

УДК 639.22:639.2.09

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ЗАРАЖЕННОСТИ ЕВРОПЕЙСКОГО АНЧОУСА *Engraulis encrasicolus* НЕМАТОДОЙ *Hysterothylacium aduncum* В ЗИМНИЙ ПЕРИОД У БЕРЕГОВ КРЫМА И КАВКАЗА

© 2023 г. А. В. Завьялов^а, Ю. В. Самотой^а, Е. Н. Сибирцова^а

^аИнститут биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Российской академии наук, Севастополь, Россия

*e-mail: andrej-zavyalov@yandex.ru

Поступила в редакцию 08.04.2022 г.

После доработки 24.11.2022 г.

Принята к публикации 06.12.2022 г.

Исследованы основные показатели зараженности европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus* (L.) личинками нематод *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) в зимний период в двух районах Черного моря: у берегов Крыма и Кавказа. Выявлены региональные различия показателей интенсивности инвазии у двухлеток и трехлеток, экстенсивности инвазии у трехлеток, отсутствие существенных различий значений индекса обилия. Проанализированы основные факторы, определяющие региональные различия зараженности хамсы в исследованных районах.

Ключевые слова: хамса, нематода *Hysterothylacium aduncum*, жизненный цикл, рацион питания, инвазия, миграции, Черное море

DOI: 10.31857/S0320965223040253, **EDN:** SGGMCH

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе проблема образования промысловых скоплений массовых пелагических и придонно-пелагических видов рыб в разных водах Черного моря не только не утратила своей актуальности, но и приобрела более глубокий практический смысл (Матковский, Красноперова, 2022).

Европейский анчоус *Engraulis encrasicolus* (L.) (хамса) — основной промысловый вид в Черноморском бассейне. Это теплолюбивый, короткоцикличный пелагический вид, совершающий миграции с середины апреля к местам нереста (Северо-западный шельф и Азовское море) и в начале осени к местам зимовки (южный берег Крыма и побережье Кавказа) (Дехник, 1954; Данилевский, 1969; Зув, 2014). Сложнейшую структуру популяции европейского анчоуса (географическую локализацию биологических группировок), миграции на далекие расстояния разных группировок в разные сезоны года изучали ранее с применением комплексных методов, в том числе и с использованием биологических индикаторов (Данилевский, 1969). В нашей работе также применен метод с использованием показателей зараженности европейского анчоуса паразитом-генералистом. К таковым относится анизакидная

нематода *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802). Это паразит с высокой экологической пластичностью и широкой специфичностью к хозяину, легко доступен для исследования (Гаевская, 2005).

Цель работы — выявить региональные различия степени зараженности европейского анчоуса *E. encrasicolus* (хамсы) личинками нематоды *H. aduncum* в районах зимовки у западного побережья Крыма и Кавказа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования хамсы проводили с конца декабря 2015 по начало марта 2016 гг. в двух районах Черного моря — у западного побережья Крыма в около м. Лукулл (Каламитский залив) и у побережья Кавказа (от г. Анапа до г. Геленджик) (рис. 1).

Для 300 экз. рыб проведен полный биологический (Правдин, 1966) и паразитологический анализ по методике Быховской-Павловской (1985). Возраст рыб определяли по отолитам (Чугунова, 1959). Выделены две доминирующие возрастные группы: 1+ (двухлетки) и 2+ (трехлетки). У доминирующих возрастных групп из разных районов Черного моря определены следующие показатели зараженности: ИИ, ЭИ, ИО. Личинок нематод идентифицировали по родовым и видовым признакам (Гаевская, 2005). Статистический анализ проводили с помощью программы Statistica 12. По-

Сокращения: ИИ — интенсивность инвазии, ИО — индекс обилия, ЭИ — экстенсивность инвазии.

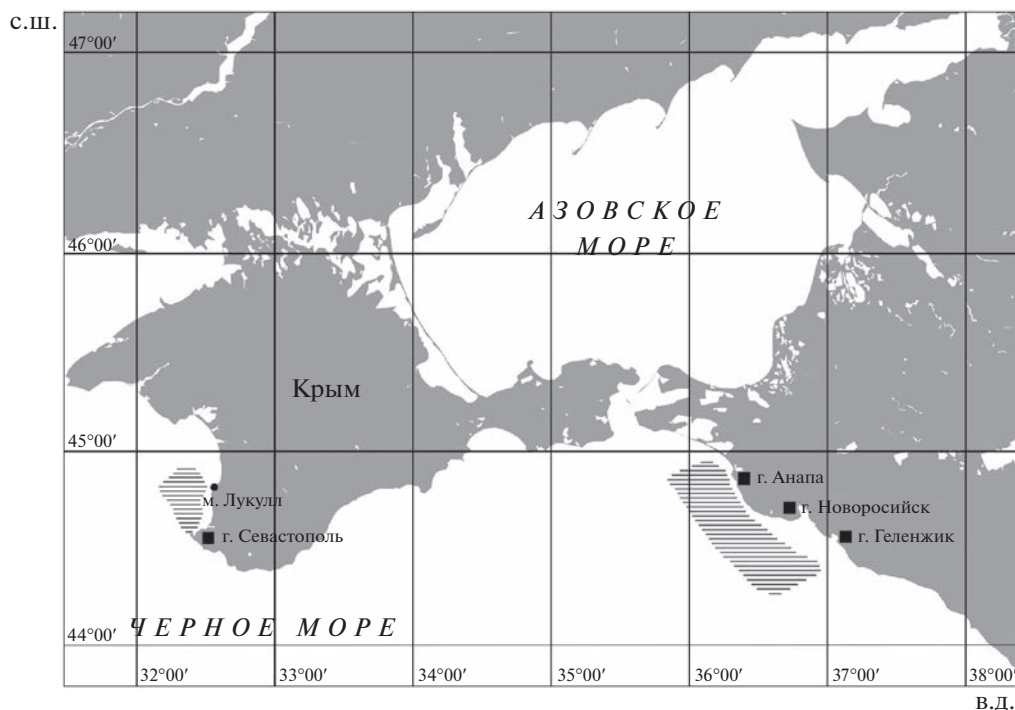


Рис. 1. Районы промысла (заштрихованы) европейского анчоуса *E. encrasicolus* в зимний период 2015–2016 гг.

сколькx распределение во всех доминирующих группах отличалось от нормального (критерий Шапиро–Уилка W был от 0.16 до 0.55, $p < 0.00001$), для статистического анализа данных применяли непараметрический критерий Калмагорова–Смирнова. Соответственно рассчитана стандартная ошибка ИО для каждой из доминирующих возрастных групп.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Различия ИО (табл. 1, рис. 2) двухлеток (1+) из разных районов Черного моря статистически недостоверны (критерий Колмогорова–Смирнова, $p > 0.1$ для 22 экз. у юго-западного побережья Крыма и 54 экз. у черноморского побережья Кавказа). Однако различия ИО у трехлеток хамсы статистически значимы (критерий Колмогоро-

ва–Смирнова, $p < 0.05$ для 106 экз. из акватории у юго-западного побережья Крыма и 86 экз. черноморского побережья Кавказа). Также различия выявлены при анализе значений ИИ (табл. 1, рис. 2). Двухлетки хамсы у берегов Крыма заражены личинками *H. aduncum* в большей степени, чем у берегов Кавказа. Напротив, трехлетки у берегов Кавказа более заражены, чем трехлетки у берегов Крыма. При анализе ЭИ (табл. 1, рис. 3) различия зараженности у двухлеток не выявлены, а зараженность трехлеток у берегов Крыма в 2.5 раза превышала таковую у берегов Кавказа.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прежде всего, при анализе зараженности хамсы следует остановиться на особенностях жизненного цикла нематоды *H. aduncum*. Первым

Таблица 1. Зараженность двухлеток (1+) и трехлеток (2+) европейского анчоуса *E. encrasicolus* личинками нематоды *Hysterothylacium aduncum* у берегов Крыма и Кавказа в зимний период

Показатель	Юго-западное побережье Крыма		Черноморское побережье Кавказа	
	1+ ($n = 22$)	2+ ($n = 106$)	1+ ($n = 54$)	2+ ($n = 86$)
ИО, экз./особь	0.77 ± 0.40	$3.80 \pm 0.77^*$	0.59 ± 0.21	$1.34 \pm 0.85^*$
ИИ, экз./особь	1–12	1–44	1–8	1–71
ЭИ, %	26.47	43.40	20.37	16.28

Примечание. n – количество особей в возрастной группе, * – различия достоверны (критерий Колмагорова–Смирнова, $p < 0.05$).

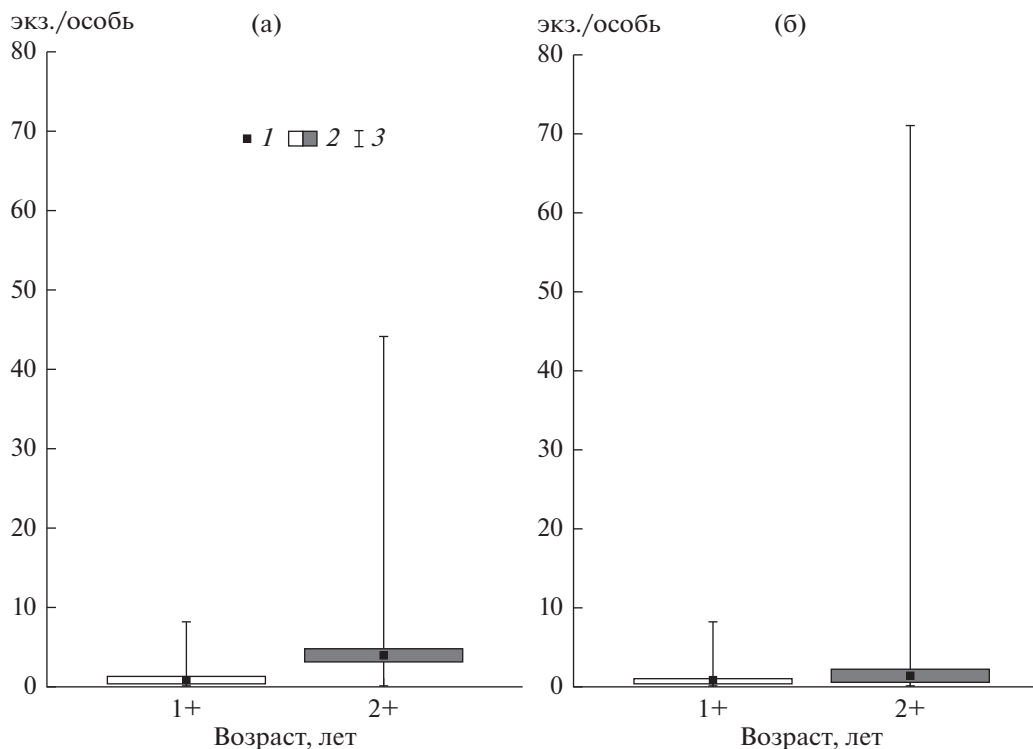


Рис. 2. Зараженность европейского анчоуса *E. encrasicolus* личинками нематод *Hysterothylacium aduncum* у юго-западного побережья Крыма (а) и черноморского побережья Кавказа (б) в зимний период. 1 – ИО, 2 – ИО стандартная ошибка, 3 – ИИ (min–max).

промежуточным хозяином этого гельминта служат копеподы (кормовой зоопланктон). Получить достоверные данные о зараженности копепод на современном этапе пока технически невозможно, поскольку развитие личинки в яйце во внешней среде (морской воде как среде первого порядка) – 3 сут и в организме копеподы происходит очень быстро (4–6 сут) (Завьялов, 2006, 2007). В копеподу яйцо может попасть с уже развитой личинкой – третьей стадии в чехлике второй стадии. Вышедшая из оболочки яйца личинка развивается в личинку третьей стадии. После этого копепода обездвиживается и гибнет, попадая в организм планктофага (Гаевская, 2005; Завьялов, 2007). Особенности прохождения первой стадии жизненного цикла паразита представлены в результатах многочисленных лабораторных экспериментов по искусственному заражению копепод яйцами *H. aduncum* (Yoshinaga et al., 1987; Koie, 1993; Iglesias et al., 2002; Adroher et al., 2004). Пик интенсивной передачи инвазии от ихтиофагов зоопланктону в Черном море приходится на весенний период (конец февраля–конец мая). Это совпадает с интенсивным репродуктивным периодом холодолюбивых копепод из родов *Calanus* и *Pseudocalanus* (Завьялов, 2016), а также эвритермных видов зоопланктона (Темных, 2018). Вопрос об интенсивности и качестве передачи инва-

зионного начала от кормового зоопланктона по трофической цепи второму дополнительному промежуточному хозяину (планктофагу хамсе) остается открытым как в нерестовый сезон летом, так и в условиях зимовки, когда из его рациона почти полностью исчезают теплолюбивые виды копепод рода *Acartia* (Загородняя, 2003; Темных, 2018). Однако данные по вертикальному распределению зоопланктона в разные сезоны года в сочетании с таковыми об особенностях миграции хамсы в Черном море позволяют только подойти к решению этого вопроса (Темных, 2018). Данные о зараженности хамсы в Азовском море в летне-осенний период, классификация, описывающая этапы дегградации личинок нематоды в организме планктофага, позволяют подойти к решению одного из проблематичных вопросов нематодологии – сроки жизни личинок нематоды в полости тела планктофага (Мосеян, 2021). Исходя из этой классификации, личинка после своего внедрения в организм планктофага и до первого этапа дегградации (таковых – три), живет в полости тела рыбы, по нашим предположениям, до полугода. Далее следует передача инвазии (личинки третьей–четвертой стадий) по трофической цепи ихтиофагу (сельди, калкану, катрану, пеламиде и др.) (Гаевская, 2005), в организме которого личинки разви-

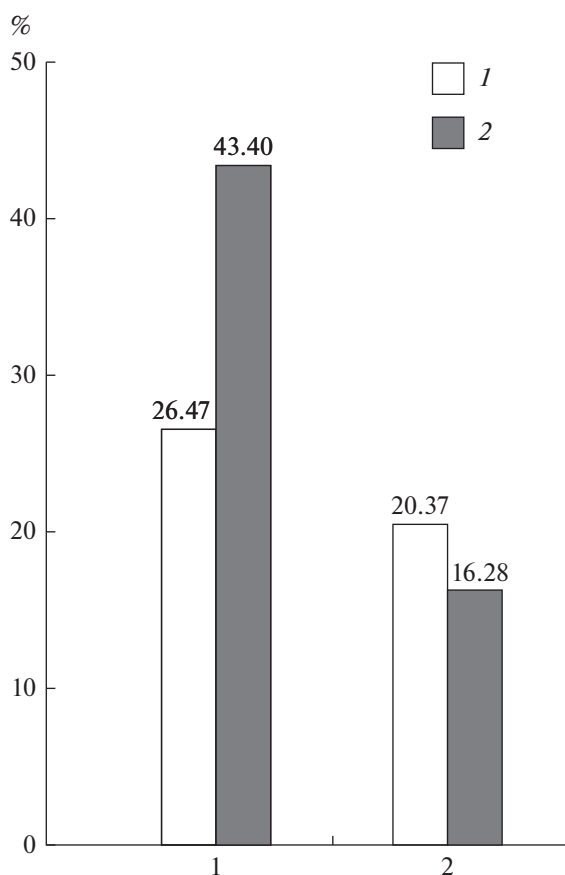


Рис. 3. ЭИ (% зараженных особей) у юго-западного побережья Крыма (1) и черноморского побережья Кавказа (2) в зимний период. 1 – возраст особей 1+, 2 – возраст 2+.

ваются до половозрелой формы. На этом цикл завершается.

Следует отметить, что в Азовском море зараженность хамсы *H. aduncum* в летний период и осенью значительно ниже, чем в Черном (Мосеян, 2021). В связи с этим следует остановиться на таком важнейшем аспекте, как соленость и температура – региональные термохалинные поля в Черном море. Известно, что хамса из районов с высокой соленостью заражена больше, чем таковая из районов с меньшей соленостью (Мосеян, 2021). У берегов Кавказа соленость достигает 13–15‰ (Дехник, 1954), у западного побережья Крыма 18‰ (Альтман, 1987). При этом температура воды в зимний период у берегов Кавказа выше на один градус, чем у западного побережья Крыма (Альтман, 1987).

За основу анализа особенностей зараженности хамсы в разных районах Черного моря, нами использованы данные о миграции рыбы как теплолюбивого вида, который нерестится летом. Хамса в конце лета начинает миграцию из Азовского моря (через Керченский пролив) к местам зимов-

ки, но особенностью (направлением) этих миграций является абиотический фактор, меняющийся из года в год, а именно ветра вдоль северных берегов Черного моря (Коснырев, 1996; Иванов, 2006). Если в осенний период преобладают западные ветра, то хамса мигрирует к берегам Кавказа, и далее в район северо-западного шельфа. При этом не вся хамса возвращается весной в Азовское море на нерест. Часть популяции остается нереститься и у южного берега Крыма, и у берегов Кавказа (Дехник, 1954; Данилевский, 1969). Происходит пересечение путей миграций азовского и северо-западного стад в местах зимовки у берегов Крыма, а также азовского и восточного стад к местам зимовки у берегов Кавказа (Данилевский, 1969). Это приводит к смешению особей хамсы из разных географических группировок, и, как следствие, к возникновению районных различий в зараженности рыбы *H. aduncum*. Также следует учитывать, что и черноморская хамса заходит через Керченский пролив весной в Азовское море, о чем свидетельствуют результаты лампарных и траловых съемок во время экспедиционных работ сотрудниками Азово-Черноморского филиала “Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии” (АЗНИРХ) летом и осенью 2019 г. Азовская хамса отличается от черноморской размером, цветом и плотностью мышечной ткани. Однако, велика вероятность, что черноморская хамса, попав в Азовское море с соленостью, отличающейся от черноморской воды (13.1–13.8‰) (Мосеян, 2021), переходит на другой рацион питания и через несколько месяцев превращается в азовскую. При этом в течение полугода резко снижается зараженность рыбы. Предположительно, аналогичный процесс происходит и с азовской хамсой, зимующей у берегов Крыма и Кавказа.

В зимний период хамса ведет малоподвижный образ жизни и мало питается, используя запасы жира, приобретенные в нагульный период. Это происходит и у берегов Кавказа, и у берегов Крыма. Тем не менее, даже при низкой интенсивности питания в зимний период хамса приобретает паразитов, в частности личинок *H. aduncum*. Показатели зараженности у берегов Крыма отличаются от таковых у берегов Кавказа. На наш взгляд, причина таких различий кроется в географических особенностях видовой разнообразия кормового зоопланктона, выполняющего функцию первого промежуточного хозяина в жизненном цикле нематоды на стартовом этапе. При этом, если данных о питании хамсы и видовом разнообразии кормового зоопланктона у берегов Крыма недостаточно (Современное..., 2003), то таковые о питании хамсы у берегов Кавказа очень скудные и не позволяют провести достоверный сравнительный анализ. По этой причине утвер-

ждение, что на различия в зараженности хамсы из разных районов Черного моря (у Крыма и Кавказа) влияет географическая особенность рациона питания, пока остается только предположением, требующим дальнейшего исследования.

Таким образом, были выделены три основных фактора, обуславливающие региональные различия зараженности хамсы: 1) показатели зараженности хамсы из разных группировок в Черном море зависят от сезона календарного года и соответствуют этапам жизненного цикла (преднерестовые миграции, период нереста, постнерестовые миграции, миграции к местам зимовки); 2) в разных районах Черного моря рацион питания хамсы отличается по видовому составу кормового зоопланктона, что определяет интенсивность и качество передачи инвазионного начала от первого промежуточного хозяина паразита ко второму промежуточному—дополнительному (планктофагу); 3) абиотический фактор — сезонные направления движения воздушных масс, в значительной степени влияющих не только на формирование термохалинных полей у северных черноморских берегов, но и определяющих направление миграции хамсы к местам зимовки.

Выводы. Выявлены различия показателей интенсивности инвазии: двухлетки у берегов Крыма более заражены, чем у берегов Кавказа, трехлетки у берегов Кавказа более заражены, чем таковые у берегов Крыма. Не зафиксировано различий значений ЭИ у двухлеток в исследованных районах, однако ЭИ у трехлеток у берегов Крыма в 2.5 раза превышает таковую трехлеток у берегов Кавказа. Существенные различия значений ИО выявлены у старшей возрастной группы. Так, трехлетки из акватории у берегов Крыма в 2.5 раза больше заражены, чем трехлетки у берегов Кавказа. Региональные различия зараженности хамсы из исследованных районов зависят от периода отбора проб и направления движения воздушных масс, обуславливающие пути миграции хамсы к местам зимовки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам и членам экипажей судов Южной рыболовеческой компании под руководством Ю.П. Линник и П.Ю. Линник за предоставленный материал для исследования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках Научно-исследовательских работ (номера гос. регистрации 121030100028-0, 121041400077-1, 121040600178-6).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Альтман Э.Н., Гертман И.Ф., Голубева З.А. 1987. Климатические поля солености и температуры воды Черного моря // Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Севастополь: Гос. океанограф. ин-т.
- Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб: руководство по изучению. Л.: Зоол. ин-т АН СССР.
- Гаевская А.В. 2005. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика.
- Данилевский Н.Н., Камбуров Т.Г. 1969. К изучению распределения анчоусов азово-черноморского бассейна при помощи овоцито-паразитологического метода // Вопр. ихтиологии. Т. 9. Вып. 6 (59). С. 1118.
- Дехник Т.В. 1954. Размножение хамсы и кефали в Черном море // Тр. ВНИРО. Т. 28. С. 34.
- Завьялов А.В. 2006. Особенности развития *in vitro* яиц черноморской нематоды *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) // Проблемы биологической океанографии XXI века: Тез. междунар. науч. конф., посвящ. 135-летию Института биологии южных морей (19–21 сентября 2006 г.). Севастополь. С. 145.
- Завьялов А.В. 2007. Особенности размножения и развития черноморской нематоды *Hysterothylacium aduncum* (Rud., 1802) // Заповедники Крыма-2007: Матер. 4-й междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию проведения междунар. семинара “Оценка потребностей сохранения биоразнообразия Крыма” (Гурзуф, 1997) (Симферополь, Крым, 2 ноября 2007 г.). Ч. 2: Зоология. Симферополь. С. 53.
- Завьялов А.В. 2016. Структурно-функциональная организация паразитарной системы нематоды *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Ascaridata) на ценоотическом уровне в условиях морских биоценозов крымского побережья // Экологические и эволюционные механизмы структурно-функционального гомеостаза живых систем: Матер. XIV междунар. науч.-практ. экологической конф. 4–8 октября 2016 г., Белгород: ИД “Белгород” НИУ “БелГУ”. С. 58.
- Загородняя Ю.А., Павловская Т.В., Морякова В.К. 2003. Современное состояние зоопланктона у берегов Крыма // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор). Гл. 2. Севастополь: Ин-т биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. С. 49.
- Зув Г.В. 2014. Внутривидовая дифференциация и распространение европейского анчоуса *Engraulis encrasicolus* (L.) (Engraulidae: Pisces) в Черном и Азовском морях // Морской экол. журн. Т. 13. № 3. С. 19.
- Иванов В.А. 2006. Гидрологический и гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменение под действием климатических и антропогенных факторов. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика.
- Коснырев В.К., Михайлова Э.Н., Станичный С.В. 1996. Апвеллинг в Черном море по результатам численных экспериментов и спутниковым данным // Морской гидрофиз. журн. № 5. С. 23.
- Матковский А.К., Красноперова Т.А. Рост муксуна *Coregonus muksun* в различных условиях водности

- Объ // Биология внутр. вод. 2022. № 3. С. 278.
<https://doi.org/10.31857/S0320965222030147>
- Мосян Г.В., Дудкин С.И., Стрижакова Т.В. 2021. Оценка зараженности хамсы *Engraulis encrasicolus* нематодой *Hysterothylacium aduncum* // Рыбн. хоз-во. № 6. С. 25.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть.
- Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма: (черноморский сектор): 2003 // НаН Украины. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика.
- Темных А.В. 2018. Видовая хорологическая структура мезопланктона Северной части Черного моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь.
- Чугунова Н.И. 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). М.: Изд-во АН СССР.
- Adroher E.J., Malagon D., Valero A. et al. 2004. In vitro development of the fish parasite *Hysterothylacium aduncum* from the third larval stage recovered from a host to the third larval stage hatched from the egg // Dis. Aquat. Organ. V. 58 (1). P. 41.
- Iglesias R., Valero A., Galvez L. et al. 2002. In vitro cultivation of *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) from 3-stage larvae to egg-laying adults // Parasitology. V. 125 (5). P. 467.
- Koie M. 1993. Aspects of the life cycle and morphology of *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda: Ascaridoides, Anisakidae) // Can. J. Zool. V. 71 (7). P. 1289.
- Yoshinaga T., Ogawa K., Wakabayashi H. 1987. Experimental life cycle of *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Anisakidae) in fresh water // Fish Pathol. V. 22 (4). P. 243.

Regional Differences in the Infection of the European Anchovy *Engraulis encrasicolus* with the Nematode *Hysterothylacium aduncum* in the Winter Period of the Crimea and the Caucasus Coasts

A. V. Zavyalov¹, *, Ju. V. Samotoi¹, and E. N. Sibirtsova¹

¹ *Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia*

*e-mail: andrej-zavyalov@yandex.ru

The main indicators of infestation of European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) with larvae of the nematode *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) in winter were studied in two areas of the Black Sea: off the coast of Crimea and the Caucasus. Regional differences in the indicators of invasion intensity and abundance index in two-year-old and three-year-olds were revealed. When analyzing the values of the extensiveness of invasion, no significant differences were found. Three main factors that determine regional differences in anchovy infestation in the studied areas are analyzed.

Keywords: anchovy, *Hysterothylacium aduncum*, life cycle, diet, invasion, migration, Black Sea