

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Мурманского морского биологического

института Российской академии наук

(ММБИ РАН),

д.б.н. М.В. Макаров

«18» июля 2025г.



Отзыв ведущей организации на диссертационную работу Стецюк Александры Петровны, представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16 Гидробиология (биологические науки).

Диссертационная работа Александры Петровны Стецюк «Биогеохимические и экотоксикологические характеристики ртути в Черном море» **представляет несомненную актуальность**, так как проблема загрязнения гидробионтов и их среды обитания тяжелыми металлами, среди которых наиболее токсичным является ртуть, реально существует и, по-видимому, в ближайшее время не исчезнет, несмотря на усилия специалистов самых разных направлений. Автором представленного исследования совершенно справедливо приводятся примеры из литературных источников негативного влияния ртути на представителей морской биоты: от планктона до зообентоса, ихтиофауны. Включаясь в биотический круговорот, ртуть может аккумулироваться гидробионтами до концентраций, превышающих предельно допустимые уровни. К сожалению, до настоящего времени не определены закономерности содержания ртути в разных биокосах: грунт-вода-гидробионты, остается много «белых пятен» в понимании процессов биогеохимической трансформации, иммобилизации, удаления из водной

толщи и депонирования в донных отложениях данного токсиканта. Практически не разработаны методы эквидозиметрии на единой методологической базе и единых дозовых эквивалентах в отношении ртути для оценки степени антропогенной нагрузки на морские организмы и экосистемы. Именно на решение этих актуальных вопросов гидробиологии, морской экологии направлено выполненное диссертантом исследование.

Новизна исследования и полученных результатов.

Диссертантом впервые проведен комплексный анализ биогеохимических характеристик ртути из различных компонентов экосистем Черного моря (вода, взвеси, донные осадки, микро- и макроводоросли, рыбы). Получены экспериментальные данные по ее токсическому действию на представителей фитобентоса и фитопланктона. Выполнены количественные оценки способности взвешенного вещества накапливать ртуть, разработана методологии нормирования потоков поступления ртути в толщу донных осадков. Показано, что наибольшей накопительной способностью в отношении ртути обладает взвешенное вещество. Зависимости изменения концентрации и коэффициентов накопления ртути описывались степенной функцией Фрейндлиха, отражающей снижение концентрирующей способности взвесей с увеличением концентрации растворенной ртути в воде. Получены оригинальные результаты по оценке потоков самоочищения акватории Севастопольской бухты.

Значимость для науки и практики полученных результатов.

Теоретическая и практическая ценность.

Представленные в диссертации результаты исследований расширяют базу имеющихся данных о биогеохимических циклах ртути в морских экосистемах, механизмах ее сорбции, транспорта и биоаккумуляции. Эти результаты делают возможным прогнозирование миграции ртути по

трофическим цепям и оценку долгосрочного эффекта воздействия ртути на морские экосистемы, позволяя создать модель устойчивости экосистем к токсиканту. Наряду с теоретической, полученные диссертантом результаты исследований, имеют практическую ценность: могут быть использованы для разработки рекомендаций по снижению техногенной нагрузки, нормированию качества воды, мониторингу состояния экосистем и управлению прибрежными зонами. Предложенные автором подходы к оценке потоков ртути и коэффициентов накопления представляют собой перспективную основу для дальнейшего совершенствования системы экологического контроля, оценки риска токсичности ртути, могут использоваться при разработке рекомендаций и мероприятий по снижению уровня загрязнения.

Личный вклад автора

Не вызывает сомнений личный вклад автора в проведение исследований, подготовку диссертационной работы: анализ литературных данных, получение результатов собственных наблюдений и их обобщение. Диссертантом детально описаны характеристика района работ, материал и методы его отбора, аналитические методики. Все это свидетельствует о высоком профессиональном уровне подготовки исследователя.

Проведение автором измерений концентрации ртути в природных компонентах черноморских экосистем сочетались с экспериментальными исследованиями функционального состояния макро- и микро- водорослей под влиянием ртути, содержания ртути в образцах рыб (*Scorpena*). Рассчитаны коэффициенты накопления ртути в изученных объектах, а также потоки ртути в морской акватории. Выполнение перечисленных исследований несомненно требовали от автора освоения современных методов, в том числе, статистической обработки данных. О личном вкладе также могут свидетельствовать публикации диссертанта, представления

результатов исследований по теме диссертации на научных собраниях самого высокого ранга.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа изложена на 172 страницах машинописного текста, состоит из введения, шести глав, заключения, выводов и списка литературы. В список литературы включены 167 источников, в том числе 69 на иностранном языке. Работа иллюстрирована на 64 рисунками и содержит 12 таблиц.

В разделе «Введение» диссертантом обоснована актуальность исследования и степень разработанности темы, сформулированы цели и задачи диссертационной работы, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также приведены основные положения, выносимые на защиту. Представлены сведения о степени достоверности исследования и апробации результатов.

В главе 1 «Литературный обзор» приведены химические свойства и формы нахождения ртути в природных водах, источники поступления ртути в окружающую среду, сведения о биогеохимическом цикле и механизмами токсического действия на представителей морской биоты. Уделено внимание источникам поступления ртути в океан, ее трансформации и перераспределению между различными фазами водной среды. Проведенный критический анализ научной литературы способствовал определению цели и задач диссертационного исследования.

В главе 2 «Материалы и методы исследования» представлена информация о районах исследования, приведён объём обработанного материала, дано описание объектов, методов исследования, статистической обработки результатов. В результате проведенного исследования были отобраны пробы морской воды, взвешенного вещества, донные осадки, органы *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758. Для выполнения экспериментальных исследований были использованы монокультуры морских и пресноводных одноклеточных и многоклеточных водорослей. Описаны аналитические

методики, а также методы статистической обработки полученных результатов. Необходимо отметить широту используемых методов: от рутинных до современных. Особое внимание уделено разработке и применению метода эквидозиметрии для количественной оценки токсичности ртути в сравнении с другими элементами. Также в работе представлены оригинальные результаты по радиоуглеродному анализу активности фитопланктона в условиях воздействия ртути и оценке потоков самоочищения акватории Севастопольской бухты.

В главе 3 «Распределение и концентрирование ртути в живых и косных компонентах Черного моря» представлены результаты анализов содержания ртути в морской воде, взвешенном веществе, донных осадках, органах рыб (печень, жабры, мышцы), в микроводорослях и макрофитах, а также ранжирование коэффициентов накопления ртути.

В главе 4 «Экотоксикологические и эквидозиметрические исследования» показаны результаты модельных экспериментов по воздействию различных концентраций ртути на микроводоросли и черноморскую зеленую многоклеточную водоросль - *Ulva rigida* C. Agardh, дана эквидозиметрическая оценка этого влияния. У водорослей прослежены изменения фотосинтеза, пигментного аппарата под влиянием ртути. Определены возможный механизм адаптации к малым дозам токсиканта, диапазон толерантности у исследуемых микро- и макроводорослей.

В главе 5 «Биогеохимические характеристики самоочищения донных осадков» отмечено распределение ртути в донных осадках, рассчитана геохронология ртути и определены её потоки на примере Севастопольской бухты.

В главе 6 «Реализация концепции устойчивого развития в отношении ртути на примере рекреационного побережья города Ялта» на примере приустьевой зоны реки города Ялта продемонстрирована разработка методологии реализации концепции устойчивого развития акваторий в

условиях, когда снижение качества вод в отношении загрязнения ртутью не превышает их способность к самоочищению в результате биогеохимических процессов.

В Заключении автором обобщены полученные результаты и подведены основные научные итоги диссертации.

Выводы содержат 6 положений, которые обоснованы, логичны и вытекают из содержания работы и хорошо согласуются с целью, поставленными задачами и основными положениями, выносимыми на защиту.

По диссертационной работе имеются вопросы и замечания:

1. Обозначенная диссертантом Цель работы повторяет название диссертации: «Биогеохимические и экотоксикологические характеристики ртути в Черном море». Цель исследования желательно было конкретизировать, так как в представленной форме отсутствует ожидаемый конечный результат.

2. В главе 2 «Материалы и методы» при перечислении объектов исследования на стр. 40 отсутствует представитель ихтиофауны *Scorpaena porcus*, о наличии которого, как объекта исследования, мы узнаем только на стр. 46

3. В описании экспериментов по влиянию ртути на водоросли изменение пигментов приводится как физиологическая характеристика. Хотя феофитинизация хлорофилла «а» связана с физиологическими перестройками, все же изменения в пигментном аппарате относятся больше к биохимическим характеристикам.

4. Известно, что одной из первичных реакций у микроводорослей (жгутиконосцев) на воздействие тяжелых металлов является снижение подвижности и полная ее потеря. Проводились ли такие наблюдения диссертантом в на микроводорослях под воздействием ртути?

5. Проблема присутствия ртути в гидробионтах и среде обитания, которая исследуется и обсуждается автором диссертации, актуальна не только для представителей биоты Черного моря, а составляет важную проблему для обитателей, арктических и дальневосточных морей. К сожалению, в обсуждении полученных результатов не приводятся данные из других регионов, также как и не присутствует сравнительный анализ данных, полученных автором диссертации и результатов зарубежных исследователей, полученных по Черному морю.

Указанные вопросы и замечания не влияют на высокую оценку качества выполненной научно-исследовательской работы и не ставят под сомнение обоснованность научных положений и выводов, так как носят уточняющий, рекомендательный характер.

Автореферат соответствует диссертационной работе и достаточно полно отражает её содержание и сущность.

Диссертация «Биогеохимические и экотоксикологические характеристики ртути в Чёрном море» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение для гидробиологии и экологии. Предполагается возможность использования полученных результатов по концентрированию ртути во взвешенном веществе, гидробионтах и донных отложениях Чёрного моря для разработки методологии нормирования потоков поступления ртути в толщу донных осадков по их датировке и коэффициентам накопления.

Диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», установленного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения учёных степеней» (в ред. от 16.10.2024), предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ, к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, соответствует паспорту специальности 1.5.16 Гидробиология, а её автор, Стецюк Александра Петровна, заслуживает присуждения ученой степени

кандидата биологических наук по специальности 1.5.16 – Гидробиология (биологические науки).

Отзыв на диссертацию заслушан и обсужден на заседании расширенного семинара лаборатории альгологии Мурманского морского биологического института РАН, Протокол № 9 от 17 июля 2025 года. Присутствовали на заседании 12 человек. Голосовали: за — 12, против - 0, воздержался - 0.

Заведующий лабораторией альгологии ММБИ РАН, д.б.н., профессор



Воскобойников Григорий Михайлович

Подпись зав. лабораторией альгологии ММБИ РАН Воскобойникова Г.М. заверяю

И.о. начальника отдела кадров ММБИ РАН



В.П. Голуда

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт Российской академии наук 183038, Мурманск, ул. Владимирская, д. 17, Россия Тел.: (8152) 25-39-63
Email: mmbi@mmbi.info Сайт: www.mmbi.info