

ОТЗЫВ

официального оппонента 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

Актуальность темы диссертации. Рост антропогенной активности в последние десятилетия приводит к глобальным изменениям, в том числе в гидроэкосистемах. Эти изменения часто необратимы. Ртуть является опасным экотоксикантом. Характерной особенностью поведения этого ультрамикроэлемента является разнообразие форм существования и способность к интенсивной миграции, аккумуляции и биотрансформации в различных компонентах окружающей среды. Это определяет токсическое действие на биологические объекты. В окружающую среду ртуть попадает из природных и антропогенных источников. Устьевая область реки Красная – одна из крупнейших во Вьетнаме. На её территории имеются местные источники антропогенного поступления ртути - промышленные предприятия, предприятия по хранению и сжиганию отходов, отстойники сточных вод. Ситуация дополнительно осложняется наличием региональной и глобальной эмиссии поллютанта (из Европы, Америки и Северной Азии). В настоящее время ртутное загрязнение рассматривается как серьезная проблема в регионе. 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 определении, оценке и прогнозировании уровня загрязнения водных экосистем, а также при решении вопросов, связанных с возможностью безопасного водопользования и употребления в пищу продуктов аквакультуры и промысла. В связи с вышеизложенным, целесообразность исследования поведения ртути в регионе не вызывает сомнений, так как позволяет прогнозировать возможные изменения в природных системах и организовывать систему мониторинга, нацеленную не только на охрану окружающей среды, но и на возможность управления биоресурсами.

Научная новизна. В диссертационном исследовании Нгуен Тхи Тхуи Ньунг впервые проведены комплексные работы по выявлению уровней содержания ртути, а также её форм миграции, особенностей накопления и биотрансформации в системе «вода – донные отложения – моллюски – рыбы». Определены биогеохимические параметры экосистемы в устьевой области р. Красная. Соискателем впервые исследовано влияние на трансформацию и миграцию ртути зоны маргинального фильтра речной системы р. Красная – залив Бак Бо Восточного моря. Определены уровни бионакопления и биомагнификации этого опасного поллютанта в пищевых цепях. Впервые построены карты распределения подвижных 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.

Практическая ценность полученных результатов. Полученные Нгуен Тхи Тхуи Ньунг данные об уровнях накопления ртути в различных звеньях биогеохимической пищевой цепи района исследования имеют научно-практическое значение и вносят вклад в развитие фундаментальной и прикладной экологии. Результаты проведенных исследований могут быть использованы в экологическом мониторинге дельты р. Красная и взморья Восточного моря Вьетнама. Выявленные закономерности позволяют более эффективно планировать мероприятия в системе управления рисками загрязнения ртутью речных, эстуарных и морских вод.

Оценка распределения миграционных форм ртути в экосистеме устьевой области р. Красная может быть проведена с использованием разработанных диссертантом регрессионных моделей. При этом появляется возможность прогнозной оценки ртутного загрязнения различных компонентов экосистемы без проведения натуральных 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 диссертационной работы, полученные результаты и научные выводы рекомендованы при чтении курса лекций и проведении практических занятий по специальным дисциплинам «Химическая экология», «Экологическое картографирование», «Экологическое моделирование», «Экологическая токсикология» и «Экологический мониторинг» во Вьетнамском морском университете (Вьетнам).

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов подтверждаются большим массивом проанализированных данных натуральных исследований, накопленных за 6 полевых сезонов. Полученные результаты грамотно проанализированы с помощью современных методов статистики и GIS-технологий пространственного анализа. Выводы, полученные автором, соответствуют поставленной цели и задачам. Основные научные положения, сформулированные в работе, являются обоснованными и базируются на достоверно подтвержденных результатах исследований.

Оценка содержания диссертации. Полученные Нгуен Тхи Тхуи Ньунг результаты исследования имеют большое научное значение для развития гидроэкологии. Результаты анализа объектов служат материалом для разрешения вопроса о роли биогенной миграции и трансформации ртути в региональном и глобальном круговороте веществ.

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

Во введении автором обоснована актуальность исследования, степень разработанности темы в мировой научной литературе, сформулированы цель и задачи исследований, оценены научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Кратко описана методология и приведены методы исследования. Охарактеризованы основные положения, выносимые на защиту, приводятся сведения об апробации результатов исследования.

В главе 1 (Обзор литературы) представлен обзор литературных данных по эмиссии ртути из различных источников в окружающую среду Вьетнама, основным процессам, играющим наиболее важную роль в миграции и трансформации ртути в водной экосистеме, закономерностям и особенностям миграции ультрамикроэлемента в регионе исследования. Дана краткая характеристика устьевой области реки Красная.

В главе 2 (Материал и методы исследования) представлено описание современных приборных методов гидрохимического, морфологического анализа, направленных на оценку уровня содержания ртути в воде, донных отложениях, гидробионтах. В результате проведенного исследования было отобрано 518 проб воды, 518 – взвешенного вещества, 518 – донных отложений, 518 – общего планктона, 253 – фитопланктона, 264 – зоопланктона, 560 особей двустворчатых моллюсков, 503 особи рыб. Результаты исследования подвергались обработке современными статистическими методами с использованием специализированных программных пакетов SPSS 26 и STATGRAPHICS Centurion XVIII. Пространственный анализ по теме диссертации выполнен интерполяцией в специализированном программном пакете ArcGIS 10.2.2 (ERSI, USA).

В главе 3 (Экологическая характеристика устьевой области реки Красная) представлено современное состояние устьевой области указанной реки. Отмечены достаточно высокая температура воды, нейтральная или слабощелочная реакция водной среды, высокая концентрация растворенного кислорода. Выявлены превышения установленных ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения: для БПК₅, ХПК, нитратов, фосфатов, железа, меди, цинка, мышьяка. Результаты проведенных исследований позволили установить высокие содержания взвешенного вещества (ВВ) и увеличение концентрации органического углерода в воде и донных отложениях.

В главе 4 (Распределение ртути в воде – донных отложениях устьевой области реки Красная) рассмотрены пространственные распределения

растворенной и взвешенной форм ртути в водной среде, а также её формы в донных отложениях. Выявлены максимальные концентрации растворенной ртути на вершине дельты, взвешенной ртути – в зоне маргинального фильтра, а ртути в ДО – за пределами зоны маргинального фильтра устьевой области реки Красная. Установлено превышение концентраций различных форм ртути по сравнению с ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения. Полученные результаты проведенных исследований указывают на увеличение содержания ртути по градиенту глубины ДО. Определены корреляционные связи между содержаниями различных форм ртути и параметрами водной среды. Результаты статистической обработки позволили соискателю создать регрессионные модели, характеризующие форму связи между концентрациями подвижных форм ртути и различными параметрами в системе «вода – донные отложения».

В главе 5 (Содержание ртути в гидробионтах устьевой области реки Красная) рассмотрены уровни ртути в рыбах, двустворчатых моллюсках, а также определена её биоаккумуляция в различных звеньях трофической цепи. Величина дисперсии свидетельствует о том, что содержания ртути в различных тканях и органах исследуемых рыб статистически достоверно различаются и представлены в следующем порядке: мышцы > печень > почки > жабры > кишечник > кости. Установлено превышение Вьетнамских санитарно-гигиенических норм по содержанию ртути в пищевых продуктах в пресноводном соме (*Clarias batrachus*), змееголове (*Channa striata*), восточном тунце (*Euthynnus affinis*), красно-коричневом окуне (*Lutjanus vitta*) и в восточной летучке (*Dactyloptena orientalis*). По мере роста трофического уровня показано достоверное повышение содержания ртути в мышечной ткани рыб. Выявлены достоверные положительные корреляционные связи между содержанием поллютанта в мышечной ткани рыб, массой их тела и концентрацией ртути в воде.

Автором представлено среднее содержание ультрамикрорезервента в разных видах двустворчатых моллюсков в порядке убывания *Austriella corrugata* > *Anadara granosa* > *Meretrix lyrata* > *Lutraria rhynchaena*. 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, а также от содержания взвешенной формы ртути в придонном слое воды и в донных отложениях. Проанализированы процессы биоаккумуляции элемента в пищевых цепях в зоне маргинального фильтра, в пресноводной и морской экосистемах устьевой области р. Красная. В звеньях пищевой цепи морской экосистемы и зоны маргинального фильтра коэффициенты бионакопления также были заметно выше, чем в пресноводной. Полученные коэффициенты биомагнификации

указывают на увеличение накопления ртути на каждом последующем трофическом уровне в 1,2–7,1 раза.

Выводы содержат 6 положений, которые в целом отражают полученные соискателем результаты, соответствуют поставленной цели и задачам исследования, являются логичными и вытекают из содержания работы.

После обсуждения результатов и выводов приведены рекомендации по применению карт распределения миграционных форм ртути, моделей регрессии и схемы распределения ртути в пищевых цепях для разработки сети системного экологического мониторинга и районирования загрязнения ртутью в устьевой области р. Красная. При использовании гидробионтов в пищевых цепях соискатель рекомендует вид и количество рыб и моллюсков, которые можно использовать беременным женщинам, детям и взрослым людям. Соискателем сформулированы дальнейшие направления развития темы диссертации: совершенствование районирования загрязнения ртутью в устьевой области р. Красная; совершенствование моделей, описывающих процессы распределения ртути в экосистемах, а также пути использования этих моделей для прогнозирования уровня ультрамикроэлемента в воде – донных отложениях – рыбах – моллюсках от исходных концентраций ртути в воде и гидрохимических параметров среды в аквальных комплексах Вьетнама.

Диссертация написана хорошим научным языком и представляет собой законченное научное исследование. По материалам исследования опубликована 21 научная работа, в том числе 8 публикаций в изданиях, входящих в перечень ВАК Российской Федерации; 2 публикации в изданиях, включенных в международные базы данных.

Оценка внутреннего единства полученных результатов. Представленная диссертация – результат многолетних исследований автора и представляет собой законченный цельный научный труд, направленный на решение комплекса проблем, связанных с накоплением, а также биологической миграцией и трансформацией ртути – одного из наиболее опасных неорганических загрязнителей окружающей среды, принадлежащих к группе тяжёлых металлов.

Соответствие автореферата содержанию диссертации. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Выводы по диссертации соответствуют выводам, опубликованным в автореферате.

Соответствие темы диссертации специальности 1.5.15. Экология (биологические науки). Содержание диссертации Нгуен Тхи Тхуи Ньунг соответствует специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Недостатки по содержанию и оформлению диссертации. Несмотря на отмеченные достоинства диссертационной работы, она не лишена недостатков. Основные замечания и пожелания сводятся к следующему:

1. Название диссертации отражает лишь мониторинговый аспект работы.

В действительности в работе рассмотрены более широкие проблемы геохимической экологии гидробионтов и аквальной биогеохимии ртути. Выявлены значимые закономерности накопления, миграции и биотрансформации этого опасного химического элемента.

2. Недостаток обоснования выбора точек отбора проб для исследования, а также объектов исследования.

3. Из текста работы неясно учитывалось ли содержание воды при определении уровней ртути в объектах исследования.

4. В работе встречается несоответствие терминов и названия: рукав (стр.35) и проток (стр. 53, 60, 65), проток Нинько (стр.35) и Нинь Ко (стр. 61).

5. В рисунках 6, 10, 11 и 17 не видно названия водных объектов.

6. Соискатель отмечает, что «в мышечной ткани обнаружены наибольшие уровни аккумуляции ртути по сравнению с другими тканями и органами рыб» (стр. 79). Какими причинами объясняется такое явление? Можно ли провести сравнение с другими районами в мире и во Вьетнаме?

7. В тексте рукописи диссертации встречаются технические погрешности и опечатки.

Указанные выше замечания касаются оформления работы, а также дискуссионных научных вопросов. Они носят рекомендательный характер. Принципиальных замечаний по существу работы нет.

Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.

В целом диссертационная работа производит благоприятное впечатление, хорошо изложена, содержит большой объём фактического материала с объективным анализом собственных исследований. Иллюстративный материал соответствует тексту. Автореферат адекватно передаёт основное содержание диссертации. Выводы логически вытекают из материалов проведенных исследований, подтверждены статистической обработкой полученных результатов, аргументированы, научно обоснованы и отражают основные положения работы.

Заключение.

Рассматриваемая диссертация представляет собой законченный научный квалификационный труд, выполненный на современном методологическом уровне. Выводы достоверны и основаны на большом фактическом материале. Все основные положения опубликованы в изданиях высокого уровня и апробированы на международных и национальных научных конференциях. Личный вклад автора в работу значителен.

Учитывая актуальность, новизну, теоретическую и практическую значимость работы, новые достижения в развитии научной проблемы накопления, а также биогенной миграции и биотрансформации ртути в пищевой цепи, считаю, что диссертационная работа «Особенности миграции и

трансформации ртути в водной экосистеме устьевой области реки Красная (Вьетнам)» полностью отвечает требованиям пункта 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», установленного Постановлением Правительства 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 её автор, Нгуен Тхи Тхуи Ньунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. – Экология (биологические науки).

Официальный оппонент:

доктор биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология), старший научный сотрудник по кафедре экологии и охотоведения, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии окружающей среды Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19; +7(499)-137-14-84; director@geokhi.ru; geokhi.ru).

Тютиков Сергей Фёдорович

Контакты автора отзыва:
 телефон: +7(904)-034-14-25.
 e-mail: tyutikov-sergey@rambler.ru

20.06.2024 г.

