

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института
биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина
Российской академии наук (ИБВВ РАН),
д.б.н., профессор



Крылов Александр Витальевич
21 сентября 2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию А.В. Мельник

**«ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В
ПРИБРЕЖНЫХ И ГЛУБОКОВОДНЫХ РАЙОНАХ ЧЁРНОГО МОРЯ»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 1.5.16 – Гидробиология

Исследования динамики процессов, структуры и функционирования сообществ гидробионтов – одна из актуальных задач гидробиологии. Представленная диссертационная работа посвящена изучению пространственно-временной изменчивости структуры поля биолюминесценции в прибрежных и глубоководных районах Чёрного моря в условиях влияния приоритетных факторов среды. Актуальность работе придает также поиск и апробация индикаторных показателей состояния водных экосистем. Среди таких показателей биолюминесценция занимает особое место, однако до конца не изучено ее ярусное и горизонтальное распределение, условия возникновения, сезонные изменения. Проведенное исследование раскрывает ряд актуальных вопросов, связанных с особенностями генерации и структуры полей биолюминесценции в прибрежье и глубоководных участках моря, динамики характеристик биолюминесценции, что имеет важное значение для определения закономерностей функционирования планктонных сообществ и факторов, оказывающих приоритетное влияние на их пространственно-временную изменчивость.

Автором четко определена цель работы и сформулировано пять задач, необходимых для ее достижения. Александр Валерьевич самостоятельно определил методы исследований, в 2015–2021 гг. принял участие в 11 научных экспедициях, в ходе которых выполнил около 6000 зондирований в прибрежных и глубоководных участках моря, провел детальный анализ архивных и собственных материалов, на основании чего опубликовал основные результаты в научных изданиях. Среди достижений автора необходимо назвать ключевое участие в разработке прибора, обеспечившего возможность исследования всей толщи кислородного слоя, в разработке программного обеспечения, а также активное участие в оцифровке и создании базы данных по биолюминесценции за весь период исследований в Чёрном море.

Структура диссертации. Структура диссертации соответствует заявленной цели и задачам исследования. Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, выводов и списка использованной литературы (185 источников, в числе которых 39 на английском языке), содержит 131 страницу основного текста, 5 таблиц, 56 рисунков, 1 приложение.

Научная новизна и теоретическое значение. В ходе работы получены новые научные данные и заключения, имеющие важное теоретическое значение для гидробиологии. В частности, проведение тотальных исследований в кислородной зоне Чёрного моря позволило установить, что поля биолюминесценции наблюдаются и в фотическом слое, и в зоне редоксклина. Автором впервые продемонстрировано основное отличие полей биолюминесценции прибрежных и глубоководных зон Чёрного моря, которое проявляется в том, что их средние профили в неритических водах одномодальные, а в глубоководных – бимодальные. Установлен факт наличия противофазы динамики биолюминесценции в фотическом и глубинном слоях. Показано, что в глубоководных районах появляется дополнительный пик свечения в зоне редоксклина, где в составе планктона отмечен вид-вселенец *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865. Выявлено существенное изменение интенсивности свечения вод в прибрежных районах, связанное с массовым

развитием теплопроводных гребневиков из числа видов-вселенцев – *M. leidyi* и *Beroe ovata* Mayer, 1912, причем, в условиях преобладания первого биолюминесценция уменьшается, второго – усиливается. Следовательно, результаты работы вносят существенный вклад в теоретические аспекты биолюминесценции, раскрывающие ряд закономерностей ее пространственно-временной изменчивости.

Практическая значимость. В ходе работ создан новый тип батифотометра для исследования всей толщи кислородной зоны, подготовлено оригинальное программное обеспечение для реляционной базы данных. Весь комплекс данных по биолюминесценции в сочетании с данными по гидрохимии, гидрологии и планктону весьма значимы при изучении мелкомасштабной, мезомасштабной, синоптической и климатической изменчивости морских экосистем.

Общая характеристика диссертации

Во **Введении** автор обосновывает актуальность исследования, выделяя ключевые проблемы, связанные с изучением биолюминесценции в акватории Черного моря, формулирует цель и задачи работы, ее научную новизну, защищаемые положения, теоретическое и практическое значение, представляет сведения об апробации результатов и личном вкладе.

В разделе 1 представлена история изучения планктона и биолюминесценции в Чёрном море. Приведенные данные подробно знакомят с основными этапами исследований, начиная с 19-го века и до наших дней, а также используемой приборной базе. Содержание раздела свидетельствуют о ряде нерешенных вопросов, которые составили суть диссертационной работы.

В разделе 2 описаны материалы и методы исследования. В работе использован обширный массив данных, включающий богатые материалы (10712 зондирований и более 1 000 000 измерений, непосредственно автором – на 300 станциях 6 000 зондирований и более 500 000 измерений), собранные в 45 научных рейсах в 1974–2021 гг. Высокое качество первичного материала обеспечено использованием современной аппаратуры гидробиофизических и

гидробиологических комплексов. Данные по биолюминесценции получены с помощью погружных биофизических комплексов «Сальпа», «Сальпа М» и «Сальпа МА+». Также в разделе представлен принцип работы созданной базы данных, позволяющей проводить обобщение, систематизацию, статистический анализ и визуализацию информации по биолюминесценции и показателям окружающей среды. Отдельно необходимо отметить проведение не только полевых, но и экспериментальных работ по биолюминесценции на борту экспедиционного судна.

В разделе также представлен комплекс различных форм математической обработки полученных данных с использованием методов одномерной и многомерной статистики.

В подразделе 1 **раздела 3** представлена пространственно-временная динамика интенсивности полей биолюминесценции в прибрежной зоне Черного моря. В частности, описана структура полей, суточная и сезонная динамика. Отдельно даны результаты сезонного мониторинга на трех станциях в районе г. Севастополь. В подразделе 2 описаны результаты изучения полей биолюминесценции в глубоководной зоне, в частности, представлена их структура, структура водных масс и биолюминесценция, биолюминесценция у редоксклина и состав зоопланктона.

Результаты исследования подтвердили, что пики биолюминесценции в неритической зоне наблюдаются в весенний и осенний сезоны за счет свечения динофлагеллят, а вертикальное распределение в теплый период года характеризуется пиком в середине термоклина. Одномодальный пик поля биолюминесценции в слое термоклина характерен для ночного времени, в дневное время она отсутствовала. Показано, что в летний сезон максимум полей биолюминесценции характерен для вод северо-западной части моря и в прибрежья западного Крыма. Показано, что увеличение интенсивности поля биолюминесценции в феврале и марте связано с обогащением поверхностных вод биогенными элементами, а также повышением содержания органического вещества.

В глубоководных районах описана бимодальная структура профилей билюминесценции, ее пики в слое термоклина и у нижней границы кислородной зоны. Показано, что распределение зоопланктона в слоях зоны редоксклина приурочено к горизонтам с ярко выраженным содержанием растворенного кислорода.

Весьма интересны результаты видеонаблюдения, которое показало, что плевробрахии совершают вертикальные суточные миграции в пределах 30–75 м. Суточные наблюдения профилей билюминесценции выявили ночной максимум свечения в верхнем квазиоднородном слое. Дневной пик свечения в зоне редоксклина отмечен на глубине 72 м. Необходимо отметить описание суточных миграций светящихся гребневиков, которые днем формируют слой над редоксклином и над плотным слоем веслоногих ракообразных.

В разделе 4 описаны результаты детальных исследований билюминесценции гребневика *Pleurobrachia pileus* (O.F. Müller, 1776). Результаты проведенных экспериментов убедительно продемонстрировали создание нижнего пика билюминесценции слоями плевробрахий в зоне редоксклина. Получение этих результатов, как справедливо отмечает автор, открывает новые возможности использования билюминесцентных методов для оперативного определения глубины дневных слоев зоопланктона.

В разделе 5 рассмотрен важнейший вопрос о роли видов-вселенцев в билюминесценции Черного моря. В подразделе 1 представлены данные по динамике факторов среды, способствующих успешной натурализации видов-вселенцев. В подразделе 2 описаны билюминесцентные характеристики жизнедеятельности двух видов-вселенцев – *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata*, которые до настоящего времени подробно не изучены. Детальный анализ показал, что наблюдаются существенные изменения интенсивности свечения вод, связанные с массовым развитием тепловодных гребневиков-вселенцев, отмечены вспышки билюминесценции в летний сезон, показаны сдвиги сезонной интенсивности полей билюминесценции в условиях аномальных изменений ветров и температуры воды.

В Заключение автор кратко резюмирует основные результаты исследовательской работы, справедливо выделяя открытие биолюминесценции вод у нижней границы кислородной зоны в Чёрном море. Это, наряду с разработанными с участием автора методами и приборами, создает реальные перспективы дальнейших исследований и выявления закономерностей формирования структуры и функционирования морских экосистем.

На основе проделанной работы сделано пять **выводов**, которые отражают успешное решение поставленных задач и достижение цели исследований.

Какие-либо критические вопросы по сути работы отсутствуют. Имеется ряд замечаний. Цель работы (Определить основные тенденции изменчивости структуры поля биолюминесценции в прибрежных и глубоководных районах Чёрного моря) не вполне соответствует содержанию. В работе представлены не «тенденции изменчивости», а ряд закономерностей формирования полей биолюминесценции. Отсутствует информации о проверке нормальности распределения перед использованием параметрических методов. Практически не указаны годы, сезоны и даты исследования биолюминесценции автором, даже в подписях к рисункам этой информации нет, лишь в разделе 3.1.4. отмечено, что сезонная изменчивость интенсивности ПБ проводилась ежемесячно в 2011 г. В дальнейшем необходимо учесть то, что при цитировании данных других авторов необходимы соответствующие ссылки, в том числе в иллюстрациях и таблицах (даже если эти данные не опубликованы). В разделе 3.1.3. описан анализ сезонной изменчивости с 2000 по 2021 гг., но не указано, чьи данные использованы в анализе за 2000-е годы. В разделе 5.1 не указано, данные каких спутников анализировали и откуда их брали. На рис. 53 не указано, что показывают графики *a–e*. Надписи по осям плохо читаются. В приложении рисунки представлены без подписи и каких-либо обозначений.

Однако данные замечания не снижают высокой оценки исследования и ценности полученных результатов. Необходимо учесть их при оформлении дальнейших публикаций.

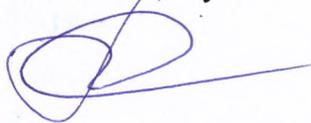
Заключение

Диссертация А.В. Мельника – законченное научное исследование, выполненное на основе богатого первичного материала, проанализированного и описанного на высоком профессиональном уровне. Актуальность темы исследования, новизна полученных результатов, основная часть которых апробирована на конференциях и представлена в 9 научных работах, среди которых 3 статьи в специализированных научных изданиях, рекомендованных ВАК России, перспективы дальнейшего использования данных и разработанных при участии автора приборов и методов (оформлено 6 патентных свидетельств), свидетельствует об успешном выполнении работы.

Диссертация полностью соответствует всем критериям, установленным в пп. 9–14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О Порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Александр Валерьевич Мельник **заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16 – гидробиология.**

Отзыв рассмотрен на собрании лаборатории экологии водных беспозвоночных Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук 12 сентября 2022 г., протокол № 4. Присутствовали 25 чел. Голосование: «за» – единогласно.

Главный научный сотрудник лаборатории экологии водных беспозвоночных
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина
Российской академии наук,
доктор биологических наук



Лазарева Валентина Ивановна

152742, п. Борок, Ярославской обл., Некоузского района
ФГБУН ИБВВ РАН им. И.Д. Папанина РАН,
раб. тел. +7(48547)24824
E-mail: laz@ibiw.ru
12 сентября 2022 г.

