

Водные биоресурсы и среда обитания
2024, том 7, номер 4, с. 106–120
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment
2024, vol. 7, no. 4, pp. 106–120
<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru
ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 597.2/5:574.91

https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_106

EDN: SZIAPM



Для цитирования: Дудкин С.И. О поимке серебристого иглобрюха *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) в Керченско-Таманском районе Черного моря. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2024. Т. 7, № 4: 106–120. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_106.

For citation: Dudkin S.I. On the capture of the silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Kerch–Taman region of the Black Sea. *Aquatic Bioresources & Environment*. 2024. Vol. 7, no. 4: 106–120. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2024_7_4_106. (In Russian).

О ПОИМКЕ СЕРЕБРИСТОГО ИГЛОБРЮХА *LAGOCEPHALUS SCELERATUS* (GMELIN, 1789) В КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОМ РАЙОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

С. И. Дудкин^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия

²Южный федеральный университет (ФГАОУ ВО «ЮФУ»), Ростов-на-Дону 344006, Россия

E-mail: si_dudkin@mail.ru

Аннотация

Введение. В связи с потеплением климата и развитием морских транспортных путей в Черном море регулярно фиксируются новые виды рыб, мигрирующие из Средиземного моря и морей северо-западной части Индийского океана. **Актуальность.** Новые инвазивные виды рыб осваивают черноморский ареал и становятся трофическими конкурентами аборигенных видов или проявляют хищничество в их отношении, могут представлять опасность для человека. **Цель** работы — описать случаи поимки серебристого иглобрюха весной 2024 г. в Керченско-Таманском районе Черного моря, его биологические особенности и возможные пути миграции в Черном море, а также дать информацию о возможной опасности его употребления в пищу или кормления им домашних животных. **Методы.** Информация о случаях поимки серебристого иглобрюха получена из устных сообщений подводных охотников и при анализе результатов фотофиксации. **Результаты.** Подтверждено два случая поимки серебристого иглобрюха весной 2024 г. на глубинах до 8 м на песчаных грунтах в районе пос. Волна и пос. Веселовка Темрюкского района Краснодарского края. Это первые подтвержденные случаи его поимки в Керченско-Таманском районе Черного моря. **Выводы.** Обнаружение крупных половозрелых особей серебристого иглобрюха в северо-восточной части Черного моря весной свидетельствует о его потенциальном размножении в летний период и формировании локальных сезонных популяций, а также о возможности его зимовки в отдельных районах юго-восточной части Черного моря. Данный вид представляет значительную

опасность для человека при употреблении в пищу из-за высокого содержания тетродотоксина в тканях, включая мышцы.

Ключевые слова: Черное море, Керченско-Таманский район, серебристый иглобрюх, *Lagocephalus sceleratus*, инвазия

ON THE CAPTURE OF THE SILVER-CHEEKED TOADFISH *LAGOCEPHALUS SCCELERATUS* (GMELIN, 1789) IN THE KERCH–TAMAN REGION OF THE BLACK SEA

S. I. Dudkin^{1,2}

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI “VNIRO”),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don 344002, Russia

²Southern Federal University (FSAEI HE “SFedU”), Rostov-on-Don 344006, Russia
E-mail: si_dudkin@mail.ru

Abstract

Background. Due to the climate change (global warming) and expansion of maritime shipping routes in the Black Sea, new fish species migrating from the Mediterranean Sea and the seas of the Northwest Indian Ocean are regularly recorded. **Relevance.** New invasive fish species claim the Black Sea area and act as trophic competitors or predators toward the native species; they also may pose a danger to humans. The **aim** of this work is to describe the cases of the silver-cheeked toadfish capture in the Kerch–Taman region of the Black Sea in the spring of 2024, to characterize its biological features and possible migration routes in the Black Sea, and to provide information on the possible danger of its consumption by humans and pets. **Methods.** Information about the cases of the silver-cheeked toadfish capture has been obtained from oral reports of spearfishers and upon the analysis of photographic evidence. **Results.** Two cases of the silver-cheeked toadfish capture have been confirmed for the depths down to 8 m on sandy bottoms near Volna (Wave) and Veselovka villages of the Temryuk District of the Krasnodar Territory in the spring season of 2024. They are the first confirmed cases of its capture in the Kerch–Taman region of the Black Sea. **Conclusion.** Finding of the large mature individuals of the silver-cheeked toadfish in the Northeastern Black Sea in spring serves as a potential evidence of its reproduction during the summer season and formation of its local seasonal populations, as well as the possibility of its wintering in some areas of the Southeastern Black Sea. This species is highly poisonous to humans upon consumption due to the high content of tetrodotoxin in tissues, including muscles.

Keywords: Black Sea, Kerch–Taman region, silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus*, invasion

ВВЕДЕНИЕ

«Лессепсианская» миграция является постоянным источником появления новых морских видов в восточном Средиземноморье из Индо-Западно-Тихоокеанской зоогеографической области; при этом реконструкция Суэцкого канала и сооружение его частичного дублера существенно ускорили процесс инвазии новых видов [1]. Современная фаза потепления климата способствует постепенному проникновению некоторых таких теплолюбивых видов в Черное море. При этом возможны натурализация отдельных видов в Черноморском регионе и расширение их ареала. Одной из новых групп рыб стали несколько появившихся в Средиземном море видов семейства Иглобрюхие

(Tetraodontidae). В актуальном списке видов рыб Средиземного моря Species in the Mediterranean Sea на сайте FishBase [2] фигурирует 10 видов этого семейства, среди которых статус одного вида — колючий аротрон, или белопятнистый фугу *Arothron hispidus* (Linnaeus, 1758) — указан как «сомнительный», т. е. нахождение этого инвазивного вида убедительно не подтверждено; только два вида — колючий фугу *Ephippion guttifer* (Bennett, 1831) и лагоцефал обыкновенный, или зайцеголов обыкновенный, или фугу океанический *Lagocephalus lagocephalus* (Linnaeus, 1758) — отмечены как «местные», т. е. аборигенные; 7 видов являются лессепсианскими вселенцами красноморского и индо-тихоокеанского происхождения:

серебристый иглобрюх, или серебристощекая рыба-жаба *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), полугладкая золотистая рыба-фугу *Lagocephalus spadiceus* (J. Richardson, 1845), зайцеголов суэцкий *Lagocephalus suezensis* Clark & Gohar, 1953, гвинейский фугу *Sphoeroides marmoratus* (R.T. Lowe, 1838), тупоголовый фугу *Sphoeroides pachygaster* (J.P. Müller & Troschel, 1848), желто-пятнистый фугу *Torquigener flavimaculosus* Hardy & Randall, 1983 и колючий блаасоп *Tylerius spinosissimus* (Regan, 1908) [2].

Из всех иглобрюховых вселенцев наиболее выраженную положительную динамику численности показывает серебристый иглобрюх *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), ставший довольно обычным видом и объектом массового прилова при осуществлении кустарного и промышленного рыболовства в Восточном Средиземноморье [3]. По другим сведениям, максимальную численность создает очень близкий по внешнему виду к серебристому суэцкий иглобрюх, плотность популяции которого у средиземноморского побережья Турции в 2020 г. достигала 11 тыс. экз./км² в октябре (период наиболее достоверной оценки численности перед сезоном зимней миграции) на глубинах 25 м [4]. У побережья Турции, наиболее близкого, наряду с ионическим побережьем Греции, к Мраморному и Черному морям, из 10 видов иглобрюховых были обнаружены 8 видов рыб фугу [5, 6]. У Мутлю с соавт. [4] дается описание 6 видов иглобрюховых рыб, встречающихся у средиземноморского побережья Турции, причем помимо доминирующих *L. suezensis* и *L. sceleratus* часто встречающимися отмечены *L. guentheri* и *Torquigener flavimaculosus*, а редко встречающимися — *Tylerius spinosissimus* и *Sphoeroides pachygaster*. Все эти виды являются потенциальными инвайдерами в Черное море.

Вопрос о возможной инвазии иглобрюховых рыб в Черное море имеет несколько важных аспектов. Самый главный из них (токсикологический) — это потенциальная токсичность рыб-фугу из-за способности накапливать в тканях сильнейший нервно-паралитический яд тетродотоксин и возможность отравления человека и домашних животных при употреблении этой рыбы в пищу. Этот аспект будет рассмотрен в статье ниже. Второй аспект (экологический) — изменение традиционных пищевых цепей и структуры зоологических сообществ из-за воздействия новых хищников. Изучение питания иглобрюховых в Средиземном

море показало высокий уровень пищевой элиминации головоногих (осьминоги, каракатицы), двустворчатых и брюхоногих моллюсков и крабов [7], что обуславливает сокращение объемов вылова этих объектов и ведет к экономическим потерям кустарного и промышленного рыболовства. Кроме того, специфический для всех иглобрюховых прочный и острый «клюв», образованный сросшимися попарно (два зуба сверху, два зуба снизу) четырьмя зубами, позволяет иглобрюху успешно осуществлять «нахлебничество» на промышленных уловах рыбы, давая возможность легко обкусывать и разрывать сетеполотно ставных орудий добычи (вентерей, подъемных ловушек, ставных и донных ставных неводов) и ставных сетей, а также обкусывать леску у крючковых орудий лова, съедая наживку, приманку или пойманную рыбу. Наносимый сетным и крючковым орудиям лова вред и прямые потери улова целевых объектов промысла составляют третий негативный аспект (социально-экономический) вселения иглобрюховых. Например, экономические потери традиционного кустарного рыболовства в Турции из-за распространения только одного вида иглобрюховых — серебристого иглобрюха *L. sceleratus* — в 2015 г. оценивались в размере более 2 млн евро [8].

Сведения о распространении иглобрюховых рыб в Черном море гораздо более скудные, особенно в северных районах в пределах современного российского побережья. Так, в литературных источниках дается описание поимки в Черном море только одного вида иглобрюховых — серебристого иглобрюха *L. sceleratus*, и только в одной локации — в Севастопольской бухте Крымского полуострова [9, 10]. Сообщалось о поимке двух крупных экземпляров, находившихся на поверхности воды. Один экземпляр к моменту поимки был без признаков жизни (хотя и без признаков повреждений), а второй — с явными признаками крайне угнетенного состояния и медленным передвижением. Авторы справедливо отнесли такое состояние иглобрюха к осеннему времени года (наблюдения экземпляров иглобрюха были совершены, соответственно, 2 и 8 ноября) и низкой температуре воды (13,5 °C) — по-видимому, слишком холодной и достигшей нижнего порога летальности для этого вида рыб. Авторы делают вывод, что (по состоянию на 2014 г.) «не имеется свидетельств о возможности натурализации этого вида в Черном море» [9].

В последующем новых случаев поимки серебристого иглобрюха или иных видов иглобрюховых рыб в отечественных источниках описано не было, что подтверждает редкость и случайный характер поимки иглобрюховых в российских водах Черного моря и вывод об отсутствии здесь признаков натурализации этих рыб.

Тем не менее, 13 мая 2024 г. были получены новые сведения о поимке во время подводной охоты двух экземпляров серебристого иглобрюха *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) в Керченско-Таманском районе Черного моря, что является свидетельством повторного появления этого вида в российских водах, причем в указанном районе вид отмечен впервые.

Поскольку серебристый иглобрюх при употреблении в пищу представляет значительную опасность для жизни человека или домашних животных из-за содержания тетродотоксина в тканях, включая мышцы, целью настоящей работы является подробное описание этого вида, его биологических особенностей и возможных путей миграции в Черном море, а также представление имеющихся сведений о динамике и тканевом распределении тетродотоксина и его метаболитов как главного источника опасности, что позволит проинформировать по этому вопросу широкий круг специалистов и граждан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сведения о поимке серебристого иглобрюха и подтверждающие фотографии получены при проведении собеседований с подводными охотниками (рыболовами-любителями), регулярно осуществляющими подводную охоту в прибрежной зоне Черного моря у побережья Краснодарского края. Собеседование проводилось в рамках мониторинга любительского рыболовства при выполнении задач государственного мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания.

Сведения о температуре поверхностного слоя воды в Черном море в районе поимки серебристого иглобрюха получены из данных Оперативного модуля Портала Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) Гидрометцентра России [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В течение короткого времени (8–13 мая 2024 г.) была получена информация о поимке во время

подводной охоты двух экземпляров серебристого иглобрюха в двух близких локациях. Первый экземпляр был добыт в районе пос. Веселовка Темрюкского района Краснодарского края на глубине порядка 8 м (рис. 1А–В); ориентировочные координаты места поимки 45.098517° с. ш. – 36.891380° в. д.

Второй экземпляр иглобрюха был добыт 8 мая 2024 г. несколько западнее и ближе к Керченскому проливу в районе пос. Волна Темрюкского района Краснодарского края на глубине от 5 до 7 м (фото не представлены); ориентировочные координаты места поимки 45.113773° с. ш. – 36.717315° в. д. Локации поимки серебристого иглобрюха показаны на рис. 2.

Оба места поимки характеризуются песчаным дном, сложенным из кварцевого песка с незначительной примесью битой ракушки, равномерным и постепенным увеличением глубины от уреза береговой линии и наличием протяженных подводных зарослей морского взморника *Zostera marina* L., 1753 с примесью взморника малого *Zostera noltii* Hornemann, 1832, начинающихся полосами от глубин 8–9 м и простирающихся на обширной площади до глубин 15–17 м. По литературным данным, в Средиземном море песчаные биотопы являются предпочтительными для обитания младших возрастных групп серебристого иглобрюха (что связано с составом кормовой базы, в основном представленной моллюсками и ракообразными), а биотопы с подводной растительностью, преимущественно занятые зарослями сидонии океанской *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813, — предпочтительными для обитания крупных половозрелых особей (переходящих на питание главным образом другими видами рыб) [12, 13]. Таким образом, оба случая поимки серебристого иглобрюха в Керченско-Таманском районе Черного моря подтверждают предпочтение этим видом рыб определенных типов биотопов — обширных пространств дна с песчаными грунтами и подводными зарослями высшей (цветковой) водной растительности.

На рис. 1А представлен иглобрюх крупного размера — ихтиологической длиной (от конца рта до конца средних лучей хвостового плавника) порядка 55–60 см. Особи такого размера могут быть половозрелыми. По сведениям базы данных FishBase, половозрелость самок наступает при размере (общая длина) более 43,3 см, самцов —



Рис. 1. Фотографии поимки серебристого иглобрюха в районе пос. Веселовка Темрюкского района Краснодарского края (получено 13 мая 2024 г.)

Fig. 1. Photos of the capture of a silver-cheeked toadfish near the village Veselovka, Temryuk District, Krasnodar Territory (received on May 13, 2024)

40 см в возрасте 2 лет; максимальная зарегистрированная длина особи — 110 см, максимальная зарегистрированная масса — 9,0 кг [14].

Для серебристого иглобрюха характерна торпедовидная форма тела, большая и толстая голова, продолговатое туловище, относительно тонкий хвостовой стебель и слабосъемчатый равнолопастный хвост (рис. 1Б). Чешуя отсутствует. Окраска верхней части тела — зеленовато-серая с бурыми или черными пятнами разной формы и размера, более темная сверху. По бокам тела идет яркая серебристая полоса от начала головы до конца хвостового стебля. Спинной плавник расположен прямо над анальным, и оба плавника сдвинуты в каудальном направлении, что, вместе с формой хвостовой части тела и хвостового плавника, выдает стремительного пловца-засадчика, способного, как щука, быстро совершить бросок в сторону потенциальной жертвы. Возможно, этим обусловлено и предпочтение данным видом биотопов с подводной растительностью (посидония,

зостера), способных обеспечить укрытие для засады. В спинном и анальном плавниках серебристого иглобрюха отсутствуют жесткие костные лучи. Мягких лучей в спинном плавнике 10–13, в анальном — 8–12 [14]. Грудные плавники относительно крупные, их движение позволяет рыбе перемещаться как вперед, так и назад. В основании мягких костных лучей грудного плавника проходит ярко выраженная темная полоса. Брюшные плавники отсутствуют. Вдоль верхней части тела и головы до основания спинного плавника имеются небольшие шипики. Глаза крупные, широко расставленные, впереди глаз расположено серебристое пятно остро-треугольной формы, направленное острием в сторону рта. Ноздри парные, легко различимые. Верхняя часть головы над и за глазами гладкая, без выраженного киля [9, 10]. Рот небольшой. При раскрытии рта (соблюдать осторожность!) становится виден скрытый под ложными губами характерный для всех иглобрюховых тетраодонтовый (четырёхзубый) клюв, создающий

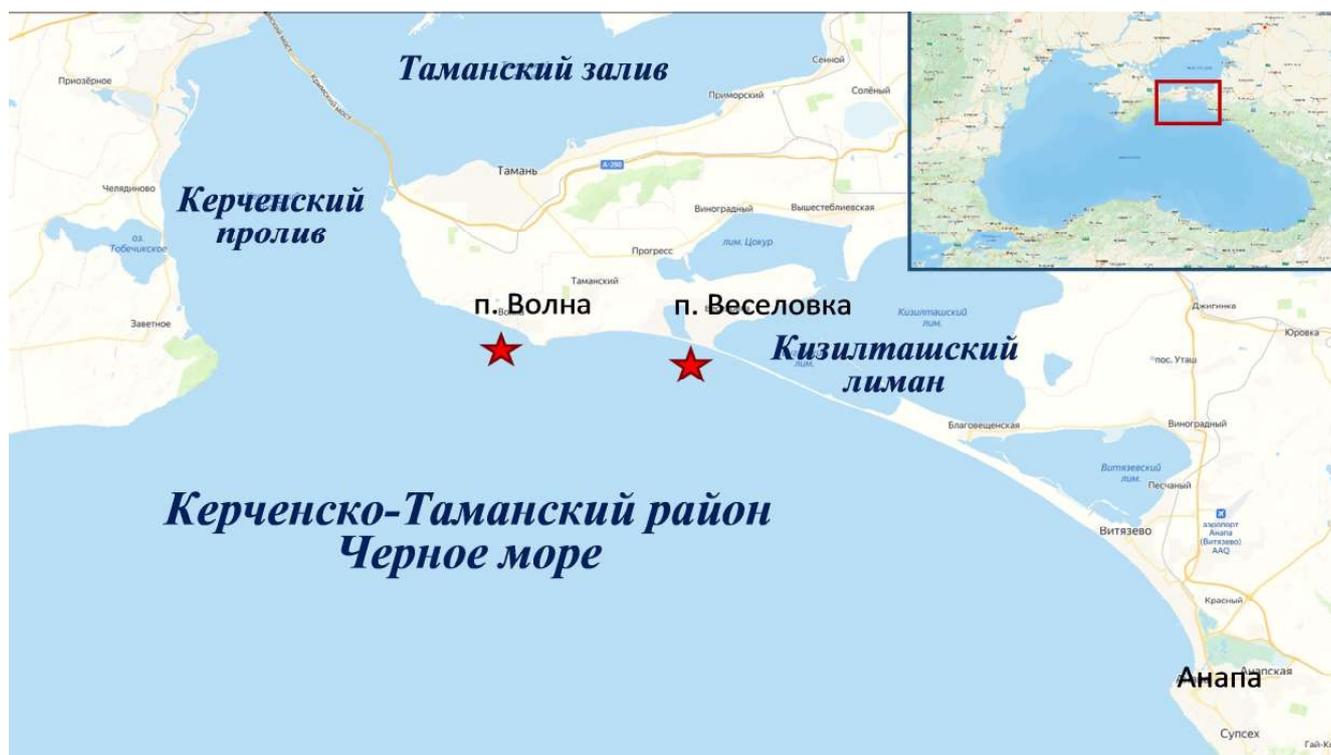


Рис. 2. Локации поимки серебристого иглобрюха в Керченско-Таманском районе Черного моря 8 мая (слева) и 13 мая (справа) 2024 г.

Fig. 2. Locations of the capture of the silver-cheeked toadfish in the Kerch–Taman region of the Black Sea on May 8 (on the left) and May 13 (on the right), 2024

на обеих челюстях по две мощные режущие зубные пластинки. Эта анатомическая особенность и дала название всему семейству (см. рис. 1В). При опасности (нападении хищников) серебристый иглобрюх, как и другие рыбы-фугу, может сильно раздувать брюхо до шарообразной формы за счет быстрого заглатывания воды. На фото, однако, такого увеличения размера и изменения формы тела рыбы не наблюдается: гарпун подводного ружья поразил особь непосредственно в глаз, пробив на вылет оба глаза, что привело к мгновенной смерти и отсутствию защитной реакции заглатывания воды с образованием шарообразной формы тела.

Местным жителям этот вид рыб совершенно неизвестен. В то же время серебристый иглобрюх представляет высокую опасность для человека и домашних животных ввиду возможности смертельного отравления в случае употребления его в пищу из-за высокого содержания в теле тетродотоксина, что делает актуальной задачу освещения этой потенциальной опасности для как можно более широкого круга специалистов и населения в целом.

Тетродотоксин (далее — ТТХ) — органический яд небелкового типа, сильнейший нейротоксин,

блокатор натриевых ионных каналов V1.4 типа [15]. Молекула ТТХ благодаря наличию гуанидиновой группы, несущей положительный заряд и по размеру близкой к гидратированному иону Na^+ , эффективно связывается с ион-пропускающей порой белка натриевого канала в мембранах нервных клеток и необратимо блокирует его; в результате теряется способность нервной клетки передавать нервный импульс и работа клетки парализуется [16]. Внешне симптомы отравления развиваются довольно медленно, и темп их развития зависит от полученной дозы яда. При приеме с пищей постепенно (от нескольких минут до нескольких часов) развиваются слабость, тошнота, рвота, нарастают проявления паралича нервной проводимости: афазия (неспособность говорить), атаксия (неспособность производить произвольные движения), дыхание становится затрудненным, проявляются признаки комы; далее наступает смерть от паралича дыхательных мышц и удушья. Молекула тетродотоксина устойчива к нагреванию, не инактивируется при любой термической обработке пищи. Токсичность ТТХ зависит от способа введения в организм. Так, для мышей

величина летальной дозы яда, которая убивает 50 % экспериментальных животных (LD_{50}), составляет 232 мкг/кг массы тела при оральном введении ТТХ, 532 мкг/кг при внутрижелудочном введении, 12,5 мкг/кг при подкожном введении и 10,7 мкг/кг при внутривнутрибрюшинном введении [17, 18]. Подопытные мыши являются и тест-животными для определения летальной токсичности ТТХ и его дериватов. Так, одна мышьяная единица (МЕ) соответствует количеству яда, которое убивает взрослого самца мыши массой 20 г в течение 30 минут при внутривнутрибрюшинном введении и составляет 0,2 мкг ТТХ. Соответственно, минимальная летальная доза ТТХ для человека составляет примерно 10 тыс. МЕ или 2 мг [17]. Величина LD_{50} тетродотоксина для человека при пероральном введении составляет 0,01 мг/кг веса тела [18].

У иглобрюховых рыб и других животных — носителей тетродотоксина выявлено, помимо самого ТТХ, еще 26 различных его аналогов, включая соединения — метаболические предшественники, а также токсичные продукты его метаболической модификации [19]. По данным Г. Христидиса и соавт. [20], у серебристого иглобрюха, распространенного в Средиземноморье, максимальное количество суммы ТТХ и его токсичных метаболитов было выявлено в гонадах самок (икре) и составило в среднем 535780 мкг/кг; несколько меньшее количество ТТХ накапливалось в печени рыб (312950 мкг/кг), в мышцах (41470 мкг/кг) и коже (35050 мкг/кг). По данным исследования Г. Акборы с соавт. [21], также выполненного на средиземноморских выборках серебристого иглобрюха, содержание ТТХ с опасными метаболитами составило 13800 мкг/кг в печени рыб, 12800 мкг/г в гонадах, 11730 мкг/кг в кишечнике, 8320 мкг/кг в мышцах и 6540 мкг/кг в коже. Как видно из приведенных данных [20], простой пересчет показывает, что для человека потенциально смертельным является употребление менее 50 г мяса (мышц) серебристого иглобрюха, 6 г его печени или 4 г икры, т. е. этот вид иглобрюха представляет чрезвычайную опасность при неосведомленном употреблении в пищу.

Результаты обширного исследования, проведенного Г. Христидисом и соавт. [20], показали, что в Средиземном море наблюдается широкая вариация уровня содержания ТТХ и его метаболитов у серебристого иглобрюха: молодь имеет менее высокие уровни по сравнению со взрослыми особями;

концентрация ТТХ увеличивается с увеличением размера, массы и возраста рыб; самки имеют более высокие концентрации по сравнению с самцами; концентрация ТТХ в рыбах зависит от сезона года и увеличивается от весны к осени; ядовитость рыб сильно варьирует в зависимости от района вылова и даже в пределах однородных выборок между отдельными особями.

Высокая опасность иглобрюха обуславливает важность выявления источников его появления в российских водах Черного моря, вероятных путей миграции и возможности натурализации.

Настоящие случаи поимки серебристого иглобрюха в российских морских водах Черного моря свидетельствуют об относительной редкости появления этого вида рыбы — предыдущие случаи, которые были описаны А.Р. Болтачевым для Севастопольской бухты (поимка тоже двух экземпляров) в 2014 г. [9, 10], отделены от современной находки 10 годами. Оба примера объединяет поимка крупных (достигших возраста половозрелости) особей. В то же время пока не описано ни одного случая вылова молоди иглобрюха и отсутствуют любые свидетельства о возможности его естественного размножения и натурализации в новом ареале. Однако вопрос о возможности и перспективах образования в Черном море самовоспроизводящейся популяции этого вида в будущем все же заслуживает внимания, поскольку, если исходить из примера Средиземного моря, это может иметь значимые негативные последствия.

Важным теоретически обоснованным барьером для натурализации серебристого иглобрюха в Черном море являются температурные условия среды обитания. Это теплолюбивый индо-тихоокеанский вид, обитающий в тропической и субтропической зонах. Как и для любого экотермного вида, для серебристого иглобрюха определяющее значение для жизнедеятельности имеет температурный диапазон жизнеспособности, определяемый нижней границей — минимальной температурой холодного шока, оптимальными значениями термопреферендума и верхней границей — максимальной температурой теплового шока. Конкретно для серебристого иглобрюха такие базовые значения температурного диапазона жизнеспособности не определены, однако для некоторых тропических рыб они установлены, и для большинства видов значение термопреферендума варьирует в диапазоне 25–28 °С. Значением верхней границы теплово-

го шока можно пренебречь, а вот значение нижней границы холодового шока играет определяющую роль в прогнозе расширения ареала серебристого иглобрюха в современных условиях потепления климата.

Предыдущий случай поимки в Черном море *L. sceleratus*, описанный А.Р. Болтачевым и соавт. [9, 10], приходился на позднюю осень и косвенно указывал на значение нижней границы холодового шока (13,5 °С). Следует, однако, иметь в виду, что для теплолюбивых рыб имеет значение не только само снижение температуры воды до некоего критического для жизнедеятельности вида уровня, но и темп (скорость) такого охлаждения. При медленном и постепенном охлаждении воды порог летальности может лежать на несколько градусов ниже, чем при резком охлаждении. Более того, некоторые теплолюбивые рифовые рыбы, к которым относится и серебристый иглобрюх, например, обыкновенный зубарик *Diplodus puntazzo* (Walbaum, 1792), могут при охлаждении воды прятаться в гроты рифов, укрываться в полости между камнями и впадать в оцепенение (спячку), в котором пережить холодный период года (по устным сообщениям подводных охотников). Поэтому для *L. sceleratus* выяснение реальных границ температурного полигона жизнедеятельности является весьма актуальным; при этом значение нижней границы холодового шока, исходя из имеющихся сведений, предварительно принимается как 12–13 °С.

В отношении *L. sceleratus* Черное море является весьма специфической и во многом неблагоприятной средой обитания. Так, наличие сезонного термоклина, который в современный период формируется летом на глубинах до 40–60 м [22], делает возможным обитание серебристого иглобрюха только в самом верхнем слое воды — до глубины не более 20–30 м. Кроме того, весьма проблематичным является выживание особей вида в зимний период. Так, основной путь попадания серебристого иглобрюха в Черное море из Эгейского через Мраморное море — пролив Босфор — в силу особенностей гидродинамики и температурного режима Черного моря в зимний период становится невозможным (летальным) для этого вида рыб.

Рассмотрим возможность, сроки и возможные пути миграции, которые могли привести к появлению серебристого иглобрюха в Керченско-

Таманском районе Черного моря весной 2024 г. В силу высокой степени теплонакопления в летний период в современных условиях потепления климата наибольшей степени охлаждения Черное море достигает только к концу февраля (рис. 3А).

Видно, что 28 февраля 2024 г. вся западная, центральная и южная часть Черного моря от Севастополя и почти до Трабзона имела температуру воды ниже 10 °С, летальную для этого вида рыб. С некоторой степенью вероятности (достаточно низкой) предположительно было возможным выживание этого вида в зимний период только в юго-восточной части Черного моря на границе вод Турции, Грузии и Абхазии.

Уже к концу апреля 2024 г. поверхностный слой воды в Черном море прогрелся настолько, что стала возможной миграция особей серебристого иглобрюха из Босфора в Черное море, однако обширное поле холодной воды, протянувшееся широкой полосой от Одессы до Черноморского побережья Турции, делало невозможной прямую миграцию этого вида в российские воды (рис. 3Б). Дальнейшее распределение температурных полей поверхностного слоя воды в Черном море в первой декаде мая (рис. 3В) и в начале второй декады мая (рис. 3Г) также указывало на невозможность прямой миграции серебристого иглобрюха из области Прибосфорья в Керченско-Таманский район к сроку поимки двух экземпляров этого вида рыб (8 и 13 мая 2024 г.). Из этого следует, что с высокой степенью вероятности значение нижней границы холодового шока для *L. sceleratus* может находиться на уровне несколько ниже 12 °С (11,0–11,5 °С); в этом случае в современные теплые зимы могут создаваться условия для выживания особей этого вида в юго-восточной части Черного моря (особенно у побережий Грузии и Абхазии), откуда он может распространяться весной вдоль российского побережья Краснодарского края, в т. ч. — в Керченско-Таманский район.

Очевидно, таким же путем в Черное море могут попадать и другие виды иглобрюховых рыб, натурализовавшихся в Средиземном море, в первую очередь суэцкий иглобрюх *Lagocephalus suezensis* и желто-пятнистый фугу *Torquigener flavimaculosus*. По-видимому, юго-восточный маршрут инвазии новых теплолюбивых видов рыб (от Босфора вдоль черноморского побережья Турции, побережий Грузии и Абхазии в воды России) в современных условиях потепления климата

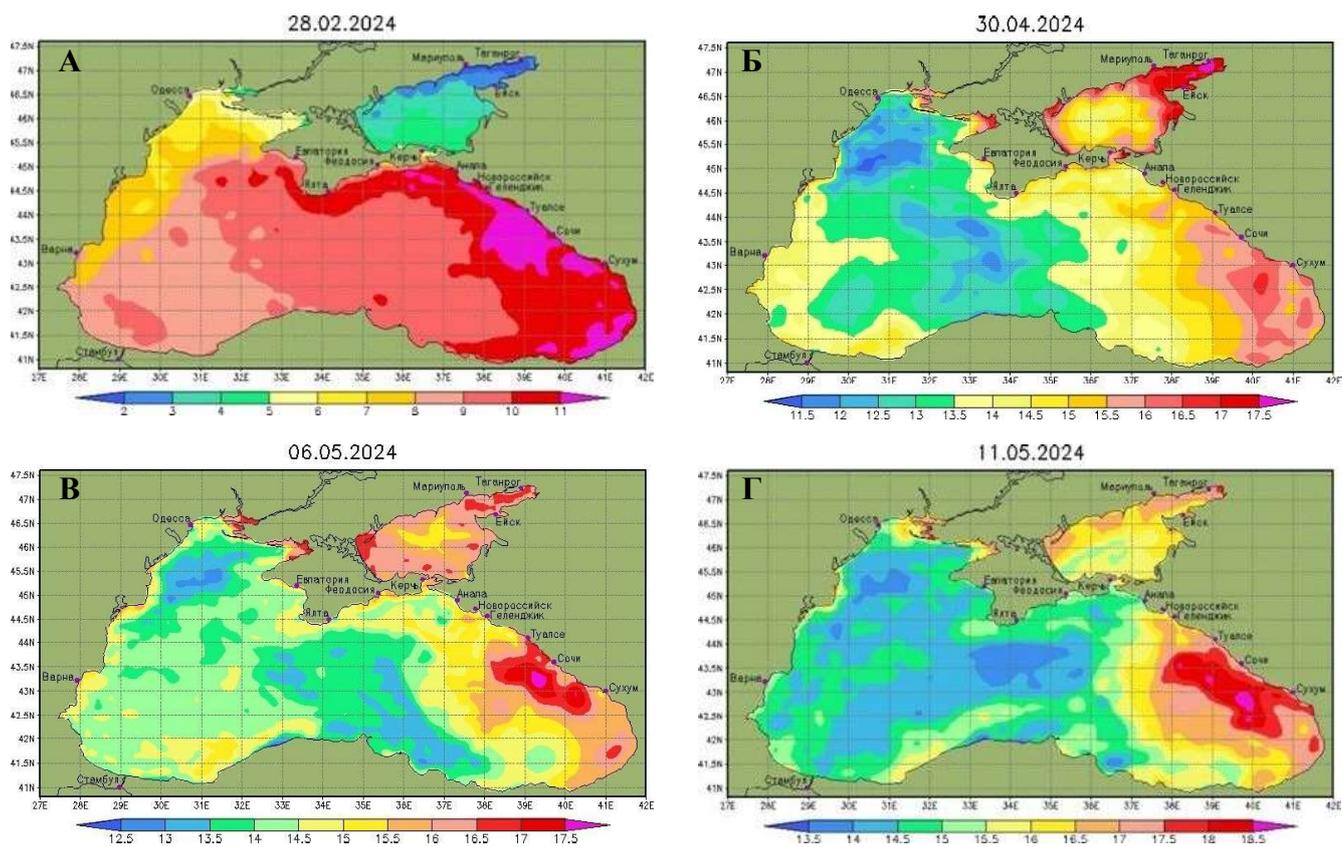


Рис. 3. Температура поверхностного слоя воды в Черном море в период максимального охлаждения (А) и перед поимкой *L. scleratus* (Б–Г) по данным Оперативного модуля ЕСИМО [11]

Fig. 3. Temperature of the surface water layer in the Black Sea during the period of maximum cooling (A) and before the capture of *L. scleratus* (Б–Г) based on the data of the Real-Time Operation Module of the Unified State System of Information on the World Ocean [11]

является более естественным для таких видов и круглогодичным по сравнению с северо-западным маршрутом (от Босфора вдоль берегов Болгарии, Румынии и Украины в воды России), который доступен для теплолюбивых видов только в теплый период года. Юго-восточным путем, очевидно, идет основное распространение таких теплолюбивых мигрантов, как атлантический землерой *Lithognathus mormyrus* Linnaeus, 1758, ставший уже достаточно часто встречающимся в абхазских водах [23], и сиган *Siganus luridus* (Rüppell, 1829), о поимке которого в российских водах сообщил В.П. Надолинский [24].

В холодные зимы, когда температура поверхностного слоя воды в юго-восточной части Черного моря понижается до 9–10 °С и ниже, популяции серебристого иглобрюха с высокой степенью вероятности будут полностью элиминироваться. В этом случае поведение популяций серебристого иглобрюха в Черном море будет повторять поведение других теплолюбивых хищников, создаю-

щих здесь только временные сезонные нагульные популяции: атлантической пелагиды *Sarda sarda* (Bloch, 1793) и, отчасти, луфаря *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766).

Кроме того, встречи серебристого иглобрюха в Керченско-Таманском районе Черного моря в непосредственной близости от Керченского пролива указывают на возможность проникновения этого вида в летний период года в более теплое и кормное Азовское море и поимки там его особей.

Поимка двух крупных потенциально половозрелых особей *L. scleratus* весной создает еще одно основание для обсуждения — касательно возможности естественного нереста этого вида рыб в Черном море. Бурная экспансия серебристого иглобрюха в восточном Средиземноморье, где он за короткий срок (2008–2020 гг.) вошел в десятку самых многочисленных рыб [20], демонстрирует высокую репродуктивную успешность этого вида в новом ареале. Она во многом обеспечивается именно накоплением тетродотоксина: взрослые

рыбы и молодь не элиминируются хищниками в силу своей токсичности (кроме каннибализма мелких особей своего вида крупными, что характерно для серебристого иглобрюха), кладки отложенной икры, эмбрионы и личинки также токсичны и не поедаются другими икрофагами.

Серебристый иглобрюх в Средиземном море нерестится в теплое время года с июня по август; нерест порционный, растянутый по сезону; является фитофильным видом — откладывает икру на листья посидонии океанической или другие макрофиты [25]. Тетродотоксин в период размножения иглобрюховых выполняет роль афродизиака, привлекающего самцов к самке [20]. Таким образом, в случае успешности нереста в условиях Черного моря может формироваться временная сезонная прибрежная разновозрастная популяция нового активного хищника, что, в сочетании с сезонными популяциями луфаря и пелаמידы, способно оказывать дополнительное давление хищничества на местную ихтиофауну, например, на промысловые популяции черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868) и барабули *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758, и влиять на вектор динамики их численности, вызывая потери улова промышленного рыболовства.

Кроме вышперечисленных аспектов, появление серебристого иглобрюха в Черном море имеет еще один, требующий обсуждения. У иглобрюховых, как и у других животных, отличающихся присутствием в каких-либо частях тела, органах или тканях тетродотоксина, отсутствуют гены и метаболические пути, необходимые для синтеза этого биотоксина [26]. Имеется два пути получения и концентрации тетродотоксина иглобрюховыми рыбами — экзогенный, с пищевыми организмами, и эндогенный, от симбиотической микрофлоры, обитающей в основном в кишечнике [27]. Особый интерес представляет носительство иглобрюховыми активных тетродотоксин-продуцирующих штаммов бактерий. Выделено уже не менее 150 продуцирующих тетродотоксин штаммов бактерий, из которых основную роль играют штаммы бактерий рода *Vibrio*, в частности *V. alginolyticus*, рода *Bacillus*, а также штаммы *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Alteromonas*, *Streptomyces* и *Roseobacter* [28]. Поэтому иглобрюховые могут играть в морских экосистемах роль не только «инкубаторов» в отношении ТТХ-активных бактериальных штаммов, но и «переносчиков» и «распространителей»

(через фекалии) этих штаммов среди других гидробионтов, в т. ч. среди тех, которые добываются человеком и используются в пищу (моллюски, креветки, крабы) либо выращиваются в аквакультуре. Опасность накопления тетродотоксина в морских двустворчатых моллюсках и ракообразных [29, 30] и их потребления в пищу уже учтена в странах Евросоюза, которыми установлен порог безопасного содержания ТТХ в устрицах и мидиях не более 44 мкг/кг мяса без раковины и организованы лаборатории для соответствующего инструментального контроля [31]. Появление серебристого иглобрюха в Керченско-Таманском районе Черного моря также может нести угрозу распространения ТТХ-продуцирующих штаммов бактерий среди местных беспозвоночных, включая промысловые виды (моллюск рапана, креветки черноморские) в данном районе.

Относительно перспектив «натурализации» серебристого иглобрюха в Черном море все же следует отметить, что зимняя температура поверхностного слоя воды на большей части акватории моря неблагоприятна для сохранения жизнедеятельности этого теплолюбивого вида рыб, за исключением незначительных по площади районов в юго-восточной части моря в особо теплые зимы, где могут сохраняться очаги его популяции. В холодные зимы такие очаги будут ликвидироваться на всей акватории Черного моря. Таким образом, по-видимому, стабильной, а тем более многочисленной круглогодичной популяции серебристого иглобрюха в Черном море образовываться не будет. Очевидно, следует согласиться с оценкой экспертов открытого ресурса AquaMaps, которые ни в прогнозе его ареала на период до 2050 г. в связи с потеплением климата, ни в оценке «подходящей среды обитания» не указывают Черное море как ареал *Lagocephalus sceleratus* (рис. 4) [32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потепление климата, очевидно, является одним из факторов, способствующих проникновению в Черное море новых инвазивных видов из Средиземного моря, таких как серебристый иглобрюх *Lagocephalus sceleratus*. Обнаружение крупных половозрелых особей серебристого иглобрюха в северо-восточной части Черного моря весной свидетельствует о потенциальной возможности размножения этого теплолюбивого вида рыб в летний период и формирования его локальных сезонных

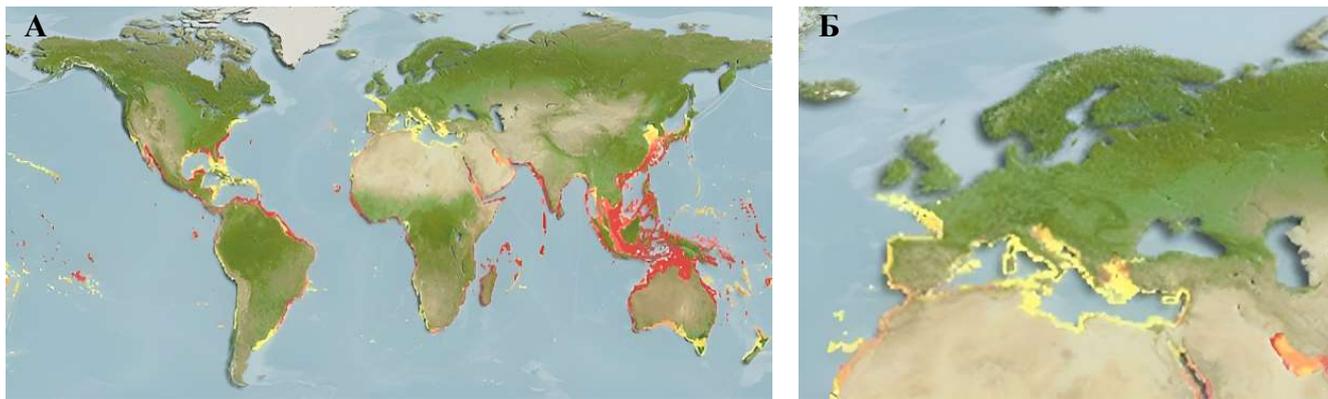


Рис. 4. Районы Мирового океана (А) и Северо-Восточной Атлантики (Б), которые подходят в качестве среды обитания для *L. sceleratus* (по данным [32])

Fig. 4. Areas of the World Ocean (A) and Northwest Atlantic (Б) that provide a suitable environment for *L. sceleratus* (based on the data from [32])

популяций, а также указывает на возможность его зимовки в отдельных районах юго-восточной части Черного моря. Особи этого вида могут служить причиной потенциально смертельного пищевого отравления из-за высокого содержания тетродотоксина в коже, печени, яичниках, других внутренних органах и мышечной ткани. Также он может представлять опасность как распространитель тетродотоксин-продуцирующих штаммов бактерий в среде обитания и аборигенных гидробионтах, включая моллюсков и ракообразных. Все вышеперечисленное требует усиления икhtiологического мониторинга на предмет выявления его присутствия в российских водах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность подводным охотникам ООО «Федерация подводной охоты имени шестикратного абсолютного чемпиона СССР — Мастера спорта СССР Владимира Ашме» г. Новороссийска за предоставленные фотографии и сведения о поимке серебристого иглобрюха *L. sceleratus*.

ACKNOWLEDGMENTS

The author expresses gratitude to the underwater hunters of LLC “Spearfishing Association named after the six-time undisputed champion of the USSR and Master of Sports of the USSR Vladimir Ashme” in Novorossiysk for providing photos and information about the capture of the silver-cheeked toadfish *L. sceleratus*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Galil B.S., Boero F., Campbell M.L., Carlton J.T., Cook E., Fraschetti S., Gollasch S., Hewitt C.L., Jelmert A., Macpherson E., Marchini A., McKenzie C., Minchin D., Occhipinti-Ambrogi A., Ojaveer H., Olenin S., Piraino S., Ruiz G.M. “Double trouble”: The expansion of the Suez Canal and marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Biological Invasions*. 2015. Vol. 17, no. 4: 973–976. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0778-y>.
- Species in Mediterranean Sea. *FishBase: A global biodiversity information system on finfishes*. URL: https://www.fishbase.se/trophicco/FishEcoList.php?ve_code=13 (дата обращения 08.07.2024).
- Ulman A., Yildiz T., Demirel N., Canak O., Yemişken E., Pauly D. The biology and ecology of the invasive silver-cheeked toadfish (*Lagocephalus sceleratus*), with emphasis on the Eastern Mediterranean. *NeoBiota*. 2021. Vol. 68: 145–175. <https://doi.org/10.3897/neobiota.68.71767>.
- Mutlu E., De Meo I., Miglietta C. Spatio-temporal distribution of pufferfish (Tetraodontidae) along the Turkish coast of the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*. 2021. Vol. 22, no. 1: 1–19. <https://doi.org/10.12681/mms.23481>.
- Golani D., Azzurro E., Dulčić J., Massutí E., Orsi-Relini L. Atlas of exotic fishes in the Mediterranean Sea. 2nd ed. / F. Briand (ed.). Paris, Monaco: CIESM Publishers, 2021. 365 p.
- Akyol O., Ünal V., Ceyhan T., Bilecenoglu M. First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*. 2005. Vol. 66, no. 4: 1183–1186. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00667.x>.
- Öndes F., Ünal V., Özbilgin Y., Deval C., Turan C. By-catch and monetary loss of pufferfish in Turkey, the Eastern Mediterranean. *Ege Journal of Fisheries*

- and *Aquatic Sciences*. 2018. Vol. 35, no. 4: 361–372. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.4.01>.
8. Ünal V., Göncüoğlu H., Durgun D., Tosunoğlu Z., Deval M.C., Turan C. Silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), causes a substantial economic losses in the Turkish Mediterranean coast: A call for decision makers. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 2015. Vol. 45, no. 3: 231–237. <https://doi.org/10.3750/AIP2015.45.3.02>.
 9. Болтачев А.Р., Карпова Е.П., Губанов В.В., Кирилин М.П. Находка *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) (Osteichthyes, Tetraodontidae) в Черном море в Севастопольской бухте, Крым. *Морской экологический журнал*. 2014. Т. 13, № 4: 14.
 10. Болтачев А.Р., Карпова Е.П. Морские рыбы Крымского полуострова. 2-е изд. Симферополь: Бизнес-Информ, 2017. 376 с.
 11. Портал Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) Гидрометцентра России: оперативный модуль. URL: <http://www.esimo.ru/portal/portal/esimo-user/orpermodule> (дата обращения 08.07.2024).
 12. Kalogirou S., Corsini-Foka M., Sioulas A., Wennhage H., Pihl L. Diversity, structure and function of fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds in an area of the Eastern Mediterranean Sea and the role of non-indigenous species. *Journal of Fish Biology*. 2010. Vol. 77, issue 10: 2338–2357. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02817.x>.
 13. *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789). *World Register of Marine Species*. URL: <https://www.marine-species.org/aphia.php?p=taxdetails&id=219954> (дата обращения 08.07.2024).
 14. *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) — silver-cheeked toadfish. *FishBase*. URL: <https://www.fishbase.se/summary/4761> (дата обращения 08.07.2024).
 15. Valdez C.A. Chapter 7 — The total synthesis of (–)-tetrodotoxin: A historical account. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2016. Vol. 47: 235–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63603-4.00007-3>.
 16. Chen R., Chung S.-H. Mechanism of tetrodotoxin block and resistance in sodium channels. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2014. Vol. 446, no. 1: 370–374. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.02.115>.
 17. Noguchi T., Arakawa O. Tetrodotoxin—distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of human intoxication. *Marine Drugs*. 2008. Vol. 6, no. 2: 220–242. <https://doi.org/10.3390/md20080011>.
 18. Katikou P., Gokbulut C., Kosker A.R., Campàs M., Ozogul F. An updated review of tetrodotoxin and its peculiarities. *Marine Drugs*. 2022. Vol. 20, no. 1: e47. <https://doi.org/10.3390/md20010047>.
 19. Yasumoto T., Yotsu-Yamashita M. Chemical and etiological studies on tetrodotoxin and its analogs. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*. 1996. Vol. 15, no. 2: 81–90. <https://doi.org/10.3109/15569549609064078>.
 20. Christidis G., Mandalakis M., Anastasiou T.I., Tserpes G., Peristeraki P., Somarakis S. Keeping *Lagocephalus sceleratus* off the table: Sources of variation in the quantity of TTX, TTX analogues, and risk of tetrodotoxination. *Toxins*. 2021. Vol. 13, no. 12: e896. <https://doi.org/10.3390/toxins13120896>.
 21. Akbora H.D., Kunter İ., Erçeti N.T., Elagöz A.M., Çiçek B.A. Determination of tetrodotoxin (TTX) levels in various tissues of the silver cheeked puffer fish (*Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789)) in Northern Cyprus Sea (Eastern Mediterranean). *Toxicon*. 2020. Vol. 175: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.12.002>.
 22. Акимов Е.А., Полонский А.Б., Станичный С.В. Параметризация вертикального профиля температуры в сезонном термоклине Черного моря. *Морской гидрофизический журнал*. 2014. № 3: 21–29.
 23. Дбар Р.С., Вольтер Е.Р., Маландзия В.И. К вопросу об инвазии атлантического землероя *Lithognathus tormyrus* (Linnaeus, 1758) в Черное море на примере акватории Абхазии. *Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование : матер. II Междунар. науч.-практ. конф. (г. Керчь, 27–30 мая 2020 г.)*. Симферополь: Ариал, 2020: 293–297.
 24. Надолинский В.П. Экзотические виды рыб у черноморского побережья Краснодарского края. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2022. Т. 5, № 1: 89–95. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2022_5_1_89.
 25. Akyol O., Ünal V. Long journey of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) throughout the Mediterranean Sea. *Natural and Engineering Sciences*. 2017. Vol. 2, no. 3: 41–47. <https://doi.org/10.28978/nesciences.369534>.
 26. Danis T., Papadogiannis V., Tsakogiannis A., Kristoffersen J.B., Golani D., Tsaparis D., Sterioti A., Kasapidis P., Kotoulas G., Magoulas A., Tsigenopoulos C.S., Manousaki T. Genome analysis of *Lagocephalus sceleratus*: Unraveling the genomic landscape of a successful invader. *Frontiers in Genetics*. 2021. Vol. 12: e790850. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.790850>.
 27. Acar C., Ishizaki S., Nagashima Y. Toxicity of the Lessepsian pufferfish *Lagocephalus sceleratus* from eastern Mediterranean coasts of Turkey and species identification by rapid PCR amplification. *European Food Research and Technology*. 2017. Vol. 243: 49–57. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2721-1>.
 28. Magarlamov T.Y., Melnikova D.I., Chernyshev A.V. Tetrodotoxin-producing bacteria: Detection, distribution and migration of the toxin in aquatic systems. *Toxins*. 2017. Vol. 9, no. 5: e166. <https://doi.org/10.3390/toxins9050166>.

29. Biessy L., Boundy M.J., Smith K.F., Harwood D.T., Hawes I., Wood S.A. Tetrodotoxin in marine bivalves and edible gastropods: A mini-review. *Chemosphere*. 2019. Vol. 236: e124404. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124404>.
30. Dhanji-Rapkova M., Turner A.D., Baker-Austin C., Huggett J.F., Ritchie J.M. Distribution of tetrodotoxin in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *Marine Drugs*. 2021. Vol. 19, no. 2: e84. <https://doi.org/10.3390/md19020084>.
31. Katikou P. Public health risks associated with tetrodotoxin and its analogues in European waters: Recent advances after the EFSA scientific opinion. *Toxins*. 2019. Vol. 11, no. 5: e240. <https://doi.org/10.3390/toxins11050240>.
32. *Lagocephalus sceleratus*: available distribution maps. *AquaMaps*. URL: <https://www.aquamaps.org/preMap2.php?cache=1&SpecID=Fis-25293> (дата обращения 08.07.2024).
- ## REFERENCES
- Galil B.S., Boero F., Campbell M.L., Carlton J.T., Cook E., Frascchetti S., Gollasch S., Hewitt C.L., Jelmer A., Macpherson E., Marchini A., McKenzie C., Minchin D., Occhipinti-Ambrogi A., Ojaveer H., Olenin S., Piraino S., Ruiz G.M. "Double trouble": The expansion of the Suez Canal and marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Biological Invasions*. 2015. Vol. 17, no. 4: 973–976. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0778-y>.
 - Species in Mediterranean Sea. In: *FishBase: A global biodiversity information system on finfishes*. Available at: https://www.fishbase.se/trophiceco/FishEcoList.php?ve_code=13 (accessed 08.07.2024).
 - Ulman A., Yildiz T., Demirel N., Canak O., Yemişken E., Pauly D. The biology and ecology of the invasive silver-cheeked toadfish (*Lagocephalus sceleratus*), with emphasis on the Eastern Mediterranean. *NeoBiota*. 2021. Vol. 68: 145–175. <https://doi.org/10.3897/neobiota.68.71767>.
 - Mutlu E., De Meo I., Miglietta C. Spatio-temporal distribution of pufferfish (Tetraodontidae) along the Turkish coast of the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*. 2021. Vol. 22, no. 1: 1–19. <https://doi.org/10.12681/mms.23481>.
 - Golani D., Azzurro E., Dulčić J., Massutí E., Orsi-Relini L. Atlas of exotic fishes in the Mediterranean Sea. 2nd ed. F. Briand (ed.). Paris, Monaco: CIESM Publishers, 2021. 365 p.
 - Akyol O., Ünal V., Ceyhan T., Bilecenoglu M. First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*. 2005. Vol. 66, no. 4: 1183–1186. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00667.x>.
 - Öndes F., Ünal V., Özbilgin Y., Deval C., Turan C. By-catch and monetary loss of pufferfish in Turkey, the Eastern Mediterranean. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2018. Vol. 35, no. 4: 361–372. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.4.01>.
 - Ünal V., Göncüoğlu H., Durgun D., Tosunoğlu Z., Deval M.C., Turan C. Silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), causes a substantial economic losses in the Turkish Mediterranean coast: A call for decision makers. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 2015. Vol. 45, no. 3: 231–237. <https://doi.org/10.3750/AIP2015.45.3.02>.
 - Boltachev A.R., Karpova E.P., Gubanov V.V., Kirin M.P. Nakhodka *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) (Osteichthyes, Tetraodontidae) v Chernom more v Sevastopol'skoy bukhte, Krym [The finding of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) (Osteichthyes, Tetraodontidae) in the Black Sea, Sevastopol Bay, Crimea]. *Morskoy ekologicheskiy zhurnal [Marine Ecological Journal]*. 2014. Vol. 13, no. 4: 14. (In Russian).
 - Boltachev A.R., Karpova E.P. Morskije ryby Krymskogo poluostrova. 2-e izd. [Marine fishes of the Crimean Peninsula. 2nd ed.]. Simferopol: Biznes-Inform [Business-Inform], 2017. 376 p. (In Russian).
 - Portal Edinoy gosudarstvennoy sistemy informatsii ob obstanovke v Mirovom okeane (ESIMO) Hidromettsentra Rossii: operativnyy modul' [Web-portal of the Unified State System of Information on the World Ocean. Real-Time Operation Module]. Available at: <http://www.esimo.ru/portal/portal/esimo-user/opermodule> (accessed 08.07.2024). (In Russian).
 - Kalogirou S., Corsini-Foka M., Sioulas A., Wennhage H., Pihl L. Diversity, structure and function of fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds in an area of the Eastern Mediterranean Sea and the role of non-indigenous species. *Journal of Fish Biology*. 2010. Vol. 77, issue 10: 2338–2357. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02817.x>.
 - Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789). In: *World Register of Marine Species*. Available at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=219954> (accessed 08.07.2024).
 - Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) — silver-cheeked toadfish. In: *FishBase*. Available at: <https://www.fishbase.se/summary/4761> (accessed 08.07.2024).
 - Valdez C.A. Chapter 7 — The total synthesis of (–)-tetrodotoxin: A historical account. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2016. Vol. 47: 235–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63603-4.00007-3>.
 - Chen R., Chung S.-H. Mechanism of tetrodotoxin block and resistance in sodium channels. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2014. Vol. 446, no. 1: 370–374. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.02.115>.
 - Noguchi T., Arakawa O. Tetrodotoxin—distribution and accumulation in aquatic organisms, and cases of

- human intoxication. *Marine Drugs*. 2008. Vol. 6, no. 2: 220–242. <https://doi.org/10.3390/md20080011>.
18. Katikou P., Gokbulut C., Kosker A.R., Campàs M., Ozogul F. An updated review of tetrodotoxin and its peculiarities. *Marine Drugs*. 2022. Vol. 20, no. 1: e47. <https://doi.org/10.3390/md20010047>.
19. Yasumoto T., Yotsu-Yamashita M. Chemical and etiological studies on tetrodotoxin and its analogs. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*. 1996. Vol. 15, no. 2: 81–90. <https://doi.org/10.3109/15569549609064078>.
20. Christidis G., Mandalakis M., Anastasiou T.I., Tserpes G., Peristeraki P., Somarakis S. Keeping *Lagocephalus sceleratus* off the table: Sources of variation in the quantity of TTX, TTX analogues, and risk of tetrodotoxication. *Toxins*. 2021. Vol. 13, no. 12: e896. <https://doi.org/10.3390/toxins13120896>.
21. Akbora H.D., Kunter İ., Erçeti N.T., Elagöz A.M., Çiçek B.A. Determination of tetrodotoxin (TTX) levels in various tissues of the silver cheeked puffer fish (*Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789)) in Northern Cyprus Sea (Eastern Mediterranean). *Toxicon*. 2020. Vol. 175: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2019.12.002>.
22. Akimov E.A., Polonskiy A.B., Stanichnyy S.V. Parametrizatsiya vertikal'nogo profilya temperatury v sezonnom termokline Chernogo morya [Parametrization of the vertical profile of temperature in the seasonal thermocline of the Black Sea]. *Morskoy gidrofizicheskiy zhurnal [Marine Hydrophysical Journal]*. 2014. No. 3: 21–29. (In Russian).
23. Dbar R.S., Vol'ter E.R., Malandziya V.I. K voprosu ob invazii atlanticheskogo zemleroya *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) v Chernoe more na primere akvatorii Abkhazii [To the question about invasion of striped seabream *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758) in the Black Sea on the example of Abkhazian water area]. In: *Biologicheskoe raznoobrazie: izuchenie, sokhranenie, vosstanovlenie, ratsional'noe ispol'zovanie : materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Kerch', 27–30 maya 2020 g.) [Biological diversity: study, conservation, restoration, and rational exploitation. Proceedings of the 2nd International Research and Practice Conference (Kerch, 27–30 May, 2020)]*. Simferopol: Arial, 2020: 293–297. (In Russian).
24. Nadolinskiy V.P. Ekzoticheskie vidy ryb u chernomorskogo poberezh'ya Krasnodarskogo kraya [Exotic fish species off the Black Sea coast of the Krasnodar Territory]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*. 2022. Vol. 5, no. 1: 89–95. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2022_5_1_89. (In Russian).
25. Akyol O., Ünal V. Long journey of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) throughout the Mediterranean Sea. *Natural and Engineering Sciences*. 2017. Vol. 2, no. 3: 41–47. <https://doi.org/10.28978/nesciences.369534>.
26. Danis T., Papadogiannis V., Tsakogiannis A., Kristoffersen J.B., Golani D., Tsaparis D., Sterioti A., Kasapidis P., Kotoulas G., Magoulas A., Tsigenopoulos C.S., Manousaki T. Genome analysis of *Lagocephalus sceleratus*: Unraveling the genomic landscape of a successful invader. *Frontiers in Genetics*. 2021. Vol. 12: e790850. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.790850>.
27. Acar C., Ishizaki S., Nagashima Y. Toxicity of the Lessepsian pufferfish *Lagocephalus sceleratus* from eastern Mediterranean coasts of Turkey and species identification by rapid PCR amplification. *European Food Research and Technology*. 2017. Vol. 243: 49–57. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2721-1>.
28. Magarlamov T.Y., Melnikova D.I., Chernyshev A.V. Tetrodotoxin-producing bacteria: Detection, distribution and migration of the toxin in aquatic systems. *Toxins*. 2017. Vol. 9, no. 5: e166. <https://doi.org/10.3390/toxins9050166>.
29. Biessy L., Boundy M.J., Smith K.F., Harwood D.T., Hawes I., Wood S.A. Tetrodotoxin in marine bivalves and edible gastropods: A mini-review. *Chemosphere*. 2019. Vol. 236: e124404. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124404>.
30. Dhanji-Rapkova M., Turner A.D., Baker-Austin C., Huggett J.F., Ritchie J.M. Distribution of tetrodotoxin in Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *Marine Drugs*. 2021. Vol. 19, no. 2: e84. <https://doi.org/10.3390/md19020084>.
31. Katikou P. Public health risks associated with tetrodotoxin and its analogues in European waters: Recent advances after the EFSA scientific opinion. *Toxins*. 2019. Vol. 11, no. 5: e240. <https://doi.org/10.3390/toxins11050240>.
32. *Lagocephalus sceleratus*: available distribution maps. In: *AquaMaps*. Available at: <https://www.aquamaps.org/preMap2.php?cache=1&SpecID=Fis-25293> (accessed 08.07.2024).

Об авторе:

Дудкин Сергей Иванович, кандидат биологических наук, заместитель начальника центра водных биологических ресурсов Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») (344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 21в), доцент кафедры зоологии Южного федерального университета (ФГАОУ ВО «ЮФУ») (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42), ORCID 0000-0002-5543-555X, dudkinsi@azniirkh.vniro.ru

Поступила в редакцию 07.08.2024

Поступила после рецензии 03.10.2024

Принята к публикации 08.10.2024

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликтов интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант.

Received 07.08.2024

Revised 03.10.2024

Accepted 08.10.2024

Conflict of interest statement

The author does not have any conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.