

Департамент образования и науки города Севастополя
Государственное бюджетное образовательное учреждение
Центр дополнительного образования
«Малая академия наук»

Номинация: Клеточная биология, генетика

**СОЛНЕЧНЫЙ ОКУНЬ - АГРЕССИВНЫЙ ВСЕЛЕНЕЦ В ВОДОЕМАХ
КРЫМА: ПУТИ ЕГО ПРОНИКНОВЕНИЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ
ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА**

Работу выполнила:
Прибылова Светлана Валерьевна
учащаяся творческого объединения
«Экология моря» ГБОУ ЦДО
«Малая академия наук», ГБОУ «Гимназия №7
имени В.И. Великого», 9 класс;
Научные руководители: Белогурова Р.Е.;
педагог ДО творческого объединения «Экология
моря» ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»,
к.б.н., с.н.с. ФИЦ ИнБЮМ,
Алемова А.С.; педагог ДО творческого
объединения «Основы генетики,
биоинформатики и биотехнологий» ГБОУ
ЦДО «Малая академия наук»,
м.н.с ФИЦ ИнБЮМ, Капитан В.Г.
методист ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»

Севастополь, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	5
1.1. Литературный обзор	5
1.2. Общая характеристика районов вылова	8
1.3. Характеристика солнечного окуня <i>Lepomis gibbosus</i>	11
1.4. Обзор генетических исследований	14
1.5. Обзор паразитологических исследований	15
РАЗДЕЛ 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	16
2.1. Материал исследования	16
2.2. Методы исследования	16
РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	22

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В последнее время в результате усиленной антропогенной нагрузки по нашей планете ежедневно перемещаются большое количество животных. Многие из них могут привести к весьма серьезным экологическим, социальным и экономическим последствиям. Агрессивные чужеземные виды, занесенные из других регионов, которые расселяются по вине человека, попадают в благоприятные условия, имеют тенденцию увеличения численности и вытеснения местных (аборигенных) видов, получили название инвазивные виды. Один из распространенных видов вселенцев является солнечный окунь, который входит в топ 100 самых опасных инвазивных видов [1].

Аборигенным ареалом *Lepomis gibbosus* являются водоемы Северной Америки. Его расселение из нативного ареала началось в 18 в., когда как декоративный вид он был завезен в Европу и попав в естественные водоемы быстро натурализовался [2]. Отмечено его появление и в водоемах России. Стремительному расселению этого вида способствовали его биолого-морфологические особенности и повсеместное повышение температуры водных объектов во всем Мире [14]. В Европу солнечный окунь был завезен в целях декоративного прудового и аквариумного рыбоводства.

Цель и задачи исследования. Целью настоящего исследования является определение филогенетического положения и возможного происхождения крымской популяции солнечного окуня.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Построить филогенетическое дерево на основе последовательностей гена COI.
2. Сравнить крымские образцы с генетическими данными из других регионов.
3. Оценить генетическую дистанцию между группами.

Объект исследования – солнечный окунь в водоемах Крымского полуострова.

Предмет исследования – филогенетические связи солнечного окуня.

Методы исследования. В работе применены теоретические (анализ изученности проблемы) и эмпирические методы, учебный лов, осуществлены математический и статистический подходы к обработке полученных данных, а также специфические методы, такие как выделение ДНК из клеток рыб, амплификация ДНК методом ПЦР, постановка реакции Сенгера. Для выравнивания последовательностей и построения филогенетических деревьев использованы стандартные биоинформатические методы. Для построения филогенетического дерева применён метод ближайшего соседа.

Связь работы с научными программами. Научная работа выполнена в лаборатории прикладной ихтиологии ФИЦ ИнБЮМ в рамках работы творческих объединений «Экология моря» и «Основы генетики, биоинформатики и биотехнологий».

Научная новизна полученных результатов. Впервые проведено филогенетическое исследование популяции солнечного окуня из пресноводных водоемов Крыма.

Практическое значение полученных результатов. Исследование полезно для рыбоводных хозяйств, так как солнечный окунь может съедать икру и молодь ценных рыб. Мы же исследуем его инвазивный потенциал, как он может распространиться по водоемам и какой вред нанести нашей экосистеме.

Личный вклад учащегося. Светлана Прибылова принимала непосредственное участие в разработке темы. Учащаяся участвовала в отборе проб осенью 2024 г., проводила анализ полученного материала самостоятельно согласно рекомендациям научных руководителей Белогуровой Р.Е. и Алёмовой А.С.

Структура и объем работы. Научная работа изложена на 23 страницах машинописного текста, состоит из введения, трех разделов, выводов, списка литературы, который содержит 15 источников (в том числе, иностранных – 9). Текст работы иллюстрирован 2 таблицами, 11 рисунками.

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Литературный обзор

В настоящее время практически все страны мира столкнулись с биологическими инвазиями чужеродных видов. Проблема проникновения видов живых организмов за пределы их исторических ареалов имеет исключительно важное социально-экономическое и природоохранное значение и для Российской Федерации. Для нашей страны, принимая во внимание ее обширную территорию, охватывающую несколько природных зон, наличие выхода к морям трех океанов, инвазии многих групп организмов достигают больших масштабов. Несмотря на то, что большая часть России находится в зоне умеренного и холодного климата, а исследования показывают, что виды-вселенцы с наибольшей интенсивностью проникают именно в южные регионы, инвазионный процесс у нас нарастает, и этому способствует целый ряд обстоятельств. К таким обстоятельствам относятся: отсутствие надлежащего контроля перемещений живых организмов (особенно в пределах страны); миграция населения; интенсивные грузоперевозки; преднамеренная интродукция организмов за пределы их нативных ареалов; слабо развитое соответствующее законодательство.

Несмотря на то, что нативным ареалом солнечного окуня является Северная Америка – северо-восточные штаты США и некоторые прилегающие провинции Канады (Gilbert, Williams, 2002), он с огромной скоростью завоевывает все новые и новые пространства, нанося вред.

Современный ареал. За пределами своего нативного ареала солнечный окунь встречается в Азии (Грузия, Китай, Турция), в Африке (Конго, Марокко), в Северной Америке (Канада: Британская Колумбия), в Центральной и Южной Америке (Бразилия, Венесуэла, Гватемала, Куба, Чили), в Европе (Австрия, Беларусь, Бельгия, Болгария, Босния и Герцеговина, Великобритания, Венгрия, Германия, Греция, Дания, Испания, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Македония, Молдавия, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Румыния, Сербия и Черногория, Словакия, Словения, Украина (низовья Дуная, Днестра и Южного Буга, Каховское и Запорожское водохранилища), Франция, Хорватия, Чешская Республика, Швейцария, Эстония) (Федоненко, Маренков, 2013; Демченко, Демченко, 2015; Froese, Pauly, 2008; Przybylski, Zieba, 2011; Copp, Godard, 2016).

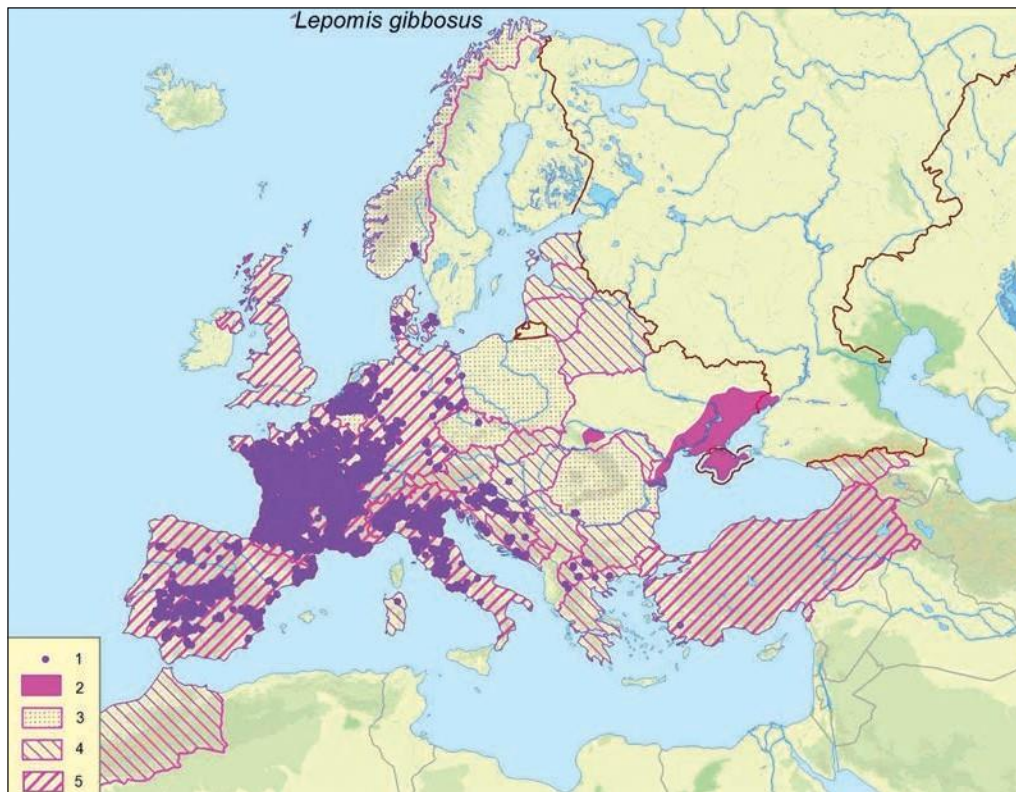


Рис. 1.1 Инвазионная часть ареала *Lepomis gibbosus* в Евразии (без Китая) и на севере Африки. 1 – места обнаружения по GBIF (17 March 2017, DOI 10.15468/dl.gpcjzb, DOI 10.15468/dl.deepzn); 2 – распространение в России и Украине. Другие страны, где распространен: 3 – локально; 4 – присутствует; 5 – широко.

Самая северная из известных в Европе популяций находится в Норвегии (Sterud, Jørgensen, 2006).

В России может быть встречен в бассейне р. Дон (Слынько и др., 2010). Распространен в водоемах Крымского полуострова в бассейнах рек Биюк-Карасу, Кача, Салгир, Чёрная (Болтачев и др., 2003; Мирошниченко, 2004, Самойлов, 2012; Карпова, Болтачев, 2014, Карпова, 2016).

Пути и способы инвазии. Солнечный окунь был преднамеренно интродуцирован для товарного разведения или спортивной рыбной ловли на северо-запад Европы (Франция, Германия, Бельгия – 1877, 1881, 1885 гг. соответственно). В дальнейшем был вселен также в водоемы Великобритании и распространился в восточные районы Европы. Вид стал обычен в низовьях многих рек бассейна Чёрного моря. В Данию вид был вселен преднамеренно (но нелегально) в озера с радужной форелью из-за мнения, что солнечные окуни могут избавлять крупных особей форели от кожных паразитов – рыбьих вшей *Argulus* spp. (Przybylski, Ziêba, 2011).

На территории бывшего СССР (Украина) солнечный окунь известен с 1946 г. из дельты Дуная, в бассейн которого попал еще во время Первой мировой войны (Берг, 1949). По генетическим признакам его популяции из северного Причерноморья наиболее близки (среди популяций, избранных для сравнения) солнечному окуню из бассейна р. Потомак, штат Мэриленд, США

(Слынько и др., 2015). В начале XXI в. основным источником расселения этого инвайдера в Приазовье стала Каховская оросительная система, откуда он проник в Крым, а также в ряд рек, а по ним – в лиманы Азовского моря (Демченко, Демченко, 2015). В Крыму, где изначально был идентифицирован как *L. macrochirus*, обитает, по крайней мере, с начала XXI в. (Болтачев и др., 2003).

Солнечный окунь не является объектом аквакультуры в Украине и России, но присутствует в качестве сорной рыбы во многих рыбоводных хозяйствах, а основными векторами его распространения называют строительство межбассейновых каналов, что способствовало его саморасселению, а также случайные интродукции в рыбоводные пруды с завозимым рыбопосадочным материалом (Демченко, Демченко, 2015).

О его присутствии на территории России впервые стало известно в начале XXI в. (Болтачев и др., 2003; Мирошниченко, 2004). Дальнейшее расширение инвазионного ареала на территории нашей страны ожидается в нижней части бассейна р. Дон вследствие саморасселения вниз по течению правых притоков этой реки, в том числе по р. Северский Донец, а также из дельты Дона (Демченко, Демченко, 2015). [4]

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, Форощук, 2018]. Попадался этот вид рыбакам-любителям и в Краснодарском крае, в озере Старая Кубань [Гуськов, 2024].

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 области 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 официальных данных о наличии *L. gibbosus* непосредственно в р. Дон, тем более в его дельте, до 2023 г. не поступало. (Гуськов, 2024).

На сегодняшний день в сети интернет появляются сообщения о том, что рыбаки все чаще ловят солнечного окуня в Ростовской области. Ученые полагают, что они приплыли в Россию по реке Северский Донец из Харьковской области, а потом стали захватывать новые водоемы. <https://rg.ru/2025/07/31/reg-ufo/ponaplyli-tut.html>

В Китае и Японии его тоже завезли искусственно, но он быстро вышел из-под контроля.

Анализ литературы показывает, что векторами инвазии могут быть аквариумистика, деятельность предприятий аквакультуры, расселение из рыбоводных водоемов и садовых прудов (особенно во время паводков), преднамеренная интродукция (Атлас..., 2002; Froese, Pauly, 2008; Przybylski, Ziéba, 2011; Copp, Godard, 2016). Необходимо также отметить сравнительно высокую способность к саморасселению по основным руслам рек и притокам, а также через опресненные участки морских вод от устья к устью вид проникает таким образом в новые реки (Федоненко, Маренков, 2013).

Необходимо информировать население, прежде всего аквариумистов и рыбаков-любителей, о том, что выпуск в естественные водоемы солнечного окуня недопустим. Применение ихтиоцидов или осушение не крупных изолированных водоемов возможно лишь при условии соблюдения законодательных актов как федерального, так и регионального уровней и под контролем специалистов, поскольку вышеупомянутые методы не избирательны, а в инвазионном ареале солнечного окуня (особенно в пределах полуострова Крым) обитает большое число эндемичных и редких исчезающих видов гидробионтов. [4]

В некоторых странах введены запреты на его разведение и выпуск в природу, однако полностью искоренить этот вид уже невозможно. Для борьбы с ним используются искусственное регулирование популяции с помощью хищных рыб (например, щуки), ограничения на торговлю солнечным окунем в качестве аквариумного вида и информационные кампании, призывающие не выпускать его в природные водоёмы.

1.2. Общая характеристика районов вылова

Материалом для исследований являются пробы, отобранные осенью 2024 года в реке Черной (недалеко от акведука), реке Балаклавке (недалеко от места впадения реки в Балаклавскую бухту), Гасфортовском озере.

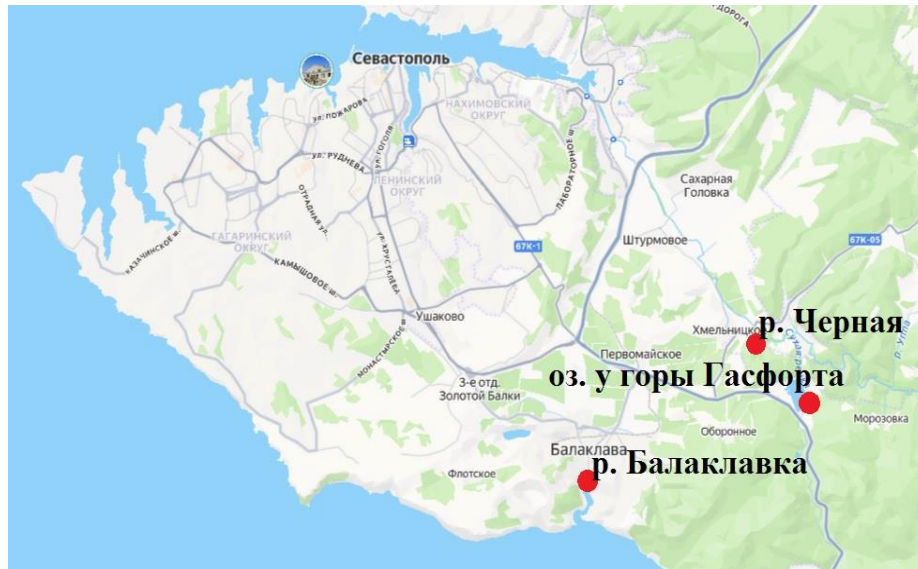


Рис. 1.2 – Карта-схема отбора проб

Река Чёрная (Чоргунь, Казыклы-Озень) — река на юго-западе Крымского полуострова, протекает по территории Севастополя. Впадает в Севастопольскую бухту Чёрного моря в районе Инкермана.

География

- Длина — 35 км.
- Площадь водосборного бассейна — 427 км².
- Уклон — 8,6 м/км.
- **Берёт начало** из мощного Скельского источника на восточной окраине села Родниковое.

Наши пробы были добыты недалеко от Чоргуньского моста-акведука, село Хмельницкое, примерно в 8 км от устья реки Черная. Русло реки относительно недавно было расчищено.

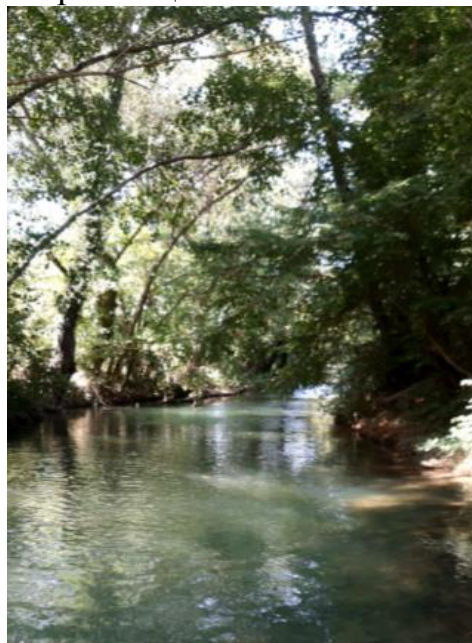


Рис. 1.3 р. Черная (удебный лов)

Балаклавка — река в юго-западном Крыму (Севастополь), впадающая в Балаклавскую бухту Чёрного моря. Название относится к нижней части водотока, который образован в результате слияния трёх рек: Кади-су, Пелагос и Хун.

География

- Длина — около 1,9 км (на сайте Севприроднадзора общая протяжённость реки указана 7,8 км — вероятно, это всё русло, включая притоки).
- Течёт в южном направлении в пределах города Балаклавы.
- Впадает в вершину Балаклавской бухты.
- Координаты: 44°30'11" с. ш., 33°35'49" в. д.
- На географических картах река не подписана, хотя показана и подписана на топографическом плане масштаба 1:2000.

Экология

- Загрязнение русла бытовым мусором и ветками в период сильных дождей. В 2023 году сообщалось, что русло реки забито мусором, включая пластиковые бутылки и старые шины.
- Затопы — если где-то возникает препятствие, происходит разлив. Ежегодно перед паводком и в течение всего года Севприроднадзор обследует водные объекты, фиксирует места, где есть затопы, и устраняет их.

Использование

- Устье реки формирует небольшую дельту, где обитают редкие виды птиц, такие как крачки и перепелянки.
- В 2025 году сообщалось, что русло Балаклавки используется в рамках проекта «Балаклавская бухта» — создания яхтенной марины в одноимённой бухте. По проекту планируется расчистка русла и оборудование технологических сооружений в русле реки.



Рис. 1.4 - р. Балаклавка (жаберная сеть)

Озеро Гасфорта (Гасфортское озеро) находится в Балаклавском районе Севастополя (Республика Крым). Это рукотворное озеро, расположенное у подножия горы Гасфорта, названной в честь английского генерала, участвовавшего в Крымской войне.

География

Длина — 1 км, ширина — от 34 до 600 метров.

Максимальная глубина — 16 метров.

Площадь — 1 км².

Особенность — бирюзовый цвет воды, который создаётся благодаря особому минеральному составу.

Вокруг расположены живописные горные массивы, образующие пейзаж, напоминающий альпийские виды.

Озеро образовалось на месте затопленного известнякового карьера. Когда глубина карьера достигла 10 метров, из-под земли начала пробиваться вода — подземные источники быстро наполнили карьер, в результате чего образовалось озеро.

Название озеро получило так же, как и гору: во время Крымской войны (1854–1855 гг.) здесь держал оборону Казанский полк, которым командовал Всеволод Гасфорт.

Инфраструктура

На озере есть места для отдыха: крытые беседки, мангалы, помосты, лежаки. Напрокат выдаются лодки и катамараны. Для активного спорта на озере оборудован вейк-парк. Вода чистая, можно купаться летом.



Рис. 1.5 озеро у горы Гасфорта (удебный лов)

1.3. Характеристика солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)

Систематическое положение. Царство – Животные, Animalia; Тип – Хордовые, Chordata; Надкласс – Костные рыбы, Osteichthyes; Класс – Лучепёрые рыбы, Actinopterygii; Отряд – Окунеобразные, Perciformes; Семейство – Центрарховые, Centrarchidae; Вид – Солнечный окунь, *Lepomis gibbosus*



Рис. 1.6 Солнечный окунь *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)

Основные синонимы. Солнечный окунь; Обыкновенный солнечник; Обыкновенная солнечная рыба; Царёк; Pond perch; Common sunfish; Punkys; Sunfish; Sunny; Kivver; *Eupomotis gibbosus* Linnaeus, 1758; *Perca gibbosa* Linnaeus, 1758; *Pommotis vulgaris* Richardson, 1836.

Нативный ареал. Северная Америка – северо-восточные штаты США и некоторые прилегающие провинции Канады (Gilbert, Williams, 2002).

Местообитание. Населяет пресные и солоноватые водоемы с илистым дном и погруженной растительностью. Предпочитает стоячие водоемы: пруды, озера, водохранилища, слабопроточные каналы. Может встречаться и в реках, однако не достигает в них высокой численности (Gilbert, Williams, 2002).

Особенности биологии.

Этот вид рыб отличается высоким, сильно сжатым с боков телом. Голова небольшая, рот конечный, маленький, с мелкими зубами. Окраска тела пестрая, яркая, спина зеленоватая, бока зеленовато-оливковые с многочисленными темно-золотыми и голубыми прерывающимися полосами, передняя часть брюха оранжевая, на краю жаберной крышки черное пятно, обрамленное сзади ярко-красной полосой, у самок оно менее выражено.



Рис. 1.7 Некоторые экземпляры солнечного окуня имеют чрезвычайно яркую окраску, что сделало этот вид привлекательным для аквариумистов (фото из интернета)

Солнечный окунь – подвижная стайная рыба. Может достигать 40 см (Copp, Godard, 2016), однако обычно не превышает длины 14.4 см и возраста 10 лет в нативном ареале, в инвазионном ареале (в Европе) – 9.0 см и 8 лет (Copp et al., 2004). Максимальные размеры в Причерноморье по данным Е.В. Федоненко и О.Н. Маренкова (2013) составили: абсолютная длина 12 см и масса 45 г в возрасте 5 лет. Взрослые особи в нативном ареале растут быстрее, чем в инвазионном (Copp et al., 2004). Самцы достигают половой зрелости в двухлетнем возрасте, самки – в трехлетнем. Абсолютная плодовитость 0.6–5.0 тыс. икринок (Copp, Godard, 2016). Нерест солнечного окуня начинается при температуре воды 17 °С и происходит на мелководье (Soes et al., 2011). В водоемах Крыма нерестится с мая по август (Карпова, Болтачѳв, 2012). Этот вид проявляет заботу о потомстве, что увеличивает потенциальную выживаемость молоди. Нерест порционный. Самцы строят гнездо из песка и гравия глубиной до 7 см, предварительно очищая место нереста от ила; ветки и листья растений в качестве субстрата для откладки икры используются редко (Balon, 1959). Один самец поочередно нерестится с несколькими самками. Самцы охраняют икру и вылупившихся личинок. Молодь солнечного окуня питается

ракообразными, взрослые - насекомыми и мелкой рыбой.

Солнечный окунь предпочитает сравнительно высокую температуру 26–32 °С, однако летальная температура не превышает 35 °С (Kieffer, Cooke, 2009). Хорошо переносит низкие температуры в зимний период, может выдерживать низкие концентрации кислорода (Карпова, Болтачев, 2012). Встречается в опресненных морских водах, например, в Утлюкском лимане при солености воды 11.9‰ (Демченко, Демченко, 2015). Рыбы эти всеядны. Питаются ракообразными, личинками и имаго насекомых, моллюсками, пиявками, а также личинками земноводных, икрой и молодь ценных видов рыб (Welcomme, 1988; Soes et al., 2011), а также составляют пищевую конкуренцию для некоторых из них. В свою очередь, этот вид является весьма тугорослым и, согласно рыбоводной классификации, относится к малоценным промысловым видам. Является объектом аквариумного содержания. [3]

Влияние на другие виды, экосистемы и человека. Обладая высоким репродуктивным потенциалом (охрана потомства, продолжительный нерест) и широким диапазоном адаптаций к абиотическим факторам среды, солнечный окунь успешно расселяется и быстро образует относительно многочисленные популяции. В инвазионном ареале предполагается пищевая конкуренция солнечного окуня с аборигенными видами рыб (Welcomme, 1988). Известны факты снижения биоразнообразия в водоемах, колонизованных солнечным окунем.

Считается ответственным за сокращение и исчезновение популяций некоторых аборигенных для Европы беспозвоночных (Van Kleef et al., 2008) и земноводных, таких как обыкновенная чесночница *Pelobates fuscus*, гребенчатый тритон *Triturus cristatus* и обыкновенная квакша *Hyla arborea* (Soes et al., 2011; Copp, Godard, 2016). Вместе с этим видом могут распространяться паразиты (Sterud, Jørgensen, 2006). В водоемах Европы является хозяином не менее 62 видов паразитов (Stoyanov et al., 2011). Проявляет агрессивное поведение, отмечено нанесение повреждений сравнительно крупным особям серебряного карася и карпа кои (Soes et al., 2011). Повышение численности солнечного окуня в р. Сухая (приток р. Чёрная, юг Крыма) совпало с исчезновением южной быстрянки *Alburnoides fasciatus*, пескаря *Gobio krymensis* и крымского усача *Barbus tauricus* (Карпова, 2016). Образует гибриды с другими видами рода *Lepomis*, в том числе с *L. macrochirus* и *L. cyanellus* (Moyle, 1976). В реках, особенно больших, влияние солнечного окуня на аборигенные виды, по всей видимости, небольшое. Съедобен, является объектом спортивного рыболовства (Атлас..., 2002; Przybylski, Ziêba, 2011; Copp, Godard, 2016). По некоторым оценкам входит в первую десятку чужеродных рыб с наиболее значительным экологическим влиянием в Европе (NOBANIS) и в мире (Casal, 2006). [4]



Рис. 1.8 В водоемах солнечный окунь обычно держится вблизи дна

1.4. Обзор генетических исследований

Опасность солнечного окуня как агрессивного вселенца, наносящего вред аборигенной фауне водоема, побудила мировую науку вплотную заняться изучением его филогении и экологического потенциала. Обширные исследования провела группа ученых ((Yavno *et al.*, 2020) Yavno, S., Gobin, J., Wilson, C.C. *et al.* New and Old World phylogeography of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758): the North American origin of introduced populations in Europe. *Hydrobiologia* 847, 345–364 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04095-y>[15])

В данной работе путем секвенирования субъединицы 1 митохондриального гена НАДН-дегидрогеназы определено происхождение интродуцированных европейских популяций солнечника. Авторы исследовали 543 экземпляра окуня из 32 мест из его естественного ареала (Северная Америка) и 19 мест его европейского ареала. Было установлено, что в Европу окунь возможно был завезен из двух различных источников, но в обоих случаях - из Северной Америки.

Среди отечественных исследований проникновения солнечного окуня стоит отметить работу (Слынько и др., 2015). [5]

Авторы исследовали происхождение, генетическое и морфологическое разнообразие этого североамериканского вселенца. На основании анализа изменчивости нуклеотидной последовательности локуса *cytb* мтДНК установлено, что все популяции Северного Причерноморья (бассейны рек Днепр, Днестр и Дунай) представлены одним гаплотипом. Внутривидовая изменчивость отсутствует. Филогеографический анализ позволил установить, что наиболее родственный гаплотип имеется в популяции солнечного окуня Новогерманского озера бассейна р. Потомак (штат Мэриленд, США), что позволяет рассматривать ее в качестве материнской для исследуемых популяций. Морфологическая изменчивость по совокупности счетных признаков была высоко однородна. По пластическим же признакам, как тела, так и черепа, обнаружена достоверная дифференциация выборки из популяции

Днепровского водохранилища от популяций Дуная и Днестра. Анализ траекторий развития показал, что в Днепре обитает «пелагическая» морфоэкологическая форма солнечного окуня, а в Днестре и Дунае – «литоральная». Выдвинуто предположение, что успех расселения данного североамериканского вида в Северном Причерноморье не зависит от происхождения и уровня генетического разнообразия, а вероятнее всего обеспечен реализацией имеющейся у него дискретной морфоэкологической изменчивости.

1.5. Обзор паразитологических исследований

Опасность биологических инвазий заключается не только во вреде, который вид-вселенец наносит аборигенным организмам, но и в потенциальной угрозе в виде паразитофауны, заселяющейся вместе с ним. Такие паразиты в основном специфичны для своих хозяев, и паразитируют только на них, но в некоторых случаях, как в случае с солнечным окунем, например, могут заражать и аборигенную фауну. И тогда наносится вред как ценным видам рыб в конкретном водоеме, так и человеку.

В Европе проводились исследования паразитов солнечного окуня: так, у него зарегистрировано около 30 видов паразитов в новом ареале, в то время как в Америке - около 130. Таким образом, разнообразие фауны паразитов солнечного окуня в новом для него регионе сократилось. В европейской популяции окуня обнаружено по меньшей мере 10 североамериканских видов паразитов, большинство из них - моногенеи - эктопаразиты с прямым жизненным циклом. Это 6 видов дактилогирид и 2 вида гиродактелид [12]

Эти известные виды паразитов не опасны для человека, однако как филогения окуня, так и его паразитофауна все еще недостаточно изучена в водоемах Крымского полуострова.

РАЗДЕЛ 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал исследования

Материалом для исследований являются пробы, отобранные осенью 2024 года в реке Черной, реке Балаклавке, Гасфортовском озере. Было проведено генетическое исследование 8 экземпляров солнечного окуня: 1 – из реки Балаклавки (жаберная сеть), 3 – из Гасфортовского озера (удебный лов), 4 – из реки Черная (удебный лов).

2.2. Методы исследования

Выделение ДНК из клеток рыб

ДНК выделяли с использованием набора «DNA MAG Isolation Kit» («Синтол») с использованием магнитных частиц. К кускам тканей добавляли раствор протеинкиназы, затем добавляли лизирующий буфер и инкубировали в течение 3 часов при 60°C. Затем добавляли магнитные частицы, перемешивали и инкубировали в течение 5-10 минут, после чего проводили удаление буфера после лизиса и промывали магнитные частицы с ДНК промывочными растворами. После удаления промывочных буферов магнитные частицы подсушивались, затем к ним добавляли буфер для элюции ДНК. ДНК содержащий элюат собирали в новую пробирку, после чего производили постановку ПЦР-реакции. Наличие и качество полученной ДНК определяли с помощью электрофореза в 1,5 % агарозном геле.

Аmplификация ДНК методом ПЦР

В пробирку вместимостью 200 мкл вносят 1 мкл праймера «allFa1» концентрации 10 мкмоль/дм³, 1 мкл праймера «allRa1» концентрации 10 мкмоль/дм³, добавляют реактивы из набора для ПЦР: 5 мкл ПЦР-Мастер-микс, добавляют 11 мкл деионизированной воды для молекулярной биологии и перемешивают. Затем в каждую пробирку вносят 2 мкл ДНК-пробы, перемешивают и затем производят постановку ПЦР-реакции в амплификаторе.

Постановка реакции Сенгера

После очистки ПЦР-продукта проводили постановку реакции секвенирования с использованием набор реагентов «GenSeq» («СИНТОЛ»). Для приготовления 10 мкл реакционной смеси смешивали следующие компоненты: Готовая реакционная смесь, 2.5x в объеме 4,0 мкл, праймер 4 пкмоль/мкл в объеме 1 мкл. ДНК-мишень добавляли в количестве 20 нг, после чего доводили деионизированной водой до 10 мкл. Сразу после приготовления реакционных смесей их устанавливали в амплификатор и запускали программу амплификации, предварительно указав объем реакционной смеси

Таблица 2.1 Условия реакции Сенгера

№ шага	Стадия	Циклы	Температура	Время
1	Начальная денатурация	1	95°C	1 мин
2	Денатурация	30	95°C	10 сек
	Отжиг		50°C	10 сек
	Элонгация		60°C	120 сек
3	Хранение		4°C	До выключения прибора

Выравнивание последовательности и построение филогенетических деревьев

Для выравнивания последовательностей и построения филогенетических деревьев использованы стандартные биоинформатические методы. Сначала последовательности ДНК или белков были собраны из открытых баз данных (например, NCBI GenBank) и предварительно очищены от низкокачественных фрагментов. Выравнивание выполнено с помощью алгоритма MUSCLE (Multi-Scale Sequence Alignment), обеспечивающего высокую точность при работе с умеренным числом последовательностей. Выравнивание последовательностей проводили в программе MEGA (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) с использованием алгоритма MUSCLE для обеспечения точности. Для построения филогенетического дерева применён метод ближайшего соседа (Neighbor-Joining, NJ) с матрицей расстояний p-distance. Статистическая надёжность узлов оценена с помощью 1000 бутстреп-итераций. Дерево визуализировано в MEGA с аннотацией значений поддержки и расстояний эволюционной дивергенции [Aggar O. A. et al., 2025]. При проведении кластерного анализа в качестве материала для сравнения использованы варианты нуклеотидных последовательностей гена цитохром с оксидазы I мтДНК на участке 700-800 пн у солнечного окуня из нескольких локаций на территории США, Канады и Турции. В качестве корневой группы использовалась последовательность гена цитохром с оксидазы I мтДНК у родственного представителя солнечного окуня *Centrarchus macropterus* (Lacépède, 1801) [Lambea-Cambolor A. et al., 2023].

Таблица 2.2

Последовательности *Lepomis gibbosus*, использованные в филогенетическом анализе

GenBank ID.	Локация	Публикации
CFF048-16	Lake Erie, Canada	Unpublished

CFF194-16	Lake Erie, Canada	Unpublished
CFF104-16	Durand Lake, Canada	Unpublished
EU524723.1	Quebec, Canada	Hubert N. et al. 2008
EU524724.1	Quebec, Canada	
BCFB583-06	Quebec, Canada	Unpublished
CFF171-16	Saint Louis Lake, Canada	Unpublished
FFMBH1592-14	Canton du Pilat, France	Unpublished
FFMBH104-14	Turin, Italy	Unpublished
FBPIS140-10	Styria, Austria	Schroeter J.C. et al., 2020
EPAMC397-20	Cincinnati, USA	Unpublished
JN026988.1	South Carolina, USA	Knebelsberger T. et al., 2015
SERCA041-12	Maryland, USA	Schroeter J.C. et al., 2020
RMAYB188-07	Wisconsin, USA	Knebelsberger T. et al., 2015
HQ557271.1	Wisconsin, USA	
FFMBH2708-14	Sitagri, Greece	Unpublished
JQ979159.1	Ipsala, Turkey	Keskin E. et al., 2013
JQ979160.1	Cayirkoy, Turkey	
JQ979161.1	Bayraktar, Turkey	Keskin E. et al., 2013
JQ979162.1	Davuldere, Turkey	
JQ979163.1	Mugla, Turkey	



Рис. 2.1 Удебный лов



Рис. 2.2. Работа в лаборатории

РАЗДЕЛ 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Анализ филогенетического исследования популяций солнечного окуня из разных географических локаций Крыма показал, что все три популяции образуют четкий кластер друг с другом и образуют монофилетическую группу, что подтверждает их происхождение от одного общего предка. Популяции солнечного окуня (*Lepomis gibbosus*) из Балаклавы, Черной Речки и Гасфортовского озера формируют единую эволюционную группу с высокой статистической поддержкой (bootstrap $\geq 70\%$). Все 8 образцов происходят от одного или нескольких предков, завезённых в Крым недавно (по эволюционным меркам). Малые генетические расстояния указывают на короткий срок существования популяций в Крыму. Популяция из озера Гасфорт представлена как самая однородная группа. Вероятно, она завезена одним актом (например, это мог быть выпуск рыбы). Популяция из Черной речки более гетерогенная что скорее всего может быть связано с несколькими волнами интродукции или гибридизацией с другими популяционными линиями. В случае с Балаклавской популяцией можно увидеть её отдельную кластеризацию и связь с представителем из Черной речки, что может указывать на возможно, первую волну интродукции. В то же время филогенетический анализ показывает кластеризацию Крымских образцов с образцами из Северной Америки, что может указывать на их прямую интродукцию с нативного региона. Это может быть связано с целенаправленный завоз аквариумистами или рыбаками-любителями непосредственно из американских источников. Однако низкие значения эволюционных расстояний показывают на генетическую однородность популяции. Вероятно, ген *COI* слишком консервативен и необходимо использование дополнительных маркеров для уточнения происхождения Крымской популяции.

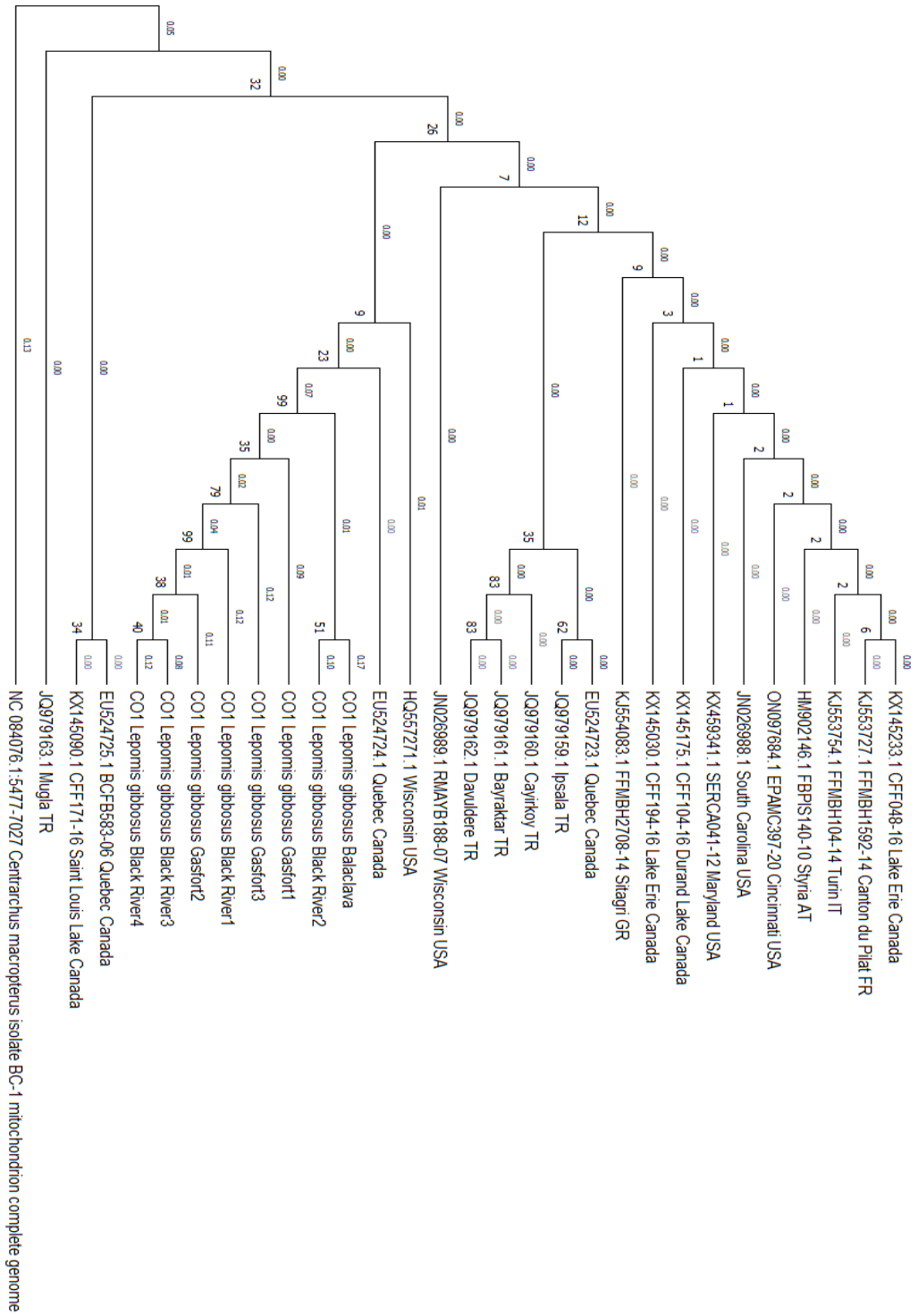


Рис.3.1 Филогенетическое дерево популяций *Lepomis gibbosus*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые проведено филогенетическое исследование популяции солнечного окуня из пресноводных водоемов Крыма. Показана монофилетическая структура популяции, что подтверждает ее происхождение от одного общего предка
2. Анализ филогенетического дерева показал кластеризацию представителей Крымской популяции с некоторыми представителями Северо-Американской популяции, что может быть следствием интродукции окуня из Северо-Американских водоемов
3. Для подтверждения гипотезы в дальнейшем необходимо использование более переменных маркеров для анализа внутривидовых изменений в популяции
4. Филогения солнечного окуня, как и его паразитофауна все еще недостаточно изучена в водоемах Крымского полуострова, а поэтому он является потенциально опасным для человека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гуськов, Г. Е. Стремительная экспансия солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Centrarchidae) в дельту Дона в 2023 г. // Росс. журн. биол. инвазий. – 2024. – № 1. – С. 23–27.
2. Звягинцева О. О., Мустя М. В. Солнечный окунь инвазивный вид Кучурганского водохранилища // Научного общества естественно-географического факультета. – 2024. – С. 175.
3. Карпова Е.П., Болтачев А.Р., Рыбы внутренних водоемов Крымского полуострова. - Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. - 200 с., цв. ил. С.123-126.
4. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100) / Ред. Дгебуадзе Ю.Ю., Петросян В.Г., Хляп Л.А. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.
5. Филогеография и фенотипическое разнообразие солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) Северного Причерноморья / Слынько Е.Е., Новицкий Р.А., Бэнгс М.Р. и др. // Генетика. Генетика. - 2015. - С.217-226. - (Т.51, 2) . - ISSN 0016-6758
6. Чужеродный солнечный окунь угрожает экосистеме Дона - Российская газета [<https://rg.ru/2025/07/31/reg-ufo/ponaplyli-tut.html>]
7. Aggar O. A., Alsaedi H. H., Gharban H. A. J. Molecular phylogeny of tick species in naturally infested cattle. – 2025.
8. Lambea-Cambolor A. et al. Genetic and ecological approaches to introduced populations of pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*) in Southwestern Europe // Diversity. – 2023. – Т. 15. – №. 10. – С. 1059.
9. Hubert N. et al. Identifying Canadian freshwater fishes through DNA barcodes // PLoS one. – 2008. – Т. 3. – №. 6. – С. e2490.
10. Keskin E., Ağdamar S., Tarkan A. S. DNA barcoding common non-native freshwater fish species in Turkey: Low genetic diversity but high population structuring // Mitochondrial DNA. – 2013. – Т. 24. – №. 3. – С. 276-287.
11. Kneibelsberger T. et al. Molecular diversity of Germany's freshwater fishes and lampreys assessed by DNA barcoding // Molecular ecology resources. – 2015. – Т. 15. – №. 3. – С. 562-572.
12. Tkachenko MYu, Hnilička M, Janáč M, Kvach Yu, Vetešník L, Ondračková M (2025) Shift in parasite load in native and nonnative Eupercarian fish species living in sympatry. In: Anastácio P, Ribeiro F, Chainho P (Eds) Invasions in Aquatic Systems. NeoBiota 102: 151–171. <https://doi.org/10.3897/neobiota.102.148301>
13. Schroeter J.C., Maloy A.P., Rees C.B. et al. Fish mitochondrial genome sequencing: expanding genetic resources to support species detection and biodiversity monitoring using environmental DNA. Conservation Genet Resour 12, 433–446 (2020).
14. Verma K. K. et al. Climate change adaptation: challenges for agricultural sustainability // Plant, Cell & Environment. – 2025. – Т. 48. – №. 4. – С. 2522-2533.

15. Yavno *et al.*, 2020) Yavno, S., Gobin, J., Wilson, C.C. *et al.* New and Old World phylogeography of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758): the North American origin of introduced populations in Europe. *Hydrobiologia* 847, 345–364 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04095-y>