

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **КОЛЕСНИКА** Александра Николаевича «**Геохимические особенности современного осадконакопления в Чукотском море**», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, по специальности 25.00.28 - «океанология»

Актуальность работы не вызывает сомнения и связана с малой изученностью и уникальностью бассейна, считающегося перспективным на месторождения углеводородов и прибрежных морских россыпей золота и олова. Работа находится в общем русле выполнения «Программы разведки континентального шельфа России на период с 2012 по 2013 гг.». **Целью работы** являлось изучение химического состава современных донных осадков, выявление закономерностей распределения химических элементов (около 30), определяющих их геохимический облик, а также типизации обстановок осадконакопления на основе вариаций их химического состава. **Личный вклад** автора заключался в его участии в трех морских экспедициях в Чукотском море (в 2008, 2009 и 2012 годах), в отборе и подготовке к анализу проб и статистической обработке аналитических данных и анализе результатов геохимического изучения. Из 296 проб осадков и около 100 проб аутигенных образований использованных в работе большая часть (114 проб осадков и 100 образцов ЖМК) им отобрано лично. Большинство анализов выполнено в аккредитованном Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН, а часть в других научных лабораториях (ГИН РАН – анализы изотопного состава углерода и кислорода; ИГХ СО РАН - электронно-микронные работы). Диссертант широко и успешно использовал современные методы анализа, включая ИСП-АЭС, ИСП-МС, рентгено-флуоресцентный анализ, нейтронно-активационный анализ, атомно-абсорбционную и плазменную спектрометрию и некоторые другие. При изучении минерального состава отложений были использованы методы иммерсии, рентгеновской дифрактометрии и электронно-зондового анализа. Он успешно овладел методами математической статистики, которые широко использовал при обработке геохимических данных (в частности, методы корреляционного и кластерного анализа) для выявления закономерностей и построении карт распределения химических элементов в поверхностных осадках Чукотского моря. **Основные достижения и научная новизна работы.** Диссертантом получены новые данные о минеральном и химическом составе некоторых малоизученных районов Чукотско-Аляскинского сектора Северного Ледовитого океана; дополнены и детализированы существовавшие карты распределения Si, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, P, SiO₂аморф., C_{орг.}, Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn и Hg. Впервые построены карты распределения Ti, K, Na, Sr, Zr, Cd, Y, La, Yb, Mo, Ag, Au, Pt, Os, Ir, Ru.

Практическая ценность работы. Автором выделены районы Чукотского моря с повышенными и аномальными содержаниями металлов в осадках, получены новые данные о россыпной минерализации шельфа Чукотского моря и распределении благородных металлов. Эти результаты могут представлять интерес при поиске россыпей цветных и благородных металлов в Чукотском море.

Содержание работы. Диссертация объемом в 142 страницы, состоит из «введения», 6 глав, заключения и приложения. Список цитируемой литературы насчитывает 176 публикаций. Рукопись содержит 29 рисунков, 15 таблиц. Приложение А (обязательное) представлено 4 таблицами показывающими статистические параметры выборок гранулометрических фракций, химических элементов и биогенных компонентов (SiO_2 аморф. и $\text{C}_{\text{орг}}$), сопровождаемых текстовым комментарием.

Глава 1 «Седиментогенез в арктических морях: изученность, особенности» компилятивная. В ней, в первой части (раздел 1.1.) даются общие сведения об истории изучения осадочных отложений арктических морей России и некоторых особенностях современного (голоценового) седиментогенеза в арктических морях обусловленных холодным приполярным климатом; характеризуется, распределении осадков и аутигенных образований (главным образом, ЖМО) и их состав. Во второй части главы (раздел 1.2.) дается информация о состоянии изученности голоценовых осадков Чукотского моря и их общая петрографическая характеристика по работам предшественников. В главе представлен баланс поступления и накопления осадочного терригенного материала в арктических морях России (по Кошелеву и Яшину, 1999), что имеет познавательное значение для читателя. Она завершается выводом диссертанта о необходимости дополнительного изучения геохимии осадков и аутигенных образований в связи с неполнотой данных и устаревшими методами анализа.

Замечание к главе 1 одно: неточно озаглавлена таблица 1 «Распределение осадочного (терригенного) материала в арктических морях России, включая Чукотское море» [Кошелева, Яшин, 1999]. На самом деле в этой таблице представлены данные о формах и балансе поступления и отложения вещества из различных источников в арктических морях России, а не его распределении на площади.

В главе 2 «Материал и методы исследования» автор представлена карта станций отбора проб осадков и аутигенных образований (ЖМО, карбонатных стяжений) и таблица использованных в работе методов анализа и количества проанализированных этими методами проб. Определения содержаний элементов приводятся с оценкой пределов обнаружения элементов и погрешностей анализа используемых методов, что дает исчерпывающую информацию о корректности и точности измерений. Коротко освещены

методы статистической обработки аналитических данных и построения карт распределения элементов в осадках Чукотского моря. Замечаний к этой главе нет.

Глава 3 «Условия современного осадконакопления в Чукотском море» характеризует следующие условия: 1) «геологическое строение континентального обрамления, 2) геодинамические условия, 3) морфология дна, 4) климат и 5) гидрология моря. Среди недостатков этого литературного обзора следует отметить, что характеристика континентального обрамления Чукотского моря дается в основном по старым работам (Павлидис, 1982; Геология СССР, 1970а, б), тогда как в последнее время появились новые публикации, существенно уточняющие строение континентального обрамления Чукотского моря. [(1) Косько М.К. и др. «Остров Врангеля: геологическое строение, минерализация, геоэкология». СПб: ВНИИОкеанология, 2003, 137с.; (2) Вержбицкий В.Е. и др «Проблемы тектоники и углеводородный потенциал Российского сектора Чукотского моря» // Нефтяное хозяйство, 2012, № 12. С.8-13; (3). Бурлин Ю.К., Шипелькевич Ю.В. Геологическая история осадочных бассейнов в акватории Чукотского моря // Вестник МГУ, сер. 4. Геология, 2005. № 5. С. 29-41; Miller E.L. et al., Jurassic and Cretaceous foreland basin deposits of the Russian Arctic: Separated by birth of the Makarov basin? // Norwegian Journal of Geology, 2008, vol. XX, pp. 99-124; и некоторые другие].

В частности, диссертант пишет, что на острове Врангеля наиболее древними являются верхнедевонские-нижнекаменноугольные терригенные отложения свиты «бери», на которые согласно залегают глинисто-известняковые, глинистые и песчано-известняковые толщи нижнего карбона. Однако, по результатам последних работ, проводившихся на о. Врангеля, самыми древними являются неопротерозойские метаморфические образования врангелевского комплекса, с абсолютными датировками 700-630 млн. лет (Косько и др., 2003). Эти метаморфиты, со структурным и угловым несогласием перекрываются песчано-известняковыми отложениями позднесилурийско-раннедевонского возраста, а выше, с возможным стратиграфическим перерывом, средне-верхнедевонскими конгломератами и песчаниками. Каменноугольные терригенные и карбонатные отложения согласно, а местами с размывом залегают на девонские (Вержбицкий и др., 2012). Раздел «Геологическое строение континентального обрамления» иллюстрируется рисунком 2, который представляет сильно упрощенную мелкомасштабную геологическую карту, на которой не показаны основные структуры Чукотского моря и его обрамления. Тем не менее, такие структурные схемы есть в недавних опубликованных работах (Вержбицкий и др., ДАН, 2014, т. 456, № 6, с.686-690).

В целом же глава дает необходимые сведения о петрофонде континентального обрамления, являющемся главнейшим фактором, определявшим минеральный и

химический состав осадков, морфологии дна, гидродинамике поверхностных вод и климате Чукотского моря.

Глава 4 посвящена «Общей характеристике современных осадков Чукотского моря». В ней даются характеристики гранулометрического и минерального состава осадков, иллюстрируемые картами распределения основных гранулометрических фракций и таблицами содержания в песчано-алевритовых осадках минералов легкой и тяжелой фракций. Здесь, к сожалению, информативность результатов изучения пелитовой фракции понижена, так как состав глинистой фракции осадков дается только качественно, в виде перечня минералов без количественной оценки содержания глинистых минералов.

Большой интерес представляют полученные диссертантом данные по изучению минерального состава осадков с применением микронзонда. Им обнаружены самородные элементы Ag, Au, Pd, и Pt, интерметаллиды цветных металлов, цинка и меди, окислы (Ag_2O , SnO_2 , TiO_2 , FeTiO_3) и редкоземельные минералы, что является большой заслугой диссертанта. Эти результаты обобщены в картах распределения зерен цветных и благородных металлов и редкоземельных минералов. Во втором разделе главы 4 (раздел 4.2.) описаны аутигенные железомарганцевые и карбонатные образования, их морфология, минеральный и химический состав матрицы и минеральных включений. Многие минералы были установлены диссертантом впервые. В целом глава дает достаточно полное представление о минеральном составе поверхностных осадков и аутигенных образований Чукотского моря. Вывод автора о том, что значительная часть рудных минералов является аллохтонной и попала в осадок вследствие транспортировки течениями и льдами с суши, а часть их поступала при местном размыве дна вполне обоснован. Также можно считать доказанным, что рудные минералы в ЖМО и карбонатных стяжениях не являются новообразованными диагенетическими, а попали вместе с терригенным материалом.

Замечания к главе 4 следующие. Диссертант относит к железо-марганцевым конкрециям диагенетические образования сложенные в основном минералом штрэнгитом ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). На стр. 50 он так и пишет «По данным рентгено-структурного анализа порошка, полученного из рудной части ЖМК, главным рудным минералом – вне зависимости от морфотипа конкреций – является штрэнгит ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)». В этих образованиях по существу отсутствует конкреционное строение и практически не содержится минералов марганца. Окисные соединения марганца присутствуют лишь в виде пленочного покрытия желваков, в тонких прожилках, пленках вокруг обломочных зерен-включений. По мнению оппонента, эти образования следует именовать не

железомарганцевыми конкрециями или железомарганцевыми образованиями, а фосфатными или железо-фосфатными желваками.

К недостаткам данной главы можно отнести и то, что возможности микрозондового анализа использованы не полностью. Анализы, представленные в таблицах 4, 5 и 6 представляют в основном только качественные характеристики анализируемых зерен и не всегда могут быть рассчитаны на химические формулы минералов. Содержания элементов представлены только в весовых процентах, хотя микрозондовый анализ позволяет представлять анализы и в атомных процентах, легко пересчитываемых на формулы минералов. Качество анализов нередко невысоко, судя по низким суммам (близким к 70%). Отдельные анализы вызывают сомнения. Например, зерно 4 (в табл. 5) и зерно 16 (в табл. 9), микроанализ которых дал геохимически маловероятные соединения иттрия с иридием и кислородом, вполне могут оказаться зернами иттриевого фосфата - ксенотима. В энерго-дисперсионных спектрах микрозонда линия фосфора совпадает с положением М-линии иридия и компьютером может восприниматься как линия иридия.

Третье замечание относится к рис. 10 на стр. 52 диссертации, на котором представлены три дифрактограммы вещества конкреций. Здесь нет обозначения пиков. Можно догадываться, что на дифрактограмме «а» пики отражения даны вероятно в ангстремах, а на дифрактограммах «б» и «в» подписаны как углы отражения 2θ , не пересчитанные в ангстремы.

Глава 5 «Химический состав современных осадков Чукотского моря» представляется одной из главных в содержании диссертации. Глава иллюстрируется серией карт, показывающих содержания главных элементов: Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, K, Na, P, SiO₂ аморф., С орг., малых, редкоземельных элементов и благородных металлов (Ba, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V, Y, Yb, Zn, Zr, La, Mo, Au, Ag, Pt, Os, Ir, Ru, Cd, Hg) в Чукотском море.

На основе корреляционного анализа автором выделены 5 групп (парагенетических ассоциаций) элементов, которые иллюстрируются кластерной диаграммой. Анализируется связь элементов с гранулометрическими фракциями и дается генетическая интерпретация парагенезов элементов. Проводится сравнение содержания элементов в осадках Чукотского моря с кларками для осадочных пород и с содержанием в земной коре в целом. Показано, что осадки Чукотского моря обогащены P, Cd, Ag, Au, и этими элементами, а также Zn и Cu, по сравнению с земной корой. В главе также характеризуется химический состав, содержание и распределение рудных и редкоземельных элементов в аутигенных образованиях, оценивается степень концентрации элементов по сравнению с вмещающими осадками. На основе изотопного состава углерода и кислорода установлено участие углерода метана в образовании

аутигенных карбонатов и низкие температуры (5-6°C) их образования. Автором выделены районы с аномальными и повышенными содержаниями металлов в осадках, характеризуются геохимические аномалии.

Замечание по главе 5 следующее. На стр. 71, во фразе «Меньше 6% кобальта заключают в себе осадки, отобранные у берегов Чукотки», вероятно ошибка в единице измерения. Из приложения (таблица А.1., с. 135) следует, что пределы содержания Со в осадках не превышают 150, 5 г/т и возможно автор имел в виду не проценты, а г/т..

Глава 6 заключительная в диссертации. В ней рассматриваются обстановки седиментации и факторы влиявшие на накопление химических элементов в современных осадках Чукотского моря. **Название раздела 6.1.** главы 6 «Обстановки седиментации (по данным химического и гранулометрического состава осадков)» **не совсем точно** отражает его содержание. Здесь на основе анализа средних содержаний химических элементов, биогенных компонентов и гранулометрических фракций (табл. 15), с использованием кластерной диаграммы и карты кластеров делается вывод о господстве терригенного осадконакопления в Чукотском море и ведущей роли терригенной седиментации, определяются районы с проявленной биогенной седиментацией. По своему содержанию раздел 6.1. можно было бы назвать «Закономерности распределения химических элементов и их ассоциаций в поверхностных осадках Чукотского моря». Сами же обстановки и условия осадконакопления, которые автором кратко освещены в главе 3, в данном разделе не характеризуются.

В дальнейших разделах главы 5 рассматриваются процессы, повлиявшие на распределение и химический состав осадков: дифференциация терригенного материала, роль биоты, окислительно-восстановительные условия придонных и поровых вод, геодинамические условия в регионе, что дает целостную картину факторов, влиявших на минеральный и химический состав осадков и аутигенных образований. Интересно предположение автора о возможном участии в локальном поступлении металлов эндогенных водных и газовых источников на дне Чукотского моря связанных с современными активными разломами Чукотского грабена.

Глава заключается большим перечнем выводов, которые, хотя и обоснованы в разной степени, но в целом возражений не вызывают.

Общее заключение. Несмотря на высказанные замечания, выполненная работа представляет законченное научное исследование, использующее современные методы изучения морских отложений и содержащее оригинальный и новый научный материал. Основные выводы диссертации обоснованы. Выполненная работа соответствует

выбранной специальности 25.000.28 – «океанология». Автор овладел современными методами изучения осадков и осадочных пород и обработки геохимических данных, показал себя квалифицированным литологом и геохимиком. По теме диссертации опубликовано 12 статей, в т. ч. 8 в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России. Результаты исследования прошли апробацию и докладывались на многочисленных всероссийских и международных конференциях.

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Содержание работы, стиль и язык ее изложения представляют автора как высококвалифицированного специалиста, а сам автор диссертации заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Персональные данные оппонента: Волохин Юрий Германович, ведущий научный сотрудник Государственного бюджетного учреждения Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, доктор геолого-минералогических наук.

Почтовый адрес: 690022, г. Владивосток, пр-т Столетия Владивостока, 159, Дальневосточный геологический институт (ДВГИ ДВО РАН).

E-mail: yvolokhin@mail.ru

Телефон 8-924-436-1998 (моб.), 2-29-96-54 (дом.)

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

10.06.2015 г.

г. Владивосток

Официальный оппонент,

ведущий научный сотрудник ДВГИ ДВО РАН, д.г.-м.н.

Ю.Г. Волохин



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Подпись Ю.Г. Волохина заверяю
Начальника
отдела кадров Т.Н. Саломеи

" 10 " 06 2015 г.