, 3б, 3г). Это

утверждение также подтверждается созданными нами картами SDM-An (рис. 9б), SDM-Cu (рис. 11б), SDM-Mol (рис. 13б). Карта SDM-An показывает, что высокопригодные местообитания для Annelida в северо-восточном районе моря практически отсутствуют. Из этих рисунков также видно, что как в восточном районе, так и в приглубой зоне северной части Каспийского моря русский осётр в большей степени потребляет моллюсков и ракообразных. Построенные карты пространственного распределения кормовых ресурсов SDM (зообентоса) позволяют утверждать, что западный район северной части Каспийского моря из-за высокой продуктивности является наиболее благоприятным местом нагула в летний период для русского осетра, поскольку здесь имеются высокопригодные местообитания для многих видов из разных таксономических групп Annelida, Mollusca и Crustacea. Во многих источниках отмечается, что значительная продуктивность западной части объясняется благоприятными гидрологическими факторами, которые складываются в этой части моря [Малиновская, Зинченко, 2010; Сафаралиев и др., 2013; Ruban et al., 2022].

### **Заключение**

Настоящее исследование расширяет знания о русском осетре и кормовых ресурсах чужеродных азово-черноморских вселенцев в северной части Каспийского моря, а именно: 1) дополнены имеющиеся данные о встречаемости осетра и кормовых ресурсов новыми полевыми данными для периода 1992–2011 гг.; 2) оценена динамика плотности скоплений русского осетра и биомассы кормовых ресурсов во времени в различных районах северной части Каспийского моря; 3) построены модели экологических ниш ENM русского осетра с использованием метода ординации для оценки широты ниш, их перекрытия и сходства во времени; 4) созданы модели пространственного распределения (SDM) кормовых ресурсов русского осетра с учётом абиотических и биотических факторов. Высокие индексы эффективности SDM моделей (Bind), рассчитанные с оптимальными параметрами MaxEnt по критерию AICc, свидетельствовали о том, что удалось отобрать наиболее

важные экологические предикторные переменные, определяющие пригодность местообитаний для русского осетра и кормовых ресурсов. Построенные модели ENM с помощью PCA в рамках двух концепций COUE и ECOUE позволили проверить гипотезу консерватизма экологических ниш русского осетра во времени. Показано, что если в рамках концепции COUE гипотеза консерватизма ниш выполнялась для одного периода мониторинга, то в рамках расширенной концепции ECOUE эта гипотеза выполняется для всех периодов мониторинга. Построенные модели SDM показали, что трофические взаимоотношения русского осетра и Annelida, Mollusca и Crustacea в северной части Каспийского моря довольно точно отображаются в их пространственном распределении. Высокие значения биомассы моллюсков, ракообразных и кольчатых червей, как основных компонентов питания русского осетра, и всего зообентоса в целом, в западном районе северного Каспия создают благоприятные условия для нагула русского осетра в летний период. Установлено, что в восточном и приглубом районах северной части Каспийского моря основными компонентами питания являются моллюски и ракообразные. В результате исследования предложен эффективный методологический подход, основанный на SDM и ENM, который в дальнейшем может быть использован для изучения экологических ниш и пространственного распределения видов в морской среде. Эти результаты полезны для проведения будущих полевых исследований и могут быть использованы природоохранными организациями и/или лицами, принимающими решения, для сохранения естественных мест обитания русского осетра.

### **Благодарности**

Авторы благодарны ESRI (США) за предоставление бесплатной лицензионной версии Arc GIS Desktop Pro 10.6.1 (EsriSalesOrdernumber 3128913; EsriDeliverynumber 81833751, User custome rnumber 535452).

### **Финансирование работы**

Анализ литературных источников и написание статьи выполнены в рамках госу-

дарственного задания ИПЭЭ РАН «Экология и биоразнообразие водных сообществ» – тема № АААА-А18-118042490059-5 и «Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов» – тема № FFER-2021-0010, АА-АА-А18-118042490055-7. Статистический анализ, интерпретация полученных результатов, подготовка рисунков и основы статьи выполнены в рамках проекта Российского научного фонда (РНФ) № 21-14-00123.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Соблюдение этических стандартов

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

### Литература

- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л., 1949. Ч. 1–3. 1382 с.
- Власенко А.Д. Оценка влияния естественных и антропогенных факторов на формирование численности осетровых в Каспийском море // Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2001. С. 26–40.
- Власенко А.Д., Зыкова Г.Ф., Красиков Е.В. Состояние запасов осетровых в Каспийском бассейне и пути их восстановления // Современные проблемы Каспия: Междунар. конф., посвящённая 105-летию КаспНИРХ. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002а. С. 58–64.
- Власенко А.Д., Распопов В.М., Лагунова В.С., Красиков Е.В., Журавлёва О.Л., Лепилина И.Н., Романов А.А., Иванова Л.А., Трусова Л.П., Фёдоров В.А. Оценка состояния запасов каспийского осетра и прогноз его вылова на 2003 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002б. С. 156–168.
- Кашенцева Л.Н., Полянинова А.А., Молодцова А.И. Характеристика питания осетровых рыб в Северном Каспии в 2002 г. // Сборник докладов к Междунар. конф. «Рыбохозяйственная наука на Каспии: задачи и перспективы» (18 июля 2003 г.). Астрахань, 2003. С. 87–89.
- Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Каспийском море в 1914–1915 гг. // Тр. Каспийской экспедиции 1914–1915 гг. СПб., 1921. Т. 1. С. 943.
- Коробочкина З.С. Основные этапы развития промысла осетровых в Каспийском море // Тр. ВНИРО, 1964. Т. 52. С. 59–86.
- Легеза М.И., Маилян Р.А. Состояние запасов каспийских осетровых, их воспроизводство и использование в современных условиях // Биологические ресурсы Каспийского моря. Астрахань, 1973. С. 101–103.
- Малиновская Л.В., Зинченко Т.Д. Многолетняя динамика биомассы вселенцев *Hediste diversicolor* Müller и *Abra ovata* (Philippi) в Северном Каспии // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 4. С. 32–44.
- Молодцова А.Л., Полянинова А.А. Состояние нагула осетровых в Каспийском море в 2003 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Результаты НИР за 2003 г. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2004. С. 215–225.
- Петросян В.Г., Осипов Ф.А., Дергунова Н.Н., Фенёва И.Ю. Модели пространственного распространения особо опасных инвазионных видов ракообразных в акваториях южных, северных и восточных морей северной Евразии // В кн.: Актуальные проблемы изучения ракообразных. Сборник тезисов научно-практич. конф. Борок, 23–25 мая 2022 г. Севастополь, 2022. С. 53.
- Сафаралиев И.А., Коноплева И.В., Смирнова Л.В. Летнее распределение русского осетра и севрюги в зависимости от кормовых организмов на пастбищах Каспийского моря // Рыбное хозяйство. № 5. 2013. С. 85–89.
- Сафаралиев И.А., Рубан Г.И., Булгакова Т.И. Каспийская севрюга: распределение, оценка запаса и сценарии восстановления волжской популяции. М.: ВНИРО, 2019. 154 с.
- Сокольский А.Ф., Елизаренко М.М., Кравченко Е.В., Козырева Е.В. Питание морских (килек и атерины) и полупроходных (воблы, леща) рыб в Каспийском море в 2004 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2004 г. Астрахань: КаспНИРХ, 2005. С. 194–212.
- Ходоревская Р.П., Рубан Г.И., Павлов Д.С. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна // М.: Издательство КМК, 2007. 242 с.
- Aiello-Lammens M.E., Boria R.A., Radosavljevic A., Vilela B., Anderson R.P., Silva D.P. spThin: An R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. // *Ecography*. 2015. 38. P. 541–545.
- Assis J., Tyberghein L., Bosch S., Verbruggen H., Serrão E.A., De Clerck O. Bio-ORACLE v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling // *Global Ecology and Biogeography*. 2018. 27 (3). P. 277–284. <https://doi.org/10.1111/geb.12693>.
- Barbosa A.M. fuzzySim: Applying fuzzy logic to binary similarity indices in ecology // *Methods Ecol. Evol.* 2015. 6. P. 853–858. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.12372>.
- Baselga A. Partitioning abundance-based multiple-site dissimilarity into components: Balanced variation in abundance and abundance gradients // *Methods Ecol. Evol.* 2017. Vol. 8. P. 799–808. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12693>.
- Bosch S., Tyberghein L., Clerck O.D. Sdmpredictors. 2018 // (<https://cran.r-project.org/web/packages/sdmpredictors/sdmpredictors.pdf>). Accessed on 9.07.2020.

- 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., Fitzpatrick M.C., Pearman P.B., Petitpierre B., Pellissier L., Yoccoz N.G., Thuiller W., Fortin M.J., Randin C., Zimmermann N.E., Graham C.H., Guisan A. Measuring ecological niche overlap from occurrence and spatial environmental data // *Global Ecology and Biogeography*. 2012. Vol. 21. P. 481–497. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00698.x>
- Broennimann O., Treier U.A., Muller-Scharer H., Thuiller W., Peterson A.T., Guisan A. Evidence of climatic niche shift during biological invasion // *Ecol. Lett.*, 2007. Vol. 10. P. 701–709. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01060.x>
- Cola V.D., 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. Vol. 40. P. 774–787. <https://doi.org/10.1111/ECOG.02671>
- Dormann C. Elith J., Bacher S., Buchmann C., Carl G., Carré G., Diekötter T., García Márquez J., Gruber B., Lafourcade B., Leitão P. et. al. Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance // *Ecography*. 2013. Vol. 36. P. 27–46.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2017): ArcGIS Desktop 10.4.1 – ESRI, Redlands, California.
- Guisan A., Petitpierre B., Broennimann O., Daehler C., Kueffer C. Unifying niche shift studies: Insights from biological invasions // *Trends Ecol. Evol.* 2014. Vol. 29. P. 260–269. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.02.009>
- Hijmans R.J., Etten J.V., Sumner M., Cheng J., Baston D., Bevan A., Bivand R., Busetto L., Canty M., Fasoli B., Forrest D., Ghosh A., Golicher D., Gray J., Greenberg J.A., Hiemstra P., Hingee K., Ilich A. Raster: Geographic Data Analysis and Modeling. 2020 // (<https://rspatial.org/raster>). Accessed on 9.07.2020.
- 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 9.07.2020.
- Hirzel A.H., Lay G.L., Helfer V., Randin C., Guisan A. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences // *Ecological Modelling*. 2006. 199. P. 142–152. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLMOD-EL.2006.05.017>.
- Lattuada M., Wilke T., Raes N. Caspian Sea environmental variables: an extension of the Bio-ORACLE ocean data set // *Ecology*. 2020. 101 (9). e03076. <https://doi.org/10.1002/ecy.3076>.
- Liu C., Wolter C., Xian W., Jeschke J.M. Most invasive species largely conserve their climatic niche // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2020. Vol. 117 (38). P. 23643–23651. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004289117>.
- 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 Ecol. Evol.* 2014. 5. P. 1198–1205. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.12261>
- Naimi B., Hamm N.A.S., Groen T.A., Skidmore A.K., Toxopeus A.G. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling // *Ecography*. 2014. 37(2). P. 191–203. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00205.x>
- Natural Earth Vector (<https://github.com/nvkelso/natural-earth-vector/tree/master>). Accessed on 12.12.2023.
- Neftali S., Barbosa M.A. Common mistakes in ecological niche models // *International Journal of Geographical Information Science*. 2020. 35. P. 1–14. <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1798968>
- Pearman P.B., Guisan A., Broennimann O., Randin C.F. Niche dynamics in space and time // *Trends Ecol. Evol.* 2008. Vol. 23. P. 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.11.005>
- Petitpierre B., Broennimann O., Kueffer C., Daehler C., and Guisan A. Selecting predictors to maximize the transferability of species distribution models: lessons from cross continental plant invasions // *Global Ecol. Biogeogr.* 2017. Vol. 26. P. 275–287.
- Petitpierre B., Kueffer C., Broennimann O., Randin C., Daehler C., Guisan A. Climatic niche shifts are rare among terrestrial plant invaders // *Science*. 2012. Vol. 335. P. 1344–1348. <https://doi.org/10.1126/science.1215933>
- 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*. 2023a. 12. 1034. <https://doi.org/10.3390/biology12071034>.
- Petrosyan V., Osipov F., Bobrov V., Dergunova N., Omelchenko A., Varshavskiy A., Danielyan F., Arakelyan M. Species Distribution Models and Niche Partitioning among Unisexual *Darevskia dahlia* and Its Parental Bisexual (*D. portschinskii*, *D. mixta*) Rock Lizards in the Caucasus // *Mathematics*. 2020. 8. 1329. <https://doi.org/10.3390/math8081329>.
- Petrosyan V., Osipov F., Bobrov V., Dergunova N., Nazarenko E., Omelchenko A., Danielyan F., Arakelyan M. Analysis of geographical distribution of the parthenogenetic rock lizard *Darevskia armeniaca* and its parental species (*D. mixta*, *D. valentini*) based on ecological modeling // *Salamandra*. 2019. 55 (3). P. 173–190.
- 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*. 2023b. 82: 23–56. <https://doi.org/10.3897/neobiota.82.96282>, IF no JCR Science Edition 4.225, Q1
- Petrosyan V.G., Osipov F.A., Feneva I.Y., Dergunova N.N., Khlyap N. N. Ecological Niches Modelling of the TOP-100 Most Dangerous Invasive Species in Russia: Testing the Hypothesis of Ecological Niche Conservatism // *Biol. Bull. Russ. Acad. Sci.* 2023c. 50 (Suppl 1). P. 63–84. <https://doi.org/10.1134/S106235902360126X>
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions //

- Ecological Modelling. 2006. 190. P. 231–259. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2005.03.026>
- Phillips S.J., Dudík M. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation // *Ecography*. 2008. 31. P. 161–175. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- 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 // *Sci. Rep.* 2020. Vol. 14. No. 10 (1). P. 7972. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64568-2>
- Radosavljevic A., Anderson R.P. Making better Maxent models of species distributions: Complexity, overfitting and evaluation // *J. Biogeogr.* 2014. 41. P. 629–643. <http://dx.doi.org/10.1111/jbi.12227>
- RStudio. RStudio is an Integrated Development Environment (IDE) for R Language, 2020 // (<https://www.rstudio.com>). Accessed on 9.07.2020.
- Ruban G.I., Safaraliev I.A., Osipov F.A., Dergunova N.N., Petrosyan V.G. Dynamics of the Stellate Sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771) Ecological Niche in the Northern Part of the Caspian Sea Modeled on the Basis of Long-Term (1992–2006) Summer Monitoring Data // *Russian Journal of Biological Invasions*. 2022. Vol. 13. P. 338–349. <https://doi.org/10.1134/S2075111722030146>.
- Sbrocco E.J., Barber P.H. MARSPEC: Ocean climate layers for marine spatial ecology // *Ecology*. 2013. 94 (4). P. 979–979. <https://doi.org/10.1890/12-1358.1>
- Thuiller W., Georges D., Gueguen D., Engler R., Breiner F. Ensemble Platform for Species Distribution Modeling. 2021 // (<https://cran.r-project.org/web/packages/biomod2/biomod2.pdf>). Accessed on 6.09.2021.
- Warren D., Glor R., Turelli M. ENMtools: A toolbox for comparative studies of environmental niche models // *Ecography*. 2010. 33. P. 607–611. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06142.x>
- Warren D.L., Glor R.E., Turelli M. Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution // *Evolution*. 2008. Vol. 62. P. 2868–2883. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00482.x>

## ECOLOGICAL NICHE AND SPATIAL DISTRIBUTION MODELS OF THE RUSSIAN STURGEON *ACIPENSER GUELLENSTAEDTII* BRANDT ET RATZEBURG (1833) IN THE NORTHERN PART OF THE CASPIAN SEA BASED ON LONG-TERM MONITORING DATA (1992–2011) IN THE SUMMER PERIOD

©2024 Ruban G.I.<sup>a, \*</sup>, Konopleva I.V.<sup>b</sup>, Osipov F.A.<sup>a</sup>, Dergunova N.N.<sup>a</sup>, Zhang X.<sup>c</sup>, Petrosyan V.G.<sup>a</sup>

<sup>a</sup>A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071, Russia

<sup>b</sup>Volga-Caspian branch of the “Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography”, Astrahan, 414056, Russia

<sup>c</sup>Department of Ecology and Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou, 510632, China  
e-mail: \*[georgii-ruban@mail.ru](mailto:georgii-ruban@mail.ru)

The ecological niches (ENM) and spatial distribution (SDM) models of the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg (1833), as well as zoobenthos – the main components of this species feeding (Annelida, Mollusca and Crustacea) in the northern part of the Caspian Sea based on long-term monitoring data (1992–2011) and raster layers of the marine environment are presented. The constructed ENM using PCA within the framework of two concepts COUE and ECOUE allowed us to test the hypothesis of Russian sturgeon ecological niches conservatism over time. It was shown that while under the COUE concept the hypothesis of niche conservatism was fulfilled for one time period of monitoring, under the expanded ECOUE concept this hypothesis is fulfilled for all monitoring periods. The SDM built by MaxEnt showed that trophic relationships between Russian sturgeon and Azov-Black Sea invaders from different taxonomic groups (Annelida, Mollusca and Crustacea) in the Northern part of the Caspian Sea are quite closely reflected in their spatial distribution. High biomass values of molluscs, crustaceans and ringworms (Annelida) as the main component in the feeding of Russian sturgeon in the western part of the Northern Caspian Sea create preferred conditions for feeding of Russian sturgeon in summer. It has been established that in the eastern and shallow parts of the Northern Caspian the main components of the feeding are molluscs and crustaceans.

**Key words:** Russian sturgeon, *Hediste diversicolor*, *Abra ovata*, Annelida, Mollusca, Crustacea, ENM, ecological niche, SDM, spatial distribution, long-term changes.

## НАХОДКИ И НОВЫЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ЮГЕ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

© 2024 Федина Л.А.\*, Малышева С.К.\*\*

Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,  
г. Владивосток, 690022, Россия  
e-mail: \*triton.54@mail.ru; \*\*malyshsveta@rambler.ru

Поступила в редакцию 17.07.2023. После доработки 02.02.2024. Принята к публикации 12.02.2024

В статье приводятся новые данные о распространении чужеродных видов на юге Приморского края. Впервые в составе чужеродной флоры указывается *Digitalis grandiflora* Mill. – вид, ушедший из культуры, занимающий в настоящее время значительную площадь в дендрарии Горнотаёжной станции ДВО РАН (Уссурийский городской округ, Приморский край). Данный вид является новым чужеродным для Дальнего Востока. На антропогенно трансформированной территории *Digitalis grandiflora* по степени натурализации является эпекофитом. Выявлено, что *Pilosella floribunda* (Wimm. et Grab.) Fr. активно внедряется на экспозиционные участки дендрария ГТС ДВО РАН, образуя обширные локусы с проективным покрытием до 70%. Установлено, что новым чужеродным видом для флоры Уссурийского заповедника является *Carduus acanthoides* L., обнаруженный на значительном расстоянии от ранее найденных мест произрастания вне заповедной территории. Представлены сведения о новых местообитаниях других видов чужеродных растений на территории Приморского края, выявленных нами в период с 2019 по 2023 г.

**Ключевые слова:** чужеродная флора, чужеродный вид, флористические находки, Дальний Восток России, Приморский край.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-118-125

### Введение

В последние годы чужеродные растения, вследствие антропогенной трансформации окружающей среды и климатических изменений, представляют значительную угрозу для сохранения биологического разнообразия. Высокая конкурентная способность многих чужеродных видов приводит к подавлению и вытеснению аборигенных видов из растительных сообществ, нарушению функционирования различных экосистем. Такие чужеродные виды, характеризующиеся агрессивным распространением на новых территориях, являются инвазионными и наносят ущерб агропромышленным комплексам, усугубляют экологические катастрофы [McGeoch et al., 2010; Lemke et al., 2013]. Изучение внедрения чужеродных видов в состав региональных флор является актуальным направлением исследований, как отечественных [Шишкин, 1936; Воробьёв, 1954; Виноградова и др., 2010; Михайлова и др., 2022] так и зарубеж-

ных специалистов [Richardson, Pyšek, 2012; Teofilovski, Čušterevska, 2022; Pringle, 2023].

Активное развитие дальневосточных регионов в настоящее время ведёт к заметному увеличению инвазионной активности чужеродных растений. Из всех субъектов Дальневосточного федерального округа (ДФО) Приморский край лидирует по количеству чужеродных и инвазионных видов растений. Этому способствуют значительная освоенность сельскохозяйственных земель, преобладающее количество населённых пунктов, множество автомобильных, железнодорожных и морских транспортных пересечений. Индекс адвентизации флоры Приморского края наиболее высокий на территории ДФО и составляет 24.7% [Кожевников, Кожевникова, 2014; Кожевникова, 2021]. С 1980-х гг. и по настоящее время в Приморском крае исследователями проводится поиск чужеродных видов, оценка их распространения и последствий внедрения [Буч и др., 1981; Не-

чаева, 1984; Кожевникова, Кожевников, 2016; Федина, 2017; Коляда, 2020]. В 2021 г. вышла «Чёрная книга флоры Дальнего Востока» [Виноградова и др., 2021], где приводятся сведения о распространении, местообитаниях и инвазионном статусе 117 чужеродных видов растений ДФО.

Наиболее полный список адвентивной флоры Приморского края представлен в обобщающей сводке «Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East)» [Kozhevnikov et al., 2019], согласно которой в Приморском крае произрастает 648 чужеродных видов растений из 768 видов, известных для российского Дальнего Востока.

Целью данного исследования являлось выявление новых мест произрастания чужеродных видов растений и оценка их инвазионного статуса на юге Приморского края.

### Материал и методы

Выявление чужеродных видов на юге Приморского края (Владивостокский городской округ (ВГО), Уссурийский городской округ (УГО), Надеждинский район, Шкотовский район, Хасанский район) проводили маршрутно-описательным и стационарным методами в 2019–2023 гг. Инвазионный статус приводится согласно шкале, приведённой в «Чёрной книге флоры Дальнего Востока»: 2 – чужеродные виды, активно расселяющиеся и натурализующиеся в нарушенных, полуестественных и естественных местообитаниях; 3 – чужеродные виды, расселяющиеся и натурализующиеся в настоящее время в нарушенных местообитаниях; в ходе дальнейшей натурализации некоторые из них, по-видимому, смогут внедриться в полуестественные и естественные сообщества [Виноградова и др., 2021]. Степень натурализации чужеродных растений оценивали по системе баллов, предложенной в работе Ю.К. Виноградовой с соавторами [Виноградова и др., 2014]. Для определения распространения чужеродных видов использовали литературные источники, гербарные коллекции (VLA, VBG1), электронные ресурсы [iNaturalist..., 2023; Plantarium..., 2023].

Для документации находок осуществлялся сбор гербарного материала. Гербарные

образцы переданы в гербарные фонды: Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (VLA), Ботанического сада-института ДВО РАН (VBG1).

Названия семейств, родов и видов даны в соответствии с Международным указателем научных названий растений [International Plant Names Index..., 2023].

### Результаты исследований

В результате ботанических исследований выявлен один новый, ранее не фиксировавшийся не только в Приморском крае, но и на всей территории Дальнего Востока, чужеродный вид. Установлены новые местонахождения известных для юга Приморского края чужеродных растений.

#### Новый чужеродный вид для флоры российского Дальнего Востока

*Digitalis grandiflora* Mill. (Scrophulariaceae)

Многолетнее коротко-корневищное травянистое растение до 120–150 см высотой.

Естественный ареал: Средняя Европа, Средиземноморье, европейская часть России, Кавказ, Западная Сибирь.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2.

По степени натурализации является эфекофитом, по вектору инвазии – эргазиофит.

*D. grandiflora* как лекарственное растение, содержащее сердечные гликозиды, была посеяна семенами в питомнике дендрария Горнотаёжной станции ДВО РАН (ГТС ДВО РАН) в 1960-е гг., затем пересажена на «Репродукционный» участок дендрария (преднамеренная интродукция). В 1990-е гг. семенами распространилась по соседним участкам.

В настоящее время популяция *D. grandiflora* весьма существенно расширила территорию своего произрастания в дендрарии ГТС ДВО РАН и занимает более 1.5 га. Средняя плотность ценопопуляции составляет 60 особей разных возрастов на 1 м<sup>2</sup>. Под пологом естественного леса (дубняк (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) с берёзой даурской (*Betula davurica* Pall.) разнокустарниковый) *D. grandiflora* проникает на расстояние до 10 м. Многолетник зимует в розеточном состоянии и начинает активную вегетацию во второй



декаде апреля. Успешному расселению чужеродного вида способствовало выкорчёвывание леса, вспашка почвы, окашивание вокруг древесно-кустарниковых интродуцентов.

Нами собрана: Приморский край, с. Горнотаёжное, дендрарий ГТС ДВО РАН, массовое цветение (43°41'37" с. ш., 132°8'59" в. д.). 27.06.2023. Федина Л.А., Малышева С.К. (VLA, VBG1).

Как чужеродный вид *D. grandiflora* для территории ДФО приводится впервые.

### Новые местонахождения чужеродных видов

*Pilosella floribunda* (Wimm. et Grab.) Fr. (Asteraceae)

Многолетнее травянистое растение высотой до 100 см со столонообразующим корневищем.

Естественный ареал: Европа, Средиземноморье, европейская часть России.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2.

В Приморском крае встречается редко, по степени натурализации является эпекофитом, вектор инвазии непреднамеренная интродукция.

В Приморском крае известна из нескольких мест произрастания: Уссурийский городской округ (УГО), окрестности с. Моудино; Спасский район, окрестности с. Хвалынка; Октябрьский район, с. Заречное (Plantarium..., 2023).

В Уссурийском ГО *P. floribunda* на территории с. Горнотаёжное встречается спорадически (единично или небольшими группами) вдоль дорог, по залежам и возле огородных участков. В дендрарии ГТС ДВО РАН на экспозиционных участках появилась в начале 2000-х гг. В течение двадцати лет отмечалось активное расселение этого адвентивного вида, и в настоящее время он занимает несколько участков дендрария общей площадью 0.5 га, на которых в период цветения является фоновым видом с проективным покрытием до 70%. Плотность особей вида составляет в среднем 10 растений (24 генеративных побега) на 1 м<sup>2</sup>, на нескольких локусах площадью до 10–15 м<sup>2</sup> плотность растений максимальная и составляет 25 экземпляров (45 генеративных побегов) на 1 м<sup>2</sup>.

Нами собрана: Приморский край, Уссурийский ГО, с. Горнотаёжное, дендрарий ГТС ДВО РАН (43°41'36" с. ш., 132°8'60" в. д.). 1.06.2022. Федина Л.А., Малышева С.К. (VBG1).

*Turritis glabra* L. (Brassicaceae)

Одно-двулетнее травянистое растение до 1 (1.3) м высотой, стержнекорневой монокарпик.

Естественный ареал: Европа, Малая Азия, Северная Америка, Северная Африка.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2.

В Приморском крае *T. glabra* встречается редко, по степени натурализации является эпекофитом, вектор инвазии – непреднамеренная интродукция.

Первые сборы этого растения в Приморском крае датированы 1860 г., в дальнейшем вид распространился от южных (Хасанский) до северных (Тернейский, Кавалеровский, Дальнегорский) районов края, встречается на островах Русский, Путятина, Фуругельма [Виноградова и др., 2021]. В г. Уссурийске вид известен из сборов И.К. Шишкина от 1922 г.: г. Уссурийск, Суйфунская сопка, кустарниковая заросль. 23.06.1922. [МНА], других находок этого растения для данной местности не было. В настоящее время в УГО *T. glabra* произрастает по обочинам дороги и возле огородов в с. Горнотаёжное и в дендрарии ГТС ДВО РАН.

Нами собрана: Приморский край, Уссурийский ГО, с. Горнотаёжное, дендрарий ГТС ДВО РАН (43°41'25" с. ш., 132°9'17" в. д.). 25.06.2023. Федина Л.А., Малышева С.К. (VBG1).

*Carduus acanthoides* L. (Asteraceae)

Многолетнее травянистое растение до 70 см высотой, стержнекорневой монокарпик.

Естественный ареал: Европа, европейская часть России. Кавказ, Малая Азия, Западная Сибирь.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2–3.

В Приморском крае встречается нередко, по степени натурализации является эпекофитом, вектор инвазии – непреднамеренная интродукция.

Впервые найден Д.П. Воробьёвым в 1951 г. на галечниках и в ивняках в Шкотовском районе возле ст. Кангауз (ст. Анисимовка). В 2022 г. *C. acanthoides* был обнаружен в Уссурийском заповеднике им. В.Л. Комарова напротив кордона Аникина Падь. Эта находка является новым дополнением к адвентивной флоре этой заповедной территории [Безделева, Федина, 2006]. В 2023 г. нами отмечен в с. Каймановка (УГО) на обочине дороги (43°38'1" с. ш., 132°14'13" в. д.); в г. Уссурийске возле моста через р. Комаровка (43°46'48" с. ш., 131°57'38" в. д.); г. Владивосток, микрорайон Снеговая Падь, откосы и придомовая территория (43°9'59" с. ш., 131°57'28" в. д.).

Нами собран: Приморский край, Шкотовский р-н, Уссурийский заповедник, кордон Аникина Падь, обочина грунтовой дороги (43°40'3" с. ш., 132°30'12" в. д.). 29.08.2022. Федина Л.А. (VLA, VBGI).

Для Уссурийского ГО *C. acanthoides* как чужеродный вид приводится впервые.

***Campanula rapunculoides* L. (Campanulaceae)**

Многолетнее травянистое растение до 70 см высотой, короткокорневищный поликарпик.

Естественный ареал: Скандинавия, Европа, европейская часть России, Кавказ, Западная Сибирь.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2–3.

В Приморском крае встречается очень редко, по степени натурализации является эпекофитом, по вектору инвазии – эргазиофит.

Впервые в Приморском крае отмечен в 1972 г. в г. Владивосток, на территории академгородка. С 1990-х гг. *C. rapunculoides* начинает активно распространяться по Владивостокскому ГО, обнаружен в Лазовском заповеднике, г. Находка, г. Дальнегорск [Виноградова и др., 2021]. На территории УГО в с. Горнотаёжное как декоративное растение был посеян в 1990-е гг., в результате культивирования на придомовых клумбах сильно сорничает вследствие обильного самосева. Из частных подворий *C. rapunculoides* распространился (саморасселение) на территорию дендрария ГТС ДВО РАН. В настоящее

время этот чужеродный вид в дендрарии занимает площадь 2×2 м, проективное покрытие 80%, высота генеративных особей 60–70 см, ежегодно цветёт и плодоносит.

Нами собран: Приморский край, Уссурийский ГО, с. Горнотаёжное, дендрарий ГТС ДВО РАН (43°41'25" с. ш., 132°9'15" в. д.). 7.07.2023. Федина Л.А., Малышева С.К. (VBGI).

***Hesperis matronalis* L. (Brassicaceae)**

Многолетнее травянистое растение до 1.2 м высотой, стержнекорневой поликарпик.

Естественный ареал: Восточная Европа, Юго-Западная Азия, Северная Африка.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2.

В Приморском крае встречается очень редко, по степени натурализации является эпекофитом, по вектору инвазии – эргазиофит.

Первые сборы *H. matronalis*, как «беглеца» из культуры, в Приморском крае датированы 1974 г. (с. Анисимовка, Шкотовский район). Большинство сборов этого чужеродного вида были произведены во Владивостокском городском округе, в том числе на особо охраняемых территориях (ООПТ): г. Владивосток, ООПТ БСИ ДВО РАН, нижняя часть склона западной экспозиции, обочина дороги 18.VI. 2015. Нестерова С.В. (VBGI).

Нами вид отмечен в УГО (2022–2023 гг.) вдоль дорог в селах: Дубовый Ключ (43°39'44" с. ш., 132°7'53" в. д.), Кондратенковка (43°37'38" с. ш., 132°9'52" в. д.), Горнотаёжное (43°41'46" с. ш., 132°8'33" в. д.). В последнем обнаружен также на обочине дороги на расстоянии более 1.5 км от населённого пункта. В Хасанском районе данный чужеродный вид выявлен вдоль обочин дорог в посёлках: Барабаш (43°11'10" с. ш., 131°29'43" в. д.), Славянка (43°9'59" с. ш., 131°57'28" в. д.), Занадворовка (43°18'28" с. ш., 131°35'50" в. д.) и на спуске к морю на территории гостиничного комплекса «Тёплое море» (43°51'18" с. ш., 131°25'14" в. д., п. Славянка). В Надеждинском районе встречается также вдоль обочин дорог в посёлках: Раздольное (43°34'20" с. ш., 131°56'33" в. д.), Нежино (43°27'22" с. ш., 131°46'15" в. д.), Вольно-Надеждинское (43°22'38" с. ш., 131°58'40" в. д.).

Нами собрана: Приморский край, г. Владивосток, по откосам вдоль ул. Басаргина (район Патрокл) цветение, единично (43°4'28" с. ш., 131°56'49" в. д.). 5.06.2023. Федина Л.А. (VBGI).

***Echium vulgare* L. (Boraginaceae)**

Одно-двулетнее травянистое растение до 1 м высотой, стержнекорневой монокарпик.

Естественный ареал: Европа, Средиземноморье, Кавказ, Малая Азия.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2.

В Приморском крае встречается редко, по степени натурализации является эпекофитом, вектор инвазии – непреднамеренная интродукция.

*E. vulgare* впервые собран И.К. Шишкиным в 1920 г. в окрестностях г. Никольск-Уссурийского (сейчас г. Уссурийск, УГО). В 1930-х гг. И.К. Шишкин сообщал, что «синяк обыкновенный изредка культивируется в качестве медоносного растения, но легко входит в состав диких группировок». Автор приводил данный вид из населённых пунктов современного УГО: г. Ворошилов (г. Уссурийск), с. Ново-Никольское (с. Новоникольск), с. Раковка, с. Поповка [Шишкин, 1936].

Нами отмечено, что в 2022 г. *E. vulgare* единично встречался по обочине дороги в с. Горнотаёжное (43°41'55" с. ш., 132°9'59" в. д., УГО). В Хасанском районе произрастает в п. Славянка возле детского учреждения по ул. 50 лет Октября (43°9'59" с. ш., 131°57'28" в. д., малочисленные экземпляры). Также встречается в г. Владивостоке на откосах по ул. Кирова, 2 (43°10'6" с. ш., 131°54'42" в. д.) и ул. 50 лет ВЛКСМ (43°5'56" с. ш., 131°55'45" в. д.) в нескольких местах, довольно обильно.

Нами собран: Приморский край, г. Уссурийск (УГО), микрорайон Радужный, возле автобусной остановки, многочисленные экземпляры, массовое цветение (43°44'21" с. ш., 132°9'17" в. д.). 12.07.2023. Федина Л.А. (VBGI).

***Phacelia tanacetifolia* Benth. (Hydrophyllaceae)**

Одно-двулетнее травянистое растение до 70 см высотой, стержнекорневой монокарпик.

Естественный ареал: Северная Америка.

В Приморском крае как сорное растение встречается очень редко, по степени натурализации является эфемерофитом, по вектору инвазии – ксеноэргазиофит.

В Европе, в европейской части России, на Кавказе, в Сибири, на российском Дальнем Востоке *Ph. tanacetifolia* выращивается в качестве медоносного или декоративного растения. В местах культивирования нередко дичает и распространяется как сорное растение по нарушенным местообитаниям [Доронькин, 1997; Губанов и др., 2004]. На территории ДФО как чужеродный вид указывается для Хабаровского и Приморского краёв, а также для о. Сахалин [Кожевников, 1991; Антонова, 2009; Ложникова и др., 2023]. В южной части Приморского края (Надеждинский район) отмечены единичные местонахождения вне культуры [Кожевникова, Кожевников, 2017]. *Ph. tanacetifolia* нами обнаружена в с. Горнотаёжное (УГО), вдоль границы питомника под пологом зарослей черёмухи, единичные экземпляры в фазе цветения (43°41'42" с. ш., 132°9'18" в. д., 27.06.2023).

Данный вид для Уссурийского ГО как чужеродное растение приводится впервые.

***Tussilago farfara* L. (Asteraceae)**

Многолетнее травянистое растение до 20 см высотой, с длинным ветвистым корневищем.

Естественный ареал: Западная Европа, европейская часть России, Западная и Восточная Сибирь, Казахстан, Малая Азия, Северная Африка.

Инвазионный статус в Приморском крае – 2.

В Приморском крае встречается часто, по степени натурализации является эпекофитом, по вектору инвазии – ксеноэргазиофит.

Впервые *T. farfara* обнаружена Д.П. Воробьёвым в 1950 г. в окрестностях г. Владивостока. Активное расселение данного чужеродного вида по территории края исследователи начали фиксировать с начала 2000-х гг., в том числе на заповедных участках [Федина, 2018; Федина и др., 2019; Виноградова и др., 2021].

Нами многочисленные экземпляры вида обнаружены в г. Владивостоке в новом микрорайоне Снеговая Падь (ул. Адмирала Горшкова (43°10'4" с. ш., 131°57'22" в. д.), ул. Адмирала

Смирнова (43°9'53" с. ш., 131°57'34" в. д.), 22.03.2023. Ценопопуляции вида занимают склоны на придомовой территории новостроек, простираются возле автотрассы на подъезде в этот район, а также заходят под полог окружающего леса естественного происхождения на расстоянии до 2 м. На ул. Адмирала Смирнова *T. farfara* произрастает на асфальтовом покрытии возле новостройки. Значительная ценопопуляция площадью 50 м<sup>2</sup> выявлена по ул. Выселковой, 64 (43°9'3" с. ш., 131°57'20" в. д.) на откосах вокруг здания.

В Надеждинском районе вид обнаружен в с. Раздольное вдоль ул. Лазо по придорожным откосам (43°32'50" с. ш., 131°53'57" в. д., 22.04.2023). Также выявлен в Уссурийском ГО (окрестности с. Каймановка) по дороге в Уссурийский заповедник, по краю канавки в количестве 15 плодоносящих растений (43°38'1" с. ш., 132°14'13" в. д., 24.05.2023); г. Уссурийск (УГО), район «Картонный комбинат», склон заросшего карьера, малочисленные экземпляры, вегетация (43°46'34" с. ш., 132°3'9" в. д., 12.07.2023).

Путём саморасселения (уход из культуры) *T. farfara* появилась в дендрарии ГТС ДВО РАН. Первая популяция многочисленная, насчитывает более сотни растений и занимает площадь 10 × 10 м на склоне юго-восточной экспозиции «Восточно-Азиатского» участка (43°41'34" с. ш., 132°9'6" в. д.). Вторая, менее многочисленная, обнаружена на участке «Старый дендрарий» (43°41'35" с. ш., 132°9'14" в. д., северный склон, 5 × 8 м). Чужеродный многолетник впервые выявлен для этой особо охраняемой территории.

Нами собрана: Приморский край, Уссурийский ГО, с. Горнотаёжное, дендрарий ГТС ДВО РАН, массовое цветение (43°41'34" с. ш., 132°9'6" в. д.). 25.04.2023. Федина Л.А., Малышева С.К. (VBGI).

### Заключение

В результате флористических исследований получены новые данные по распространению чужеродных видов на юге Приморского края. Установлено, что *Digitalis grandiflora* является новым адвентивным видом для флоры Дальнего Востока. *Digitalis grandiflora* произрастает в дендрарии ГТС ДВО РАН более 50

лет, занимая обширную площадь и проникая в леса естественного происхождения, которые разграничивают экспозиционные участки. Также *Pilosella floribunda* как агрессивный сорняк отмечена в интродукционных посадках. В 2023 г. впервые на территории дендрария ГТС ДВО РАН обнаружен чужеродный вид *Tussilago farfara*. Новым видом сосудистых растений для адвентивной флоры Уссурийского заповедника является *Carduus acanthoides*. Большинство исследованных чужеродных видов появились на новых локалитетах вследствие случайной интродукции. Из культурных посадок расселились *Campanula rapunculoides*, *Digitalis grandiflora*, *Hesperis matronalis*. Биотопическое распространение чужеродных видов локально и связано с населёнными пунктами и транспортными магистралями. По стратегии распространения преобладают виды, закрепившиеся на новой территории и распространяющиеся дальше (эпектофиты). Наблюдается внедрение в лесные сообщества *Digitalis grandiflora* и *Tussilago farfara*, но значительного ущерба видовому разнообразию этих сообществ они пока не наносят. Находки чужеродных видов на особо охраняемых территориях (дендрарий ГТС ДВО РАН, Уссурийский заповедник) требуют дальнейшего мониторинга.

Приведённые сведения о чужеродных растениях из новых местообитаний являются дополнительной информацией к данным «Чёрной книги флоры Дальнего Востока» [Виноградова и др., 2021] и свидетельствуют о расширении ареалов чужеродных видов на территории Приморского края.

### Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность к.б.н. П.Г. Остроградскому за помощь и консультации при выполнении работы.

### Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000120-9).

### 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

- Антонова Л.А. Конспект адвентивной флоры Хабаровского края. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2009. 93 с.
- Безделева Т.А., Федина Л.А. Сосудистые растения // Флора, растительность и микобиота заповедника «Уссурийский». Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 79–134.
- Буч Т.Г., Качура Н.Н., Швыдка В.Д., Андреева Е.Р. Сорные растения Приморского края и меры борьбы с ними. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1981. 250 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., Чернягина 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.
- Виноградова Ю.К., Куклина А.Г., Ткачёва Е.В. Инвазионные виды семейства Бобовых. Люпин, Галега, Робиния, Аморфа, Карагана. М.: АБФ, 2014. 304 с.
- Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Чёрная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2010. 503 с.
- Воробьёв Д.П. К вопросу о чужеродных и сорных растениях в Приморском крае // Комаровские чтения. 1954. Вып. 4. С. 3–19.
- Губанов И.А., Киселёва К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 520 с.
- Доронькин В.М. *Phacelia* Juss. Фацелия // Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1997. Т. 11. С. 98–99.
- Кожевников А.Е. Сем. Водолитниковые – Hydrophyllaceae // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Л.: Наука, 1991. Т. 5. С. 253–254.
- Кожевников А.Е., Кожевникова З.В. Чужеродные виды растений во флоре российского Дальнего Востока и региональные закономерности их географической дифференциации // Вестник ДВО РАН. 2014. № 3 (175). С. 12–19.
- Кожевникова З.В. Новые и редкие заносные виды сосудистых растений в Приморском крае // *Turczaninowia*. 2021. Т. 24. № 4. С. 186–201. doi: 10.14258/turczaninowia.24.4.17.
- Кожевникова З.В., Кожевников А.Е. Новые и редкие заносные виды во флоре Приморского края // Комаровские чтения. 2016. Вып. 64. С. 208–218.
- Кожевникова З.В., Кожевников А.Е. Новые и редкие виды чужеродных растений для флоры Российского Дальнего Востока // Комаровские чтения. 2017. Вып. 65. С. 89–102.
- Коляда Н.А. Робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia* L.) в составе вторичного растительного сообщества в Приморском крае // Астраханский вестник экологического образования. 2020. № 3 (57). С. 190–196. doi: 10.36698/2304-5957-2020-19-3-190-196.
- Ложникова О.О., Сабирова Н.Д., Сабиров Р.Н. Новые виды чужеродных растений во флоре острова Сахалин // Ботанический журнал. 2023. Т. 108. № 4. С. 383–387. doi: 10.31857/S0006813623040063.
- Михайлова С.И., Эбель Т.В., Шереметова С.А., Эбель А.Л. Сорные растения в агроценозах и зернопродукции Кемеровской области // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6 (183). С. 58–64. doi: 10.36718/1819-4036-2022-6-58-64.
- Нечаева Т.И. Адвентивная флора Приморского края // Комаровские чтения. 1984. Вып. 31. С. 46–88.
- Федина Л.А. Дополнения к флоре Уссурийского заповедника (Приморский край) за десять лет (2007–2016) // Комаровские чтения. 2017. Вып. 65. С. 55–59.
- Федина Л.А. *Tussilago farfara* (Asteraceae) – заносный вид в Уссурийском заповеднике (Приморский край) // Ботанический журнал. 2018. Т. 103. № 7. С. 919–922.
- Федина Л.А., Куприн А.В., Огородников Е.М. *Tussilago farfara* (Asteraceae) на юге Дальнего Востока России // Российский журнал биологических инвазий. 2019. Т. 12. № 4. С. 113–117.
- Шишкин И.К. Сорные растения южной части Дальневосточного края. Хабаровск: Дальгиз, 1936. 42 с.
- iNaturalist (Electronic resource) // ([https://www.inaturalist.org/observations?place\\_id=any&taxon\\_id=950620](https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&taxon_id=950620)). Accessed 19.05.23.
- International Plant Names Index (IPNI). (Electronic resource) // (<https://www.ipni.org>). Accessed 20.05.23.
- Kozhevnikov A. E., Kozhevnikova Z. V., Kwak M., Lee B. Y. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East). Incheon: Nat. Inst. Biol. Res., 2019. 1124 p.
- Lemke D., Schweizer C.J., Tadesse W., Wang Y., Brown J.A. Geospatial assessment of invasive plants on reclaimed mines in Alabama // *Invasive Plant Science and Management*. 2013. Vol. 6 (3). P. 401–410.
- McGeoch M.A., Butchart S.H.M., Spear D., Marais E., Kleynhans E.J., Symes A., Chanson J., Hoffmann M. Global indicators of biodiversity impact and policy responses // *Diversity and Distributions*. 2010. Vol. 16 (1). P. 95–108.
- Plantarium (Electronic resource) // (<https://www.plantarium.ru>). Accessed 19.05.23.
- Pringle J. S. Records of Some Adventive or Naturalized Plant Species in Ontario // *The Great Lakes Botanist*. 2023. 61 (3–4): 4. P. 97–104. doi: <https://doi.org/10.3998/globot.4117>.
- Richardson D. M., Pyšek P. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns // *New Phytologist*. 2012. Vol. 196. P. 383–396.
- Teofilovski A., Čušterevska R. Two new alien species of Boraginaceae in the flora of North Macedonia // *Macedonian Journal of Ecology and Environment*. 2022. Vol. 24 (2). P. 59–63.

# FINDINGS AND NEW LOCATIONS OF ALIEN VASCULAR PLANT SPECIES IN THE SOUTH OF PRIMORSKY TERRITORY

© 2024 Fedina L.A.\*, Malysheva S.K.\*\*

Federal Scientific Center for Biodiversity of Terrestrial Biota of East Asia Far Eastern Branch  
of the Russian Academy Sciences, Vladivostok, 690022, Russia;  
e-mail: \*triton.54@mail.ru; \*\*malyshsveta@rambler.ru

New data on the distribution of alien species in the south of Primorsky Territory are presented. For the first time *Digitalis grandiflora* Mill is indicated in the composition of an alien flora – a species that has passed away from culture, currently occupying a significant area in the arboretum of the Gornotaezhnaya station of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Ussuriysky City District, Primorsky Territory). This species is a new alien to the entire territory of the Far East. In an anthropogenically transformed territory, *Digitalis grandiflora* is an epiphyte according to the degree of naturalization. It was revealed that *Pilosella floribunda* (Wimm. et Grab.) Fr. is actively being introduced to the exposition areas of the arboretum of the GTS FEB RAS, forming extensive loci with a projective coverage of up to 70%. It has been established that a new alien species for the flora of the Ussuri Reserve is *Carduus acanthoides* L., found at a considerable distance from previously found places of growth outside the protected area. The information on new habitats of other species of alien plants in the territory of the Primorsky Territory, identified by us in the period from 2019 to 2023, is presented.

**Keywords:** alien flora, alien species, floral findings, Russian Far East, Primorsky Territory.

## О НАХОЖДЕНИИ И РАСПРОСТРАНЕНИИ ВСЕЛЕНЦА *THERMOCYCLOPS TAIHOKUENSIS* (HARADA, 1931) (CRUSTACEA: CYCLOPOIDEA) В ПОЙМЕННЫХ ОЗЁРАХ ХОПЁРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ) В 2021–2022 гг.

© 2024 Федяева Л.А.<sup>а,\*</sup>, Федяев Р.А.<sup>б,\*\*</sup>

<sup>а</sup> Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл.,  
Некоузский р-н, 152742, Россия

<sup>б</sup> Хопёрский государственный природный заповедник, пос. Варварино, Воронежская обл.,  
Новохоперский р-н, 397418, Россия  
e-mail: \*fedyaeva@mail.ru; \*\*segoletok83@mail.ru

Поступила в редакцию 21.03.2023. После доработки 21.01.2024. Принята к публикации 05.02.2024

В работе приведены данные о нахождении и распространении чужеродного вида *Thermocyclops taihokuensis* в малых пойменных озёрах Хопёрского заповедника. Было показано, что вселенец преимущественно обитает в озёрах, редко и крайне редко заливаемых в период половодья, а в ежегодно заливаемых водоёмах вид не обнаружен. Размер половозрелых самок в среднем составлял 960 мкм. Выявлено, что в июле 2022 г. в пелагиали ежегодно заливаемых озёр показатели численности и биомассы Соперода были достоверно выше по сравнению с редко заливаемыми.

**Ключевые слова:** зоопланктон, *Thermocyclops taihokuensis*, чужеродный вид, пойменные озёра, режим поемности.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-126-132

### Введение

Как известно [Рылов, 1948; Mirabdullayev, Kuzmetov, 1997; Guo, 1999; Mirabdullayev et al., 2003; Monchenko, 2008; Dela Paz et al., 2016; Лазарева, 2021] нативный ареал *Thermocyclops taihokuensis* (Harada 1931) (syn. *T. asiaticus* (Kiefer 1932)) расположен в Восточной и Центральной Азии. Также данный вид обнаружен в водоёмах Казахстана и Узбекистана [Mirabdullayev, Kuzmetov, 1997; Mirabdullayev et al., 2003; Monchenko, 2008; Степаньянц и др., 2015; Калымбетова, 2017]. В 2000-х гг. он был отмечен в Северо-Восточном и Среднем Каспии [Monchenko, 2008; Шарапова, 2014; Степаньянц и др., 2015]. В начале 2010-х гг. вид проник и распространился в бассейнах рек Волги и Дона [Лазарева, Жданова, 2022]. В этот период он обнаружен в Волго-Ахтубинской пойме [Нечаев, 2016] и в р. Волге ниже г. Волгограда [Лазарева и др., 2018], в Чебоксарском водохранилище (вдхр.), на Волжском и Волго-Камском плёсах Куйбышевского вдхр. (Средняя Волга), в верховье бассейна р. Ока [Лазарева, Жданова, 2022]. В 2012 г. *T. taihokuensis* по-

явился в Цимлянском вдхр. (р. Дон) [Вехов и др., 2014]. В 2018–2019 гг. он зарегистрирован выше по р. Дон в районе станицы Казанской (49°47.340' с. ш., 41°08.262' в. д.) и ниже Цимлянского вдхр., а также в водоёмах Волго-Донского канала [Лазарева, Сабитова, 2021; Лазарева, 2022; Лазарева, Жданова, 2022]. Северная (56° с. ш., 46° в. д.) граница распространения *T. taihokuensis* расположена в устье р. Сура (Средняя Волга) [Жихарев и др., 2019], западная (54° с. ш., 38° в. д.) – в Шатском вдхр. [Лазарева, Жданова, 2022]. В европейской части России ареал *T. taihokuensis* перекрывается с обычным представителем рода – *T. oithonoides* (Sars 1863) [Лазарева, Жданова, 2022]. Известно, что наибольшей численности данный вид достигает в Цимлянском вдхр. – 624.8 тыс. экз./м<sup>3</sup> [Лазарева, 2022] и быстро расселяется к западу от р. Волги [Лазарева, 2021].

Пойменные озёра являются неотъемлемой частью гидрологического комплекса речных экосистем и играют важную роль в формировании видового состава гидробионтов водотоков [Крылов, Жгарева, 2016]. Во время

весеннего половодья разлив речных вод способствует пассивному расселению их фауны в водоёмы поймы.

На территории Хопёрского заповедника в пойме р. Хопёр в естественном состоянии сохранилось более 400 водоёмов различной типологии, режима поемности (уровня, продолжительности и частоты половодий (water inundation)) и степени зарастания [Prokin et al., 2021]. Гидрологический режим пойменной территории Хопёрского заповедника в большей степени определяется максимальным уровнем и продолжительностью весеннего половодья р. Хопёр. От этого зависит и заполнение водоёмов полыми водами, и уровень грунтовых вод [Бирюков, 2010а]. Продолжительность затопления поймы на разных её уровнях не одинакова, а зависит от максимального уровня и периода паводка. Разлив паводковых вод в пойму и затопление низких участков происходит при достижении уровня реки 350 см [Бирюков, 2010б].

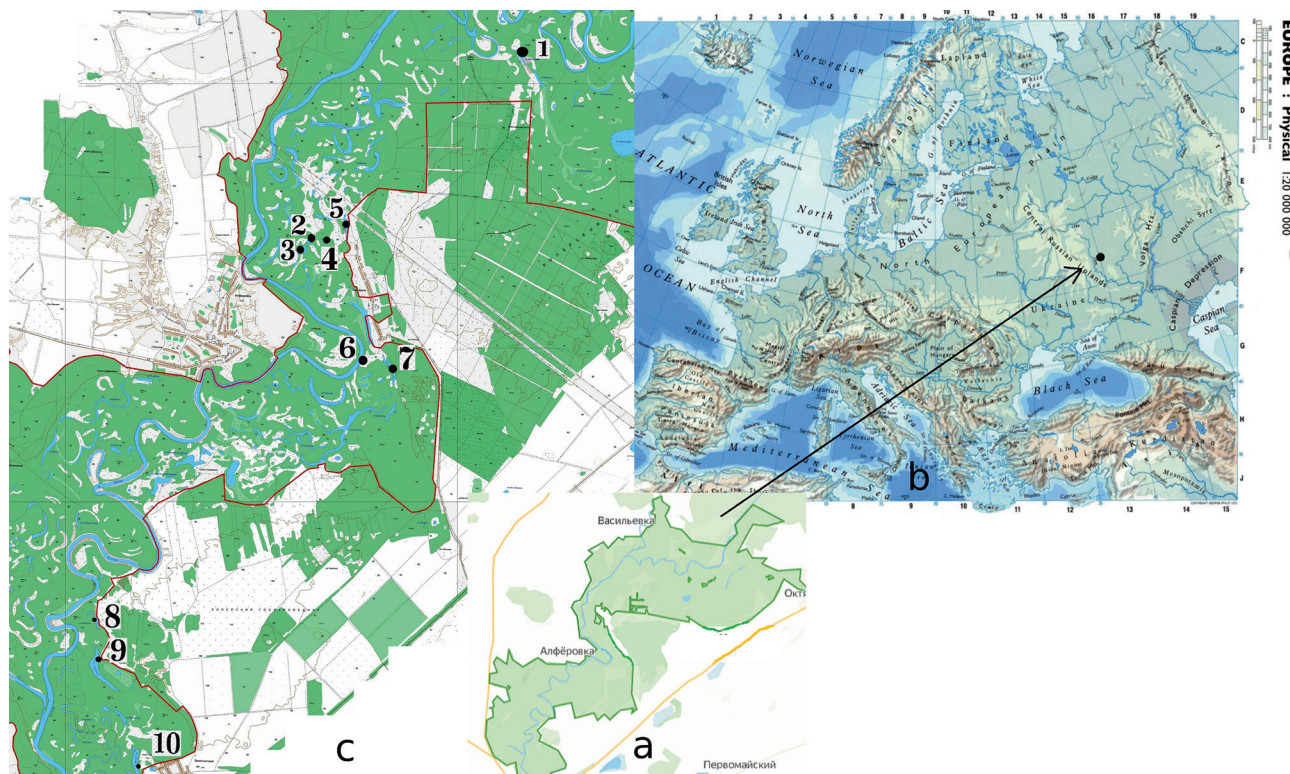
Целью работы был анализ распространения вселенца *Thermocyclops taihokuensis* в пойменных водоёмах Хопёрского заповедника различного режима поемности.

## Материал и методы

Исследования проведены в пойменных озёрах и на р. Хопёр в пределах территории Хопёрского заповедника (восточная часть Воронежской обл.) в 2021–2022 гг. (рис. 1).

Исследуемые малые водоёмы отличаются разным режимом поемности: озёра Малое (М.) Голое, Майорское, Жирное заливаются ежегодно, озёра Фатеево, Большое (Б.) и Малое (М.) Подпесочное – раз в несколько лет, а озёра Ульяновское, Щурячье и Чаганак – крайне редко (таблица). Последний крупный разлив р. Хопёр в половодье, заливший все исследуемые озёра, наблюдался в 2018 г. Исследованный участок р. Хопёр расположен на 610 км от истока, 370 км от устья и р. Дон, имеет ширину 75 м, максимальную глубину – 4 м, скорость течения в среднем – 0.3 м/с.

Отбор проб зоопланктона в пелагиали озёр проводили планктонной сетью Джели диаметром 18 см и размером ячеи 64 мкм, процеживая столб воды от дна до поверхности трижды, в реке, а также в зарослях макрофитов и на участке открытой воды литоральной зоны озёр – процеживая через неё 30–100 л воды, собранной ведром объёмом 5



**Рис. 1.** Хопёрский заповедник (а), на карте Европы (б), с исследуемыми пойменными озёрами р. Хопёр (с). 1 – Майорское; 2 – Большое Подпесочное; 3 – Малое Подпесочное; 4 – Щурячье; 5 – Ульяновское; 6 – р. Хопёр; 7 – Малое Голое; 8 – Фатеево; 9 – Чаганак; 10 – Жирное.



Таблица. Основные параметры исследуемых озёр и наличие в них *Thermocyclops taihokuensis*.

Название озера	Координаты (с. ш., в. д.)	Периодичность случаев, когда озеро заливается из р. Хопёр	Площадь, м <sup>2</sup>	Расстояние до р. Хопёр, км	Максимальная глубина, м	Ближайшие годы, когда озеро заливалось из р. Хопёр	Наличие в пелагиали <i>T. taihokuensis</i> в июле 2022 г.; численность (тыс. экз./м <sup>3</sup> ) / биомасса (мг/м <sup>3</sup> )
Малое Голое	51.193954, 41.726845	Ежегодно	40 444	0.73	3.5	2021, 2022	-
Майорское	51.255754, 41.768569	Ежегодно	45 550	1.35	6	2021, 2022	-
Жирное	51.114925, 41.645821	Ежегодно	84 543	0.62	5	2021, 2022	-
Малое Подпесочное	51.217185, 41.699121	1 раз в несколько лет	10 009	0.94	3.5	2018, 2022	0.11/3.33 (Июль 2021)
Большое Подпесочное	51.219013, 41.701267	1 раз в несколько лет	19 558	1.4	6	2018, 2022	0.34/9.88
Фатеево	51.142019, 41.634577	1 раз в несколько лет	10 032	0.5	4.5	2018, 2022	1.22/30.03
Щурячье	51.218691, 41.705924	Крайне редко	1369	1.21	3.6	2012, 2013, 2018	0.03/0.57
Ульяновское	51.22243, 41.71364	Крайне редко	4421	1.75	3	2012, 2018	1.62/32.94
Чаганак	51.134048, 41.633032	Крайне редко	87617	1.37	8	2012, 2013, 2018	0.29/4.79

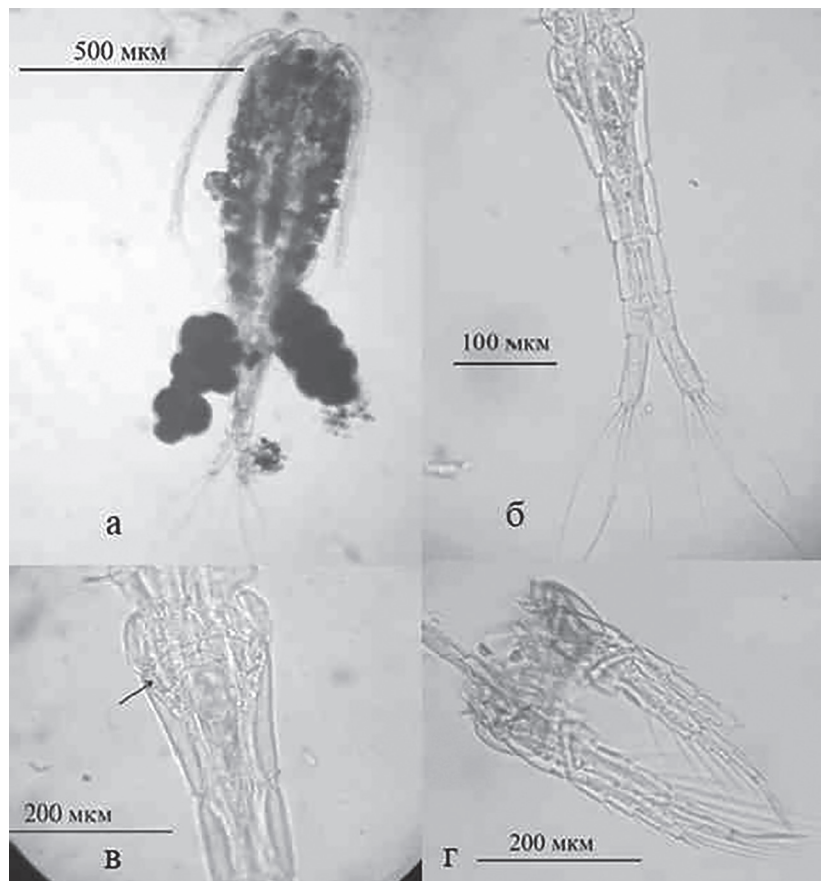
л. В 2021 г. пробы отбирали ежемесячно с мая по октябрь в озёрах М. Голое, Б. Подпесочное, М. Подпесочное и в р. Хопёр. В 2022 г. пробы отбирали разово в июле во всех озёрах и в реке. Камеральную обработку проводили стандартными методами [Методические..., 1982], идентификацию видов – по определителям и ключам [Рылов, 1948; Guo, 1999; Dela Raz et al., 2016, Лазарева, Жданова, 2022]. Также был проведён статистический анализ (T-test) количественных показателей зоопланктона между ежегодно и редко заливаемыми озёрами.

### Результаты и обсуждение

Веслоногий рачок *Thermocyclops taihokuensis* впервые обнаружен в пойменных озёрах на территории Хопёрского заповедника в июне 2021 г. в пелагиали озёр Большое и Малое Подпесочное (рис. 2) отличающихся низкой поемностью. При этом в ежегодно заливаемом озере М. Голое вселенец не зарегистрирован. Также в июле 2022 г. вид был встречен в 5 исследуемых озёрах, редко

и крайне редко заливаемых: Б. Подпесочное, Фатеево, Щурячье, Ульяновское и Чаганак, а в ежегодно заливаемых озёрах Майорское, Малое Голое, Жирное – не обнаружен (таблица).

Согласно описанию морфологии вселенца Лазаревой В.И. и Ждановой С.М. [2022], самки *T. taihokuensis* (рис. 2а) в первую очередь отличаются формой семяприёмника – боковые ветви их длинные, а края значительно загибаются во внутрь (рис. 2в), также важным признаком является S-образно изогнутая внутренняя средняя апикальная щетинка каудальных ветвей (рис. 2б). Боковая щетинка фурки значительно сдвинута на спинную сторону ветвей в дорсовентральном направлении, а расстояние от нижнего края каудальных ветвей до неё составляет около 40% длины ветвей (рис. 2б). Внутренний шип дистального членика эндоподита Р4 вселенца прямой и толстый, с сильно зазубренными крепкими зубцами (рис. 2г), а также другие признаки по данным определительных ключей [Лазарева, Жданова, 2022].



**Рис. 2.** *Thermocyclops taihokuensis* – общий вид самки (а), постабдомен (б), генитальный сегмент (в), плавательные ноги – P4 (г).

В оз. Б. Подпесочное в 2021 г. вид встречался с июня до середины октября, численность его варьировала от 0.09 до 8.35 тыс. экз./м<sup>3</sup> (0.3–29.0% от общей численности), наибольшее обилие зарегистрировано в августе и сентябре среди зарослей рогоза узколистного (*Thypha angustifolia*, L., 1753) (7.4–8.35 тыс. экз./м<sup>3</sup>), при этом в пелагиали в этот период оно было ниже (1.8 и 0.97 тыс. экз./м<sup>3</sup>, соответственно). Размер самок в среднем составлял  $960 \pm 70$  мкм и превышал длину нативных видов *Thermocyclops oithonoides* ( $720 \pm 40$ ), *T. crassus* (Fischer, 1853) ( $800 \pm 40$ ). Средняя длина самцов *T. taihokuensis* –  $850 \pm 30$  мкм. По данным Лазаревой В.И. и Ждановой С.М. [2022], в 2019 г. в Любовском пруду-охладителе Новомосковской ГРЭС на Шатском вдхр. (Тульская обл.) размер самок вселенца составлял  $950 \pm 10$  мкм, самцов –  $860 \pm 30$  мкм, что близко к измеренным нами величинам. В р. Хопёр вид не обнаружен, что, вероятно, связано с небольшим количеством собранного материала и высокой скоростью течения на исследуемом участке.

В июле 2022 г. в пелагиали исследуемых озёр численность взрослых особей *T. taihokuensis* не достигала высоких значений и варьировала от 0.03 тыс. экз./м<sup>3</sup> (0.12%) (оз. Щурячье) до 1.62 тыс. экз./м<sup>3</sup> (1.66%) (оз. Ульяновское) В этот период в пелагиали озёр Б. Подпесочное и Фатево соотношение самок и самцов было равным 50/50%, в оз. Ульяновское – 33/67%, оз. Чаганак – 85/15%, оз. Щурячье – 100/0%.

В пелагиали озёр вселенец встречался совместно с *T. crassus*, *T. oithonoides* и *Mesocyclops leukarti* (Claus, 1857), но в отдельных случаях был единственным представителем Cyclopoidea (пелагиаль оз. Ульяновского в июле 2022 г.). Более ранние исследования в 2011–2012 гг. большинства из этих озёр [Крылов, Цветкова, 2014] показали преобладание в них *T. crassus* по биомассе, и нередко он выступал доминантом и по численности. Настоящее исследование показало, что аборигенный вид *T. crassus* в озёрах Б. Подпесочное, Фатево имеет низкую численность по сравнению с *T. taihokuensis*, а в ряде случаев

в составе планктона не зарегистрирован (оз. Ульяновское).

Также результаты проведённых исследований показали, что зоопланктон пелагиали ежегодно заливаемых озёр (Майорское, Жирное, М. Голое) в июле 2022 г. статистически значимо отличался высокой численностью ( $69.10 \pm 43.07$  тыс. экз./м<sup>3</sup>) ( $p = 0.005$ ) и биомассой ( $343.3 \pm 230.3$  мг/м<sup>3</sup>) ( $p = 0.002$ ) Copepoda, в редко заливаемых озёрах (Фатеево, Б. Подпесочное, Ульяновское, Чаганак, Щурячье) численность ( $16.20 \pm 7.08$  тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомасса ( $84.20 \pm 16.50$  мг/м<sup>3</sup>) этой группы беспозвоночных были значительно ниже. Согласно ранее проведённым исследованиям [Крылов, Жгарева, 2016], зоопланктон озёр, имеющих ежегодную связь с рекой, отличается максимальным числом видов, величиной коэффициента трофности, численностью и биомассой. Развитие зоопланктона озёр с низкой поемностью определяется тем, на какой стадии сукцессии находится водоём, при этом продолжительная поемность, а также первое заливание мезотрофно-эвтрофных участков водоёмов после ряда лет отсутствия связи с рекой вызывает перестройку структуры зоопланктона [Крылов, Жгарева, 2016]. Возможно, что вселенец при высоком уровне половодья и разливе поступает в озёра с высокой поемностью из других, но не получает дальнейшего развития, благодаря обилию местного сообщества.

Предыдущий наиболее крупный разлив р. Хопёр, когда все озёра, в том числе Ульяновское, Чаганак и Щурячье, были залиты, наблюдался в 2012 г. В 2013 г. и до 2018 г. все исследуемые озёра, кроме Ульяновского, не заливались в половодье, а в период 2011–2013 гг. данный вид не был зарегистрирован [Крылов, Цветкова, 2014]. Можно предположить, что в 2018 г. *T. taihokuensis* распространился между озёрами при крупном разливе р. Хопёр. Наиболее близкое известное место нахождения вида в р. Дон, по данным за 2018–2019 гг., расположено в районе станицы Казанской ( $49^{\circ}47.340'$  с. ш.,  $41^{\circ}08.262'$  в. д.) [Лазарева, 2022; Лазарева, Жданова, 2022]. Расстояние от исследуемого участка р. Хопёр до р. Дон, как указывалось, составляет – 370 км.

## Заключение

Таким образом, *T. taihokuensis* быстро расселяется по бассейну р. Дон. Как отмечалось ранее, вселенец впервые появился в Цимлянском вдхр. в 2012 г. [Вехов и др., 2014], в этот же период на территории Хопёрского заповедника не встречался [Крылов, Цветкова, 2014], но уже в 2018–2019 гг. зарегистрирован намного выше по р. Дон в районе станицы Казанской [Лазарева, Сабитова, 2021]. На сегодняшний день на территории Хопёрского заповедника вселенец преимущественно обитает в малых пойменных озёрах, отличающихся тем, что они редко и крайне редко заливаются речными водами в период половодья. Наибольшей численности этот вид достигал в литорали оз. Б. Подпесочное в августе и сентябре 2021 г. Возможно, что произошло распространение вида с птицами, а расселение между озёрами – при большом половодье, но точные векторы проникновения не установлены.

## Финансирование работы

Исследования проведены в рамках государственного задания по теме «Систематика, разнообразие, биология и экология водных и околководных беспозвоночных, структура популяций и сообществ в континентальных водах», ИБВВ РАН № 121051100109-1.

## 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

Бирюков В.И. Гидрологический режим пойменных озёр Хопёрского заповедника // Проблемы мониторинга природных процессов на особо охраняемых природных территориях: Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Хопёрского государственного природного заповедника (пос. Варварино, Воронежская область, 20–23 сентября 2010 г.) / Ред. А.В. Головков, Н.А. Карпов. Воронеж: ВГПУ, 2010а. С. 21–23.

- Бирюков В.И. Гидрологический режим р. Хопёр в Хопёрском заповеднике // Проблемы мониторинга природных процессов на особо охраняемых природных территориях: Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 75-летию Хопёрского государственного природного заповедника (пос. Варварино, Воронежская область, 20–23 сентября 2010 г.) / Ред. А.В. Головков, Н.А. Карпов. Воронеж: ВГПУ, 2010б. С. 18–21.
- Вехов Д.А., Науменко А.Н., Горелов В.П., Голоколёнова Т.Б., Шевлякова Т.П. Современное состояние и использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища (2009–2013 гг.) // Рыбохозяйственные исследования на водных объектах Европейской части России. СПб.: Гос. ин-т реч. рыб. хоз-ва (ГосНИОРХ), 2014. С. 116–145.
- Жихарев В.С., Гаврилко Д.Е., Шурганова Г.В. Находка тропического вида *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) в Европейской части России // Поволжский экологический журн. 2019. № 2. С. 264–270.
- Калымбетова М.Т. Современное состояние зоопланктона Шардаринского водохранилища // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2017. № 5–6. С. 80–83.
- Крылов А.В., Жгарева Н.Н. Влияние поемности на летний зоопланктон малых озёр // Природные процессы и динамика геосистем. Известия РАН. Серия Географическая. 2016. № 1. С. 58–66. DOI:10.15356/0373-2444-2016-1-58-66
- Крылов А.В., Цветкова А.В. Структура зоопланктона пойменных озёр Хопёрского заповедника летом и осенью 2011 г. // Труды Хопёрского государственного заповедника. Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. Вып. 9. С. 119–136.
- Лазарева В.И. Первая находка *Thermocyclops taihokuensis* (Crustacea, Copepoda) в бассейне р. Оки // Биология внутренних вод. 2021. № 1. С. 91–94. DOI: 10.31857/S0320965221010071
- Лазарева В.И. Распространение некоторых понто-каспийских и чужеродных копепоид (Crustacea, Copepoda) в планктоне водоёмов бассейна реки Дон // Российский журнал биологических инвазий. 2022. № 3. С. 79–98. DOI:10.35885/1996-1499-15-3-79-98
- Лазарева В.И., Жданова С.М. Восточно-Азиатский вселенец *Thermocyclops taihokuensis* (Harada 1931) и аборигенный *Thermocyclops oithonoides* (Sars 1863) (Crustacea, Cyclopoidae): сравнительный анализ морфологии двух родственных видов из водоёмов Европейской части России // Зоологический журнал. 2022. Т. 101. № 12. С. 1337–1349. DOI:10.31857/S0044513422120078
- Лазарева В.И., Сабитова Р.З. Зоопланктон Цимлянского водохранилища и канала Волга – Дон // Зоологический журнал. 2021. Т. 100. № 4. С. 1–15. DOI:10.31857/S0044513421040115
- Лазарева В.И., Сабитова Р.З., Быкова С.В. и др. Распределение летнего зоопланктона в каскаде водохранилищ Волги и Камы // Труды Института биологии внутренних вод РАН. 2018. Вып. 83 (86). С. 62–84. DOI:10.24411/0320-3557-2018-10030
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах: Зоопланктон и его продукция. Л.: Государственный НИИ озёрного и речного рыбного хозяйства, 1982. 33 с.
- Нечаев Д.Ю. Фаунистическое разнообразие планктонных беспозвоночных Волго-Ахтубинской поймы // Матер. Всерос. молодежной гидробиол. конф. «Перспективы и проблемы современной гидробиологии» (пос. Борок, Ин-т биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 10–13 ноября 2016 г.). Ярославль: Филигрань, 2016. С. 117–119.
- Рылов В.М. Суслороида пресных вод // Фауна СССР. Ракообразные. М.; Л.: АН СССР, 1948. Т. 3, вып. 3. 318 с.
- Степаньянц С.Д., Хлебович В.В., Алексеев В.Р., Даниеля М.Е., Петряшев В.В. Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 2. Стрекающие, гребневики, многощетинковые черви, веслоногие ракообразные и мизиды. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК. 2015. 244 с.
- Шарапова Л.И. Зоопланктон Северо-Восточного Каспия. Приложение 2 // Мониторинг окружающей природной среды Северо-Восточного Каспия при освоении нефтяных месторождений. Алматы: Ад-жипККО, 2014. С. 228–229.
- Dela Paz E.S.P., Holyn'ska M.K., Papa R.D.S. *Mesocyclops* and *Thermocyclops* (Copepoda, Cyclopidae) in the major visayas islands (Central Philippines) // Crustaceana. 2016. Vol. 89. No. 6–7. P. 787–809. DOI:10.1163/15685403-00003547
- Guo X. The genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda: Cyclopidae) in China // Hydrobiologia. 1999. Vol. 403. P. 87–95.
- Mirabdullayev I.M., Kuzmetov A.R. The Genus *Thermocyclops* (Crustacea: Copepoda) in Uzbekistan (Central Asia) // International Review of Hydrobiology. 1997. Vol. 82. Iss. 2. P. 201–212.
- Mirabdullayev I.M., Reid J.W., Ueda H. Copepoda: Cyclopoida genera *Mesocyclops* and *Thermocyclops*. Genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 // Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 20. Leiden: Backhuys Publishers, 2003. P. 214–302.
- Monchenko V.I. Redescription of the Oriental *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) from its westernmost population // Zoology in the Middle East. 2008. Vol. 43. No. 1. P. 99–104. DOI: 10.1080/09397140.2008.10638274
- Prokin A.A., Seleznev D.G., Tsvetkov A.I. Influence of environmental factors on the interannual variability of macrozoobenthos of the floodplain lakes // Ecosystem Transformation. 2021. 4 (2), P. 65–77. DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-210306>

**THE FINDING AND DISTRIBUTION OF THE INVASIVE  
*THERMOCYCLOPS TAIHOKUENSIS* (HARADA, 1931) (CRUSTACEA:  
CYCLOPOIDAE) IN FLOODPLAIN LAKES OF THE KHOPERSK  
STATE RESERVE (VORONEZH REGION) IN 2021–2022**

© 2024 Fedyaeva L.A.<sup>a, \*</sup>, Fedyaev R.A.<sup>b, \*\*</sup>

<sup>a</sup>I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of the RAS, settlement Borok, Yaroslavl Region,  
Nekouzsky district, 152742, Russia

<sup>b</sup>Khopyor State Nature Reserve, settlement Varvarino, Voronezh Region, Novokhopersk district, 397418, Russia  
e-mail: \*fedyaeva@mail.ru; \*\*segoletok83@mail.ru

The paper presents data on the occurrence and distribution of the alien species *Thermocyclops taihokuensis* in small floodplain lakes of the Khoper Reserve. It was shown that the invader lives mainly in lakes with rare and extremely rare flooding during the flood period, and the species was not found in annually flooded reservoirs. The size of sexually mature females constituted 960µm on average. It was revealed that in July 2022, in the pelagic zone of annually flooded lakes, the abundance and biomasses of Copepoda were significantly higher compared to rarely flooded lakes.

**Key words:** zooplankton, *Thermocyclops taihokuensis*, alien species, floodplain lakes, floodplain regime.

# ИНВАЗИОННЫЕ ВИДЫ СЕГЕТАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЮЖНОГО И СРЕДНЕГО УРАЛА

©2023 Хасанова Г.Р.<sup>a,\*</sup>, Ямалов С.М.<sup>b</sup>, Камалетдинова А.А.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа, 450059, Россия

<sup>b</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа, 450080, Россия  
email: \*gulnazrim@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.10.2023. После доработки 20.01.2024. Принята к публикации 15.02.2024

Выполнен анализ инвазионного компонента ценофлоры сегетальных (сорно-полевых) сообществ Южного и Среднего Урала (Республики Башкортостан, Пермского края и Оренбургской области). Всего выявлено 33 инвазионных вида, что составляет 11.3% от всей ценофлоры сегетальных сообществ. Анализ распределения видов в синтаксономическом пространстве сегетальной растительности показал, что инвазионные виды встречаются в 17 синтаксонах соответствующих рангу ассоциации. Число инвазионных видов в них составляет от 1 до 16. Большинство зафиксированных инвазионных видов – ксенофиты (*Rhaponticum repens*, *Amaranthus albus*, *Ambrosia psyllostachya*, *Artemisia sieversiana*, *Ceratocarpus arenarius*, *Bassia scoparia*, *Iva xanthiifolia*, *Sisymbrium volgense*, *Xanthium orientale* и др.) имеют высокие значения постоянства и активности в южной части градиента – в степной и южной части лесостепной зоны. Небольшая группа *эргазофитов* (*Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Galega orientalis* и др.) тяготеет к северной части градиента к лесной и северной части лесостепной зоны. Ведущими экологическими факторами распределения инвазионных видов выступают: затенение-освещение, температурный режим и континентальность климата. Наиболее уязвимыми к инвазиям сообществами сегетальной растительности региона и своеобразными «коридорами» для продвижения части инвазионных видов с юга на север являются сообщества Оренбургской области, представленные двумя ассоциациями *Amarantho blitoides* – *Lactucetum tataricae* Khasanova et al. 2019 и *Lactucetum tataricae* Rudakov in Mirkin et al. 1985.

**Ключевые слова:** инвазия, чужеродные виды, сорные виды, карантинные виды, Чёрная книга, сорно-полевые сообщества, синтаксономия.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-133-145

## Введение

Сегетальные, или сорно-полевые, фитоценозы являются специфическими синантропными растительными сообществами, которые относятся к так называемым R-моделям фитоценозов, главный фактор формирования которых – сильные нарушения, во многом нивелирующие эдафо-климатические условия среды [Миркин и др., 2007]. То есть на состав видов в таких сообществах наибольшее влияние оказывает фактор постоянного нарушения (вспашка, гербицидные обработки) и, в меньшей степени, факторы экотопа (богатство и увлажнение почв, инсоляция и др.). Видовой состав сорно-полевых сообществ, благодаря банкам семян и вегетативных зачатков, достаточно стабилен. Под влиянием возделываемой культуры меняется лишь ко-

личественная представленность разных видов сорных растений.

Сегетальные сообщества, как и многие другие синантропные растительные сообщества, являются экосистемами, уязвимыми к инвазиям чужеродных видов, в том числе карантинных сорняков, представляющих опасность для сельского хозяйства, природных экосистем и здоровья населения [Purmalis et al., 2023]. Низкая резистентность сегетальных сообществ к инвазиям чужеродных видов связана с неполноценностью синантропных сообществ, отсутствием выраженных доминантов из числа нативных видов и наличием свободных ниш при общих благоприятных условиях среды [Акатов и др., 2009; Ibáñez et al., 2021]. Широкий эколого-ценотический спектр инвазионных видов, их вы-

сокая конкурентоспособность и адаптивный потенциал, быстрое возобновление и вегетативное размножение, устойчивость к болезням и вредителям, резистентность к гербицидам, аллелопатический потенциал приводят к тому, что сеgetальные сообщества становятся не только объектом инвазий опасных видов, но и коридорами для их расселения на новых территориях [Esler, 1988; Novak et al., 2018].

Сеgetальные флора и растительность Южного Урала и прилегающих территорий в пределах Республики Башкортостан, Пермского края и Оренбургской обл. являются многолетним предметом изучения уфимской геоботанической школы [Миркин и др., 1985, 2004; Хасанова, Ямалов, 2013; Корчев и др., 2014; Хасанова и др., 2017, 2018, 2021; Ямалов и др., 2021а, 2021б]. На сегодняшний день собрана обширная база данных геоботанических описаний с точными привязками к местности, сельскохозяйственной культуре и синтаксонам эколого-флористической классификации. Они представляют основное разнообразие сеgetальной растительности региона от зоны темнохвойной тайги (Пермский край) до зоны сухих степей (Оренбургская обл.) [Yamalov et al., 2012].

На сегодняшний день на Южном Урале и прилегающих территориях зафиксировано более 100 инвазионных и потенциально инвазионных видов [Абрамова и др., 2017, 2021]. В то же время инвазионный компонент сеgetальной флоры пока не был предметом специальных исследований и анализировал-

ся эпизодически по отдельным типам сообществ [Хасанова и др., 2021; Ямалов и др., 2021а, 2021б].

Выявление сеgetальных сообществ, наиболее насыщенных инвазионными видами, позволит разработать систему их контроля и мониторинга, а также прогнозировать ожидаемый масштаб и степень опасности процесса распространения опасных видов в агроценозах и природных экосистемах.

В данной работе авторами поставлена цель – оценить представленность инвазионных видов в разных сеgetальных сообществах Южного и Среднего Урала и выявить закономерности их распространения на зональном градиенте.

### Природные условия районов исследования

Территория исследования охватывает 4 ботанико-географические зоны (табл. 1).

С севера на юг территория исследования составила 740 км, с запада на восток – 580 км. По градиенту Север – Юг территорию можно условно разделить на три части: северная, центральная и южная (рис. 1).

Северная часть территории исследования (таёжно-лесная и широколиственно-лесная зоны) охватила центральную и южную часть Пермского края и северные районы Республики Башкортостан. С позиции физико-географического районирования территория относится к провинции Высокого Заволжья Русской равнины. Рельеф представлен в ос-

**Таблица 1.** Краткая характеристика почв и растительности территории исследования

Зона	Преобладающие растительные сообщества	Почвы
Таёжная (хвойно-лесная)	Подтаёжные широколиственно-пихтово-еловые неморально-травяные леса	Дерново среднеподзолистые
Широколиственно-лесная	Дубовые, сосновые, берёзовые, смешанные ильмово-кленово-липовые леса, вторичные леса	Дерново среднеподзолистые
Лесостепная	Остепнённые берёзовые и дубовые леса, остепнённые разнотравные луга, луговые степи	Выщелоченные, типичные и карбонатные чернозёмы
Степная	Разнотравно-типчаково-ковыльные степи, типчаково-ковыльные степи	Обыкновенные и южные чернозёмы, тёмно-каштановые почвы, пески

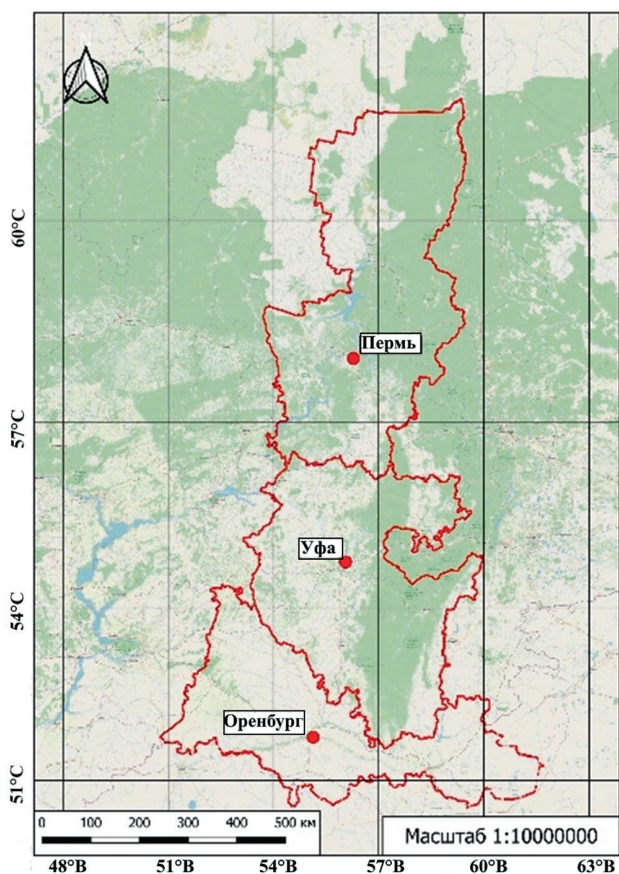


Рис. 1. Регионы исследования.

новном приподнятой холмисто-увалистой равниной со средними высотами 200–400 м над уровнем моря [Атлас..., 2012]. Среднее годовое количество осадков – 450 мм, продолжительность безморозного периода составляет в среднем 116 дней, сумма активных температур составляет 1900–2000 °С [Назаров, 2006].

Центральная часть территории исследования (лесостепная зона) охватила большую часть территории Республики Башкортостан – восточную окраину Русской равнины (Башкирское Предуралье) и часть Зауральского пенеplена (Башкирское Зауралье). Основной геоморфологический фон рельефа определяется 2 типами мегарельефа: равнинным и горным [Определитель..., 1988]. Климат Башкирского Предуралья довольно тёплый и мало засушливый. В Зауралье климат континентальный, в северных районах Зауралья климат умеренно холодный и незначительно засушливый, в южных – тёплый засушливый [Башкортостан..., 1996]. Господствующими почвами Предуральской степной зоны являются выщелоченные, типичные и

карбонатные чернозёмы. Структура почвенного покрова Зауралья отличается большой пестротой, но преобладают чернозёмы [Почвы..., 1995]. Среднее годовое количество осадков от 390–580 (Зауралье) до 400–650 мм (Предуралье). Средняя продолжительность безморозного периода составляет 90–130 дней для Предуралья и 100–130 дней для территории Зауралья. Сумма активных температур для Зауралья составляет 1700–2300 °С, а для Предуралья – 1800–2350 °С.

Южная часть градиента (степная зона) охватывает территорию Оренбургской обл. и южные районы Республики Башкортостан. Характеризуются засушливыми, умеренно засушливыми и очень засушливыми условиями: гидротермический коэффициент колеблется в пределах 0.6–0.8. Сумма температур выше +10 °С составляет в районе 2200–2800 °С, годовая сумма осадков менее 350–420 мм, из них в начале вегетационного сезона в мае – июне выпадает всего 75–85 мм [Географический..., 1999]. Продолжительность безморозного периода составляет в среднем 115–130 дней [Энциклопедия..., 2000].

## Материал и методы

В основу работы положено более 516 геоботанических описаний сегетальных сообществ из фитоценотеки травяной растительности Южно-Уральского региона [Лебедева и др., 2020]. Геоботанические описания выполнены авторами в течение полевых сезонов 2002–2021 гг. на территории Пермского края, Республики Башкортостан и Оренбургской обл.

Описания выполнялись в посевах культур сплошного сева и пропашных по стандартной методике на пробной площади размером 10×10 м. Участие видов на пробной площади оценивалось по шкале Браун-Бланке: г – вид встречается в единичных экземплярах; + – имеет проективное покрытие до 1%; 1 – до 5%; 2 – от 6 до 25%; 3 – от 26 до 50%; 4 – от 51 до 75%; 5 – выше 75%. Название видов даны по Plants of the World Online [2023].

Закономерности распределения видов в синтаксономическом пространстве оценивались по классификационной схеме, разработанной ранее в работах [Хасанова и др.,



2019а, 2019б; Ямалов и др., 2021а, 2021б]. Анализ приведён по основной классификационной единице – ассоциации, а также по безранговым сообществам, имеющим сходный синтаксономический объём. Для хранения и анализа геоботанических данных при-

менялись пакеты программ TURBOVEG 2.0 [Hennekens, Schaminée, 2001] и JUICE [Tichý, 2002]. Для выявления ведущих экологических факторов дифференциации сообществ проведён непрямой ординационный анализ (DCA) в программном пакете CANOCO 4.5

**Таблица 2.** Синтетические характеристики ценофлоры синтаксонов сегетальной растительности Южного и Среднего Урала

№ Синтаксона	Название ассоциации	Часть градиента	Природные зоны	Общее число видов в ценофлоре	Среднее число видов на 100 м <sup>2</sup>	Общее число инвазивных видов	Инвазивные виды, встречающиеся только в данной ассоциации или сообществе
1	сообщество <i>Elytrigia repens</i>	С	Л	27	9	1	–
2	асс. <i>Solano nigri</i> – <i>Erodietum cicutarii</i>	С	Л	50	8	6	–
3	асс. <i>Conio maculatum</i> – <i>Stachietum palustris</i>	С	Л	89	28	5	<i>Heracleum sosnowskyi</i> , <i>Lupinus polyphyllus</i>
4	сообщество <i>Cirsium incanum</i>	С, Ц	Л, Лс	55	10	5	–
5	асс. <i>Lamio amplexicaulis</i> – <i>Stellarietum mediae</i>	С, Ц	Л, Лс	67	16	5	–
6	асс. <i>Consolido regalis</i> – <i>Centaureetum cyanae</i>	С, Ц	Л, Лс	105	21	8	–
7	асс. <i>Euphorbio helioscopiae</i> – <i>Fumarietum officinalis</i>	С, Ц	Л, Лс	129	17	9	<i>Acer negundo</i>
8	сообщество <i>Lactuca tatarica</i>	Ц	Лс	33	8	5	–
9	асс. <i>Lycopsio arvensis</i> – <i>Camelinetum microcarpae</i>	Ц	Лс	37	16	3	–
10	асс. <i>Cannabio ruderalis</i> – <i>Sinapietum arvensis</i>	Ц	Лс	41	17	2	–
11	асс. <i>Echinochloo crusgalli</i> – <i>Panicetum miliacei</i>	Ц	Лс	52	12	8	<i>Atriplex tatarica</i>
12	асс. <i>Cannabio ruderalis</i> – <i>Galeopsietum ladani</i>	Ц	Лс	59	15	7	<i>Axyris amaranthoides</i>
13	асс. <i>Lactuco serriolae</i> – <i>Tripleurospermetum inodori</i>	Ц	Лс	69	16	7	–
14	асс. <i>Lathyro tuberosi</i> – <i>Convolvuletum arvensis</i>	Ц	Лс	79	19	9	–
15	асс. <i>Amarantho blitoides</i> – <i>Lactucetum tataricae</i>	Ю	С	72	10	13	<i>Orobanche cumana</i> , <i>Reseda lutea</i> , <i>Centaurea diffusa</i>
16	асс. <i>Lactucetum tatarica</i>	Ю	С	74	12	16	<i>Ambrosia psyllostachya</i> , <i>Ambrosia trifida</i> , <i>Rhaponticum repens</i> , <i>Carduus nutans</i> , <i>Alyssum turkestanicum</i> , <i>Sisymbrium volgense</i> , <i>Amaranthus albus</i>

*Примечание.* Асс. – ассоциация. Часть градиента: С – северная, Ц – центральная, Ю – южная. Природные зоны: Л – лесная, Лс – лесостепная, С – степная.

[Ter Braak, Šmilauer, 2002] с дополнительной оценкой вклада экологических переменных [Ellenberg, 1974, 1996]. Для получения данных по экологическим характеристикам местообитаний использовался расчёт в программном пакете IBIS [Зверев, 2007].

В анализ включены инвазионные виды, включённые в Чёрную книгу флоры Республики Башкортостан [Абрамова и др., 2021], а также в предварительные списки инвазионных видов сопредельных регионов [Абрамова и др., 2017; Сенатор и др., 2017; Третьякова, 2016]. Список карантинных видов приведён согласно перечню карантинных объектов Российской Федерации (Приказ министерства сельского хозяйства РФ N 501 от 15.12.2014 г. [2023]).

В каждом синтаксоне оценивались встречаемость инвазионного вида в процентах (%) и его активность, которую вычисляли как квадратный корень из произведения встречаемости на среднее проективное покрытие [Малышев, 1973]. По постоянству и активности оценивали степень уязвимости сообществ к инвазиям.

### Результаты и обсуждение

Анализ инвазионного компонента ценофлоры сегетальных сообществ Южного и Среднего Урала показал, что в их составе встречается 33 инвазионных вида, что составляет 11.3% от всей ценофлоры. Анализ распределения видов в синтаксономическом пространстве сегетальной растительности показал, что инвазионные виды встречаются в 14 ассоциациях и 3 безранговых сообществах (табл. 2). Число инвазионных видов в этих ассоциациях составляет от 1 до 16. Инвазионные виды в синтаксонах имеют разную встречаемость и активность (табл. 3).

Наибольшее число инвазионных видов зафиксировано в сообществах степной зоны – в южной части градиента исследованной территории. Они встречены в двух ассоциациях сорно-полевых сообществ: *Amarantho blitoides* – *Lactucetum tataricae* и *Lactucetum tataricae*, в которых было зафиксировано, соответственно, 13 и 16 инвазионных видов. Сообщества представляют посевы пропашных культур (подсолнечник, кукуруза), зерно-

вых культур (пшеница, рожь, ячмень) и бахчи (арбуз, дыня). Это наиболее южные варианты сегетальных сообществ, которые отличаются низкими показателями видовой насыщенности 10–12 видов на 100 м<sup>2</sup>. В составе сегетальных сообществ с постоянством 25–50% присутствуют карантинные виды *Ambrosia trifida*, *A. psilostachya*, *Acroptilon repens*, виды 1 статуса: *Iva xanthiifolia*, *Xanthium orientale*. В них зафиксирован также опасный вид, паразитирующий на подсолнечнике – *Orobanche cumana*. Наименьшее число инвазионных видов зафиксировано в синтаксонах северной и центральной части градиента.

Пятнадцать инвазионных видов встречено только в одном синтаксоне. Все эти синтаксоны имеют чёткую зональную приуроченность и небольшой ареал. Так в ассоциации *Conio maculatum* – *Stachietum palustris*, распространённой в северной части градиента на границе таёжной и широколиственно-лесной зон, встречены два вида – *Heracleum sosnowskyi* и *Lupinus polyphyllus*. В ассоциации *Amarantho blitoides* – *Lactucetum tataricae* встречено три вида (*Orobanche cumana*, *Reseda lutea*, *Centaurea diffusa*), в ассоциации *Lactucetum tatarica* – семь (*Ambrosia psilostachya*, *Ambrosia trifida*, *Rhaponticum repens*, *Carduus nutans*, *Alyssum turkestanicum*, *Sisymbrium volgense*, *Amaranthus albus*). Сообщества этих ассоциаций встречаются на полях степной зоны Оренбургской обл. (южная часть градиента). Большинство этих видов появились на полях сравнительно недавно и, возможно, будут увеличивать свой ценоареал, внедряясь в другие сегетальные сообщества.

По закономерностям зонального распространения инвазионные виды сегетальных сообществ изученной территории условно можно объединить в три группы. В группу широко распространённых, встречающихся и проявляющих активность на всём градиенте от таёжной до степной зоны, можно включить 7 видов: *Echinochloa crusgalli*, *Erigeron canadensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis*, *Lactuca serriola*, *Medicago sativa*, *Sisymbrium orientale*. Все эти виды, за исключением *Medicago sativa*, являются ксенофитами, то есть случайно интродуцированными видами, появившимися в регионе ещё в кон-

Таблица 3. Характеристика инвазионного компонента ценофлоры синтаксонов сегетальной растительности Южного и Среднего Урала

№	№ синтаксона	Карантинные виды и виды со статусом 1																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Культуры	К, Я О, П Ка, Г	П, О Я, К	Ка, К	О, Я П, К Ра, Г	П, Р, Я	П, Я, О, Г, К, Рп, Р, Гр, Ра	Я, П, Р, Пс, Рп, О,	Р, П, Я	Пс, К	Р, П	Пс, Л, К, Гр, П, С, Г, Н	Р, П, Я	Р	П, Я, О, Р	П, Р, Пс, С, К, Я	П, А, Д	29	29
	Число описаний	25	24	28	36	30	30	38	23	30	69	29	28	23	25	29	29		
	Название вида																		
1	<i>Iva xanthifolia</i> Nutt.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14 1.7	25 3.5	3	
2	<i>Xanthium orientale</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10 1.4	7 0.8	2	
3	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	25 3.5	1	
4	<i>Ambrosia trifida</i> L.*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	50 7.1	1	
5	<i>Rhaponicum repens</i> (L.) Hidalgo*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	29 7.8	1	
6	<i>Orobanchе cumana</i> Wallr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3 0.5	.	1	
7	<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.	.	.	56 6.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
8	<i>Acer negundo</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 0	.	.	.	.	.	.	.	1	

Виды со статусом 2

9	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	20 2.8	46 8.0	.	44 8.4	5 1	3 0	46 6.8	39 5.6	17 0	.	.	79 13.5	.	8 1.3	21 2.9	25 3.5	11	
10	<i>Erigeron canadensis</i> L.	.	.	.	.	.	3 0.5	10 1.4	32 4	.	.	.	10 1.4	.	16 2.5	10 2.4	.	6	
11	<i>Carduus acanthoides</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	16 1.8	.	.	.	62 7.9	.	44 5.9	7 0.8	.	4	
12	<i>Collomia linearis</i> Nutt.	.	.	6 0.8	.	.	.	1 0	.	.	.	.	10 1.7	.	.	.	.	3	
13	<i>Reseda lutea</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10 1.4	.	1	
14	<i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl.	.	.	11 1.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
15	<i>Carduus nutans</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
16	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7 0.8	14 1.2	2	



це XIX в. [Мулдашев и др., 2017]. Люцерна посевная является эргазиофитом, расселение и натурализация которой связана с её возделыванием как культурного растения. Эти виды также обладают высоким адаптивным потенциалом и широким экологическим диапазоном, что позволило им расселиться по рудеральным местообитаниям в разных природных зонах Южного Урала и прилегающих территорий.

Небольшая группа инвазионных видов, таких как *Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Matricaria discoidea*, *Galega orientalis*, тяготеет к северной части градиента к широколиственно-лесной и северной части лесостепной зоны. Все они, за исключением *Matricaria discoidea*, являются эргазиофитами, которые культивировались либо в качестве кормовых (*Heracleum sosnowskyi*, *Galega orientalis*), либо декоративных (*Lupinus polyphyllus*) растений.

Значительное число зафиксированных инвазионных видов имеют высокие значения постоянства и активности в южной части градиента – в степной и южной части лесостепной зоны. В эту группу можно включить 19 видов: *Rhaponticum repens*, *Alyssum turkestanicum*, *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *Ambrosia psyllostachya*, *A. trifida*, *Artemisia sieversiana*, *Atriplex tatarica*, *Axyris amaranthoides*, *Carduus acanthoides*, *C. nutans*, *Centaurea diffusa*, *Ceratocarpus arenarius*, *Bassia scoparia*, *Iva xanthiifolia*, *Orobanche cumana*, *Reseda lutea*, *Sisymbrium volgense*, *Xanthium orientale*. Эти виды относятся к группе ксенофитов, интродуцированных начиная с 1930-х гг. и позже.

Анализ распределения видов в синтаксономическом пространстве показывает, что большинство инвазионных видов, встречаемых в сегетальных сообществах, относится к так называемым чужеродным видам, которые в настоящее время расселяются и натурализируются в нарушенных местообитаниях, в ходе дальнейшей натурализации некоторые из них смогут внедриться в полустественные и естественные сообщества. Эта группа насчитывает 14 видов, которые относят в регионе к видам **статуса 3** [Абрамова и др., 2021]. По числу встреч, в сообществах разных синтаксонов лидируют 4 вида – *Amaranthus*

*retroflexus*, *Setaria viridis*, *Lactuca serriola* и *Medicago sativa*. Эти виды встречаются повсеместно и могут считаться натурализовавшимися в агроценозах, так как являются фоновыми видами сорно-полевых сообществ Урала. Их ареал охватывает территорию региона от северной до южной части градиента и встречаются в посевах практически всех сельскохозяйственных культур.

Такие виды, как *Artemisia sieversiana*, *Amaranthus blitoides*, *Bassia scoparia*, *Sisymbrium volgense*, *Amaranthus albus* встречаются в сообществах степной и южной части лесостепной зоны Оренбургской обл. и проявляют активность в одной или двух ассоциациях. Так, *Amaranthus blitoides* имеет высокие значения активности (23.6) в ассоциации *Amarantho blitoides – Lactucetum tataricae*, *Artemisia sieversiana* – в ассоциациях *Lactuco serriolae – Tripleurospermetum inodori* и *Lactucetum tataricae* со значениями активности, соответственно, 9 и 6.1 балла.

Из наиболее опасных инвазионных видов (**статус 1**), так называемых «ключевых видов», наибольшее распространение получил вид *Iva xanthiifolia*, который встретился в составе трёх ассоциаций: *Lactuco serriolae – Tripleurospermetum inodori*, *Amarantho blitoides – Lactucetum tataricae* и *Lactucetum tataricae* в пределах степной и лесостепной зон с активностью от 0.6 до 3.5. Наибольшую активность *Iva xanthiifolia* проявляет в сегетальной растительности южной части градиента, в основной части своего ареала в степной зоне – ассоциации *Lactucetum tataricae*. Эта ассоциация также является целевым сообществом инвазий других видов статуса 1 и карантинных сорняков, таких как *Xanthium albinum*, *Ambrosia psyllostachya*, *Ambrosia trifida* и *Acroptilon repens*. Два последних вида проявляют в этих сообществах наибольшую активность – 7.1 и 7.8, соответственно. В сегетальных сообществах южной части степной зоны эти виды, произрастая совместно, образуют сомкнутый покров сорных видов, сильно подавляя возделываемые культурные виды (рис. 2).

В настоящее время в южной части градиента происходит активное расселение опасного и трудно искореняемого вида – *Rhaponticum*



**Рис. 2.** Поля бахчи на юге Оренбургской области с *Amaranthus retroflexus*, *A. albus*, *Iva xanthiifolia*, *Xanthium orientale* и другими инвазионными видами.

*repens*, он был встречен в некоторых районах Оренбургской обл., в том числе на полях (рис. 3), отмечается его постепенное продвижение на север к южным границам Республики Башкортостан. Ареал *Ambrosia trifida*, продвигаясь с юга, охватил южную и центральную часть градиента. Вид встречается уже по всей



**Рис. 3.** *Rhaponticum repens* на полях в Оренбургской области

Бугульмино-Белебеевской возвышенности на территории Республики Башкортостан.

Опасный карантинный и инвазионный вид – *Heraclеum sosnowskyi* проникает и расселяется в сорно-полевых сообществах северной части градиента на полях Пермского края в пределах таёжной и широколиственно-лесной зон. Он зафиксирован в сообществах ассоциации *Conio maculatum* – *Stachietum palustris* со встречаемостью 56% и активностью 6.3 на полях яровых зерновых культур (пшеницы, овса, ячменя). Вид постепенно расширяет свой ареал к югу, и уже локально встречен на полях близ границы Республики Башкортостан и Пермского края (рис. 4).

Анализ распределения видов в пространстве экологических факторов с использованием DCA – ординации дал следующий результат (рис. 5). Первая ось ординации интерпретирована как широтный градиент (север – юг). Выявлено достаточно высокое значение нагрузки на первую ось (0.56, или 56%). Высокие значения коэффициента корреляции с первой осью выявлены у следующих векторов экологических переменных: затенение – освещение по Элленбергу ( $|r| = 0.7909$ ), температурный режим по Элленбергу ( $|r| = 0.7578$ ), континентальность климата по Элленбергу ( $|r| = 0.6915$ ). Вторая ось интерпретирована как богатство почвы и затенение (значение 0.399, или 39.9%). Выявлены уме-



**Рис. 4.** *Heracleum sosnowskyi* в сообществах ассоциации *Conio maculatum – Stachietum palustris* на полях зерновых культур в Пермском крае.

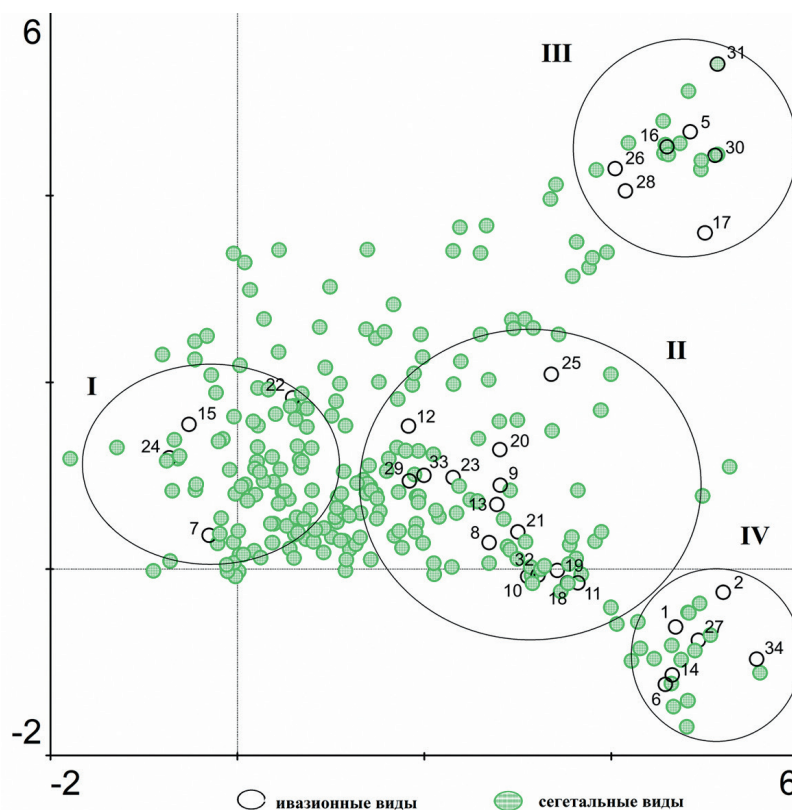
ренные значения корреляции векторов экологических переменных «Трофность почвы по Элленбергу» и «Богатство – засоление по Раменскому» ( $|r| = 0.3198$  и  $|r| = 0.3229$ , соответственно). В пространстве осей ординации виды сформировали 4 группы инвазионных видов по градиенту. Первая группа (рис. 4) объединила инвазионные виды северной части градиента (*Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Matricaria discoidea*, *Medicago sativa*), вторая группа – виды центральной части градиента и виды, широко распространённые по всему градиенту (*Galega orientalis*, *Axyris amaranthoides*, *Setaria viridis* и др.). Третья и четвёртая группы, представляют наиболее ксерофитные виды южной части градиента, которые разошлись в ординационном пространстве по второй оси ординации, отражающей засоление и богатство почвы.

Большинство зафиксированных инвазионных видов имеют высокие значения постоянства и активности в южной части градиента – в степной и южной части лесостепной зоны. В эту группу можно включить 19 видов: *Rhaponticum repens*, *Alyssum turkestanicum*, *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *Ambrosia psyllostachya*, *A. trifida*, *Artemisia sieversiana*, *Atriplex tatarica*, *Axyris amaranthoides*, *Card-*

*uus acanthoides*, *C. nutans*, *Centaurea diffusa*, *Ceratocarpus arenarius*, *Bassia scoparia*, *Iva xanthiifolia*, *Orobanche cumana*, *Reseda lutea*, *Sisymbrium volgense*, *Xanthium orientale*. Эти виды относятся к группе ксенофитов, интродуцированных начиная с 1930-х гг. и позже.

### Заключение

Таким образом, по закономерностям зонального распространения инвазионные виды сегетальных сообществ изученной территории условно можно объединить в три группы. В группу широко распространённых, встречающихся и проявляющих активность на всём градиенте от таёжной и широколиственно-лесной до степной зоны из 33 инвазионных видов можно включить 7 видов: *Echinochloa crusgalli*, *Erigeron canadensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Setaria viridis*, *Lactuca serriola*, *Medicago sativa*, *Sisymbrium orientale*. Все эти виды, за исключением *Medicago sativa*, являются ксенофитами, то есть случайно интродуцированными видами, появившимися в регионе ещё в конце XIX в. [Мулдашев и др., 2017]. Люцерна посевная является эргазиофитом, расселение и натурализация которой связана с её возделыванием как культурного растения. Эти виды также обладают



**Рис. 5.** DCA-ординация видов ценофлоры сегетальных сообществ Южного Урала и Среднего Урала. Группы инвазионных видов по градиенту: I – виды северной части; II – виды центральной части и встречающиеся по всему градиенту; III, IV – виды южной части. Номера инвазионных видов соответствуют номерам видов в таблице 1.

высоким адаптивным потенциалом и экологическим диапазоном, что позволило им расселиться по рудеральным местообитаниям в разных природных зонах Южного Урала и прилегающих территорий.

Небольшая группа инвазионных видов, таких как *Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Matricaria discoidea*, *Galega orientalis* тяготеет к северной части градиента к таёжной и широколиственно-лесной и северной части лесостепной зон. Все они, за исключением *Matricaria discoidea*, являются эргазифитами, которые культивировались либо в качестве кормовых (*Heracleum sosnowskyi*, *Galega orientalis*), либо декоративных (*Lupinus polyphyllus*) растений.

Выполненный анализ показал, что наиболее уязвимыми к инвазиям сообществами сегетальной растительности региона и своеобразными «коридорами» для продвижения части инвазионных видов с юга на север являются сообщества степной зоны Оренбургской обл., которые представляют две ассоциации *Amarantho blitoides* – *Lactucetum tataricae* и *Lactucetum tataricae*. Доля инвази-

онных видов в них составляет соответственно 18.1 и 21.6%. Наименее уязвимыми к инвазиям (доля инвазионных видов 4.9–8.1%) являются сорно-полевые сообщества лесной и северной части лесостепной зон – ассоциации *Cannabio ruderalis* – *Sinapietum arvensis*, *Lycopsio arvensis* – *Camelinetum microcarpae* и безранговое сообщество *Elytrigia repens*. На территории Оренбургской обл. и юга Республики Башкортостан необходима организация системы мониторинга за южными сегетальными сообществами, расширение ареала которых на север в условиях потепления климата может пагубно повлиять на фитосанитарное состояние посевов и привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а также стать очагом для натурализации инвазионных видов на новых территориях.

### Финансирование работы

Исследования выполнены в рамках государственного задания № FMRS-2022-0129 (2022–2024) Башкирского научно-исследо-



вательского института сельского хозяйства УФИЦ РАН и № АААА-А18-118011990151-7 Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Соблюдение этических стандартов

Статья не содержит никаких исследований с участием живых организмов в экспериментах, выполненных авторами.

### Литература

- Абрамова Л.М., Голованов Я.М., Мулдашев А.А. Чёрная книга флоры Республики Башкортостан. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 174 с.
- Абрамова Л.М., Голованов Я.М., Хазиахметов Р.М. Инвазионные растения Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №1 (63). С. 184–186.
- Акатов В.В., Акатова Т.В., Чефранов С.Г., Шадже А.Е. Уровень полнотности и потенциал инвазивности растительных сообществ: гипотеза соотношения видовых фондов // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 4. С. 328–340.
- Атлас Пермского края. Пермь, 2012. 124 с.
- Башкортостан: Краткая энциклопедия. Уфа: Научное изд-во «Башкирская энциклопедия», 1996. 892 с.
- Географический атлас Оренбургской области. М.: ДИК, 1999. 96 с.
- Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: Учебное пособие. Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. 301 с.
- Корчев В.В., Хасанова Г.Р., Ямалов С.М. Сравнительный анализ ценофлор сегетальных сообществ Южного Урала за 30 лет (1982–2013 гг.) // Сравнительная флористика: анализ видового разнообразия растений. Проблемы. Перспективы: X Международная школа-семинар по сравнительной флористике: Толмачёвские чтения, Краснодар, 14–18 апреля 2014 г. Краснодар: Кубанский гос. университет, 2014. С. 70–71.
- Лебедева М.В., Ямалов С.М., Королёк А.Ю., Голованов Я.М., Золотарева Н.В., Драп М.Н. Фитоценоза травяной растительности Южного Урала как инструмент анализа и мониторинга биоразнообразия // Материалы III Национальной конференции с международным участием «Информационные технологии в исследовании биоразнообразия». Екатеринбург, 2020. С. 349–352.
- Мальшев Л.И. Флористическое районирование на основе количественных признаков // Ботан. журн. 1973. Т. 58. № 11. С. 1581–1602.
- Миркин Б.М., Абрамова Л.М., Ишбирдин А.Р., Рудаков К.М., Хазиев Ф.Х. Сегетальные сообщества Башкирии. Уфа, 1985. 155 с.
- Миркин Б.М., Шайхисламова Э.Ф., Хасанова Г.Р., Суюндуков Я.Т. Изменение состава сегетальных сообществ Башкирского Зауралья за последние 20 лет (1982–2002 гг.) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2004. Т. 109. № 2. С. 66–71.
- Миркин Б.М., Ямалов С.М., Наумова Л.Г. Синантропные растительные сообщества: модели организации и особенности классификации // Журнал общей биологии. 2007. Т. 68. № 6. С. 435–443.
- Мулдашев А.А., Абрамова Л.М., Голованов Я.М. Конспект адвентивных видов растений Республики Башкортостан. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2017. 168 с.
- Назаров Н.Н. География Пермского края. Пермь, 2006. Ч. I. Природная (физическая) география. 139 с.
- Определитель высших растений Башкирской АССР / Ю.Е. Алексеев, Е.Б. Алексеев, К.К. Габбасов и др. М.: Наука, 1988. 316 с.
- Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика / Ф.Х. Хазиев, А.Х. Мукатанов, И.К. Хабиров, Г.А. Кольцова, И.М. Габбасова, Р.Я. Рамазанов. Под ред. Ф.Х. Хазиева. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.
- Приказ министерства сельского хозяйства РФ N 501 от 15.12. 2014 г. (<https://legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-15122014-n-501/>). Проверено 3.11.2023.
- Сенатор С.А., Саксонов С.В., Васюков В.М., Наков Н.С. Инвазионные и потенциально инвазионные растения Среднего Поволжья // Российский журнал биологических инвазий. 2017. Т. 10. № 1. С. 57–69.
- Третьякова А.С. Особенности распределения чужеродных растений в естественных местообитаниях на урбанизированных территориях Свердловской области // Вестник Удмуртского университета. 2016. Т. 26, вып. 1. С. 85–93.
- Хасанова Г.Р., Ямалов С.М. Разнообразие сегетальной растительности Южного Урала: вклад зонально-климатического фактора // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3–5. С. 1490–1494.
- Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В. Сегетальная растительность лесной и лесостепной зоны Южного Урала // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. С. 348.
- Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В. Сегетальная растительность Южного Урала: союз *Scleranthion annui* (Krusenman et Vlieger 1939) Sissingh in Westhoff et al. 1946 // *Vegetation of Russia*. 2018. No. 34. P. 120–137.
- Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В., Голованов Я.М. О новой ассоциации сегетальной растительности Южного Урала // Самарский науч. вестник. 2019а. Т. 8. № 4 (29). С. 97–103.
- Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В., Третьякова А.С., Кондраков П.В., Груданов Н.Ю. К синтаксоно-

- мии сегетальной растительности Среднего Урала // Растительность России. 2021. № 40. С. 95–107.
- Хасанова Г.Р., Ямалов С.М., Лебедева М.В., Шигапов З.Х. Сегетальная растительность Южного Урала: союзы *Caucalidion* Tx. Ex von Rochow 1951 и *Lactucion tataricae* Rudakov in Mirkin et al., 1985 // Растительность России. 2019б. № 37. С. 118–134.
- Энциклопедия «Оренбургье». Т. 1. Природа. Калуга: Золотая аллея, 2000. 192 с.
- Ямалов С.М., Хасанова Г.Р., Корчев В.В., Лебедева М.В., Шакирзянов А.Х., Акчурин Р.Л. О новой ассоциации сегетальной растительности Пермского края // Известия Уфимского научного центра РАН. 2021а. № 2. С. 79–85.
- Ямалов С.М., Хасанова Г.Р., Лебедева М.В., Корчев В.В. О новых сегетальных сообществах посевов подсолнечника в Оренбургской области // Самарский научный вестник. 2021б. Т. 10. № 2. С. 124–130.
- Ellenberg H. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl. Ulmer, Stuttgart. 1996. 1096 p.
- Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze. 1974. 97 p.
- Esler A.E. The naturalization of plants in urban Auckland, New Zealand. 4. The nature of the naturalised species // New Zealand J. Bot. 1988. Vol. 26. No. 3. P. 385–385.
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data // Journal of Vegetation Science. 2001. Vol. 12 (4). P. 589–591.
- Ibáñez I., Liu G., Petri L., Schaffer-Morrison S., Schueller S. Assessing vulnerability and resistance to plant invasions: A native community perspective // Invasive Plant Science and Management. 2021. Vol. 14 (2). P. 64–74.
- Novak N., Novak M., Barić K., Šćepanović M., Ivić D. Allelopathic potential of segetal and ruderal invasive alien plants // Journal of Central European Agriculture. 2018. Vol. 19 (2). P. 408–422.
- Plants of the World Online (Electronic resource) // (<https://powo.science.kew.org>). Accessed 03.11.2023.
- Purmalis O., Klavins L., Niedrite E., Klavins M. Invasive Plant Biomass as Source of Polyphenols (Book of abstracts) // CONECT International Scientific Conference of Environmental and Climate Technologies. 2023. P. 124. // (<https://journals.rtu.lv/index.php/conect/article/view/CONNECT.2023.094>). Accessed 03.11.2023.
- Ter Braak C.J.F., Šmilauer P. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). New York: Microcomputer Power, 2002. 500 p.
- Tichý L. JUICE, software for vegetation classification // Journal of Vegetation Science. 2002. Vol. 13 (3). P. 451–453.
- Yamalov S., Muldashev A., Bayanov A., Jirnova T., Solomesch A. Database meadows and steppes of South Ural // Biodiversity and Ecology. 2012. Vol. 4. P. 291.

## INVASIVE SPECIES OF SEGETAL COMMUNITIES OF THE SOUTHERN AND MIDDLE URALS

©2024 Khasanova G.R.<sup>a,\*</sup>, Yamalov S.M.<sup>b</sup>, Kamaletdinova A.A.<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450059, Russian Federation

<sup>b</sup> South-Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450080, Russian Federation  
email: \*[gulnazrim@yandex.ru](mailto:gulnazrim@yandex.ru)

The invasive component of the cenoflora of segetal (field weed) communities of the Southern and Middle Urals (Republic of Bashkortostan, Perm Region and Orenburg Region) was analyzed. A total of 33 invasive species were identified, which is 11.3% of the entire cenoflora of segetal communities. Analysis of species distribution in the syntaxonomic space of segetal vegetation showed that invasive species occur in 17 syntaxa corresponding to the rank of the association. The number of invasive species in them ranges from 1 to 16. Most of the recorded invasive species are xenophytes (*Rhaponticum repens*, *Amaranthus albus*, *Ambrosia psyllostachya*, *Artemisia sieversiana*, *Ceratocarpus arenarius*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Bassia scoparia*, *Sisymbrium volgense*, *Xanthium orientale*, etc.), and have high values of constancy and activity in the southern part of the gradient – in steppe and southern part of forest steppe zones. A small group of ergasiophytes (*Heracleum sosnowskyi*, *Lupinus polyphyllus*, *Galega orientalis*, etc.) gravitates to the northern part of the gradient to the forest and northern part of the forest steppe zones. The leading ecological factors of invasive species distribution are: shading-lighting, temperature regime and climate continentality. The most invasive communities of the region's segetal vegetation and peculiar "corridors" for the advancement of some invasive species from south to north are the communities of the Orenburg Region, which represent two associations *Amaranthoo blitoides* – *Lactucetum tataricae* Khasanova et al. 2019 and *Lactucetum tataricae* Rudakov in Mirkin et al. 1985.

**Key words:** invasion, alien species, weed species, quarantine species, Black Book, weed-field communities, syntaxonomy.

## НАХОДКИ ДЛИННОКРЫЛОЙ *COTTOCOMEPHORUS INERMIS* (YAKOVLEV, 1890) И ЖЕЛТОКРЫЛОЙ *C. GREWINGKII* (DYBOWSKI, 1874) ШИРОКОЛОБОК В НИЖНЕМ БЬЕФЕ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

© 2024 Яблоков Н.О.

Красноярский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («НИИЭРВ»), Красноярск, 660049, Россия  
e-mail: noyablokov@mail.ru

Поступила в редакцию 17.02.2023. После доработки 10.02.2024. Принята к публикации 21.02.2024

Представлены сведения о находке байкальских эндемиков – длиннокрылой *Cottocomephorus inermis* (Yakovlev, 1890) и желтокрылой *C. grewingkii* (Dybowski, 1874) широколобок в среднем течении р. Ангары, в приплотинной зоне нижнего бьефа Богучанской ГЭС. В условиях активного гидростроительства на р. Ангаре, сопровождающегося сменой гидрологического режима и условий обитания рыб, прогнозируется дальнейшее расселение двух видов байкальских широколобок рода *Cottocomephorus* в бассейне реки вплоть до устья.

**Ключевые слова:** Красноярский край, р. Ангара, байкальские широколобки, род *Cottocomephorus*, саморасселение.

DOI:10.35885/1996-1499-17-1-146-150

Длиннокрылая *Cottocomephorus inermis* (Yakovlev, 1890) и желтокрылая *C. grewingkii* (Dybowski, 1874) широколобки – эндемики оз. Байкал, широко распространённые в акватории озера. До зарегулирования р. Ангары неоднократно отмечалось проникновение длиннокрылой широколобки из Байкала в истоковую часть реки. Желтокрылая широколобка регистрировалась в Ангаре вплоть до устья, однако, по всей видимости, была представлена единичными особями [Берг, 1949]. В Енисее встречи желтокрылой широколобки неизвестны [Подлесный, 1958].

Во второй половине XX в. в результате интенсивного гидростроительства на р. Ангаре образовался ряд крупных водохранилищ. Зарегулирование Ангары обусловило изменение гидрологического режима и условий обитания рыб [Понкратов, 2013]. Образованное в 1954–1958 гг. Иркутское водохранилище (вдхр.) в первые годы существования послужило значительным препятствием распространению байкальских широколобок в среднее течение р. Ангары. Впоследствии численность широколобок (главным образом желтокрылой) в зоне затопления водохранилища значительно возросла, что привело к массовому скату мо-

лоди в нижний бьеф ГЭС [Мамонтов, 1977]. С постройкой Братского и Усть-Илимского водохранилищ расселение длиннокрылой и желтокрылой широколобок по р. Ангаре продолжилось по вышеописанной схеме [Мамонтов, 1977, Понкратов, 2013]. К 2013 г. желтокрылая широколобка образовала многочисленные самовоспроизводящиеся популяции в Иркутском, Братском и Усть-Илимском водохранилищах, длиннокрылая в небольшом количестве была отмечена в Братском и Усть-Илимском водохранилищах [Попов, 2012; Понкратов, 2013]. В 2012 г. начался процесс заполнения Богучанского вдхр. – первого водохранилища Ангарского каскада, расположенного в границах Красноярского края [Понкратов, 2014]. Учитывая наметившийся вектор распространения двух указанных видов рода *Cottocomephorus* по р. Ангаре, закономерно было ожидать их появления в акватории Богучанского вдхр. и дальнейшего расселения вниз по течению реки. Стоит отметить, что современные справочные материалы, посвящённые ихтиофауне Красноярского края, не содержат сведений о находках широколобок рода *Cottocomephorus* на территории региона [Чупров, 2015; Пресноводные рыбы..., 2016].

В июле 2019 г., в ходе плановых ихтиологических работ в р. Ангаре в приплотинной зоне Богучанской ГЭС (географические координаты: 58°42'49.46" с. ш., 99°06'51.46" в. д.), в уловах пелагическими конусными ловушками на глубине около 2 м был обнаружен 41 экз. рыб, предположительно относящихся к роду *Cottocomephorus*. Среди них 39 экз. были идентифицированы как желтокрылая широколобка и 2 экз. как длиннокрылая широколобка (рис.). В целях уточнения таксономической принадлежности, выловленных рыб фиксировали 4%-м раствором формальдегида для последующей обработки в лабораторных условиях. Морфометрический анализ рыб был проведён по схеме, предложенной И.Ф. Правдиным [1966]. Часть особей для проведения видовой диагностики по костям черепа и числу лучей в плавниках окрашивалась ализариновым красным [Potthoff, 1984]. Видовая идентификация осуществлялась с использованием общеизвестных определителей и справочных изданий [Берг, 1949; Веселов, 1977; Атлас..., 2002].

От придонных представителей семейства Cottidae, распространённых в р. Ангаре (сибирский подкаменщик *Cottus sibiricus* Wagraczowski, 1889, пестроногий подкаменщик *C. poecilopus* Heckel, 1836, каменная широколобка *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874) и песчаная широколобка *Leocottus kesslerii* (Dybowski, 1874)), обнаруженные рыбы от-

личались выемчатым хвостовым плавником и большим числом жаберных тычинок (более 12, в то время как у представителей родов *Cottus* и *Paracottus* число тычинок варьирует в диапазоне от 3 до 9) [Атлас..., 2002]. Также у отловленных рыб отсутствовала заглазничная кость, что в совокупности с вышеперечисленными признаками подтверждает их принадлежность к роду *Cottocomephorus* [Берг, 1949]. На основании меристических признаков два вида рыб отличались по числу лучей в грудных плавниках (16–19 лучей – у желтокрылой, 20 лучей – у длиннокрылой) и числу жаберных тычинок (16–18 шт. у желтокрылой, 12–15 – у длиннокрылой). Прочие счётные признаки также соответствовали имеющимся в литературе диагностическим ключам для двух рассматриваемых видов рода *Cottocomephorus* [Берг, 1949; Веселов, 1977; Атлас..., 2002] (таблица). При анализе пластических признаков длиннокрылая широколобка характеризовалась большим диаметром глаз. Ввиду малого числа обнаруженных экземпляров длиннокрылой широколобки не удалось оценить достоверность различий, тем не менее диапазоны значений данного показателя у двух видов рыб не перекрывались. Полученные в ходе анализа значения относительных длин плавников соответствовали промерам для двух видов *Cottocomephorus* из работы В.Г. Сиделевой с соавторами [Сиделева и др., 1992].



Рис. Желтокрылая (А) и длиннокрылая (В) широколобки из р. Ангары (размер масштабной линейки – 10 мм).

**Таблица.** Некоторые пластические и меристические признаки широколобок рода *Cottomephorus* из р. Ангары

Признаки	<i>C. grewingkii</i> (n = 39)			<i>C. inermis</i> (n = 2)		
	M ± m	lim	Cv, %	M ± m	lim	Cv, %
Общая длина тела (L), мм	54.9±1.4	25.0–75.0	16.9	45.5±6.5	39.0–52.0	20.2
Промысловая длина (l), мм	47.4±1.2	21.0–65.0	16.7	40.5±5.5	35.0–46.0	19.2
Масса тела, г	1.1±0.1	0.1–2.7	47.4	0.51±0.2	0.27–0.75	66.6
Количество лучей в D <sub>1</sub>	7.8±0.1	7–9	6.7	8.0±1.0	7–9	17.7
Количество лучей в D <sub>2</sub>	18.6±0.2	17–20	5.9	18.0±1.0	17–19	7.9
Количество лучей в A	20.4±0.1	19–21	3.9	20	20	–
Количество лучей в P	17.3±0.2	16–19	6.4	20	20	–
Число жаберных тычинок	16.9±0.1	16–18	4.9	13.5±1.5	12–15	15.7
Промеры тела в процентном отношении к l						
Длина головы (с)	20.2±0.3	17.0–22.9	8.3	17.3±0.1	17.1–17.4	1.0
Антедорсальное расстояние	31.0±0.3	28.2–36.2	5.8	32.8±4.2	28.6–37.0	18.1
Антепекторальное расстояние	25.3±0.3	20.0–29.1	8.3	25.9±0.2	25.7–26.1	1.0
Антевентральное расстояние	26.4±0.4	20.0–31.2	9.3	25.9±0.2	25.7–26.1	1.0
Антеанальное расстояние	48.4±0.4	41.7–52.2	5.2	44.3±1.4	42.9–45.7	4.5
Наибольшая высота тела	15.0±0.2	10.9–17.3	8.6	14.8±0.5	14.3–15.2	4.5
Высота хвостового стебля	4.4±0.1	3.7–5.6	12.9	4.3±0.0	4.3–4.4	1.0
Длина грудного плавника	29.7±0.4	23.1–33.3	8.0	28.8±2.4	25.7–30.4	11.9
Длина брюшного плавника	9.6±0.2	7.7–11.3	10.1	9.7±1.1	8.6–10.9	16.7
Длина анального плавника	39.5±0.5	29.8–45.8	8.3	36.7±2.4	34.3–39.1	9.3
Длина хвостового плавника	17.2±0.2	14.8–20.0	7.0	17.3±0.1	17.1–17.4	1.0
Промеры головы в процентном отношении к с						
Заглазничное расстояние	44.1±0.9	33.3–55.6	12.5	56.3±6.2	50.0–62.5	15.7
Диаметр глаза	34.3±0.8	25.0–42.9	14.8	46.9±3.1	43.8–50.0	9.4
Высота головы	70.1±1.4	40.0–87.5	12.6	79.2±4.2	75.0–83.3	7.4
Ширина лба	36.7±0.8	27.8–45.5	13.9	35.4±2.1	33.3–37.5	8.3
Ширина головы	63.6±1,2	50.0–75.0	11.2	64.6±2.1	62.5–66.7	4.6

Абсолютная длина тела отловленных экземпляров желтокрылой широколобки находилась в диапазоне от 25 до 75 мм (средняя – 54.8±1.48 мм), масса тела от 0.1 до 2.7 г (средняя – 1.1±0.08 г). Особи длиннокрылой широколобки характеризовались длиной тела от 52 до 39 мм, массой 0.27–0.75 г. Все представленные в уловах рыбы являлись неполовозрелыми. В питании двух видов широколобок были отмечены фрагменты тел, яйца и эфипшиумы ветвистоусых ракообразных. Встречаемость желудков, содержащих пищевые компоненты, составила 67%.

По всей видимости, начиная со второй половины XX в. происходит активное саморасселение желтокрылой и длиннокрылой широколобок по Ангарскому каскаду водохранилищ. В результате зарегулирования р. Ангары на участке реки протяженностью

свыше 1300 км созданы благоприятные условия для обитания бентопелагических байкальских широколобок в том числе наличие обширной пелагиали, обилие кормовых зоопланктонных организмов (в сравнении с русловой частью Ангары), низкая численность лососёвых, хариусовых и сиговых рыб (основных потребителей молоди широколобок) [Сиделева, Козлова, 2010; Понкратов, 2013]. Кроме того, глубинное размещение водозборов существующих в настоящее время Ангарских гидроэлектростанций способствует скату молоди через гидроагрегаты, поскольку в зону изъятия стока попадает именно пелагиальная часть глубоководных приплотинных зон [Понкратов, 2013].

Границы распространения видов рода *Cottomephorus* в р. Ангаре в настоящее время неизвестны, однако учитывая перспективы

расширения Ангарского каскада водохранилищ за счёт постройки Нижнебогучанской, Мотыгинской и Стрелковской ГЭС [Абалаков, Кузьмин, 2013], можно ожидать проникновения желтокрылой и длиннокрылой широколобок непосредственно в р. Енисей. В связи с этим встаёт вопрос о необходимости изучения гидробиоценозов системы р. Ангары в целях выявления современных границ ареала видов рода *Cottocomphorus* и их роли в функционировании сообществ гидробионтов.

### Финансирование работы

Анализ данных и подготовка рукописи выполнены за счёт собственных средств автора.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии у него конфликта интересов.

### Соблюдение этических стандартов

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

### Литература

- Абалаков А.Д., Кузьмин С.Б. Природно-хозяйственное районирование Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2013. Т. 2. С. 17–34.
- Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. / Ю.С. Решетников. М.: Наука, 2002. Т. 2. 253 с.
- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Определители по фауне СССР, издаваемые

- Зоологическим институтом Академии наук СССР. М.; Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1949. Ч. 3. 458 с.
- Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР. М.: Просвещение, 1977. 238 с.
- Мамонтов А.М. Рыбы Братского водохранилища. Новосибирск: Наука, 1977. 247 с.
- Подлесный А.В. Рыбы Енисея, условия их обитания и использование // Известия ВНИОРХ. М.: Пищепромиздат, 1958. Т. 44. С. 97–178.
- Понкратов С.Ф. Инвазии чужеродных видов рыб в бассейн ангарских водохранилищ // Российский журнал биологических инвазий. 2013. № 4. С. 59–69.
- Понкратов С.Ф. Перспективы рыбохозяйственного использования Богучанского водохранилища // Вестник рыбохозяйственной науки. 2014. Т. 1. № 3. С. 29–40.
- Попов П.А. Характеристика ихтиоценозов водохранилищ Сибири // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 77–84.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
- Пресноводные рыбы Средней Сибири / Е.Н. Шадрин. Норильск: АПЕКС, 2016. 200 с.
- Сиделева В.Г., Козлова Т.А. Сравнительное изучение эндемичных коттоидных рыб (*Cottidae*, *Comphoridae*) в связи с их приспособлением к обитанию в пелагиали озера Байкал // Труды Зоологического института РАН. 2010. Т. 314. № 4. С. 433–447.
- Сиделева В.Г., Фиалков В.А., Новицкий А.Л. Плавательное поведение и его связь с внешним строением у вторичнопелагических коттоидных рыб (*Cottoidaei*) оз. Байкал // Вопросы ихтиологии. 1992. Т. 32. № 6. С. 138–143.
- Чупров С.М. Атлас бесчелостных и рыб водоёмов и водотоков Красноярского края. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. 143 с.
- Potthoff T. Clearing and staining techniques // In: Moser H.G. (ed.). Ontogeny and Systematics of Fishes. Allen Press Lawrence, American Society of Ichthyologists and Herpetologists, 1984. P. 35–37.

# FINDINGS OF LONGFIN BAIKAL SCULPIN *COTTOCOMEPHORUS INERMIS* (YAKOVLEV, 1890) AND BAIKAL YELLOWFIN *C. GREWINGKII* (DYBOWSKI, 1874) IN THE DOWNSTREAM POOL OF THE BOGUCHANSKAYA HYDROELECTRIC POWER STATION

© 2024 Yablokov N.O.

Krasnoyarsk Branch of FGBNU “VNIRO” (NIIEV), Krasnoyarsk, 660049, Russia  
e-mail: [noyablokov@mail.ru](mailto:noyablokov@mail.ru)

Information about the findings of Baikal endemic species, the longfin Baikal sculpin *Cottocomephorus inermis* (Yakovlev, 1890) and Baikal yellowfin *C. grewingkii* (Dybowski, 1874), in the middle reaches of the Angara River (downstream pool of the Boguchanskaya HPS) is presented. Under conditions of active hydro construction on the Angara River, accompanied by a change in the hydrological regime and fish habitat conditions, further dispersal of two species of Baikal sculpins of the genus *Cottocomephorus* is predicted in the river basin up to the mouth.

**Key words:** self-settlement, Baikal sculpins, *Cottocomephorus*, Angara, Krasnoyarsk Territory.

## DO WETLAND VASCULAR PLANTS INTRODUCED IN MOROCCO ALSO BECOME INVASIVE?

C. Chadli, R. Bouslamti, and A. Ennabili (<https://orcid.org/0000-0003-0133-1920>)\*

LMPCE Laboratory, Superior School of Technology, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, BP 2427 Route d'Imouzzer 30000 Fez, Morocco

\*e-mail: [abdeslam.ennabili@usmba.ac.ma](mailto:abdeslam.ennabili@usmba.ac.ma)

Received August 5, 2023; Revised January 20, 2024; Accepted February 25, 2024

The propagation of exotic species is a complex process influenced by taxa-specific factors, in addition to climate and anthropozoogenic activities. However, the introduction of plants outside their native range does not always lead to their naturalization and/or the invasion of native ecosystems. Once non-native species have become established, they become extremely difficult to eradicate or control. Moroccan wetlands are crucial to the conservation of biodiversity, but they are susceptible to invasive hygrophilous plants. The invasive potential of introduced hygrophytes in Morocco was assessed through an extensive documentation review on their distribution, biology, ecology, uses, considering both their updated scientific names and their synonymy. Three groups of hygrophytes with varying invasive potential have been identified, based on their bioclimatic distribution, intrinsic propagation ability and use. The high invasiveness group (species with high invasiveness in other countries) includes *Populus nigra* L., *P. alba* L., *Cotula coronopifolia* L., *Gomphocarpus fruticosus* (L.) W.T. Aiton, and *Arundo donax* L. With the exception of *Cotula coronopifolia*, which is naturalized in Morocco, none of other highly invasive in other countries species has reached naturalized and/or invasive status. The status of these introduced hygrophytes in Morocco, as well as those with moderate (*Heliotropium curassavicum* L., *Cotula anthemoides* L., *Pistia stratiotes* L., *Cyperus eragrostis* Lam., and *Paspalum distichum* L.) or low invasive potential [*Azolla filiculoides* Lam., *Modiola caroliniana* (L.) G. Don, *Salix babylonica* L., *Asclepias curassavica* L., *Eclipta prostrata* (L.) L., *Triglochin striata* Ruiz & Pav., and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms], is compared with that of other regions of the world. Although *Pistia stratiotes* has invaded wetlands in several regions, its invasion is currently limited in Morocco due to environmental and management factors. As a result, more botanical studies of Moroccan wetlands are needed, as many introduced species are currently poorly known and their status may change, while new introduced hygrophytes may also be encountered. Assessing the invasive potential of introduced hygrophytes will enable in part the implementation of proactive measures to better protect local wetlands against invasive species.

**Keywords:** Hygrophytes, Invasive potential, Plant distribution, Plant use  
DOI:10.35885/1996-1499-17-1-151-154

Full text of the paper is published in Russian Journal of Biological Invasions. DOI: 10.31857/S207511172104XXXYYY/

### References

- Al-Snafi, A.E., The constituents and biological effects of *Arundo donax* – A review, *Int. J. Phytopharm. Res.*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 34-40.
- APB, African Plant Database (version 3. 4. 0), Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria. <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>. Accessed on July 2022.
- Barbosa, G.C., Silva, M.F.S., Oliveira, F.C.E., Oliveira, M.C.P., Mayo, S.J., and Andrade, I.M., Germination and seedling development in *Pistia stratiotes* L., *Int. J. Aquat. Biol.*, 2019, vol. 7, no. 6, pp. 322–331. <https://doi.org/10.22034/ijab.v7i6.713>
- Bellard, C., Cassey, P., and Blackburn, T.M., Alien species as a driver of recent extinctions, *Biol. Lett.*, 2016, vol. 12, no.2, pp. 20150623. <http://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>
- Bellard, C., Thuiller, W., Leroy, B., Genovesi, P., Bakkenes, M., and Courchamp, F., Will climate change promote future invasions?, *Glob. Chang. Biol.*, 2013, vol. 19, no. 12, pp. 3740–3748. <https://doi.org/10.1111/gcb.12344>
- Blackburn, T.M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J.T., Duncan, R.P., Jarošík, V., Wilson, J.R.U., and Richardson, D.M., A proposed unified framework for biological invasions, *Trends EcolEvol.*, 2011, vol.26,no.7, pp.333–339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Bradley, B.A., Wilcove, D.S., and Oppenheimer, M., Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States, *Biol. Invasions*, 2010, vol. 12, no. 16, pp. 1855–1872. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9597-y>



- Byun, C., Blois, S., and Brisson, J., Management of invasive plants through ecological resistance, *Biol. Invasions*, 2018, vol. 20, no. 1, pp. 13–27. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1529-7>
- CABI, Centre for Applied Bioscience International-Compendium. <https://www.cabidigitallibrary.org>. Accessed on July 2022.
- Carr, C., Plant Fact Sheet for Knotgrass (*Paspalum distichum*), USDA-Natural Resources Conservation Service, James E. “Bud” Smith Plant Materials Center, Knox City, 2010, TX 79529
- Catford, J.A., Hydrological impacts of biological invasions, in *Impact of biological invasions on ecosystem services*, Vilà, M. and Hulme, P., Eds., Cham: Springer, 2017, pp. 63–80. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-45121-3\\_5](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-45121-3_5)
- Caudullo, G. and de Rigo, D., *Populus alba* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, in *European atlas of forest tree species*, San-Miguel-Ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T., and Mauri, A., Eds., Luxembourg: Publ. Off. EU, 2016, pp. e010368+
- Chadli, C., Libiad, M., Khabbach, A., Bouslamti, R., and Ennabili, A., Functional aspects of *Pistiastratiotes*, an invasive plant of Al Jawahir (Fez) wadi lentic habitats, *Bot. Complut.*, 2022, vol. 46, pp. e80494. <https://doi.org/10.5209/bocm.80494>
- Chadli, C., Mardi, L., Boualam, O., Bouslamti, R., and Ennabili, A., Experimental control tests of *Pistiastratiotes* L., an invasive aquatic plant of lentic habitats (Fez, Morocco), *Sci. Afr.*, 2023, vol. 21, pp. e01775. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01775>
- Dickmann, D.I. and Kuzovkina, J., Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species, in *Poplars and willows: Trees for society and the environment*, UK: CABI, Wallingford, 2014, pp. 8–91. <https://doi.org/10.1079/9781780641089.0008>
- Ennabili A, Nabil L, Ater M., Importance socio-économique des hygrophytes au Nord-ouest du Maroc. *Al Biruniya, Rev. Maroc. Pharmacogn. Etudes Ethnoméd. Bot. Appl.*, 1996, vol. 12, no. 2, pp. 95–120. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12941951.v1>
- Ennabili, A. and Radoux, M., Nitrogen and phosphorus uptake and biomass production in four riparian plants grown in subsurface flow constructed wetlands for urban wastewater treatment, *J. Environ. Manage.*, 2021, vol. 280, pp. 111806. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111806>
- Ennabili, A., Libiad, M., and Khabbach, A., Importance of wetlands in maintaining the richness of Morocco’s vascular flora, *Wetl.*, 2021, vol. 41, no. 121, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s13157-021-01517-3>
- Ennabili, A., Végétation hygrophile du Maroc Méditerranéen: écologie, socio-économie et rôle potentiel dans l’épuration des eaux usées, Dissertation, University of Liège, 1999. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15553.79209>
- EPPO, European and Mediterranean Plant Protection Organization. Data sheets on pests recommended for regulation: *Pistiastratiotes* L., *EPPO Bull.*, 2017, vol. 47, no. 3, pp. 537–543. <https://doi.org/10.1111/epp.12429>
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A., El Oualidi, J., Flore pratique du Maroc-Manuel de détermination des plantes vasculaires, *Trav. Inst. Sci. Univ. Mohammed V, Sér. Bot.*, 1999, vol. 1, no. 36.
- Fernández-Zamudio, R., García-Murillo, P., and Cirujano, S., Germination characteristics and sporeling success of *Azolla filiculoides* Lamarck, an aquatic invasive fern, in a Mediterranean temporary wetland, *Aquat. Bot.*, 2010, vol. 93, no. 2, pp. 89–92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2010.03.011>
- Gallardo, B. and Aldridge, D.C., The “dirty dozen”: socio-economic factors amplify the invasion potential of 12 high-risk aquatic invasive species in Great Britain and Ireland, *J. Appl. Ecol.*, 2013, vol. 50, no. 3, pp. 757–766. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12079>
- Gilman, E.F., Klein, R.W., and Hansen, G., *Asclepias curassavica* butterfly weed, milkweed, silkweed, Environmental Horticulture Department, UF/IFAS Extension, 2018, FPS-491. <https://doi.org/10.32473/edis-fp049-1999>
- Gioria, M. and Osborne, B.A., Resource competition in plant invasions: emerging patterns and research needs, *Front. Plant Sci.*, 2014, vol. 5, no. 501, pp. 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00501>
- GISD, Global Invasive Species Database, Species profile: *Arundodonax*. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=112> on 04-08-2023. Accessed on April 13, 2023.
- Goodwin, B.J., McAllister, A.J., and Fahrig, L., Predicting invasiveness of plant species based on biological information, *Conserv. Biol.*, 1999, vol. 13, no. 2, pp. 422–426. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.013002422.x>
- Gopika, G., Kumar, V.A., and Prabhu, G.N., Extraction of natural dye from the flowers of *Eichhorniacrassipes*, *Indian J. Sci. Res.*, 2018, vol. 20, no. 1, pp. 63–67.
- Haddadchi, A., Gross, C.L., and Fatemi, M., The expansion of sterile *Arundodonax* (Poaceae) in southeastern Australia is accompanied by genotypic variation, *Aquat. Bot.*, 2013, vol. 104, pp. 153–161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2012.07.006>
- Hegazy, A., Mussa, S., and Farrag, H., Invasive plant communities in the Nile Delta coast, *Glob. J. Environ. Res.*, 2008, vol. 2, no. 1, pp. 53–61.
- Hegazy, A.K., Trade-off between sexual and vegetative reproduction of the weedy *Heliotropium curassavicum*, *J. Arid Environ.*, 1994, vol. 27, no. 3, pp. 209–220.
- Hellmann, J.J., Byers, J.E., Bierwagen, B.G., and Dukes, J.S., Five potential consequences of climate change for invasive species, *Conserv. Biol.*, 2008, vol. 22, no. 3, pp. 534–543. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.00951.x>
- Hill, M.P. and Cilliers CJ, A review of the arthropod natural enemies, and factors that influence their efficacy, in the biological control of the water hyacinth, *Eichhorniacrassipes* (Mart.) Solms-Laubach (Pontederiaceae) in South Africa, in *Biological control of weeds in South Africa (1990–1998)*, Olckers, T. and Hill, M.P., Eds., Pretoria: The Entomological Society of South Africa, 1999, pp. 103–112.
- Hill, M.P., The potential for the biological control of the floating aquatic fern *Azolla filiculoides* Lamarck (red water fern/rooivaring) in South Africa. Report to the Water Research Commission by the Plant Protection Research Institute Agricultural Research Council, WRC Report No. KV 100/97, 1997.

- Hong, S.H., Lee, Y.H., Lee, G., Lee, D.H., and Adhikari, P., Predicting impacts of climate change on Northward range expansion of invasive weeds in South Korea, *Plants*, 2021, vol. 10, no. 8, pp. 1604. <https://doi.org/10.3390/plants10081604>
- Howard, G.W. and Matindi, S.W., Alien invasive species in Africa's wetlands: some threats and solutions, Gland (Switzerland): IUCN, 2003.
- Hulme, P.E. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization, *J. Appl. Ecol.*, 2009, vol. 46, no. 1, 2009, pp. 10–18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>
- IUCN, International Union for Conservation of Nature, Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed on July 2022.
- Janes, R., Growth and survival of *Azolla filiculoides* in Britain I. Vegetative production, *New Phytol.*, 1998, vol. 138, no. 2, pp. 367–375. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00114.x>
- Jeričević, M. and Jeričević, N. *Eclipta prostrata* (L.) L. a new alien species in Croatian flora, *Nat. Croat.*, 2017, vol. 26, no. 1, pp. 105–108. <https://doi.org/10.20302/NC.2017.26.8>
- Karmiris, I., Platis, P., Kazantzidis, S., and Papachristou, T.G., Habitat use by free grazing water buffaloes at the Kerkini Lake, in Ecosystem services and socio-economic benefits of Mediterranean grasslands, Kyriazopoulos, A.P., López-Francos, A., Porqueddu, C., and Sklavou P., Eds., Zaragoza (Spain): CIHEAM, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 114, 2016, pp. 151–154.
- Keller, H.A., Delucchi, G., Agnolin, A.M., Agnolin, F.L., and Hurrell, J.A., The genus *Gomphocarpus* (Apocynaceae: Asclepiadoideae) in Argentina, *Bonplandia*, 2021, vol. 30, no. 2, pp. 161–168. <http://dx.doi.org/10.30972/bon.3024941>
- Khabbach, A., Libiad, M., and Ennabili, A., An updated checklist of the wetland vascular flora from Morocco, *Moroc. J. Biol.*, 2020, vol. 17, pp. 1–35. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12937823.v3>
- Khabbach, A., Libiad, M., and Ennabili, A., Invasion increasing risk of Al Jawahir Wadi lentic habitats by *Pistiastratiotes* L. (North-Central Morocco), *Bot. Complut.*, 2019, vol. 43, pp. 97–107. <https://dx.doi.org/10.5209/bocm.64280>.
- Khabir, Z.H., Sadeghi, S.E., Hanifeh, S., and Eivazi, A., Investigation on effect of *Populus alba* stands distance on density of pests and their natural enemies population under poplar/alfalfa agroforestry system, *Pak. J. Biol. Sci.*, 2009, vol. 12, no. 2, pp. 192–194. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.192.194>
- Klein, H., Common brassbuttons, *Cotulacoronopifolia* L., Alaska Natural Heritage Program, University of Alaska Anchorage, 2011. Accessed on July 19, 2022.
- Kolar, C.S. and Lodge, D.M., Progress in invasion biology: predicting invaders, *Trends Ecol. Evol.*, 2001, vol. 16, no. 4, pp. 199–204. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02101-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02101-2)
- Kösesakal, T. and Yıldız, M., Growth performance and biochemical profile of *Azolla pinnata* and *Azolla caroliniana* grown under greenhouse conditions, *Arch. Biol. Sci.*, 2019, vol. 71, no. 3, pp. 475–485. <http://dx.doi.org/10.2298/ABS190131030K>
- Kriticos, D.J. and Brunel, S., Assessing and managing the current and future pest risk from water hyacinth, (*Eichhorniacrassipes*), an invasive aquatic plant threatening the environment and water security. *PLoS One*, 2016, vol. 11, no. 8, pp. e0120054. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120054>
- Mandi, L., Darley, J., Barbe, J. and Baleux, B., Essais d'épuration des eaux usées de Marrakech par la jacinthe d'eau (Charges organique, bactérienne et parasitologique). *Rev. Sci. Eau*, 1992, vol. 5, no. 3, pp. 313–333. <https://doi.org/10.7202/705134ar>
- Mariani, C., Cabrini, R., Danin, A., Piffanelli, P., Fricano, A., Gomarasca, S., Dicandilo, M., Grassi, F., and Soave, C., Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundodonax* L.): A promising weedy energy crop. *Ann. Appl. Biol.*, 2010, vol. 157, no. 2, pp. 191–202. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00419.x>
- Meyerson, L.A. and Mooney, H.A., Invasive alien species in an era of globalization, *Front. Ecol. Environ.*, 2007, vol. 5, no. 4, pp. 199–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2)
- Minogue, P., and Wright, S., Biology, control and invasive potential of giant reed (*Arundodonax* L.) in Florida, Environmental Horticulture Department, UF/IFAS Extension, 2022, FOR328. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FR396>. Accessed on July 19, 2022.
- Mitchell, C.E., Agrawal, A.A., Bever, J.D., Gilbert, G.S., Huffbauer, R.A., Klironomos, J.N., Maron, J.L., Morris, W.F., Parker, I.M., Power, A.G., Seabloom, E.W., Torchin, M.E., and Vázquez, D.P., Biotic interactions and plant invasions. *Ecol. Lett.*, 2006, vol. 9, no. 6, pp. 726–740. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00908.x>
- Mokhtari, N., Mrabet, R., Lebailly, P., and Bock, L., Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc, *Rev. Maroc. Sci. Agron. Vét.*, 2013, vol. 2, no. 1, pp. 50–66.
- Moll, E.J. A Further report on the distribution of introduced plants on Santa Cruz Island, Galapagos. Occasional paper, School of Natural and Rural Systems Management, 1998, vol. 5, no. 1.
- MTE2D, Ministère de la Transition Énergétique et du Développement Durable, 4<sup>ème</sup> Communication Nationale du Maroc à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, 2020. <https://unfccc.int>. Accessed on July 2023.
- Murren, C.J., Auld, J.R., Callahan, H., Ghalambor, C.K., Handelsman, C.A., Heskell, M.A., Kingsolver, J.G., Maclean, H.J., Masel, J., Maughan, H., Pfennig, D.W., Relyea, R.A., Seiter, S., Snell-Rood, E., Steiner, U.K., and Schlichting, C.D., Constraints on the evolution of phenotypic plasticity: Limits and costs of phenotype and plasticity, *Hered.*, 2015, vol. 115, no. 4, pp. 293–301. <https://doi.org/10.1038/hdy.2015.8>
- Naidoo, G., Growth, water and ion relationships in the coastal halophytes *Triglochin bulbosa* and *T. striata*, *Environ. Exp. Bot.*, 1994, vol. 34, no. 4, pp. 419–42. [https://doi.org/10.1016/0098-8472\(94\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0098-8472(94)90024-8)

- NCBI, National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. Accessed on July 2022.
- Ndhlovu, P.T., Omotayo, A.O., Otang-mbeng, W., and Aremu, A.O., Commercialization potential of six selected medicinal plants commonly used for childhood diseases in south africa: A review, *Sustain.*, 2022, vol.14, no. 1, pp. 17. <https://doi.org/10.3390/su14010177>
- Pilu, R., Bucci, A., Badone, F.C., and Landoni, M., Giant reed (*Arundodonax* L.): A weed plant or a promising energy crop, *Afr. J. Biotechnol.*, 2012, vol. 11, no. 38, pp. 9163–9174. <https://doi.org/10.5897/AJB11.4182>
- Radosevich, S.R., Stubbs, M.M., and Ghera, C.M., Plant invasions process and patterns, *Weed. Sci.*, 2003, vol. 51, no. 2, pp. 254–259. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0254:PIPAP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0254:PIPAP]2.0.CO;2)
- Rakotoarisoa, T.F., Use of water hyacinth (*Eichhornia-crassipes*) in poor and remote regions-a case study from Lake Alaotra, Madagascar, Dissertation, University of Hildesheim, 2017.
- Rezooqi, A.M., Mouhamad, R.S., and Jasim, K.A., The potential of *Azollafiliculoides* for in vitro phytoremediation of wastewater, *J. Phys. Conf. Ser.*, 2021, vol. 1853, pp. 012014. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1853/1/012014>
- Richardson, D.M., Allsopp, N., D'Antonio, C.M., Milton, S.J., and Rejmánek, M., Plant invasions the role of mutualisms, *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, 2000a, vol. 75, no. 1, pp. 65–93. <https://doi.org/10.1017/S0006323199005435>
- Richardson, D.M., Pysek, P., Rejmanek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., and West, C.J., Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions, *Divers. Distrib.*, 2000b, vol. 6, no. 2, pp. 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Sadeghi, R., Zarkami, R., and van Damme, P., Modelling habitat preference of an alien aquatic fern, *Azollafiliculoides* (Lam.), in Anzali wetland (Iran) using data-driven methods. *Ecol. Modell.*, 2014, vol. 284, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.04.003>
- Şapci, H. and Vural, C., Two new naturalized species of the genus *Cyperus* (Cyperaceae) from Turkey, *J. Artvin-Coruh Univ. Facult. For.*, 2018, vol. 19, no. 1, pp. 35–38. <http://dx.doi.org/10.17474/artvinofd.333093>
- Sax, D.F., Latitudinal gradients and geographic ranges of exotic species: implications for biogeography. *J. Biogeogr.*, 2001, vol. 28, no. 1, pp. 139–150.
- Sbay, H. and Taroq, M., The culture of the poplar in Morocco Realities and perspectives, International Conference on the Future of Poplar Culture, Rome, November 13-15, 2003.
- Simberloff, D., Martin, J.L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D.A., Aronson, J., Courchamp, F., Galil, B., García-Berthou, E., Pascal, M., Pyšek, P., Sousa, R., Tabacchi, E., and Vilà, M., Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends Ecol. Evol.*, 2013, vol. 28, no. 1, pp. 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.013>
- Starodubtseva E.A., Morozova, O.V., and Grigorjevskaja, A.J., Materials for the Black Book of Voronezh Oblast. *Russ. J. Biol. Invasions*, 2014, vol. 5, no. 3, pp. 206–216. <https://doi.org/10.1134/S2075111714030114>
- Thiébaud, G., Non-indigenous aquatic and semiaquatic plant species in France, in *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*, Gherardi, F., Ed., Dordrecht (Netherlands): Springer, 2007, pp. 209–229. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6029-8_11)
- Thiégba, K.K., sangne, Y.C., Grogga, N., and Yatty, K., Comparative growth of *Azollacaroliniana* and *Azollafiliculoides* under the influence of a fertilizing biologieque: Filtrate of the chicken droppings (Daloa, Côte d'Ivoire). *Int. J. Innov. Sci. Res.*, 2020, vol. 49, no. 1, pp. 188–196.
- Thompson, S., Range expansion by alien weeds in the coastal farmlands of Guyana, *J. Biogeogr.*, 1988, vol. 15, pp. 109–118.
- Toorn, J., On the ecology of *Cotulacoronopifolia* L. and *Ranunculus sceleratus* L. I. Geographic distribution, habitat, and field observations, *Acta Bot. Neerl.*, 1980, vol. 29, no. 5/6, pp. 385–396. <https://doi.org/10.1111/J.1438-8677.1980.TB01244.X>
- Verloove, F. and Reynders, M., Studies in the genus *Paspalum* (paniceae, poaceae) in Europe — 1. *Paspalumdistichum* subsp. *paucispicatum*, an overlooked taxon in France, *Willdenowia*, 2007, vol. 37, no. 1, pp. 199. <http://dx.doi.org/10.3372/wi.37.37109>
- Weber, E. and Gut, D., Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe, *J. Nat. Conserv.*, 2004, vol. 12, no. 3, pp. 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2004.04.002>
- WeedUS, Database of Plants Invading Natural Areas in the United States. <http://www.invasive.org/weedus/>. Accessed on July 2022.
- Wibowo, Y.G., Tyaz Nugraha, A., and Rohman, A., Phytoremediation of several wastewater sources using *Pistias-tratiotes* and *Eichhorniacrassipes* in Indonesia. *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.*, 2023, vol. 20, pp. 100781. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100781>
- Yao, Y.X., Shang, X.P., Yang, J., Lin, R.Z., Huai, W.X., and Zhao, W.X., Genetic variation may have promoted the successful colonization of the invasive gall midge, *Obolodiplosis robiniae*, in China. *Front. Genet.*, 2020, vol. 11, art. 387. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00387>
- Yigermal, H., Nakachew, K., and Assefa, F., Distribution, threats and management options for water hyacinth (*Eichhorniacrassipes*) in Ethiopia: A review, *J. Res. Weed Sci.*, 2020, vol. 3, pp. 9–23. <https://doi.org/10.26655/JRWEEDSCI.2020.1.2>
- Young, S.L., Kimball, S., and Novak, S.J., Invasion of Plant Communities, in *Global Plant Invasions*, Clements, D.R., Upadhyaya, M.K., Joshi, S., and Shrestha, A., Eds., Cham: Springer, 2022, pp. 29–51. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-89684-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89684-3_2)
- Zedler, J.B. and Kercher, S., Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 2004, vol. 23, no. 5, pp. 431–452, <http://dx.doi.org/10.1080/07352680490514673>

# FIRST RECORD OF EXOTIC ALLIGATOR GAR, *ATRACTOSTEUS SPATULA* (ACTINOPTERYGII: LEPISTOSTEIFORMES: LEPISTOSTEIDAE), FROM DAL LAKE, KASHMIR, INDIA

Aadil Hussain Magloo<sup>a\*</sup>, Farooz Ahmad Bhat<sup>a</sup>, Syed Talia Mushtaq<sup>a</sup>,  
Sabina Iqbal Darve<sup>a</sup>, Hilal Ahmad<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Faculty of Fisheries, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences  
and Technology of Kashmir, Rangil, Ganderbal, Jammu and Kashmir, 190006 India  
e-mail: \*aadilhussain@skuastkashmir.ac.in

Received September 25, 2023; revised January 5, 2024; accepted February 25, 2024

A new record of an exotic alligator gar, *Atractosteus spatula* (Lacepède, 1803), from Dal Lake is presented in this paper. The unauthorized introduction of alligator gar into Indian waters is concerning, especially as it is not on the approved list of aquarium fish species for import. Similar instances of invasive species disrupting indigenous fish populations have been documented across India, emphasizing the need for stringent monitoring of the aquarium trade.

**Key words:** alligator gar, Dal Lake, exotic species, biological invasion  
DOI:10.35885/1996-1499-17-1-155-156

Full text of the paper is published in Russian Journal of Biological Invasions. DOI: 10.31857/S207511172104XXXXYY.

## References

- Baird, R., and Bridgewater, L., Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd ed., Washington, D.C., American Public Health Association, 2017. <https://cmc.marmot.org/Record/.b57522091>.
- Bhat, F.A., Yousuf A.R. and Balkhi, M.H., Biodiversity of Fishes in Jammu and Kashmir, in Biodiversity of Himalaya J & K State, Dar, G.H., and Anzar A.k., Ed., Singapore: Springer Nature, 2020, Pp.859-887.
- Bigelow, H.B., Bradbury, M.G., Dymond, J.R., Greeley, J.R., Hildebrand, S.F., Mead, G.W., Miller, R.R., Rivas, R.L., Schroeder, W.L., Suttkus, R.D., Vladykov, V.D., Fishes of the western North Atlantic. Part three. Memoir one. Soft-rayed bony fishes: Orders Acipenseridae, Lepisosteidae, and Isospondyli: Sturgeons, gars, tarpons, ladyfish, bonefish, salmon, charrs, anchovies, herring, sheds, smelt, capelin, et al, Yale University Press, New Haven, CT, USA: Sears Foundation for Marine Research, 1963.
- Buckmeier, D.L., Life history and status of alligator gar *Atractosteus spatula*, with recommendations for management, USA: TPWD Inland Fisheries Report, Heart of the Hills Fisheries Science Center, 2008.
- Chan, F.T., Beatty, S.J., and Gilles, J.r., et al., Leaving the fishbowl: The ornamental trade as a global vector for freshwater fish invasions, Aquatic Ecosystem Health and Management, 2020, vol. 22, pp. 417–439.
- Das, B.K., Ray, A., Manna, R.K., Roshith, C.M., Baitha, R., Karna, S.K., Gupta, S.D., Bhor, M., Occurrence of exotic vermiculated sailfin catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* from the lower stretch of River Ganga, West Bengal, India, Current Science, 2020, vol. 119, pp. 2006–2009.
- Das, S.M., and Subla B.A., The pamir Kashmir theory of the origin and evolution of Ichthyo-fauna of Kashmir, Ichthyologica., 1970, vol. 10, pp. 8-11.
- Day, F., Scientific results of the second yarkand mission, based upon the collection and notes of the late Ferdinand stoliczka, Ph.D. Ichthyology, Calcutta: Government of India, 1878.
- Fuller, P., *Atractosteus spatula* (Lacepède, 1803). U.S. Geological Survey. <https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx>. Accessed August 01, 2023.
- Gabrey, S.W., Elsey, R.M., Birds in the diet of American alligators, Journal of Louisiana Ornithology, 2017. Vol. 10 pp. 1.
- Garcia, d.L.F, Gonzalez-Garcia, L., Herrera-Castillo, J.M., Winemiller, K.O., Banda-Valdes, A., Ecology of the alligator gar, *Atractosteus spatula*, in the Vicente Guerrero Reservoir, Tamaulipas, Mexico, Southwestern Naturalist, 2001, vol. 46, pp. 151–157.
- Ghai, R., Alligator gar discovery a signal to revise list of fish introduced to India. Down to Earth. <https://www.downtoearth.org.in/news/wildlife-biodiversity/-alligator-gar-discovery-a-signal-to-revise-list-of-fish-introduced-to-india—62386>. Accessed 04 July, 2023.
- Goodyear, C.P., Feeding habits of three species of gars, *Lepisosteus*, along the Mississippi gulf coast, Transactions of the American Fisheries Society, 1967, vol. 96, pp. 297–300.
- Gopi, K.C., and Mishra, S.S., Diversity of marine fish of India, in Marine faunal diversity in India, Venkataraman, K., and Sivaperuman, C., Ed., Netherlands: Elsevier, 2015, 171-193.

- Hanief, M., Migratory Birds Flock to Kashmir Valley, Greater Kashmir. <https://www.greaterkashmir.com/todays-paper/editorial-page/migratory-birds-flock-to-kashmir-valley>. Accessed 02 September, 2023.
- Hasan, V., Widodo, M.S., Islamy, R.A., Pebriani, D.A., New records of alligator gar, *Atractosteus spatula* (Actinopterygii: Lepisosteiformes: Lepisosteidae) from Bali and Java, Indonesia, *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 2020, vol. 50, pp. 233–236.
- Heckel, J.J., Fische aus Caschmir gesammelt und herausgegeben von Carl Freiherrn von Hügel, beschrieben von J. J. Heckel, Wien, 1838, vol. 86, pp. 1-12.
- Knight, J.D.M., Invasive ornamental fish: A potential threat to aquatic biodiversity in peninsular India, *Journal of Threatened Taxa*, 2010, vol.2, pp. 700–704.
- Kottelat, M., and Whitten, T., Freshwater biodiversity in Asia with special reference to fish, Washington, DC, USA, World Bank Technical Paper., 1996.
- Krishnakumar, K., Raghavan, R., Prasad, G., Bijukumar, A., Sekharan, M., Pereira, B., Ali, A., When pets become pests—Exotic aquarium fishes and biological invasions in Kerala, India, *Current Science*, 2009, vol. 97, pp. 474–476.
- Kullander, S. O., Fang, F., Delling, B. and Ahlander, E. (1999) The fishes of the Kashmir valley, in *River Jhelum, Kashmir valley. Impacts on the aquatic environment*, Nyman, L., ed., Swedmar, Göteborgs: Lanstryckeri AB, Swedmar, 1999, pp. 99-162.
- Kumar, A.B., Raj, S., Arjun, C.P., Katwate, U., Raghavan, R., Jurassic invaders: Flood-associated occurrence of arapaima and alligator gar in the rivers of Kerala, *Current Science*, 2019, vol. 116, pp. 1628–1630.
- Kumar, L., Kumari, K., Gogoi, P., Manna, R.K., Roshith, C.M., Risk analysis of non-native three-spot cichlid, *Amphilophus trimaculatus* in the River Cauvery (India), *Fisheries Management and Ecology*, 2020, vol. 28, pp. 2.
- Manna, R.K., Ray, A., Bayen, S., Bera, T., Palui, D., Das, B.K., First record of exotic alligator gar, *Atractosteus spatula* (Actinopterygii: Lepisosteiformes: Lepisosteidae), from Ganga River system, India: A possible threat to indigenous riverine fish diversity, *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 2021, vol. 51, pp.385-391.
- Mukherji, D.D., Report on fishes. Part II: Sisoridae, Cyprinidae, *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 1936, vol. 10, pp. 323-359.
- Panikkar, P., Jagadeesh, T.D., Krishna, R.D.S., Sarkar, U.K., Naskar, M., First record of non-native loricariid catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991), (Siluriformes, Loricariidae) in Cauvery River of peninsular India, *Bioscan*, 2015, vol. 4, pp. 1659–1663.
- Patil, T.S., Yadav, R.B., Patil, R.J., Muley, D.V., On a record of exotic fish species *Atractosteus spatula* (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) from the freshwater well of Kolhapur, Maharashtra, India, *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 2019, pp. 566–568.
- Qadri, H., Yousuf A.R., Dal Lake ecosystem: conservation strategies and problems. In: Sengupta M, Dalwani R (eds) *Proceedings of Taal 2007: the 12th world lake conference*, 2008 pp. 1453–1457
- Raj, S., Kumar, A.B., Tharian, J., and Raghavan, R., Illegal and unmanaged aquaculture, unregulated fisheries and extreme climatic events combine to trigger invasions in a global biodiversity hotspot, *Biological Invasions*, 2021, vol. 23, pp. 2373–2380.
- Salnikov V.B., First finding of gar *Atractosteus* sp. (Actinopterygii, Lepisosteiformes, Lepisosteidae) in the Caspian Sea near the coast of Turkmenistan, *Russian Journal of Biological Invasions*, 2010, vol. 1, pp. 17–20.
- Sandilyan, S., Occurrence of ornamental fishes: A looming danger for Inland fish diversity of India, *Current Science*, 2016, vol. 110, pp. 2099–2104.
- Shah, S.A., and Islam, M.S., Recreational benefits of wetlands: A survey on the Dal Lake in Jammu and Kashmir of India, *International Hospitality Review*, 2023, vol. 37, pp. 94-109.
- Shah, S.A., Tourism and lake sustainability the economic values of the world's wetlands, gland, switzerland: a case study of Dal Lake, *International Journal of Environmental Sciences*, 2012, vol.1, pp. 230-234.
- Singh, A.K, Kumar, D., Srivastava, S.C., Ansari, A., Jena, J.K., Sarkar, U.K., Invasion and impacts of alien fish species in the Ganga River, India, *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 2013, vol. 16, pp. 408–414.
- Thakur, J., Discovery of predator fish that resembles an alligator concerns experts. *Hindustan Times*. <https://www.hindustantimes.com/kolkata/kolkata-discovery-of-predator-fish-that-resembles-an-alligator-concernsexperts/story.html>. Accessed 21 June, 2023.
- Tilak, R., The fauna of India and the adjacent countries. *Pisces (Teleostomi) sub family: Schizothoracinae, India: Zoological Survey of India*, 1987.
- Vadlamudi, S., Exotic aquarium fish species threatening lake biodiversity. *The Hindu*. <https://www.thehindu.com> Accessed 22 August, 2023.
- Vilizzi, L., Copp, G.H., Hill, J.E., and Adamovich, B., et al., A global-scale screening of non-native aquatic organisms to identify potentially invasive species under current and future climate conditions, *Science of the Total Environment*, 2021, vol. 788, pp. 147868.
- Wani, M.H., Baba, S.H., Yousuf, S., Mir, S.A., Shaheen, F.A., Economic valuation and sustainability of Dal lake ecosystem in Jammu and Kashmir. In *Knowledge systems of societies for adaptation and mitigation of impacts of climate change* (pp. 95-118), 2013. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Yousuf, A.R., Fishery resources of Kashmir, in *Ecology, Environment and Energy*, Khan, A.H., and Pandit, A.K., Ed., India: University of Kashmir, 1996, pp. 75-120.

**SILVANOPRUS ANGUSTICOLLIS (REITTER, 1876) (COLEOPTERA: SILVANIDAE) – A NEW ALIEN SPECIES IN THE EUROPEAN PART OF RUSSIA**

© 2023 Sazhnev A.S. <sup>a,b,c\*</sup>

<sup>a</sup>Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Yaroslavl Region, Borok, 152742 Russia

<sup>b</sup>Joint Directorate of the Mordovia State Nature Reserve and Smolny National Park, Russia

<sup>c</sup>Cherepovets State University, Lunacharskiy av., 5, Cherepovets, Vologda Region 162600 Russia

\*e-mail: [sazh@list.ru](mailto:sazh@list.ru)

Received: August 10, 2023; Revised: January 4, 2024; Accepted: February 23, 2024

First records of *Silvanoprus angusticollis* (Reitter, 1876) (Coleoptera: Silvanidae) were obtained from the European part of Russia. So far, this Asian beetle species was recorded in Russia in Eastern Siberia. First records from European Russia came from Saratov and Yaroslavl Regions. Records of *Silvanoprus angusticollis* in different regions of European Russia probably show that this species was not distinguished from similar silvanid flat bark beetle species. Distinctive details of the morphology of this species are illustrated.

**Keywords:** invasion, migrant, range, Bashkortostan, Moscow Region, Saratov Region, Yaroslavl Region.  
DOI:10.35885/1996-1499-17-1-157-157

Full text of the paper is published in Russian Journal of Biological Invasions. DOI: 10.31857/S207511172104XXXXYY

**Reference**

- Barnouin, T., Bourdonné, A., Étienne, S., Madary, J., Micasm L., Soldati, F., van Meer, C., Perez, Ch., and Ponel, P. Sur quelques Coléoptères saproxyliques remarquables ou nouveaux pour la France métropolitaine. *L'Entomologiste*, 2021, vol. 77, no. 5, pp. 303–318.
- Bousquet, Y., Bouchard, P., Davies, A.E., and Sikes, D. Checklist of beetles (Coleoptera) of Canada and Alaska. *Pensoft Series Faunistica*, 2013, vol. 109, pp. 1–402.
- EPPO. European and Mediterranean Plant Protection Organization, Reporting Service, 2017, no. 3, 1–22.
- Grzywocz, J., and Kaszyca-Taszakowska, N. *Silvanoprus angusticollis* (Reitter, 1876) (Coleoptera: Silvanidae) – a new migrant in Polish coleopterofauna. *Annals of the Upper Silesian Museum in Bytom. Entomology*, 2022, vol. 31, pp. 1–6. <http://doi.org/10.5281/zenodo.6244239>.
- Haines, C.P. Insects and arachnids from stored products: a report on specimens received by the Tropical Stored Products Centre 1973–77. *Report of the Tropical Products Institute*, 1981, vol. LS4, pp. 1–73.
- Halstead, D.G.H. Keys for identification of beetles associated with stored products – II. Laemophloeidae, Passandridae and Silvanidae. *Journal of Stored Products Research*, 1993, vol. 29, pp. 99–197.
- Halstead, D.G.H., Löbl, I., and Jelinek J. Family Silvanidae Kirby, 1837, in *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 4: Elateroidea, Derodontoidea, Bostrichoidea, Ly-mexyloidea, Cleroidea, Cucujoidea*. Löbl, I. and Smetana A., eds. Stenstrup, Apollo Books, 2007, pp. 496–500.
- Horion, H., *Faunistik der mitteleuropäischen Käfer*, 7: Clavicornia 1. Schmidt, Überlingen-Bodensee, 1960, 346 pp.
- Klimaszewski, J., David, W., Langor, D.W., Hammond, H.E.J., Pelletier, G., Bousquet, Y., Bourdonm C., Webster, R.P., Borowiec, L., Scudder G.G.E., and Majka, C.G. Synopsis of adventive species of Coleoptera (Insecta) recorded from Canada. Part 3: Cucujoidea. *Pensoft Series Faunistica*, 2015, vol. 113, pp. 1–172.
- Kovalev, A.V. New records of adventive species of Corylophidae and Silvanidae (Coleoptera: Cucujoidea) from the Western Caucasus. *Zoosystematica Rossica*, 2016. vol. 25, no. 2, pp. 273–276. <http://doi.org/10.31610/zsr/2016.25.2.273>.
- Pal, T.K., and Sen Gupta, T. Ergebnisse der Bhutan-Expedition 1972 des Naturhistorischen Museums in Basel. *Coleoptera: Fam. Silvanidae. Entomologica Basiliensia*, 1979, vol. 4, 69–82.
- Reitter, E. Neue Gattungen und Arten aus der Familie der Cucujidae. *Coleopterologische Hefte*, 1876, vol. 15, pp. 37–64.