

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата географических наук **Кузьменковой Натальи Викторовны**, на диссертационную работу **Параскив Артема Алексеевича «Процессы формирования самоочищения природных вод в отношении радиоизотопов плутония  $^{239+240}\text{Pu}$  в прибрежных морских акваториях»**, представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16 - Гидробиология (биологические науки)

Диссертационная работа Параскив Артема Алексеевича посвящена актуальной теме: исследованию процессов миграции плутония в морской среде. **Актуальность работы** не вызывает сомнений и определяется объектом исследования – плутонием, попавшим в окружающую среду в результате испытаний ядерного оружия, а также аварий на объектах ядерно-топливного цикла. Плутоний очень сложный и интересный радионуклид, так как может присутствовать в окружающей среде одновременно в нескольких степенях окисления, при этом имеет большой период полураспада. Изучение особенностей его поведения, и в особенности процессов самоочищения природной среды от этого антропогенного радионуклида имеет не только научное, но и прикладное значение. К неоспоримым достоинствам работы стоит отнести детальный и аккуратный подход Артема Алексеевича ко всем полученным данным. **Значимость результатов** не вызывает сомнений и статистически достоверна. Подробно изучены все основные компоненты морской экосистемы (биотические и абиотические), установлено различное сорбционное поведение плутония в разных частях Севастопольской бухты, количественно посчитан вклад биогенной составляющей в сорбцию плутония на взвешенном веществе. Автор детально изучил основные референтные группы биоты Севастопольской бухты, а также распределение плутония по органам черноморских рыб и моллюсков. Детально изучено вертикальное распределение изотопов плутония в толще донных отложений Севастопольской бухты, определены параметры осадконакопления, а также абсолютные массы донных осадков в бухте в до- и пост-чернобыльский периоды. К особым достоинствам работы следует также отнести не только пространственные, но и временные исследования поведения плутония в Севастопольской бухте.

Работа Параскива Артема Алексеевича является логичной и грамотно оформленной. Текст включает введение, критический обзор литературы (глава 1), материалы и методы исследования (глава 2), описание взаимодействия радиоизотопов плутония с биотическими и абиотическими компонентами Севастопольской бухты и выявление преимуществ использования плутония в качестве трассера при исследовании морской среды (главы 3-4), в 5 главе описаны процессы самоочищения природных вод от плутония в результате его взаимодействия с компонентами экосистемы

Севастопольской бухты, заключение, выводы и список литературы, включающий 221 источник.

В главе 1 (обзор литературы) подробно описаны процессы, которые формируют самоочищение природной среды в условиях техногенного пресса. Дана характеристика объекта исследования – плутония. Рассмотрена степень разработанности темы исследования в конкретном регионе – Черном море, и в частности в Севастопольской бухте. Показано, что основным источником плутония здесь являются глобальные выпадения и авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Установлено, что большая часть плутония в акваторию Черного моря попала с реками, такими как Днепр, Днестр, Дунай и Южный Буг. Отдельно проведен обзор по методам расчета дозовых нагрузок на гидробионты.

В главе 2 описаны методы и материалы исследования. Подробно описан район исследования – Севастопольская бухта, которая была разделена на части (районы-боксы) по гидролого-гидрохимическим и морфометрическим характеристикам. Это имеет важное значение с точки зрения миграции плутония, которая зависит от физико-химических характеристик природной среды. Из водной среды плутоний выделяли из объема 1000 литров, взвешенное вещество выделяли из объема 4000-8000 л путем фильтрации. Отбор проб проводился в различные сезоны года, всего для определения взвешенного вещества в воде отобрано 68 проб. Подробно описан процесс отбора проб макрофитобентоса, моллюсков, рыб, самки дельфина. Для выделения плутония из отобранных образцов использовалась многоступенчатая радиохимическая методика. Счетные образцы измеряли на альфа-спектрометрических комплексах ORTEC с кремниевыми полупроводниковыми детекторами. В главе подробно описаны методы расчета удельной активности плутония, погрешностей, коэффициента накопления, фактора радиоемкости, величины удельного запаса. Отдельно описаны формулы расчета величин удельных потоков выноса и перераспределения изотопов плутония из водных масс.

В главе 3 приведены результаты определения удельной активности изотопов плутония в поверхностных водах, взвешенном веществе, представителях референтных групп гидробионтов и донных отложениях Севастопольской бухты. Приведено содержание  $^{238,239,240}\text{Pu}$  в районах-боксах, установлено, что наибольшие значения соответствуют закрытым бухтам по сравнению с открытыми. Показано, что сезонность не влияет на содержание удельной активности плутония в воде. Самое высокое содержание плутония выявлено в устьевой зоне реки Черная, что логично объясняется повышенной концентрацией взвешенного вещества в данной зоне. Исследовано распределение плутония между литогенной и биогенной частями взвешенного вещества. Установлено неравномерное распределение изотопов плутония на гидробионтах в зависимости от станции отбора. Интересным представляется зависимость накопления плутония водорослями в зависимости от глубины их произрастания. Полученные результаты позволили количественно оценить аккумулярующую способность изученных

гидробионтов. С помощью программного пакета ERICA Tool рассчитаны дозовые нагрузки на гидробионты. Показана необходимость оценки контрольных уровней содержания плутония на региональном уровне, не на мировом.

**Глава 4** посвящена использованию полученных значений содержания плутония в биотических и абиотических компонентах Севастопольской бухты как трассеров в изучении процессов осадконакопления. Приведены результаты изучения вертикального распределения изотопов плутония и сделана геохронологическая датировка донных отложений. С целью получения характеристики дисперсности и содержания солей в осадках, приведены профили распределения его влажности. Скорости осадконакопления рассчитаны по районам-боксам. Автор использует изотоп плутония-238 и соотношение  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  для идентификации пика Чернобыльских выпадений. Рассчитана различная скорость осадконакопления в разные временные периоды (от глобальных выпадений до настоящего времени) в различных частях Севастопольской бухты. Установлено влияние строительства заградительных молов на скорость осадконакопления в различных частях бухты.

В **главе 5** описываются процессы и механизмы самоочищения природных вод в отношении плутония. Приведены результаты расчетов запасов плутония в компонентах экосистемы и фактор радиоемкости донных отложений. Среди биотических компонентов удельные запасы были рассчитаны для представителей, имеющих наибольшую биомассу в Севастопольской морской акватории. Проведение геохронологической датировки донных осадков позволило провести расчет суммарного удельного запаса  $^{239+240}\text{Pu}$  за два временных периода. Сделана подробная реконструкция седиментационных потоков изотопов плутония в донные отложения по различным частям Севастопольской бухты. Результаты проведения геохронологической реконструкции седиментационных потоков плутония в донные отложения бухты и ее внешнего рейда показали, что они отличались для каждого из изучаемых районов. Увеличение седиментационного потока после 1986 года установлено только для Бокса-1. Подробно описан вынос плутония из водных масс с гидрологическим и макробиотическим потоком. Представлена обобщенная характеристика удельных потоков плутония из водной толщи с количественными оценками каждого из них.

В **заключении** кратко сформулированы основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

**Научная новизна** диссертации Параскив Артема Алексеевича заключается в комплексности проведенных исследований и количественной оценке миграционной подвижности плутония в Севастопольской бухте. Ранее такие исследования здесь не проводились. Оценен вклад биогеохимического потока в миграции плутония как на пространственном, так и на временном уровне.

**Практическая значимость** диссертации заключается в количественных параметрах аккумулирующей способности биотических и

абиотических компонентов в Севастопольской бухте по отношению к изотопам плутония. Полученные в работе коэффициенты накопления для биотических образцов могут быть использованы для формирования базы экологического нормирования распределения плутония в морской среде. Рекомендованы биоиндикаторы для плутония в экосистеме Черного моря, что особенно важно на региональном уровне для быстрой оценки ситуации в случае радиационной катастрофы.

Несмотря на несомненные достоинства, существует ряд **замечаний и вопросов, возникших при чтении работы:**

1. В диссертации не уделено внимание физико-химическим формам миграции плутония в морских акваториях. Известно, что особую роль в миграции плутония играют коллоидные вещества. Важно было бы уделить этому вопросу больше внимания. В частности, при фильтрации воды фильтром 0,45 мкм мы отделяем растворенную и коллоидную формы от взвеси. Возможно, в тексте, когда автор упоминает формы плутония, более правильно было бы употреблять такую формулировку: растворенная+коллоидная форма и взвешенное вещество. Замечание носит рекомендательный характер.

2. Какова вероятность того, что несмотря на промывку проб гидробионтов морской водой, на их поверхности остаются незаметные глазом частички донного осадка? Как контролировали степень очистки поверхности исследованного объекта от донных осадков? Особенно это касается рыб, ведущих придонный образ жизни, а также моллюсков и водорослей. Ведь именно донный осадок будет создавать основную дозовую нагрузку, так как там содержится более 99% плутония.

3. Рассчитанный фактор радиоемкости (F) не показал различий между районами-боксами Севастопольской бухты. Уместно ли вообще рассчитывать это значение, если не видно никакой разницы? В литературном обзоре уместно было бы отдельно обсудить эту формулу. Уравнение не дает объективной информации для водоемов с высокими значениями  $K_d$ . Кроме того, фактор радиоемкости изначально был выведен для водоемов хранилищ радиоактивных отходов. Севастопольская бухта никогда не будет использоваться по данному назначению.

4. Не очень ясно из текста зачем учитывали радиоактивный распад изотопов плутония, при условии, что их периоды полураспада 24110 и 6563 года для изотопов 239 и 240 соответственно. Время первого попадания плутония в Севастопольскую бухту – 60 лет назад. На взгляд оппонента этим расчетом можно спокойно пренебречь. Замечание носит рекомендательный характер.

5. В главе 4 диссертационной работы рассмотрено вертикальное распределение изотопов плутония в кернах донных отложений Севастопольской бухты. Из текста не ясно, удалось ли достичь значения ниже предела обнаружения по глубине исследованных кернов? Рисунки 4.5.

и 4.7. указывают, что удельная активность плутония возрастает с глубиной и резко прерывается. Значит ли это, что плутоний в более глубоких горизонтах не обнаружен? Интересно было бы понять на какую глубину распространился плутоний и с каким процессом это связано.

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Автореферат диссертации и опубликованные работы в достаточно полной мере отражают содержание диссертационной работы и раскрывают её основные положения.

Диссертационная работа «**Процессы формирования самоочищения природных вод в отношении радионуклидов плутония  $^{239+240}\text{Pu}$  в прибрежных морских акваториях**» соответствует критериям, установленным в пп. 9-14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 «О Порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ (ред. от 18.03.2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор **Параскив Артем Алексеевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16. – гидробиология.

Официальный оппонент

Кузьменкова Наталья Викторовна

кандидат географических наук

старший научный сотрудник Химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова

199991, Москва, Ленинские горы 1, стр. 3.

+7-916-248-7220

kuzmenkovanv@my.msu.ru

Я, Кузьменкова Наталья Викторовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

28 сентября 2023 г.

Подпись Кузьменковой Н.В. удостоверяю:

Личную подпись   
**ЗАВЕРЯЮ:**  
Нач. отдела делопроизводства  
химического факультета МГУ

**Паланская В. В.**

