

Министерство природных ресурсов
и экологии Российской Федерации
Федеральное агентство
по недропользованию
Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. А.П. КАРПИНСКОГО»
(ФГБУ «ВСЕГЕИ»)



Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106
Для телеграмм: Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ
Телефон: (812) 321-57-06
факс: (812) 321-30-23
E-mail: vsegei@vsegei.ru

Г

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ФГБУ «ВСЕГЕИ»



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Крека Александра Владимировича

«Геоэкологические особенности распределения тяжелых металлов в донных осадках юго-восточной части Балтийского моря», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки)

Актуальность. Исследования, связанные с функционированием морских экосистем, имеют высокую актуальность в связи с тем, что такие экосистемы чрезвычайно чувствительны к антропогенному воздействию. Представленная диссертационная работа посвящена изучению Балтийского моря, которое является по своей сути внутренним морем Европейского континента с весьма ограниченным водообменом. На его водосборной площади и береговой зоне сосредоточено значительное количество промышленных объектов и крупных мегаполисов. Интенсивная хозяйственная деятельность, освоение минерально-сырьевых ресурсов и активное развитие морских перевозок, в том числе и в его российском секторе, приводит к поступлению больших объемов потенциально опасных веществ в акваторию. Негативные последствия этих процессов вызывают большие опасения у экологической общественности стран Балтийского региона. В тоже время, как справедливо указывает автор, до настоящего времени отсутствуют достоверные региональные критерии оценки и контроля воздействия различных источников загрязнения на состояние окружающей среды.

В связи с этим, весьма логична постановка **целей исследования**, которыми являются выявление особенностей пространственно-временной динамики накопления

тяжелых металлов в донных отложениях российского сектора юго-восточной части Балтийского моря и обоснование критериев оценки загрязнения.

Заявленные цели достигаются путем решения таких **основных задач**, как интегральная оценка загрязнения различных типов донных осадков тяжелыми металлами, оценка пространственного переноса ряда химических элементов в береговой зоне и выявление критериев для региональной классификации донных осадков. Поставленные цели и задачи решаются путем применения современных методов анализа и обработки разнообразной геолого-геохимической и географической информации. Учитывается мировой опыт анализа данных по степени загрязнения донных осадков.

Научная новизна диссертационной работы А.В. Крека заключается в том, что с помощью применения методики нормализации концентрации тяжелых металлов в различных литологических типах донных осадков им впервые для юго-восточной Балтики были выявлены геохимические аномалии и проведена дифференциация природных и антропогенных источников их образования. Это позволило дать количественную оценку вклада отдельных источников в загрязнение донных осадков и выявить пять классов уровней загрязнения.

Практическая значимость. Полученные результаты о положении и потенциальной опасности источников геохимического загрязнения донных осадков могут быть использованы при проведении работ по морскому пространственному планированию, а также совершенствованию методов геоэкологического мониторинга и при проведении инженерно-изыскательских работ в береговой зоне российского сектора Балтики.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций основывается на всестороннем анализе многочисленной научной литературы по теме исследования, изучении международного опыта оценки степени загрязнения донных осадков тяжелыми металлами и собственных данных.

Достоверность результатов работы обеспечивается разнообразием собранного материала, применением современных методов анализа и обработки данных.

Краткая характеристика работы и оценка защищаемых положений.

Диссертационная работа А.В. Крека оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Состоит из введения, пяти глав и заключения, содержит 179 страниц, включая 36 таблиц, 33 рисунка и 10 приложений. Список использованной литературы включает 230 наименований, из которых 136 – на иностранных языках.

Во Введении, состоящем из 8 страниц, достаточно полно изложены данные по актуальности темы диссертационного исследования, его целях и задачах, научной новизне и практической значимости. Определены объект и предмет исследования. Кратко показана степень изученности проблемы загрязнения донных осадков и нормирования его уровня.

Приведены данные по источникам получения фактического материала, который был задействован в работе, личном вкладе автора, аналитическим исследованиям, а также особенностям применения статистических методов обработки геохимических данных. В качестве обобщающего итога предложена адаптированная к региональным условиям методика определения уровня антропогенного воздействия на донные осадки и сформулированы положения, выносимые на защиту. Указаны сведения об апробации проведенных исследований и соответствии диссертации паспорту научной специальности, приведен список, включающий семь публикаций по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК и включенных в базы цитирования Wos/Scopus.

Глава 1 «Изученность геохимического состава донных осадков» изложена на 32 страницах и состоит из 4 разделов. Если в первой небольшой части раздела 1.1. основное внимание уделено гидрологическим характеристикам водной толщи Балтийского моря, изученности процессов осадконакопления и литологического состава поверхностных донных осадков. Особое внимание уделено фациальным условиям формирования осадков различного литологического состава и их минералогическим характеристикам. Раздел 1.2. содержит данные о потенциальных источниках загрязнения и хозяйственном использовании акватории. Анализ литературных данных показал, что как крупные, так и малые реки, впадающие в Балтийское море, принимают сточные воды прибрежных населенных пунктов с разной степенью очистки. Часто качество сточных вод не контролируется. По литературным источникам с добавлениями автора в разделе представлена «Схема современного и перспективного хозяйственного использования акватории российского сектора юго-восточной части Балтийского моря», которая объективно отражает положение источников загрязнения акватории, в том числе потенциально опасных затопленных объектов. Важная роль отводится субмаринной разгрузке подземных вод и газов, как источникам поступления посторонних химических веществ. В Разделе 1.3. автор анализирует мировой и российский опыт оценки и нормирования качества донных осадков. В результате проведенного анализа соискатель приходит к выводу, что при некотором разнообразии подходов к оценке загрязнения объектов тяжелыми металлами все эти методы, в том числе и предложенный Ю. Е. Саетом (1990), не применимы к оценке загрязнения донных осадков. Поэтому для их оценки в ряде зарубежных стран (таблица 1.3.1., 1.3.2.) применяются пороговые значения содержания тяжелых металлов в осадках, превышение которых приводит к необратимым последствиям для живых организмов. Наиболее подробная шкала оценки уровня загрязнения разработана в Швеции (WGMS, 2003). В тоже время отмечено, что в силу региональных особенностей донных осадков её применение не всегда приемлемо, что приводит к целесообразности установления собственных нормативов. Еще одной важной особенностью донных осадков

является зависимость уровня концентрации тяжелых металлов от гранулометрического состава, что не позволяет по мнению автора корректно сопоставлять данные по загрязнению осадков между собой. Поэтому автором предлагается применять метод нормализации концентрации тяжелых металлов к концентрации какого-либо макроэлемента, которая линейно с высоким уровнем достоверности связана с содержанием тонкой (<0,063 мм) фракции. Таким элементом является железо. В Разделе 1.4. Креком А.В. проведен анализ общих закономерностей распределения тяжелых металлов в осадках различных частей акватории Балтийского моря. Сложности в сопоставлении геохимических данных и выявлении этих закономерностей связаны с использованием различными авторами методов анализа с разной чувствительностью. Приведены данные о многочисленных техногенных источниках поступления тяжелых металлов в различные части акватории Балтийского моря. Они показывают, что характерной чертой юго-восточной части Балтийского моря является высокая вариативность содержаний Cr, Ni, Pb, Cu, Zn и As в донных отложениях. В результате, соискателем выявлены локальные участки с повышенным уровнем загрязнения и осадки с максимальным содержанием ряда тяжелых металлов, отмечается зависимость их содержания от доли тонкодисперсной фракции.

Основные замечания к главе 1. Название главы и ее разделов не совсем соответствуют изложенному в них материалу. Раздел 1.1 в значительной мере посвящен описанию литологического и минерального состава донных осадков, а изученности геохимического состава отдан лишь один абзац в конце раздела. Данные по физико-географической характеристике района исследований практически отсутствуют. Раздел 1.4 озаглавлен, как «Роль металлов в донных осадках...», в тоже время основные материалы посвящены закономерностям распределения тяжелых металлов в донных осадках.

В разделе 1.3. при рассмотрении мировой практики оценки и нормирования качества донных осадков (стр. 23-25) для одних и тех же индексов и коэффициентов используются разные стили написания ($C_f - CF$; $C_{m_0} - CM_0$). Нужно также отметить, что при оценке степени загрязнения или выявления аномалий, применение расчетов, в которых сумма поэлементных факторов загрязнения (C_f) или коэффициентов концентрации (K_c) делится на количество определяемых элементов, может привести к потере моноэлементных аномалий, когда концентрация только одного химического элемента выше фона. Там же предложена процедура нормирования концентраций химических элементов с целью получения геохимических данных, корректных для сопоставления вне зависимости от литологического состава. При этом не учитывается, что использование содержания железа как нормализующего агента может стать причиной искажения результатов нормирования в случае существенного перераспределения железа в результате дигенетических процессов, происходящих в осадке.

В названии таблиц 1.3.3 (стр. 28), 1.3.4 (стр. 29) следует писать «Классы опасности донных отложений (материала дноуглубления) по содержанию в них ТМ». В таблице 1.3.6 (стр. 32) не дано пояснений относительно наименования столбцов.

Глава 2 «Материалы и методы» изложена на 20 страницах, состоит из 3 разделов и посвящена описанию методов отбора проб и лабораторного анализа, статистической обработки данных и специальным приемам обработки данных, используемым соискателем при проведении исследования. Во вводной части автор дает условное разделение района работ на три части (полигона). Он отмечает, что это разделение связано с решением разных задач в каждой из частей. Таких как, изучение вдольберегового переноса тяжелых металлов, выявление точечных источников формирования аномалий тяжелых металлов, роли сброса янтарного комбината в формировании геохимических аномалий. **Раздел 2.1** Для отбора проб применялись стандартный набор средств: дночерпатель типа Ван-Вина и герметичная трубка системы Лаури-Ниемисто, которые позволяют производить отбор грунта без разрушения поверхностного слоя. Экспедиционные работы на полигонах проводились, начиная с 2011 года. Время работ и их качественные и количественные показатели приведены в таблице и рисунках. В **разделе 2.2** приведены данные по особенностям применения методов гранулометрического и химического анализов. При этом, отмечено, что для определения химического состава проб использовалось несколько разных количественных методов и лабораторий: ИСП-АЭС – «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Калининградской области», ААС – химическая лаборатория АО ИО РАН, ИСП-МС – Центральная лаборатория ФГБУ «ВСЕГЕИ». Минералогический анализ проб проводился в лаборатории АО ИО РАН. Для определения процентного содержания глауконита использовалась фракции 0,09-0,063 мм и 0,5-0,063 мм. Для дальнейшего анализа минерального состава производилось разделение пробы на тяжелую и легкую фракции. Минеральный состав тяжелых фракции определялся при подсчете от 300 до 500 зерен. **Раздел 2.3.** В первой его части автор рассматривает те методы статистики, которые применяются им при обработке данных по содержанию тяжелых металлов в донных осадках. Предпочтение отдается кластерному анализу. При этом часть аналитических данных (полигоны П1.2, П2.2, П2.3, П3) прошла предварительную обработку, которая заключалась в нормализации содержаний каждого химического элемента в пробе к концентрации Fe в той же пробе. При анализе загрязнения береговой зоны северного побережья Калининградской области (полигон П1.1) содержание Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Hg пересчитывалось на содержание в пробе глинистой фракции (<0,063 мм), что связано с недостаточным количеством определений нормирующего макроэлемента. Для оценки уровня загрязнения осадков автором рассчитывались фактор загрязнения (Cf) и

степень загрязнения (mCd). При этом в качестве регионального фона принималось среднее значение химических элементов, полученное для всей аналитической выборки после нормирования концентраций. Вторая часть раздела посвящена теории расчета режима наносов. В их основе лежит опорная сеть точек с интервалом в 5 км вдоль побережья Калининградского полуострова и Куршской косы и 10 км в районе материковой части Литвы. В каждой точке получены характеристики режима волнения, основанные на ежечасных метеорологических данных. Проведенные расчеты позволяют определить направление генерального потока наносов и мощность потока, а величина вектора энергии общего наносодвижущего действия характеризует воздействие на берег. Дополнительно для подтверждения расчетов по динамике наносов применен минералогический метод определения их переноса. Природным минералом-трассером в этом случае выступает глауконит, присутствующий в локализованных выходах коренных пород Калининградского полуострова. Кроме того, для подтверждения современного значимого направления перемещения наносов может быть применен метод, основанный на определении изменений гранулометрических коэффициентов. Предложенные методы исследования и обработки данных адекватны поставленным целям и задачам.

Из замечаний следует отметить следующее. Для корректного сопоставления геохимических данных в разделе 2.2 необходимо привести значения порогов обнаружения химических элементов для каждого метода анализа. Определение регионального фонового значения содержания ТМ в донных осадках с применением среднего (арифметического) может дать искаженное значение фона, особенно в случаях выборок малых объемов или наличия аномальных значений – «выбросов». Для получения правильного среднего арифметического рекомендуется проводить его расчет с исключением аномальных значений. Кроме того, в последнее время для определения регионального фона при геоэкологических исследованиях в ФГБУ «ВСЕГЕИ» весьма эффективно используется значение среднего гармонического.

В главе 3 «Геохимические аномалии в юго-восточной части Балтийского моря», одной из ключевых, на 40 страницах текста, состоящего из 4 разделов, рассматриваются результаты анализа полученных геохимических данных. В разделе 3.1. приведены результаты по определению региональных фоновых содержаний Cu, Cr, Cd, Pb, Hg для поверхностных донных обломочных и глинистых осадков. Однако, как отмечает сам соискатель, применение методов количественного анализа с разной чувствительностью и порогом обнаружения химических элементов для разных полигонов позволяет определить фоновое значение только с большим допуском. Для определения геохимического фона доиндустриального периода используются данные геохимического опробования по керну

колонок из илов Гданьской впадины. С этой целью по колонкам выполнен кластерный анализ содержания Fe, Mn, K, Na, Ca, Mg, Ti, Cu, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, Pb, As, который позволил выделить верхний слой осадка, подверженный антропогенному воздействию. С этим слоем ассоциирует группа элементов в составе Pb, Zn, Cd, Cu, что с полным правом позволяет Креку А.В. принять её в качестве антропогенной ассоциации. Интересно, что в случае связи этой ассоциации элементов с Fe она может иметь и природное происхождение, как это наблюдается в нижнем слое керна колонок. В качестве доиндустриального фона соискателем рассматривается среднее содержание элементов в нижнем слое. В **разделе 3.2** рассмотрены особенности формирования геохимических аномалий на береговом склоне северной части Калининградского побережья и Куршской косы. Одна из них расположена в районе пос. Рыбачий. В её состав входят Pb, Cu, Ni, Zn, Cd, концентрация которых превышает фоновые значения, для таких элементов как Cu достигает 5 класса загрязнения по шведской шкале (WGMS 2003). Поскольку на Куршской косе нет значимых источников загрязнения, то логично заключение соискателя о том, что формирование аномалий связано с влиянием вдольберегового переноса наносов, направленным от Калининградского полуострова вдоль Куршской косы. Об этом же свидетельствует и нестабильный, «плавающий» во времени и пространстве характер аномалий. Нормализация содержаний химических элементов к тонкодисперсной фракции позволила провести сравнительный анализ геохимических данных вдоль всего северного побережья Калининградского полуострова и Куршской косы вне зависимости от литологического состава отложений. В результате этой процедуры соискателем был выявлен ряд новых, так называемых «скрытых» аномалий, которые не удавалось зафиксировать при традиционном анализе концентраций. При анализе результатов съемки 2017 года из-за незначительной доли глинистой фракции в пробах, нормирование содержания химических элементов было выполнено по концентрации в пробе Fe. После расчета Cf и mCd по этим данным соискатель отмечает в целом низкий уровень загрязнения в районе Куршской косы и некоторое его повышение, приуроченное к пляжам. На северном побережье Калининградского полуострова умеренная степень загрязнения отмечена на подводном береговом склоне в бухте около п. Пионерского, а на западном – у пляжа п. Янтарный и Балтийской косы. В **разделе 3.3** рассмотрены результаты анализа геохимических данных с применением рассмотренной ранее методики нормализации содержания химических элементов к концентрации в пробе Fe. Это позволило соискателю впервые для открытой части акватории (полигон 2) сравнить уровень загрязнения различных литологических типов донных осадков, отличающихся содержанием тонкодисперсной фракции и выявить признаки загрязнения в части акватории с развитием обломочных отложений. Детальные

исследования, проведенные в зонах разломов и акустических аномалий, выявили повышенные концентрации в донных осадках химических элементов маркеров разгрузки подземных вод (K, Na, Ca, Mg), что является свидетельством наличия инфильтрации пластовых вод в акваторию. В тоже время геохимические данные свидетельствуют об уменьшении концентрации ряда тяжелых металлов в зоне разгрузки подземных вод. Автор исследования связывает это с обедненностью поступающих вод данными элементами. В **разделе 3.4.** соискатель обращает внимание на сброс пульпы вскрышных пород карьера ООО «Калининградский янтарный комбинат» как один из важнейших факторов формирования геоэкологической обстановки в пределах западного побережья Калининградского полуострова. Для определения объемов тяжелых металлов, сбрасываемых с пульпой в акваторию Балтийского моря, предполагается, что состав пульпы идентичен по геохимическим и литологическим характеристикам отложениям карьера. С этой целью из стенок карьера отобраны пробы пород и определены их осредненные показатели гранулометрического состава и содержания химических элементов. Кроме того, в акваторию могут поступать тяжелые металлы с абразионным материалом в результате естественного разрушения берегов. По мнению соискателя, объемы сбросов от этих двух источников сопоставимы.

Из замечаний можно отметить следующее. В заголовке к таблице 3.1.2 (стр. 65) лучше писать «Основные описательные статистики по содержаниям ТМ в донных осадках». На стр. 65 используется формулировка «абсолютное фоновое значение», при этом не дано объяснение этого понятия. На стр. 68 допущена ошибка в ссылке на рисунок. Вместо 1.3.3 следует ссылаться на рис.3.1.3. На стр. 73 в таблице 3.1.4 логично изменить расположение данных по слоям, расположив данные, полученные по верхнему слою, в верхней части таблицы. Стр. 73 для подтверждения тезиса о связи Co, Ni, Cr, As с природными процессами целесообразно выполнить корреляционный анализ между содержанием этих элементов с концентрациями элементов второй группы. На стр.74 ошибка в ссылке на рисунок. Вместо рис. 2.2 следует указать 2.1.2. На стр. 75 ссылка на рис.1.3.1, которого нет в тексте. В таблице 3.2.1 на стр. 75 приводится сравнение концентраций ТМ. Поэтому её название не соответствует содержанию. Следует писать «Сравнение содержания». Тоже относится и к таблице 3.2.3 на стр. 78. В таблице 3.2.5. необходимо указать, что в качестве фоновых значений ТМ, принимаются нормализованные на концентрацию Fe средние содержания ТМ в обломочных осадках из таблицы 3.1.2. На стр. 94 необходимо уточнить, что содержание основных макрокомпонентов выше в осадках, так как ранее речь шла о подземных водах. Неудачный заголовок раздела 3.4. (стр. 95). Если роль сброса, то следует писать «в геохимическом фоне», либо о вкладе сброса в геохимический фон. Нужны более

определенные пояснения относительно сопоставимости поступления ТМ с твердым стоком из выпусков (стр. 98) и в результате абразионных процессов (стр. 100).

Глава 4 «Происхождение геохимических аномалий» содержит 16 страниц и включает 2 раздела, в которых рассматривается роль природных факторов в образовании аномалии в илах Гданьской впадины и пространственно-временной трансформации аномалии около побережья Куршской косы. В **разделе 4.1.** автором рассмотрены несколько подходов к определению направления потока материала. Подходы основаны на абсолютно разных данных и типах оценки, среди них гидрометеорологический (ветро-волновой) метод, минералогический метод и метод, основанный на изменении гранулометрических характеристик поверхностных осадков. Все примененные подходы позволили получить схожий итог, что подтверждает достоверность полученных результатов. Текст раздела написан четко. Его содержание является важным в раскрытии основной темы исследования. Возможно, следовало бы кратко рассмотреть изученность вопроса о переносе материала вдоль косы, так как существует несколько концепций формирования его потока. **Раздел 4.2.** посвящен статистическому анализу геохимических данных по керну колонок из Гданьской впадины. В результате применения метода кластеризации соискателем проведено расчленение фоновых разрезов и выделены слои: поверхностный (А), подповерхностный (В), нижние слои С и D с разной степенью влияния придонных морских вод. Проведено сопоставление керна колонок с признаками эндогенного воздействия и повышенной газонасыщенностью с фоновыми разрезами. Сравнение показало, что в зоне разломов и покмарков установлено несогласованное чередование слоев отложений и отсутствие тонкого поверхностного слоя. Это, по мнению автора, доказывает нарушение в таких районах условий режима осадконакопления, свойственного для спокойного осадочного процесса в Гданьской впадине. Также он связывает снижение содержания ряда техногенных химических элементов в верхней части разрезов с разгрузкой подземных вод. Сразу отметим, что, по нашему мнению, этот раздел целесообразно было бы объединить с разделом 3.1, в котором приведены данные статистической обработки геохимических данных по керну колонок из Гданьской впадины и, собственно, на которых и проведено разделение разрезов на слои.

Главе 5 содержит 4 страницы. В этой главе в краткой форме рассмотрена региональная шкала оценки загрязнения ТМ донных осадков для юго-восточной части Балтийского моря, которая предложена на основе анализа полученных данных о состоянии природно-антропогенного фона района исследований и выявленных геохимических аномалиях различного происхождения и масштаба. В качестве основы предлагается использовать принципы классификации, которые применены для выделения классов в

шкале загрязнения, разработанной в Швеции (WGMS, 2003), что вполне правомерно, так как данная классификация применяется в географически близком регионе Балтийского моря. Главное отличие авторского подхода к классификации загрязнения – это использование в качестве классифицирующего признака не абсолютных содержаний химических элементов в осадках, как это принято в шведской шкале, а нормированных значений концентраций к содержанию в пробе Fe. Нормирование содержаний – достаточно частый прием при анализе геохимических данных. Так, в разработанных в Санкт-Петербурге «Нормах и критериях оценки загрязнения донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» (Санкт-Петербург, 1996 г.), пересчет концентраций производится к образцу стандартного состава: 10% содержание органического вещества и 25% содержания глинистой фракции. Предложенная шкала классов загрязнения донных осадков отдельными тяжелыми металлами достаточно логична, так как основана на пороговых значениях, связанных с определенным уровнем регионального природно-антропогенного фона содержания тяжелых металлов и влияния дополнительных источников загрязнения, в том числе достоверных значительных выбросов загрязнения. Для обобщенной интегральной оценки загрязнения донных осадков соискатель предлагает использовать индекс интегрального загрязнения, расчет которого также выполняется с использованием нормированных значений концентраций.

Из замечаний следует отметить ошибку в ссылке на таблицу 1.2.2. (стр. 120), так как такой таблице в тексте нет. Вероятно, это ссылка на таблицу 1.3.2. Кроме того, на этой же странице, по нашему мнению, сделан не совсем корректный вывод о том, что содержания ТМ в осадках ниже природных фоновых не указывают на отсутствие загрязнения.

В заключении к работе сформулированы 5 основных выводов. Отметим наиболее значимые из них: 1. Разработка региональных критериев загрязнения донных осадков необходима для планирования хозяйственной деятельности, что позволяет оперативно реагировать на изменения состояния окружающей среды с целью минимизации ущерба экосистеме Балтийского моря. 2. По результатам анализа материалов экспедиционных исследований были уточнены фоновые содержания тяжелых металлов в донных осадках российского сектора восточной части Балтийского моря. 3. Применение оригинальной методики нормирования содержаний химических элементов позволило выявить положение и природу геохимических аномалий. 4. С помощью гидрометеорологического, гранулометрического и минералогического методов показана роль вдольберегового потока наносов в формировании ряда геохимических аномалий.

Защищаемые положения и выводы в должной мере обоснованы в диссертационном исследовании. Автореферат диссертации полно и точно отражает основное содержание диссертации. Полученные автором результаты актуальны и вносят вклад в развитие методов изучения и геоэкологической оценки состояния экосистемы российского сектора юго-восточной части Балтийского моря.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Таким образом, представленное диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 1.6.21. – Геоэкология (географические науки), а именно в пунктах: 1.8. Природная среда и геоиндикаторы ее изменения под влиянием урбанизации и хозяйственной деятельности человека: химическое и радиоактивное загрязнение почв, пород, поверхностных и подземных вод и сокращение их ресурсов, наведенные физические поля, изменения криолитозоны; 1.12. Геоэкологический мониторинг и обеспечение экологической безопасности, средства контроля; 1.17. Геоэкологическая оценка территорий. Современные методы геоэкологического картирования, информационные системы в геоэкологии. Разработка научных основ государственной экологической экспертизы и контроля. 1.18. Научное обоснование государственного нормирования и стандартов в области геоэкологических аспектов природопользования.

Представленная диссертационная работа обладает очевидными достоинствами, представляет собой законченное исследование, обладающее несомненной новизной и актуальностью. В то же время, при чтении текста диссертации и реферата, кроме отмеченных ранее, возник ряд общих замечаний, вопросов и рекомендаций:

1. В тексте и приложениях к нему нет общей географической карты района исследований с указанием необходимых географических названий. Без такой карты не всем будет понятно положение объектов, на которые ссылается автор. Например, где расположен мыс Бакалинский (стр. 100), Балтийский канал (стр. 81), Самбийский п-ов (стр. 15) (на схемах и в тексте Калининградский п-ов).

2. В тексте работы при анализе геохимических данных используется термин «среднее» без указания, какое среднее применяется: арифметическое, геометрическое или гармоническое. Хотелось бы обратить внимание соискателя на возможность использования при дальнейших исследованиях значения среднего гармонического для оценки фоновое содержания химических элементов при дальнейших исследованиях.

3. В работе встречаются терминологические и стилистические неточности. Так например, на стр. 16 автор пишет «...повышенные концентрации метана. На поверхности дна они наблюдаются в форме покмарков ... и акустических аномалий». Хотя речь, по-видимому, идет об их пространственной приуроченности к соответствующим структурам и

аномалиям. На стр. 33, «ТМ проявляют сильное генетическое родство к минералам глинистой фракции». Вероятно, здесь имеется ввиду корреляционная связь с высокой степенью достоверности. О генетическом родстве можно говорить только в случае единого механизма образования.

На стр. 5, 33 «загрязнение донных осадков ТМ...является общепринятой проблемой» - правильное писать «общепризнанной проблемой».

Стр. 53 правильное писать «для предотвращения», вместо «избегания».

В тексте встречаются сложные для понимания грамматические обороты и небольшое количество грамматических и пунктуационных ошибок.

Заключение. Диссертация **Александра Владимировича Крека** является целостной и законченной научно-исследовательской работой, созданной автором на основе анализа большого объема полевых и лабораторных данных, полученных при его личном участии, что позволило сформулировать и доказать защищаемые положения и успешно выполнить поставленные задачи исследования. Основные положения диссертации отражены в многочисленных публикациях и выступлениях автора. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Замечания и комментарии носят в большей степени рекомендательный характер и поэтому ни в коей мере не влияют на сделанные автором основные выводы и защищаемые положения. Диссертация Крека Александра Владимировича содержит необходимые научно-квалификационные признаки, соответствующие п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в ред. Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), применительно к ученой степени кандидата наук, а ее автор, несомненно, достоин присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. – «Геоэкология (географические науки)».

Ведущий научный сотрудник отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ»,
кандидат геолого-минералогических наук

Шахвердов В.А.

Научный сотрудник отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ»

Ковалева О. А.

Отзыв на диссертацию и автореферат Крека Александра Владимировича «Геоэкологические особенности распределения тяжелых металлов в донных осадках юго-

восточной части Балтийского моря», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (географические науки) заслушан и одобрен на заседании отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ» (протокол 01/07-2022 от 21 июля 2022 г.) и рекомендован в качестве официального отзыва ведущей организации.

Я, Шахвердов Вадим Азимович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Шахвердов Вадим Азимович,
Ведущий научный сотрудник отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ»,
кандидат геолого-минералогических наук,
Vadim_Shakhverdov@vsegei.ru

Я, Ковалева Ольга Анатольевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Научный сотрудник отдела Региональной геоэкологии и морской геологии ФГБУ «ВСЕГЕИ»
Olga_Kovaleva@vsegei.ru

Сведения о ведущей организации:
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского» (ФГБУ «ВСЕГЕИ»)
199106, Санкт-Петербург, Средний пр., 74
Телефон: (812) 321-5706, E-mail: vsegei@vsegei.ru

Подпись руки тов. *Шахвердов В. А.*
по месту работы удостоверяю
Зав. Общим Отделом ВСЕГЕИ
«05» ... 08 2022
С.-Петербург, В.О., Средний пр., дом 74



Шахвердов В. А. Ковалевой О. А.