

УТВЕРЖДАЮ
Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей
имени А.О. Ковалевского РАН»,
доктор географических наук



Горбунов Роман Вячеславович

24 мая 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Нгуен Тхи Тхуи Ньунг «Особенности миграции
и трансформации ртути в водной экосистеме устьевой области
реки Красная (Вьетнам)», представленную на соискание ученой
степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15
– Экология (биологические науки)

Диссертация Нгуен Тхи Тхуи Ньунг посвящена исследованию особенностей миграции разнообразных форм ртути в системе «вода – донные отложения – гидробионты» в устьевой области реки Красная (Вьетнам). **Актуальность диссертационной работы** заключается в том, что в настоящее время ртутное загрязнение рассматривается как серьезная проблема в устьевой области реки Красная, поскольку возможные источники соединений ртути на данной территории представлены как местными (промышленные предприятия, сжигание и размещение отходов, сточные воды), так и региональными и глобальными эмиссиями ртути (из Европы, Америки и Северной Азии). Особенности характеристики ртути представлены разнообразием форм существования и способностью миграции и трансформации в различных компонентах окружающей среды. Формы её существования и нахождения

определяют ее токсическое действие на биологические организмы. Получение новых научных данных о биогеохимических особенностях и закономерностях миграции и трансформации ртути в системе «вода – донные отложения – гидробионты» в устьевой области реки Красная необходимо при оценке и прогнозировании уровня загрязнения ртутью водных экосистем, а также при решении вопросов, связанных с возможностью безопасного водопользования в устьевой области реки Красная.

Материалы диссертации были представлены на 8 международных и всероссийских конференциях. В автореферате указаны 21 публикация автора по теме диссертации, включая 8 публикаций в изданиях, входящих в перечень ВАК Российской Федерации; 2 публикации в изданиях, входящих в международные базы данных.

Диссертационная работа изложена на 135 страницах машинного текста, состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. В список литературы включены 136 наименований литературных источников, в том числе 55 на иностранном языке. Работа иллюстрирована 28 рисунками и содержит 15 таблиц. Приложение представлено на 7 страницах.

Во введении обосновывается актуальность исследования и степень разработанности темы, сформулированы цели и задачи работы, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также приведены основные положения, выносимые на защиту. Даны сведения о степени достоверности исследования и апробации результатов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что впервые выявлены уровни содержания ртути и взаимозависимости между ее различными миграционными формами в системе «вода – донные отложения – моллюски – рыбы» и параметрами экосистемы в устьевой области р. Красная. Определены пространственные распределения разных миграционных форм ртути в воде и донных отложениях устьевой области р. Красная. Исследовано влияние на трансформацию и миграцию ртути зоны маргинального фильтра речной системы р. Красная – залив Бак Бо Восточного моря. Определены

уровни бионакопления и биомагнификации ртути в пищевых цепях экосистемы устьевой области реки Красная. Впервые построены карты распределения миграционных форм ртути в воде и донных отложениях. Определены регрессионные модели, характеризующие форму связи между концентрациями миграционных форм ртути и различными параметрами в системе «вода – донные отложения – гидробионты» в устьевой области р. Красная.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты проведенных исследований могут быть использованы в экологическом мониторинге дельты р. Красная и взморья Восточного моря Вьетнама. Материал может являться основой для экологических оценок уровня загрязнения ртутью устьевой области р. Красная. Выявленные закономерности позволят более эффективно планировать мероприятия в системе мониторинга загрязнения ртутью речных, эстуарных и морских вод Вьетнама.

Оценка распределения миграционных форм ртути в экосистеме устьевой области р. Красная может быть проведена с использованием регрессионных моделей, при этом, появляется возможность определения ртути в различных компонентах экосистемы при отсутствии лабораторных экспериментов. Кроме того, созданные регрессионные модели дают возможность прогнозировать уровень загрязнения водной среды ртутью в любой момент наблюдения, в конкретной экологической ситуации и, как следствие, уменьшать негативные последствия, сокращать экономические затраты и время.

Методы исследования, полученные результаты и научные выводы рекомендованы при подготовке и чтении курса лекций и практических занятий специальных дисциплин «Химическая экология», «Экологическое картографирование», «Экологическое моделирование», «Экологическая токсикология», «Экологический мониторинг» во Вьетнамском морском университете (Вьетнам).

В главе 1 (Обзор литературы) представлен обзор литературных данных по эмиссии ртути из различных источников в окружающую среду Вьетнама, основным процессам, выполняющим наиболее важную роль в миграции и

трансформации ртути в водной экосистеме. Приведены закономерности и особенности миграции ртути в устьевой области реки. Дана краткая характеристика устьевой области реки Красная (Вьетнам) и антропогенная нагрузка ртути на данной территории. Рассмотрена история исследования распределения и трансформации тяжелых металлов в водных акваториях Вьетнама, и в устьевой области реки Красная.

В главе 2 (Материал и методы исследования) представлено описание современных приборных методов гидрохимического, морфологического анализа, направленные на оценку уровня содержания ртути в воде, донных отложениях, гидробионтах. Из данной главы видно, что в основу диссертации положен большой объем практического материала, с которым проведены разнообразные исследования, собранные и проанализированные автором за 6 лет (2016 – 2021 гг.). Все результаты подвергались обработке статистическими методами с использованием специализированных программных пакетов и пространственной интерполяцией.

В главе 3 (Гидролого-гидрохимическая характеристика устьевой области реки Красная) изложены результаты по гидролого-гидрохимической оценке устьевой области реки Красная. Установлена достаточно высокая температура воды, нейтральная и слабощелочная водная среда, высокая концентрация растворенного кислорода. Выявлены превышения ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения: для БПК₅, ХПК, нитратов, фосфатов, железа, меди, цинка, мышьяка. В данной главе показана особенность устьевой области реки Красная, заключающаяся в высоких содержаниях взвешенного вещества (ВВ) в воде и увеличении концентрации органического углерода в ВВ и ДО.

В главе 4 (Распределение ртути в воде – донных отложениях устьевой области реки Красная) установлены пространственные распределения различных форм ртути (растворенные, взвешенные формы ртути и ртуть в донных отложениях) в абиотических компонентах водной экосистемы. Выявлены максимальные концентрации растворенной ртути в вершине дельты, взвешенной ртути – в зоне маргинального фильтра, а ртути в ДО – за границами

зоны маргинального фильтра устьевой области реки Красная. В данной главе построены карты пространственного распределения ртути в воде и в ДО, которые возможно применять в районировании и прогнозировании уровня содержания данного поллютанта в устьевой области реки Красная. Результаты статистической обработки позволили соискателю определить корреляционные связи между содержаниями различных миграционных форм ртути с параметрами водной среды и регрессионные модели, характеризующие связи между такими параметрами.

В главе 5 (Содержание ртути в гидробионтах устьевой области реки Красная) изложены результаты оценки содержания ртути в рыбах, двустворчатых моллюсках, а также определена биоаккумуляция ртути в трофической цепи. В разделе 5.1 «Содержание ртути в различных тканях рыб» соискателем установлено, что содержания ртути в различных тканях и органах исследуемых рыб статистически различаются и представлены в следующем убывающем порядке: мышцы > печень > почки > жабры > кишечник > кости. По мере увеличения положения вида рыб в трофической цепи происходило достоверное повышение содержания ртути в их мышечной ткани. Хищники содержат наибольшее количество ртути, превышающее Вьетнамские санитарно-гигиенические нормы по содержанию ртути в пищевых продуктах (в пресноводном соме (*Clarias batrachus*), змееголове (*Channas triata*), восточном тунце (*Euthynnus affinis*), красно-коричневом окуне (*Lutjanus vitta*) и в восточной летучке (*Dactyloptena orientalis*)). Выявлены положительные и достоверные корреляционные связи между содержанием ртути в мышечной ткани рыб, массой их тела и концентрацией ртути в воде. В разделе 5.2 «Содержание ртути в различных тканях двустворчатых моллюсков» проиллюстрировано среднее содержание ртути в разных видах двустворчатых моллюсков в порядке убывания: *Austriella corrugate* > *Anadara granosa* > *Meretrix lyrata* > *Lutrariar hynchaena*. Выявлен порядок распределения ртути в различных тканях моллюсков в устьевой области р. Красная: гепатопанкреас > мантия > жабры > тело (нога). Установлены тесные достоверные

положительные зависимости концентрации ртути в тканях моллюсков от массы и длины тела от содержания взвешенной формы ртути в придонном слое воды и в донных отложениях. Результаты статистической обработки позволили соискателю создать регрессионные модели, характеризующие связи между содержаниями ртути в двустворчатых моллюсках и параметрами водной среды. В разделе 5.3 «Биоаккумуляция ртути в трофической цепи устьевой области реки Красная» соискателем проанализированы процессы биоаккумуляции ртути в пищевых цепях в зоне маргинального фильтра, в пресноводной и морской экосистемах устьевой области р. Красная. Результаты наглядно иллюстрируют, что в звеньях пищевой цепи морской экосистемы и зоны маргинального фильтра коэффициенты бионакопления ртути также заметно выше, чем в пресноводной. В разделе описаны коэффициенты биомагнификации (в среднем 1,2–7,1), что дает право заключить об увеличении накопления ртути на каждом последующем трофическом уровне в 1,2–7,1 раза.

Далее в тексте диссертации представлены **Выводы, Практические рекомендации и Перспективы дальнейшей разработки темы**, которые соответствуют изложенному в работе материалу и хорошо согласуются с целью и задачами работы, а также основными положениями, выносимыми на защиту.

Диссертация написана хорошим научным языком и представляет собой законченное научное исследование. Автореферат соответствует диссертационной работе и достаточно полно отражает её содержание и сущность.

После ознакомления с диссертацией и авторефератом к соискателю имеются вопросы и замечания.

1. В графиках на стр. 56, 57, 66, 74, 94 и 95 диссертации не указаны единицы измерения ртути (например: мкг/л или мкг/г).

2. На стр. 98 диссертационной работы приведены регрессионные уравнения, включающие в себя коэффициент накопления взвешенной ртути (K_s) и коэффициент накопления ртути в донных осадках (K_b), однако ранее в диссертации не приведены формулы расчёта данных коэффициентов.

3. Ранее, на стр. 96 идёт речь о коэффициенте биологического накопления ртути моллюсками (Kd), результаты расчёта которого приведены в таблице 14. В таблице коэффициенты накопления названы: взвешенной ртути в воде $Kd_{(вода)}$ и ртути в донных отложениях $Kd_{(до)}$. Для исключения путаницы следует скорректировать названия столбцов, уточнив, что приведены значения концентрации ртути для некоторых тканей моллюсков «по отношению» к взвешенной форме ртути в воде и ртути в донных отложениях, хотя смысл понятен.

Указанные замечания не снижают достоинств и научную значимость представленной работы и не ставят под сомнение обоснованность научных положений и выводов.

Заключение

Диссертация Нгуен Тхи Тхуй Ньунг «Особенности миграции и трансформации ртути в водной экосистеме устьевой области реки Красная (Вьетнам)», представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задач, имеющих существенное значение при мониторинге, районировании загрязнения ртути и прогнозировании уровня ртути в воде – донных отложениях – рыбах – моллюсках в устьевой области реки Красная Вьетнама.

Диссертация отвечает требованиям пункта 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», установленного правительством РФ №842 от 24.09.2013 г. (в редакции от 25 января 2024 г.), предъявляемым ВАК Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и соответствует паспорту специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки), а автор, Нгуен Тхи Тхуй Ньунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки).

Отзыв рассмотрен и обсужден на научном семинаре отдела радиационной и химической биологии ИнБИОМ 24 мая 2024 г., протокол № 5.

