

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на кандидатскую диссертацию КРЕКА Александра Владимировича
«ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ»,
представленную к защите по специальности 1.6.21 – «Геоэкология»
(географические науки)

Диссертация А.В. Крека представляет собой оригинальное, законченное и самостоятельное исследование.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью контроля уровня загрязненности донных осадков в морских экосистемах тяжелыми металлами, повышенное содержание которых может приводить к вторичному загрязнению вод и вызывать существенные изменения в трофических цепях. Весьма остро указанная проблема проявляется в юго-восточной части Балтийского моря (HELCOM, 2018). Возрастание антропогенной нагрузки в связи с разработкой нефтяных месторождений, гидротехническим строительством, добычей песчано-гравийных полезных ископаемых и судоходством приводит к увеличению поступления в водную среду потенциально опасных веществ.

Обладая значительно большей консервативностью по сравнению с водной толщей, донные осадки реально отражают интегральные изменения, происходящие в акватории, что может быть использовано в целях мониторинга морской среды. Интегральная оценка загрязнения донных осадков в юго-восточной части Балтийского моря до сегодняшнего дня не выполнялась. Заслуга автора диссертации заключается в выполнении такого рода оценки.

Изученность проблемы может быть охарактеризована как недостаточная, что влияет на формирование нормативной базы оценки уровня загрязнения. В России в настоящее время отсутствуют утвержденные нормативы загрязнения донных осадков, что затрудняет контроль воздействия хозяйствующих субъектов

на акваторию. Разработка региональных нормативов, устанавливающих загрязнение осадков и учитывающих местные особенности, позволило бы повысить достоверность оценки воздействия источников загрязнения.

Цель работы заключается в выявлении особенностей пространственно-временной динамики накопления тяжелых металлов для научного обоснования критериев оценки загрязнения таковыми донных осадков в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря.

Для достижения поставленной цели автором сформулированы следующие **задачи**: (1) изучить мировой опыт оценки и анализа данных по степени загрязнения донных осадков тяжелыми металлами; (2) статистически обработать данные по содержанию тяжелых металлов в донных осадках исследуемого района в 2011-2020 гг.; (3) дать интегральную оценку загрязнения тяжелыми металлами различных типов донных осадков, выявить геохимические аномалии и количественно связать их с природными и антропогенными источниками; (4) осуществить пространственную оценку переноса Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Hg в береговой зоне на примере анализа аномалии их содержания у Куршской косы; (5) выявить критерии региональной классификации загрязнения донных осадков.

Объектом исследования являются тяжелые металлы в донных осадках российского сектора юго-восточной части Балтийского моря.

Предметом исследования являются пространственно-временные особенности формирования геохимических аномалий распределения и динамики тяжелых металлов с учетом природно-антропогенного фона в донных осадках.

Научная новизна. Впервые для юго-восточной части Балтийского моря выявлены геохимические и геоэкологические аномалии и сопоставлены уровни загрязнения тяжелыми металлами илистых и обломочных осадков. Применение метода нормализации (приведение содержания тяжелых металлов к природному макроэлементу – Fe) позволило впервые достоверно количественно сопоставить уровень загрязнения илистых и обломочных осадков. Используемые методы

позволили дифференцировать природные и антропогенные источники образования аномалий. Впервые для региона дана количественная оценка вклада отдельных антропогенных источников в загрязнение донных осадков (стационарной платформы МЛСП D-6, сброса вскрышных пород Янтарного комбината и др.). Отклонение содержания тяжелых металлов от региональных фоновых значений позволило выявить пять классов уровней загрязнения, которые автор предлагает использовать в качестве региональных нормативов.

Практическая значимость. Оценка природного фона и вклада источников геохимических и геоэкологических аномалий распределения и динамики тяжелых металлов в донных осадках российского сектора юго-восточной части Балтийского моря может быть использована в интересах морского пространственного планирования. Результаты диссертации направлены также на совершенствование методов морского геоэкологического мониторинга. Предложенный автором комплексный подход к выявлению повышенных содержаний потенциально опасных веществ может быть применен для совершенствования правил инженерных изысканий в строительстве.

Фактический материал и методы исследования. Пробы донных осадков отобраны автором в экспедициях Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и общества с ограниченной ответственностью «Морское венчурное бюро». В работу вошли материалы, полученные в рамках выполнения государственных заказов (2014-2020 гг.), а также материалы экологического мониторинга нефтяного месторождения D-6 (с 2003 г.) и материалы, полученные в ходе инженерных изысканий при бурении на шельфе Калининградской области (2011-2020 гг.). Репрезентативность собранного материала не вызывает сомнений. Лабораторный анализ включил в себя определение гранулометрического, минералогического и химического составов донных осадков. Статистические методы заключались в нормализации содержания тяжелых металлов к железу и расчету экологических индексов. Для установления генезиса геохимических аномалий выполнен кластерный анализ и

расчет вдольберегового движения наносов. Использовался картографический метод – один из основных методов геоэкологических исследований.

Личный вклад автора заключается в анализе литературы по тематике исследования, планировании и отборе проб донных осадков в ходе экспедиционных работ, интерпретации результатов лабораторных исследований, обосновании подхода к оценке загрязнения донных осадков по их тонкодисперсной фракции. В качестве обобщающего итога автором предложена адаптированная к региональным условиям методика определения уровня антропогенного воздействия на морские донные осадки.

Положения, выносимые на защиту:

1. В современных донных осадках российского сектора юго-восточной части Балтийского моря периодически формируются временные антропогенные аномалии содержания тяжелых металлов Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, Pb и As вблизи объектов инфраструктуры морской нефтедобычи (нефтедобывающая платформа и подводный трубопровод), в районе Национального парка «Куршская коса» и у северного побережья Калининградского полуострова.
2. Геохимическая аномалия Pb, Cu, Ni, Zn в осадках плато Рыбачий обусловлена вдольбереговым переносом от Калининградского полуострова на северо-восток вдоль Куршской косы.
3. Ассоциация Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Zn у западного побережья Калининградского полуострова идентична по составу вскрышным породам Приморского месторождения янтаря и соответствует природному геохимическому фону донных осадков.
4. В голоценовых илах Гданьской впадины проявляются природные геохимические аномалии Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, Pb, обусловленные разгрузкой подземных вод оксфорд-титонского горизонта.
5. Региональная шкала загрязнения донных осадков, включающая пять классов загрязнения тяжелыми металлами, позволяет наиболее достоверно оценивать последствия хозяйственной деятельности и учитывать геоэкологические риски.

Исследование **соответствует паспорту специальности** 1.6.21 – Геоэкология (географические науки) по пунктам 1.8, 1.17, 1.18.

Результаты исследования прошли серьезную **апробацию** на ряде международных научных конференций и конгрессов и использованы в ходе инженерно-экологических изысканий в Юго-Восточной Балтике.

По теме диссертации **опубликовано** 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, а также включенных в базы цитирования WoS/Scopus.

В структурном отношении работа состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 179 страниц, включая 36 таблиц, 33 рисунка и 10 приложений с содержанием наблюдаемых данных. Список литературы включает 228 наименований, из которых 134 – на иностранных языках.

Во **Введении** охарактеризована актуальность темы, определены цель и задачи, дана оценка научной новизны и значимости исследования.

В **Главе 1** приводится литературный обзор изученности загрязнения донных осадков Балтийского моря. Дается анализ существующих методов оценки степени загрязнения донных осадков тяжелыми металлами. Особое внимание уделяется подходам, используемым в странах Балтийского региона.

В **Главе 2** описываются использованные материалы и методы. Для сравнения содержания тяжелых металлов в донных осадках разного гранулометрического состава устранялся эффект зависимости содержания химического компонента от размера частиц осадка. Для этого значения показателей содержания тяжелых металлов в образце приводили к безразмерным величинам по отношению к макроэлементу (железу), накапливающемуся в природных условиях. Основой такого типа нормализации являются представления о том, что содержание макроэлемента есть результат естественных процессов и того факта, что в осадках существует линейная зависимость между содержаниями определенного тяжелого металла и агента нормализации.

В **Главе 3** представлены результаты анализа содержания тяжелых металлов в донных осадках и выявления их геохимических и геоэкологических аномалий вблизи антропогенных источников, у Куршской косы и в Гданьской впадине.

В **Главе 4** рассматривается роль природных факторов в образовании аномалии в илах Гданьской впадины и пространственно-временной трансформации аномалии около побережья Куршской косы.

В **Главе 5** по результатам анализа полученных данных о состоянии природно-антропогенного фона района исследования и выявления геохимических аномалий различного происхождения и масштаба предложена региональная шкала оценки загрязнения тяжелыми металлами донных осадков юго-восточной части Балтийского моря, основанная на пространственно-временной динамике тяжелых металлов по отношению к природному фону.

Выводы работы достаточно убедительно обоснованы. Автореферат диссертации **адекватно отражает** ее основное содержание. Работа написана хорошим внятным языком и отлично иллюстрирована.

Замечания касаются не научного содержания работы и ее выводов, а, прежде всего, структуры.

1. Пять глав представляются несколько излишними для кандидатской диссертации. Их число вполне можно было бы уменьшить до трех, сократив общий текст.
2. Из текста автореферата пропала формулировка Положения № 3, выносимого на защиту (хотя раскрытие самого положения по тексту сохранилось).
3. Судя по списку источников, автор не знаком с разработками Центральной Европейской Дреджинговой ассоциации, в которых большое внимание уделяется как раз контролю содержания тяжелых металлов в морских донных осадках (Брэй, 2013; Laboyrie et al., 2018).

4. Автор нигде не указывает, на каком основании включает в список тяжелых металлов мышьяк, являющийся классическим неметаллом.

Сделанные замечания носят не принципиальный, а рекомендательный характер.

Заключение. Диссертационная работа Александра Владимировича Крека «Геоэкологические особенности распределения тяжелых металлов в донных осадках юго-восточной части Балтийского моря» полностью отвечает требованиям ВАК и может быть защищена по специальности 1.6.21 – «Геоэкология» (географические науки»).

Официальный оппонент

профессор кафедры Прикладной информатики

Российского государственного гидрометеорологического университета

доктор географических наук (специальность 25.00.36 – геоэкология)

Шилин Михаил Борисович

ученое звание – профессор

адрес служебный: 195196 Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98

адрес домашний: 195027 Санкт-Петербург, Большеохтинский пр., д. 15,
корп. 1, кв. 3

тел. дом. (812) 227 12 58, тел. моб. +7 (921) 902 45 65

адрес электронной почты: shilin@rshu.ru

17 июля 2022 г.

