



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ЗИН РАН

чл.-корр. РАН, д.б.н. Н.С. Чернецов

« 21 » сентября 2023 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Зоологический институт Российской академии наук» на диссертацию

**Гринцова Владимира Андреевича**

«Амфиподы (Crustacea, Amphipoda) Чёрного и Азовского морей: биология, фаунистика, экология», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 - «гидробиология» в диссертационный совет Д 900.009.01, созданный на базе ФГБУН Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (ФИЦ ИнБЮМ) по адресу: 299011, Севастополь, пр. Нахимова, д. 2.

Исследование амфипод Чёрного и Азовского морей является крайне актуальным в современной гидробиологии и экологии. Экосистемы морей становятся все более уязвимыми, и понимание роли амфипод в них является важным компонентом для устойчивого управления морскими ресурсами и сохранения биоразнообразия. Амфиподы, как ключевые участники морских биоценозов, влияют на пищевые цепи, биологические циклы и состояние грунтов. Они также используются в экологических исследованиях для оценки качества морской среды. Несмотря на некоторые работы, их биология и экология в Чёрном и Азовском морях требуют более глубокого изучения, учитывая изменения, происходящие в этих морях под влиянием деятельности человека. Таким образом, изучение амфипод в данной области крайне актуально, поскольку оно способствует лучшему пониманию функционирования морских экосистем и помогает разрабатывать более эффективные подходы к их управлению и сохранению.

**Актуальность темы исследования** обусловлена важностью детального анализа биологического разнообразия и структуры водных экосистем Чёрного и Азовского морей, как внутренних и наиболее подверженных антропогенной нагрузке. В настоящее время необходимо более глубокое понимание процессов,

протекающих в морских экосистемах, и, следовательно, изучение роли таких ключевых компонентов морей как амфиподы, становится невероятно востребованным. Объекты исследования диссертанта являются участниками пищевых цепей, как ценные кормовые объекты для морских рыб и беспозвоночных, утилизаторами органического вещества, паразитами, что делает их неотъемлемой частью морских экосистем. Кроме того, амфиподы применяются в качестве индикаторов для оценки состояния грунтов и чистоты морских донных отложений, что имеет большое значение при мониторинге экологического состояния. В свете сказанного, актуальность исследования биологии, фаунистики и экологии амфипод, особенно в контексте Чёрного и Азовского морей, становится очевидной. Региональные особенности и изменения в составе амфипод в этих морях дополняют общее представление о морских экосистемах. Следует также отметить, что, несмотря на многолетние исследования в области таксономии и фаунистики амфипод Чёрного и Азовского морей, детальное изучение их биологии, экологии и функционирования в морских биотопах остается ограниченным. Эта неравномерность в разработке темы подчеркивает важность проведения комплексных исследований, представленных в данной диссертации.

**Научная значимость** и оригинальность данной работы заключаются в ряде ключевых достижений. Впервые была проведена полная инвентаризация таксономического состава амфипод в Чёрном и Азовском морях, итогом которой стало выявление 143 видов. В рамках исследования было обнаружено 3 новых вида, которые до этого не были известны науке. Кроме того, 6 видов и 2 рода были впервые зарегистрированы для Чёрного моря, а 4 вида были впервые зафиксированы для северного региона Черного моря. Другими важными достижениями в анализе структуры амфипод как элементов морских сообществ в Чёрном и Азовском морях было изучение соотношения самцов и самок, а также взрослых особей и молоди ряда массовых видов. Впервые установлены тенденции изменения качественных и количественных показателей экологических групп, экоморф и жизненных форм амфипод на примере их адаптаций к поселению в сообществах двустворчатых моллюсков - мидий и митилястеров. Кроме того, в ходе исследования были выявлены особенности морфологии амфипод пяти экологических групп, включая трубкожил, перфораторов, комменсалов, мезопсаммофилов и кривосинитов.

Важно также отметить, что полученные материалы по фаунистике, морфологии, биологии и экологии амфипод могут быть весьма полезными при разработке учебных курсов по гидробиологии, экологии и охране природы, что делает данную работу актуальной и в образовательном контексте. На практике

результаты исследования экологии и биологии массовых видов амфипод из семейств Gammaridae и Ischyroceridae могут быть применены в рыбоводческих хозяйствах, а данные о роде *Echinogammarus* использованы для выбора амфипод в качестве тестовых объектов при оценке качества среды в экологических исследованиях.

Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, выводов и списка литературы из 412 источников. Объем диссертации составляет 435 страниц, включая «Приложение».

По теме диссертации опубликовано 53 работы, из которых 25 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и 6 монографиях.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений** исследования основаны на многолетних систематических исследованиях, проводимых по стандартизированным методикам, принятым в гидробиологии, на использовании методов математической статистики при обработке полученных результатов и исчерпывающем критическом использовании публикаций других авторов по теме исследования. Выводы соответствуют задачам исследования и обосновано вытекают из первичных данных и методов их анализа. Материалы диссертации были представлены на международных, всероссийских и региональных конференциях.

**Во введении** (6 стр.) автором изложена актуальность и степень разработанности изученной темы, достаточно четко определена цель работы и 5 задач, которые проясняют направления исследования. Сформулировано 4 защищаемых положения, раскрывающих важнейшие стороны диссертационной работы, отмечена научная и практическая значимость.

**В первой главе** (4 стр.) автором лаконично приведен исчерпывающий очерк отечественных и зарубежных источников по таксономическим, фаунистическим, экологическим, биологическим и генетическим исследованиям амфипод Чёрного и Азовского морей за период с 1837 г. по настоящее время. Анализ позволил отметить белые пятна тематики и выделить проблемы, которые прежде не освещались или затрагивались частично.

Прежде всего это относится к адаптивной морфологии двух наиболее крупных экологических групп амфипод-трубкожилов и амфипод-кривосинитов, к особенностям формирования биоразнообразия амфипод и количественных показателей этих групп в некоторых обширных прибрежных биотопах: на границе раздела пляжей, скоплений водорослей на дне (водорослевых матах).

**Во второй главе** (9 стр.) описан район исследований и приведены основные методы качественных и количественных сборов фаунистического материала,

консервации проб, а также методы статистической обработки данных. Подробно излагается методика выделения экологических групп, экоморф и жизненных форм, на основе чего автору в последующих главах удалось проследить пути приспособления амфипод Чёрного и Азовского морей к различным условиям обитания. *Приведенные схемы облегчают восприятие подхода автора и способствуют анализу адаптивных признаков изученных животных в различных биотопах и сообществах.*

**В третьей главе** (8 стр.) проведена ревизия таксономического состава амфипод Чёрного и Азовского морей, приведен анализ разнообразия и распределения видов. Показано, что фауна амфипод Чёрного и Азовского морей включает 143 вида, относящихся к 66 родам 26 семействам 3 подотрядам. Следует особенно отметить вклад молекулярной составляющей в описания новых видов. Часть сравнительного материала, к сожалению, никак не отраженного в автореферате, свидетельствует об изменении разнообразия в Азовском море после работы И.И. Грезе (Грезе, 1985) и представляется не менее интересной. Автор также провел сравнение между Чёрным и Средиземным морями, а затем между Чёрным и Азовским, отмечая, что Азовское море имеет значительно меньшее разнообразие амфипод, причиной которого он видит распреснение. Автор подчеркивает изменения в таксономической структуре амфипод с течением времени, что, по его мнению, близко к среднеожидаемому вариабельности структуры таксономического дерева обоих водоемов.

Показанные в данной главе результаты хорошо обоснованы и их достоверность не вызывают сомнений.

**В четвертой главе** (15 стр.) соискателем рассматриваются формирование и хорология фаунистического состава амфипод Чёрного и Азовского морей. Показано, что сложившееся к настоящему времени видовое разнообразие амфипод в районах исследования есть результат влияния ряда условий – прежде всего пониженная соленость и зараженность основной массы водной толщи сероводородом. Дополнительно к ним на видовое разнообразие влияют антропогенная деятельность, приводящая к интродукции новых видов, состояние изученности, а также история формирования Чёрного и Азовского морей. Автор приходит к выводу, что все вышеуказанные параметры и факторы способствуют стабильности числа видов амфипод не относящихся к понто-каспийским видам, и это отражается в близких значениях их количеств в 1977 г. (72 вида) и в 2011 г. (80 видов). Наличие крупных рек с выраженными эстуариями обеспечивает стабильность соотношения понто-каспийских и других групп амфипод.

По регионам Чёрного моря видовое разнообразие сложилось вследствие специфики абиотических факторов и параметров (соленость, течения, соотношение твердых и рыхлых субстратов, наличие эстуариев крупных рек, специфики наклона

дна в прибрежной части моря). Например, соленость ограничивает расселение 17 видов амфипод только у берегов Турции.

Поскольку распределение амфипод по акватории Чёрного и Азовского морей тесно связано с возможностью их адаптации к среде обитания, то автор посчитал логичным в следующей главе проанализировать морфологические адаптации.

В пятой главе (116 стр.) анализируются особенности морфологии тела и придатков амфипод изучаемого региона, и обосновывается выделение экологических групп, экоморф и жизненных форм. Одним из ключевых выводов этой главы является разделение амфипод на 5 экологических групп: трубкожилы, кривосиниты, комменсалы, мезопсаммофилы и перфораторы.

Автор рассматривает связь жизненных форм разных групп амфипод со средой обитания и их соответствующее географическое распространение в Мировом океане. Анализируется зависимость ареалов от двух важных составляющих: а) распространенности того ресурса, который является лимитирующим для той или иной жизненной формы или экоморфы; б) степени приспособленности к тому или иному типу сообществ. Установлено, что 30% видов обитают на различных субстратах, 6% – сожители различных беспозвоночных и живущие в ходах внутри макрофитов и древесины. 21% – виды, предпочитающие макрофиты и 43% – виды, предпочитающие детрит на рыхлом осадке или сам рыхлый осадок.

Показано, что в случае широкой представленности лимитирующего ресурса даже относительно узкоспециализированная экоморфа или жизненная форма присутствует в различных сообществах. Широкому распространению будет способствовать и отсутствие адаптаций к определенным условиям обитания, что может препятствовать свободному перемещению в пространстве, ослаблять ту или иную важную функцию в каком-либо сообществе и способствовать привлечению хищников.

Внимание автора к морфологическому разделу достойно высокой оценки, однако эта глава занимает 116 страниц текста диссертации и выглядит перегруженной первичными фактическими данными, которые можно было бы переместить в Приложение.

**В шестой главе** (84 стр.) рассматриваются видовой состав, экологические характеристики, таксономическое своеобразие, качественные и количественные показатели амфипод перифитона у берегов Крыма.

В перифитоне побережья полуострова автором отмечено 86 видов макрофитов и 189 видов беспозвоночных. Хотя условия формирования перифитона разные, соотношение видов между таксонами стабильно, а амфиподы – наиболее богатый видами отряд (всего 42 вида).

Для береговых субстратов не выявлено какой-либо связи суммарной плотности амфипод и количества видов. Зависимости суммарной плотности амфипод от показателей макрофитов (биомассы, числа видов, индекса полидоминантности, индекса равномерности «J») также не выявлено, хотя общее распределение амфипод в перифитоне агрегировано.

На подвешенных в толще воды конструкциях, где преобладают макрофиты, по максимальной плотности и доле от суммарной плотности лидирует *C. acanthifera* – типичный обитатель макрофитов. В случае преобладания моллюсков абсолютным доминантом становится *J. marmorata* – характерный для перифитона искусственных конструкций.

В перифитоне побережья Крыма таксономическое своеобразие амфипод соответствует таковой для всего Чёрного моря, но вариабельность таксономического своеобразия ( $\Delta$ +) ниже, что указывает на ограничения в выживании, прежде всего форм, требующих наличия рыхлых донных осадков.

Сравнение максимальной плотности популяции видов между вариантами сочетаний биомассы мидий и макрофитов показало, что подавляющее большинство видов имеют более высокую максимальную плотность в варианте с преобладанием биомассы водорослей.

**В седьмой главе** (92 стр.) анализируются экологические группы амфипод в перифитоне побережья Крыма. Из всех выделенных в Черном и Азовском морях групп (трубкожилы; кривосиниты; мезопсаммофилы; перфораторы; комменсалы) в перифитоне Черного моря отмечены почти исключительно две – трубкожилы и кривосиниты, а также незначительно представленные на крупных бурых макрофитах и древесине – перфораторы. Всего в водоеме обитает 27 видов трубкожилов, и почти вдвое больше – кривосинитов.

Трубкожилы отличаются малоподвижным образом жизни, предпочитая не удаляться далеко от построенной трубки, и на пригодном субстрате образуют достаточно плотные поселения. Кривосиниты, напротив, активно перемещаются по субстрату, прячутся в каких-либо микро-углублениях и маскируются под соответствующий субстрат.

В пределах перифитона береговых субстратов при разных сочетаниях биомассы мидий и макрофитов не выявлены отличия по видовому составу обеих групп; степени выравненности обилия видов и суммарной плотности кривосинитов. При этом биомасса макрофитов положительно влияет на суммарную плотность амфипод обеих экологических групп в перифитоне береговых субстратов только в вариантах с преобладанием биомассы мидий или в случае с преобладанием биомассы макрофитов над таковой для мидий.

В пределах перифитона подвешенных в толще воды конструкций при разных сочетаниях биомассы мидий не выявлены отличия по спискам видов обеих групп и значениям индекса полидоминантности.

Среди амфипод водорослевых матов выделен один абсолютный доминант – *G. Insensibilis*, а в интерстециали галечно-песчаных пляжей несколько видов рода *Echinogammarus* (*E. foxi*, *E. ischnus*, *E. karadagiensis*).

**В восьмой главе** (15 стр.) анализируются особенности видового состава и количественных показателей амфипод в зависимости от условий обитания. Амфиподы в Чёрном море ограничены диапазоном глубины обитания от 0 м до 184 м, но до предельной глубины опускаются только 5 видов. Также выделяется группа супралиторальных видов, обитающих в скоплениях водорослей или песке на пляжах. Подавляющее большинство видов ограничены зонами инфралиторали и циркулиторали. Аргументируется, что амфиподы, жестко приуроченные к сообществам твердых субстратов или организмам, более ограничены по диапазону глубины, чем виды, живущие в различных биотопах или обитающие на рыхлых субстратах.

Амфиподы отмечены во всех биотопах прибрежной зоны Чёрного и Азовского морей, наиболее обширными из которых являются рыхлые грунты, водоросли и перифитон. В последнем обнаружено наибольшее количество видов, однако их таксономическое разнообразие ниже, чем для амфипод Чёрного моря в целом вследствие отсутствия некоторых семейств.

Демонстрируется, что биотопы и сообщества побережья Чёрного и Азовского морей весьма неравномерно заселены амфиподами. Наименее благоприятными средами для них является зона заплеска галечно-песчаных пляжей и сообщества с доминированием руппии.

Подводя итог, автор отмечает, что наибольшее количество видов зарегистрировано для перифитона и водорослевых сообществ с относительно стабильными условиями обитания, наличием множества микроубежищ и различной пищи, что обеспечивает амфиподам наибольшее выживание. В противоположность этому, отсутствие макрофитов в перифитоне создает для амфипод наиболее экстремальную среду, где мало пищи и недостаточное количество убежищ.

Показано, что трубкожилы выработали эффективные приспособления для выживания в перифитоне и водорослевых сообществах, но уязвимы в биотопах с постоянным истирающим воздействием субстрата, присутствием крупных хищных амфипод или недостаточным количеством убежищ. Кривосиниты, оказались более приспособлены к выживанию в вышеуказанных средах, малопригодных для трубкожилов.

Таким образом, **основными результатами диссертации** можно считать следующие:

1. Выполнена полная инвентаризация таксономического состава амфипод Чёрного и Азовского морей (143 вида).
2. Обнаружены 3 новых для науки вида, 6 видов и 2 рода впервые зарегистрированы для Чёрного моря, а 4 вида – впервые для его северного региона.
3. Проанализировано соотношение самцов и самок, а также взрослых особей и молоди для ряда массовых видов амфипод в Черном море.
4. Выявлены качественные и количественные показатели, направленность их изменений для экологических групп, экоморф и жизненных форм бокоплавов в донных сообществах Чёрного и Азовского морей.
5. Определены особенности морфологии амфипод пяти экологических групп: трубкожилы, перфораторы, комменсалы и мезопсаммофилы и кривосиниты.
6. Установлено, что первые четыре группы специфическим образом используют придатки для, того, чтобы прятаться от хищников и избегать других неблагоприятных воздействий, а пятая этого не делает, предпочитая обычное избегание.

Следует подчеркнуть, что полученные в диссертации результаты представлены большей частью последовательно и изложены достаточно логично. Вместе с тем работа не лишена ряда недочетов и упущений.

- 1) Непонятно, почему автор именуется индекс Чекановского-Серенсена (Czekanowski, 1900; Sorensen, 1948; Песенко, 1982) индексом Брея-Кертиса (Bray, Curtis, 1957), который появился гораздо позже первого. Даже авторы известного в России руководства (Clarke, Warwick, 2001) признают, что это одно и то же.
- 2) Авторство термина «трубкожил» действительно принадлежит известному ученому (Грезе, 1977, 1985), но, по аналогии с названием морского червя «пескожил», живущего внутри практически косного для него субстрата, данное понятие может указывать на то, что амфиподы также живут среди каких-то трубок, а не строят их сами. Поэтому лучше набраться смелости и в дальнейшей работе использовать более логичный термин – «трубкостроющий», по аналогии с применяемым большинством специалистов по группе полихет, тем более, что, по мнению авторов старых толковых словарей русского языка (Брокгауз Ф.А. и Ефрон И.А.; Ефремова Т.Ф.; Ушаков Д.Н.), термин «трубкожил» давно уже зарезервирован для конкретного обозначения морских, строящих хитиноподобные трубки, червей рода *Chaetopterus*.

- 3) Использование термина «идиоадаптация», вызывающего многочисленные споры в биологии, не корректно, это эволюционное понятие, а не экологическое. Автор заменяет этим термином словосочетание «комплекс адаптаций характерных для конкретного ныне живущего вида в определенных экологических условиях». Несмотря на то, что автор уделил несколько начальных страниц пятой главы терминологии, он не всегда корректно использует термины, переходя на обиходные словосочетания «идиоадаптации приспособлены» стр. 116 или «идиоадаптации различных экологических групп» стр. 5.
- 4) Для рисунков, аналогичных по содержанию рис. 50, и для их обсуждения очень не хватает показателей  $Chao1(2)$  или ACE.
- 5) Недопустимо для сравниваемых рисунков с близким графическим и смысловым содержанием на одной и той же панели (рис. 57, 82, 95) использование разных шкал (линейная и логарифмическая).
- 6) Главы 5-7 трудно читаемы из-за чрезмерного объема, недостаточно четкого структурирования данных и многочисленных однообразных рисунков. При этом создается полное впечатление, что главы 6 и 7 по сути своей представляют единый очень большой информационный массив, вынужденно разделенный надвое.
- 7) В тексте рукописи присутствует довольно большое количество орфографических, грамматических и синтаксических ошибок. Например, последнее предложение в заключении к главе 1 стр.13 теряет смысл из-за пропущенных букв и нарушенной последовательности слов. Заголовок 5.1 имеет опечатку, которая автоматически переходит в оглавление.
- 8) Рассуждая о хищном бокоплаве рода *Gammarus* в последнем абзаце «Заключения» следовало бы указать видовое название рачка.

Высказанные замечания не снижают достоинств диссертационной работы, и ее основные положения достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях диссертанта.

**Заключение.** Диссертационная работа Гринцова Владимира Андреевича «Амфиподы (Crustacea, Amphipoda) Чёрного и Азовского морей: биология, фаунистика, экология» представляет собой законченную фундаментальную работу, в которой на основании выполненных автором исследований выявлены структурные и функциональные характеристики амфипод Чёрного и Азовского морей, проанализированы многолетние изменения разнообразия этой группы, по итогам которых работу можно квалифицировать как серьезное научное достижение, имеющее важное практическое и хозяйственное значение.

Диссертация В.А. Гринцова соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по действующему «Положению о порядке присуждения ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 18.03.2023), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.16 – гидробиология.

Отзыв на диссертацию заслушан и утверждён на семинаре Лаборатории морских исследований ЗИН РАН. Присутствовали на заседании 15 человек. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 (протокол №0923 от 21 сентября 2023 г., секретарь собрания – старший научный сотрудник Лаборатории морских исследований, кандидат биологических наук С.Ю. Гагаев).

Главный научный сотрудник  
Лаборатории морских исследований ЗИН РАН,  
заведующий лабораторией  
доктор биологических наук  
(03.02.10 – гидробиология),  
Денисенко Станислав Григорьевич

Старший научный сотрудник  
Лаборатории морских исследований ЗИН РАН  
Кандидат биологических наук  
(03.00.08. – зоология),  
Солдатенко Елена Владимировна

