

ОТЗЫВ

официального оппонента

Завьялова Петра Олеговича, доктора географических наук, члена-корреспондента РАН, на диссертационную работу Котельянец Екатерины Александровны «*Микроэлементы в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма*», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17 «Океанология».

Объектами исследования диссертационной работы являются донные отложения прибрежных акваторий Крыма. Ресурсный и рекреационный потенциал этих акваторий в настоящее время является очень востребованным для эффективного экономического развития Юга России, что определяет актуальность представленных результатов.

Целью диссертационной работы Е.А. Котельянец является анализ пространственного распределения и накопления микроэлементов (As, Ti, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sr, Fe, Mn) в донных отложениях в прибрежных акваториях Крыма с учетом влияния их геохимических характеристик. Акватории, выбранные для исследования, характеризуются, в частности, различной интенсивностью водообмена с открытой частью моря.

Научная новизна полученных в работе результатов состоит в следующем.

Впервые с применением метода рентгенофлуоресцентного анализа получены данные об особенностях пространственного распределения 12 микроэлементов в морских донных отложениях прибрежных акваторий Крыма (бухты Севастопольского региона, Феодосийский залив, Керченский пролив).

Впервые для всех исследованных акваторий микроэлементы в донных отложениях разделены на группы по характеру их корреляционных связей с содержанием Сорг, CaCO_3 и гранулометрическим составом осадков (содержанием в осадках илистой фракции). Полученные в диссертации новые

данные о содержании и пространственном распределении исследуемых микроэлементов расширяют современные представления о геохимическом составе донных отложений для акваторий с различной интенсивностью.

Практическая значимость полученных результатов обусловлена тем, что результаты диссертации могут быть использованы при решении прикладных задач для районирования прибрежных акваторий по содержанию и составу микроэлементов в донных отложениях с учетом возможного превышения геохимического фона. Карты пространственного расположения зон с повышенными концентрациями микроэлементов в донных отложениях, представленные в работе, могут быть использованы профильными ведомствами и органами местного самоуправления при разработке программ по использованию рекреационного потенциала прибрежных зон Крыма.

Для достижения целей диссертационной работы ее автором были решены следующие задачи:

- Получить новые достоверные натурные данные о содержании микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крымского полуострова (бухты Севастопольского региона, Феодосийский залив, Керченский пролив), а также получить информацию об уровнях превышения геохимического фона для некоторых микроэлементов;

- Провести анализ особенностей пространственного распределения и содержания микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма;

- Исследовать влияние геохимических характеристик донных отложений (содержание органического углерода, карбоната кальция, гранулометрический состав) на накопление и пространственное распределение микроэлементов и оценить соответствующие корреляционные связи;

Достоверность представленных в работе результатов обеспечена использованием оборудования и методик, общепризнанных на международном уровне в данной области знаний

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов и заключения.

Во **Введении** обоснованы актуальность работы и новизна представленных результатов, дана оценка современного состояния вопроса, описаны используемые в работе методики, объем полученных и анализируемых натурных данных, определен личный вклад диссертанта и сформулированы положения, выносимые на защиту.

В **Первом** разделе *«Географическая характеристика исследуемых акваторий»* представлен обзор научной литературы о донных отложениях прибрежных акваторий Крыма с учетом влияния основных геохимических и географических особенностей формирования объектов исследования. Приведена история изучения исследуемых акваторий (Севастопольская бухта, Балаклавская бухта, Казачья бухта, Феодосийский залив, Керченский пролив) и их географические характеристики. Автором показано, что, несмотря на большое количество ранее опубликованных исследований прибрежных районов Крыма, детального анализа особенностей пространственного распределения и накопления As, Ti, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sr, Fe, Mn в донных отложениях в зависимости от геохимических характеристик и интенсивности водообмена рассматриваемых прибрежных акваторий Крыма ранее не проводилось.

Во **Втором** разделе *«Материалы и методы исследования»* приведена характеристика районов работ и схемы расположения станций отбора проб. В нем также описаны методики, используемые в работе для получения данных о геохимических характеристиках донных отложений в прибрежной акватории Крыма (Черного моря), и применяемые методики для оценки содержания и распределения микроэлементов и тяжелых металлов в исследуемых природных объектах.

Основу диссертационной работы составили результаты, полученные при непосредственном участии автора в 12 экспедициях в период с 2003 по

2018 гг. В общей сложности, было отобрано и обработано более 1250 проб донных отложений, в которых было выполнено определение концентраций микроэлементов (As, Ti, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sr, Fe, Mn). Стоит отметить, что соискателем освоены методики определения микроэлементов методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), определения органического углерода, неорганического углерода. Метод РФА был применен для определения микроэлементов в донных отложениях бухт Севастопольского региона впервые.

Далее описана методика расчета корреляционных характеристик. Автор ссылается на известные работы (Митропольский и др., 1982, Игнатьева и др., 2005, Шигабаева, Ахтырская, 2014), в которых по анализу данных микроэлементов в природных объектах выполнялось построение матриц парных корреляций с целью выявления наличия или отсутствия корреляций между содержаниями исследуемых микроэлементов и геохимическими характеристиками донных отложений.

В **Третьем** разделе *«Пространственное распределение микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма с различным гидродинамическим режимом»* по материалам экспедиционных исследований, полученных на НИС «Эксперимент» и НИС «Профессор Водяницкий» выполнен анализ содержания и пространственного распределения исследуемых микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма в период 2003–2018гг. (бухты Севастопольского региона, Феодосийский залив, Керченский пролив). Обсуждается характер пространственного распределения микроэлементов. Ранее подобная сравнительная оценка особенностей пространственного распределения и накопления исследуемых микроэлементов по данным, полученным в рамках единой методики, в донных отложениях рассматриваемых пяти прибрежных акваториях Крыма, отличающихся своими геохимическими и гидрологическими характеристиками и интенсивностью водообмена с открытым морем - не проводилась.

Анализ большого объема экспедиционных данных позволил диссертанту не только определить особенности пространственного распределения исследуемых микроэлементов, но и установить уровни превышения геохимического фона для некоторых микроэлементов в донных отложениях исследуемых прибрежных акваторий:

- Севастопольской бухты – превышение геохимического фона по Zn, Ni, Cr, Pb, Fe, V, As, Sr;

- Казачьей бухты – превышение геохимического фона по Zn, Cr, Co, Sr, As;

- Балаклавской бухты – превышение геохимического фона по Zn, Cr, Pb, As, Sr;

- Феодосийского залива – превышение геохимического фона в донных отложениях залива отмечено только для Zn, Cr;

- Керченского пролива – различия в пространственном распределении микроэлементов в осевой части пролива и его прибрежной зоны, наблюдаются пониженные содержания всех микроэлементов (ниже геохимического фона) в донных отложениях пролива, а превышение геохимического фона в проливе отмечено только для Zn, Ni, Cr.

В **Четвертом** разделе *«Геохимические характеристики и гранулометрический состав донных отложений прибрежных акваторий Крыма и их влияние на процесс накопления микроэлементов»*, который является, вероятно, центральным для данной диссертационной работы, соискатель анализирует геохимические характеристики донных отложений прибрежных акваторий Крыма и их влияние на процесс накопления микроэлементов путем выявления (или констатации отсутствия) значимых корреляций между содержаниями исследуемых микроэлементов и геохимическими характеристиками донных отложений. В результате выделены три группы микроэлементов, уровень концентрации которых статистически значимым образом зависит от геохимических характеристик донных отложений.

В **Заключении** автор сформулировал основные результаты диссертационной работы.

При общем положительном впечатлении о диссертационной работе Котельянец Е.А., имеется ряд замечаний. Основные замечания по-существу:

1. К недостаткам работы нужно отнести отсутствие в ней литературного обзора по теме исследований. Речь идет не о количестве цитируемых источников (которое более, чем достаточное), а об исчерпывающем обсуждении современного состояния всего круга научных вопросов, связанных с диссертационной темой. Первый раздел, озаглавленный «Географическая характеристика исследуемых акваторий», решает эту задачу лишь частично и полноценный обзор литературы собой не заменяет – в нем представлены ссылки на некоторые предыдущие исследования, в основном, в интересующих автора черноморских акваториях, но нет или почти нет сведений об аналогичных работах в других морях и районах океана, а также о накопленных знаниях общего характера о закономерностях динамики микроэлементов в донных отложениях.

2. Натурные данные были получены соискателем неоднократно (до 12 раз) в одних и тех же (или близких друг другу) точках в течение 16 лет с 2003 по 2018 гг. Следовательно, была возможность проанализировать информацию и о межгодовой изменчивости и о трендах концентраций микроэлементов. Однако этого в полном объеме сделано не было. Автор приводит в тексте диссертации некоторые сведения о межгодовой изменчивости и отчасти комментирует их, но не включает их в выводы работы, по-видимому, не считая это заслуживающим внимания результатом. На взгляд оппонента, однако, временная динамика загрязнителей несет в себе важную информацию, и она могла бы стать отдельным и важным предметом исследования.

3. Автор ставит перед собой и решает задачу установления связей между концентрациями отдельных микроэлементов и геохимическими характеристиками донных осадков, однако среди последних рассматривает

лишь три – содержание органического углерода, содержание минерального углерода в форме карбоната кальция и гранулометрический состав. Конечно, это очень важные характеристики донных осадков - но не единственные. Что дает автору основания полагать, что содержание интересующих его микроэлементов в осадках определяется именно этими величинами, а не какими-то другими? В частности, не имело ли смысл рассмотреть также показатели окислительно-восстановительного состояния осадков? Насколько известно оппоненту, такие данные соискателю доступны.

4. Рассуждения автора о возможных механизмах, ответственных за обнаруженные селективные корреляции тех или иных микроэлементов с геохимическими характеристиками осадков – о формировании стойких соединений с органическими лигандами, способности стронция замещать кальций, способности марганца и железа образовывать собственную мелкодисперсную взвесь – очень интересны и, скорее всего, справедливы. Однако их справедливость никак не вытекает из данных и результатов, представленных в диссертации. Следовательно, они уместны в дискуссии, но должны быть удалены из числа выводов работы, представленных в разделе «Заключение».

Замечания редакционного характера:

1. С.9 – Задачи 3 и 4, на взгляд оппонента, фактически дублируют друг друга.

2. Рисунки 2.5 и 2.6, помещенные автором в методический Раздел 2, выглядят там преждевременными. Они логичнее смотрелись бы в Разделе 4, где и получены соответствующие им результаты.

3. В таблицах 4.1 и 4.3 во многих позициях поставлены прочерки – по-видимому, они означают низкие корреляции. Однако лучше было бы привести численные значения. Даже не соответствуя требуемому уровню значимости корреляции, они все-таки могут нести полезную информацию.

4. В Разделе 4 приведены таблицы корреляций между содержанием микроэлементов и органическим углеродом (таблица 4.5) и

гранулометрическим составом донных осадков (таблица 4.6). Почему не показана такая же таблица с третьей рассмотренной геохимической характеристикой, для корреляций с содержанием карбоната кальция?

Высказанные замечания, однако, не снижают общей высокой оценки качества и значения полученных в работе научных результатов. В целом, считаю, что проведенные в данной диссертационной работе исследования выполнены на высоком научном и методическом уровне. На основе большого массива натурных данных полученных автором диссертации осуществлен анализ особенностей пространственного распределения и накопления микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма в зависимости от их геохимических характеристик, гранулометрического состава и гидродинамического режима исследуемых акваторий. Диссертация содержит интересные выводы о причинах выявленных неоднородностей. Соискателем впервые был применен метод рентгенофлуоресцентного анализа для определения микроэлементов в представленных в работе акваториях. Список публикаций и уровень апробации работы достаточные, автореферат отражает содержание диссертации. Результаты работы имеют серьезный потенциал практического применения – особенно в части работы, относящейся к бухтам Севастопольского региона (Севастопольской, Казачьей, Балаклавской). Представленные в работе результаты восполняют существовавший пробел в информации об особенностях распределения изучаемых микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма, которая может быть использована для районирования исследуемых прибрежных акваторий по уровню образования зон повышенного накопления микроэлементов в донных отложениях.

Судя по представленным результатам, высокая научная квалификация соискателя сомнений не вызывает. Несомненным достоинством работы является то, что автор не ограничивается только анализом пространственного распределения исследуемых микроэлементов, а рассматривает влияние

геохимических характеристик донных отложений на их распределение, учитывая при этом степень интенсивности водообмена исследуемых акваторий с точки зрения формирования донных отложений в исследуемых акваториях.

Считаю, что диссертация Котельянец Екатерины Александровны «Микроэлементы в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма» полностью соответствует специальности 1.6.17 «Океанология» и удовлетворяет всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Е.А. Котельянец заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17. «Океанология».

Официальный оппонент:

доктор географических наук, член-корреспондент РАН

И.о. заместителя директора по научно-организационной работе

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук»

Завьялов Петр Олегович

117997, г. Москва,

Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук

Нахимовский проспект, 36., тел. +7 (499) 124-59-94, Е-мэйл peter@ocean.ru

Я, Завьялов Петр Олегович, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



Верно:

Зав. канцелярией ИО РАН

 /П.С. Завьялов/
10.02.2025 г.