

На правах рукописи



Янченко Елена Александровна

**ОТКЛИК РАДИОЛЯРИЙ НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ И
ТЫСЯЧЕЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СРЕДЫ
ОХОТСКОГО МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ**

Специальность 25.00.28 – Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Владивосток – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Тихоокеанском океанологическом институте им. В. И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук

Горбаренко Сергей Александрович

Официальные оппоненты:

Матуль Александр Геннадьевич, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук.

Калугин Иван Александрович, доктор геолого-минералогических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Географический факультет.

Защита состоится 21 июня 2019 года в 11 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 005.017.02 при ТОИ ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ТОИ ДВО РАН и на сайте <http://www.poi.dvo.ru/>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43, приемная; тел./факс: 8 (423) 231-25-73; e-mail: fedi@poi.dvo.ru.

Автореферат разослан 19 апреля 2019 года.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 005.017.02,



к.г.н. Ф. Ф. Храпченков

Введение

Актуальность работы. В условиях быстроразвивающегося человеческого общества актуальными становятся научные работы, направленные на реконструкцию природных условий прошлого и моделирования поведения среды обитания человека в будущем. Интерес представляет применение различных методов фиксации изменений природной среды и климата на основе биоиндикаторов различного уровня. Наиболее чувствительными в морской среде считаются планктонные организмы.

Объектом исследования данной работы выбрано Охотское море ввиду его зачастую уникальных характеристик. Сюда можно отнести удаленность акватории от крупных промышленных центров, что исключает антропогенное влияние на среду осадконакопления, уникальное географическое положение Охотского моря, динамично развивающаяся ледовая обстановка, высокая первичная продуктивность и высокие скорости осадконакопления – все это определяет высокую чувствительность природной системы моря к изменениям, связанным с орбитальными и тысячелетними осцилляциями климата. Кроме того, большая система вулканических построек, как действующих, так и разрушенных, позволяет более точно привязывать вертикаль морских донных осадков к событиям прошлого.

Предметом исследования определены радиолярии – исключительно морские планктонные одноклеточные микроорганизмы, обитающие в Охотском море во всей водной толще. Это одна из наиболее информативных палеонтологических групп морских микроорганизмов, которые чутко реагируют изменением численности и видового состава на изменяющиеся условия среды обитания. Радиолярии широко используются в качестве биоиндикаторов водных масс и донных отложений для реконструкций климата и океанологических условий прошлого.

Таким образом, уникальность Охотского моря, как природного объекта, и радиолярий, как высокочувствительных индикаторов изменения окружающей среды, делает привлекательным изучение региона для проведения высокоразрешающих палеореконструкций.

Цель работы - установить закономерности изменений сообществ радиолярий в связи с орбитальными и тысячелетними осцилляциями климата и среды Охотского моря в позднем плейстоцене и голоцене.

Для достижения цели работы поставлены следующие **задачи**:

1. выполнить комплексное изучение сообществ радиолярий в позднеплейстоценовых и голоценовых осадках глубоководного керна с установленной возрастной шкалой и привлечением дополнительных геохимических и литологических сведений; провести сравнительный анализ полученных результатов с литературными данными; выявить особенности изменений сообществ радиолярий в позднечетвертичных донных осадках Охотского моря.
2. составить базу данных по численности радиолярий, их таксономическому составу.
3. провести кластеризацию радиолярий по группам, выявить закономерности их формирования для определения отклика радиолярий на орбитальные и тысячелетние вариации климата и среды.

Научная новизна. Изучение радиолярий в датированных осадках керна Охотского моря, впервые проведенное с высоким разрешением, позволяет значительно детализировать картину изменений их сообществ вследствие орбитальных и тысячелетних климатических флуктуаций.

Обосновано комплексное применение таких показателей, как скорость аккумуляции видов радиолярий и их процентное содержание.

Показана эффективность применения методов многокомпонентной статистики для интерпретации результатов радиоляриевого анализа.

Впервые построены комплексные графики изменений показателей радиолярий и некоторых геохимических и литологических данных в донных

осадках в соответствии с тысячелетними изменениями среды и климата региона.

Теоретическая и практическая значимость. Приведенные в работе результаты радиоляриевого анализа существенно дополняют фундаментальные знания о палеосреде Охотского моря. Они могут быть применены для детализации хроностратиграфии Охотоморского региона. Это позволит в дальнейшем более детально и надёжно проводить палеоокеанологические и палеогеографические реконструкции климатических изменений Охотоморского региона и моделировать развитие природных процессов в будущем.

Материал и методы. В работе использованы 296 проб осадков глубоководного керна MR 06-04 PC-7R из центральной части Охотского моря, полученного во время Российско-Японской экспедиции 2006 года на японском судне «Мирай». Фактический материал изучен по сантиметровым интервалам с шагом в 1-3 см. Лабораторная обработка образцов для изучения радиолярий выполнена согласно стандартной методике [Abelmann, 1988, Abelmann et. al., 1999], использовалась фракция осадка >40 мкм. Количество скелетов радиолярий определено методом прямого подсчета. Такие показатели как общее содержание радиолярий (ОСР), скорость аккумуляции радиолярий (САР), рассчитаны согласно опубликованным формулам [Abelmann et. al., 1999, Okazaki et al., 2003], видовое разнообразие (ВР или индекс Шеннона) и один из его расчетных компонентов – видовое богатство (ВБ) – по [Shannon, Weaver, 1949]. Изображения скелетов радиолярий получены при помощи сканирующего электронного и светового микроскопов. Помимо собственных данных использовались, с согласия правообладателей, и дополнительные по геохимии и литологии.

Полученная база данных обработана методами математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

1. Скорости аккумуляции рассмотренных видов радиолярий отражают общие изменения среды и климата, а процентное содержание – изменения внутри сообществ в зависимости от экологических предпочтений их представителей.

2. Орбитальные изменения климата активизируют процессы, определяющие условия для развития и конкуренции радиолярий. В условиях оледенений количество радиолярий снижалось, межледниковый – наоборот, увеличивалось. На орбитальной шкале времени ТОС, Ba_{bio} и $Oral$ наиболее близко отражают изменения численности и видового богатства радиолярий.

3. Тысячелетняя динамика показателей радиолярий преимущественно контролируется вариациями продуктивности фотического слоя. В холодные стадиалы резко уменьшаются численность, видовое богатство и видовое разнообразие радиолярий, тогда как в последующих интерстадиалах – плавно возрастают. Показатели радиолярий, преимущественно, определяются изменчивостью зимних и летних муссонов Восточной Азии, влияющих на ледовый покров, среду и продуктивность Охотского моря.

Личный вклад автора. Автором лично отобран материал для радиоляриевого анализа, проведен анализ численности и скорости аккумуляции радиолярий, определены таксономический состав и экологическая структура палеосообществ радиолярий. Также автором выполнено фотографирование скелетов радиолярий. Расчеты и интерпретация данных, полученных по микроскопии осадков, выполнялись автором или в соавторстве с сотрудниками ТОИ ДВО РАН. Весь иллюстративный материал, представленный в диссертации, подготовлен лично автором либо при его непосредственном участии.

Степень достоверности и апробация работы. В работе задействован представительный по объему фактический материал, охватывающий последние 135 тыс. лет (6 морских изотопных стадий формирования донных осадков Охотского моря).

Лабораторная обработка образцов выполнена согласно стандартной методике. Полученные данные обрабатывались методами математической статистики; результаты сопоставлялись с таковыми, полученными и опубликованными в открытой печати другими исследователями. Коллекция постоянных препаратов хранится в лаборатории палеоокеанологии Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН, что обеспечивает, при необходимости, проведение повторного анализа. Использована опубликованная возрастная модель керна с дополнениями.

По теме диссертации опубликовано около 30 работ (2004 по 2019 гг.), из которых 4 – в российских и международных научных журналах, включённых в перечень ВАК, 2 - в коллективных монографиях, и более 20 – в материалах российских и международных конференций, симпозиумов и школ. Результаты, изложенные в диссертации, представлялись на научных конференциях различного уровня с 2007 года. По теме диссертации автором лично сделано 13 докладов, в том числе на международных симпозиумах Marine Environment and Resources in XXI Century (Владивосток, 2012 и 2017 гг.), международных конференциях во Владивостоке («Environment development of East Asia in Pleistocene Holocene (boundaries, factors, stages of human mastering», 2009 г.) и в Москве (Международная конференция, посвященная 100-летию Всеволода Андреевича Вахrameева (1912-1986), 2012 г.; «Геология морей и океанов», 2017 г.), на всероссийских конференциях в Москве (Четвёртая научная школа молодых ученых-палеонтологов ПИН РАН «Современная российская палеонтология: классические и новейшие методы», 2007 г.) и во Владивостоке (4-я Всероссийская конференция молодых ученых «Современные проблемы геологии, геохимии и геоэкологии Дальнего Востока России», 2012 г.), неоднократно представлялись на различных конференциях молодых ученых во Владивостоке (2008 г., 2009 г., 2011 г., 2016 г.) и в Петропавловске-Камчатском (2012 г.).

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 177 страницах и состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы (262 источника) и 4 приложений. Текстовую часть работы сопровождают 34 рисунка и 5 таблиц.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д.г.-м.н. С.А. Горбаренко за всестороннюю помощь и поддержку в работе.

Искренняя благодарность за обучение основам радиоляриевого анализа заведующему лабораторией палеоокеанологии ИО РАН д.г.-м.н. А.Г. Матулю. Большую помощь в работе также оказали консультации д.г.-м.н. С.Б. Кругликовой (ИО РАН) и к.г.-м.н. С.В. Точиной. За консультационную поддержку на стадии обсуждения диссертации автор признателен д.г.-м.н. И.Б. Цой, д.г.-м.н. А. Н. Деркачеву. Отдельные слова благодарности хотелось выразить всему коллективу лаборатории палеоокеанологии ТОИ ДВО РАН. Автор глубоко признателен за оказанную поддержку и критические замечания к.г.-м.н. А.В. Артемовой, к.г.н. Ю.П. Василенко, к.г.н. А.А. Босину, О.Ю. Пшеневой.

Глава 1. Палеоклиматология: основы, методы, радиоляриевый анализ

Глава посвящена рассмотрению истории становления радиоляриевого анализа, охватывающей основные этапы: от простейшего описания организмов, до использования как средства получения достоверных сведений о палеоклиматических и палеоокеанологических условиях в масштабах планеты в целом и в Охотском море в частности. Показана перспективность применения радиоляриевого анализа для выявления и описания палеоклиматических изменений. Отмечен дефицит информации в области высокоразрешающих реконструкций климатических обстановок охотоморского региона на основе данных по радиоляриям. Определена обоснованность привлечения дополнительных данных по литологии,

геохимии и гидрологии для изучения экологии радиолярий и проведения надежных палеоклиматических реконструкций.

Глава 2. Охотское море. Физико-географический очерк

В главе рассмотрены основные в современном представлении природные факторы среды обитания радиолярий Охотского моря. Особое внимание уделено анализу современных природных условий, создающих благоприятные условия для обитания микропланктона (рисунок 1). Рассмотрены факторы современного осадконакопления, способствующие сохранности остатков микрофоссилий при их захоронении. Подчеркнута перспективность изучения осадков центральной части бассейна Охотского моря, обусловленная ее своеобразным гидрологическим режимом, ледовой обстановкой, особенностями потоков распределения питательных веществ и благоприятными седиментационными условиями.

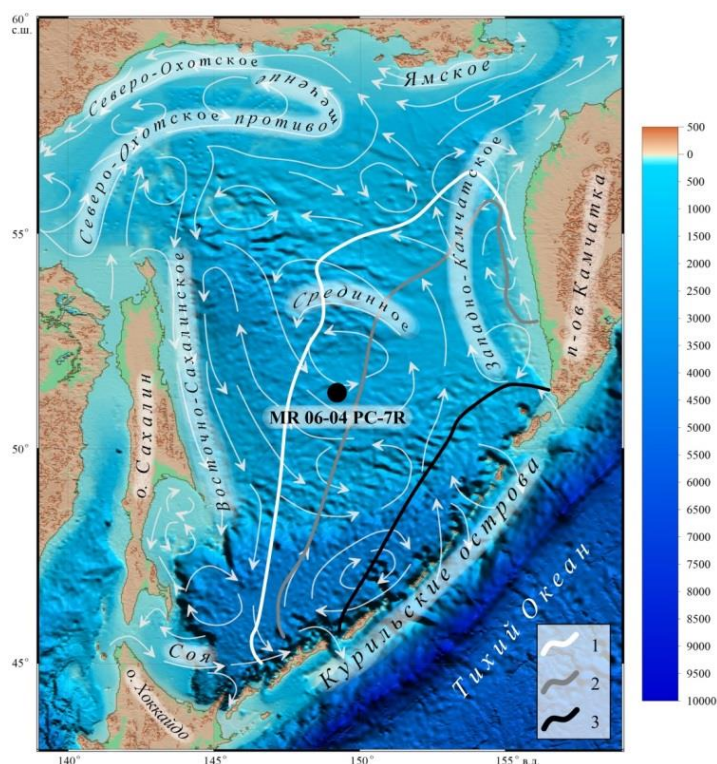


Рисунок 1. Схема основных поверхностных течений Охотского моря и границ распространения кромки льда. Местоположение изученного керна. Стрелками указаны основные поверхностные течения по [Чернявский, 1981]; линиями 1-3 – положение кромки льда для зим с мягкими (1), умеренными (2) и суровыми (3) ледовыми условиями по [Петров и др., 1998].

Глава 3. Материал исследования и методика радиоляриевоего анализа

В главе приводится краткое описание фактического материала (рисунок 2) и методов его изучения. Описаны методы и методики обработки, анализа и интерпретации данных по радиоляриям в осадках керна MR 06-04 PC-7R. Особое внимание уделено описанию использованной возрастной модели.

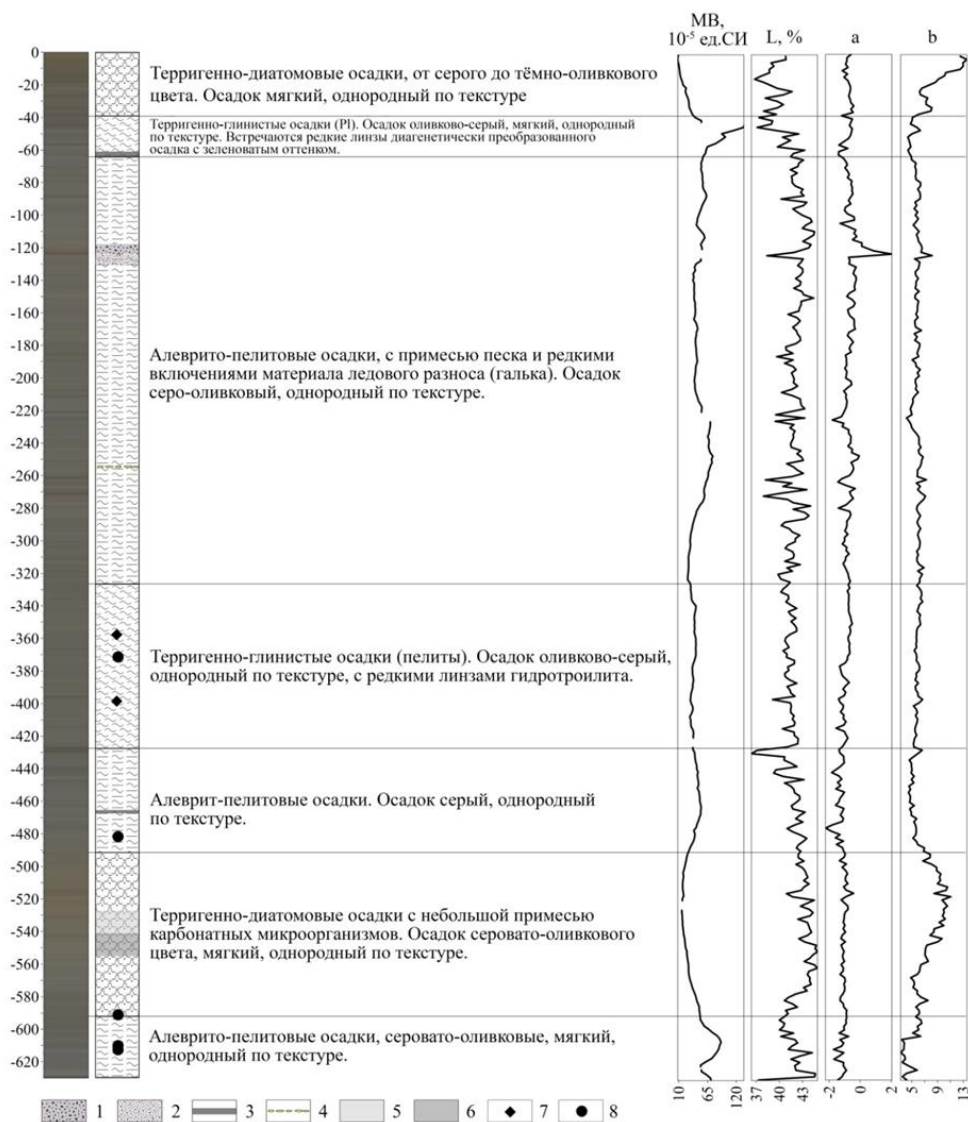


Рисунок 2. Литологическая схема керна MR 06-04 PC-7R

1 - прослой вулканический пепла K2 песчано-алевритовой размерности розовато-серый; 2 - следы вулканического материала K2; 3 - уплотнённый горизонт диагенетически преобразованного осадка; 4 - серо-жёлтые линзы (2-3 мм) тонкой вулканокластки MR 1 с примесью терригенного материала; 5 - слабо биотурбированный осадок; 6 - сильно биотурбированный осадок; 7 - фрагменты ракушки; 8 - галька (материал ледового разноса). Привлечённые данные рейсового отчета: MB – значения магнитной восприимчивости, L, a, b – цветовые координаты в CIE Lab-диапазоне [Cruise Report..., 2006].

Глава 4. Радиолярии, как показатели изменений природных условий Охотского моря в позднем плейстоцене и голоцене

В главе приведены опорные экологические и биогеографические сведения о современных таксонах, идентифицированных в осадках керна, в масштабах Мирового океана в целом и Охотского моря в частности на основе опубликованной информации. На основе этой информации выделены группы радиолярий, преимущественно обитающие в Охотском море в пределах: 1) поверхностной водной массы, 2) подповерхностной водной массы (дихотермального слоя), 3) в промежуточной и глубинной водных массах. Рассмотрены особенности распределения относительного содержания (%) и скоростей аккумуляции (экз./см²/тыс. лет) таксонов радиолярий в осадках керна согласно возрастной модели с привлечением дополнительных данных (IRD и стек палеопродуктивности).

Основные выводы

1. Продукция рассмотренных радиолярий независимо от глубины их обитания находится в непосредственной взаимосвязи с количеством питательных веществ (биомассы бактерий и фитодетрита), образовавшихся в высокопродуктивной морской поверхностной водной массе, а также с поступлением нутриентов в водные массы из шельфовых областей в составе терригенной водной взвеси.

2. Процентное содержание видов радиолярий зависит не только от количества питательных веществ, но и от изменений доли других видов в комплексе радиолярий, которые следуют определенным стратегиям выживания и питания, населяя конкретные экологические ниши, следовательно, определяются более сложными связями в изменениях палеосреды всей водной толщи.

3. Комплексное применение таких показателей, как скорость аккумуляции (рисунок 3а) видов радиолярий и их процентное содержание (рисунок 3б) позволяет получить более масштабное представление об общих

изменениях среды и климата и вариациях внутри сообществ радиолярий Охотоморского региона.

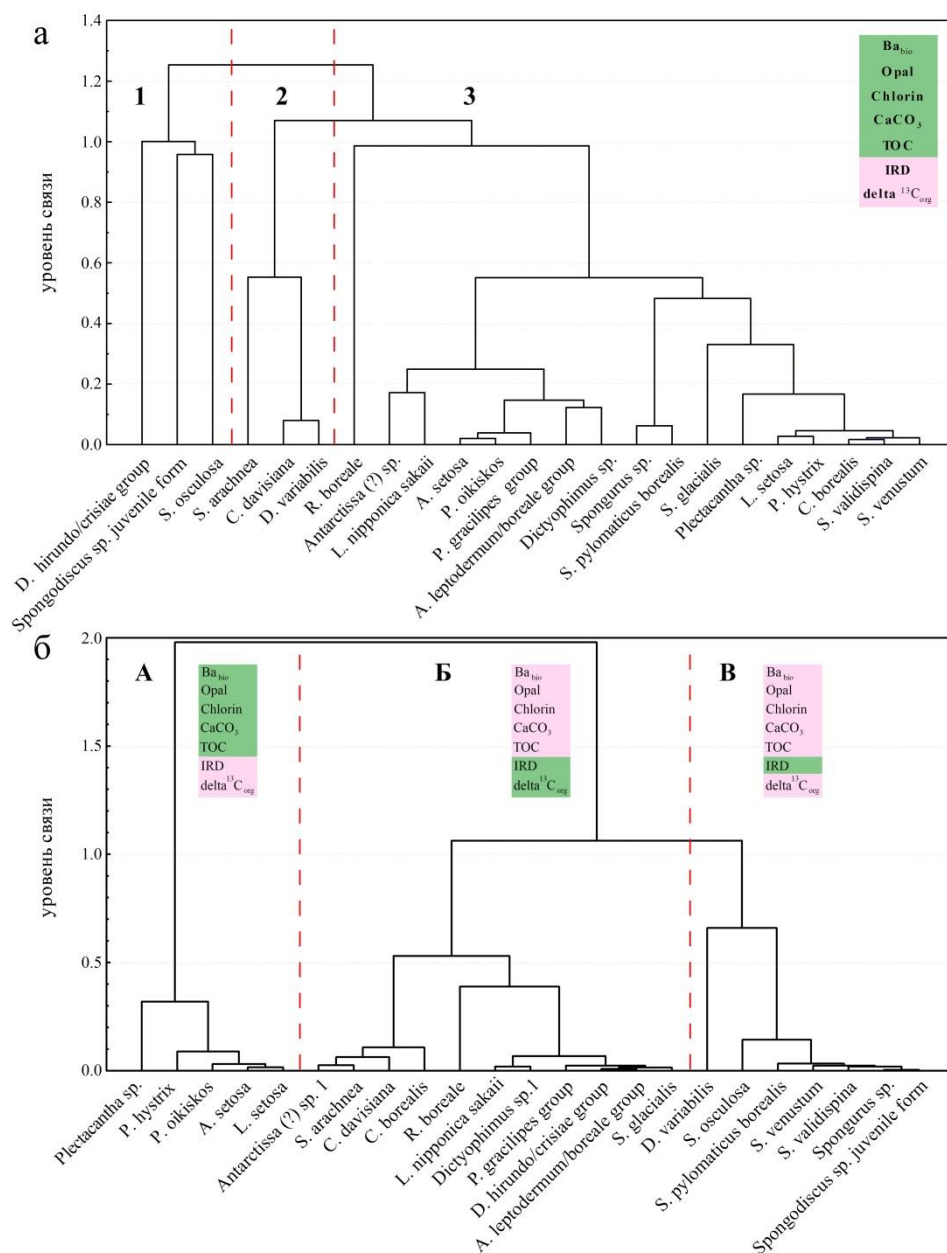


Рисунок 3. R-кластерные дендрограммы связей между таксонами радиолярий и их связь с показателями вещественного состава осадков.
а – на основе значений их скоростей аккумуляции; б – на основе значений их процентного содержания.

Глава 5. Изменения ассоциаций радиолярий вследствие орбитальных осцилляций климата и среды Охотского моря

В главе рассматривается отклик сообществ радиолярий на орбитальные осцилляции среды и климата Охотоморского региона в течение последних

пяти морских изотопных стадий (МИС) на основе вариаций численности (общее содержание радиолярий – ОСР), скоростей аккумуляции (САР), количества таксонов (видовое богатство – ВБ) и видового разнообразия (ВР) ассоциаций радиолярий. Также произведен анализ соотношений относительного содержания доминирующих видов и их скоростей аккумуляции (СА). Сопоставлены данные по радиоляриям и вещественному составу осадков (рисунок 4).

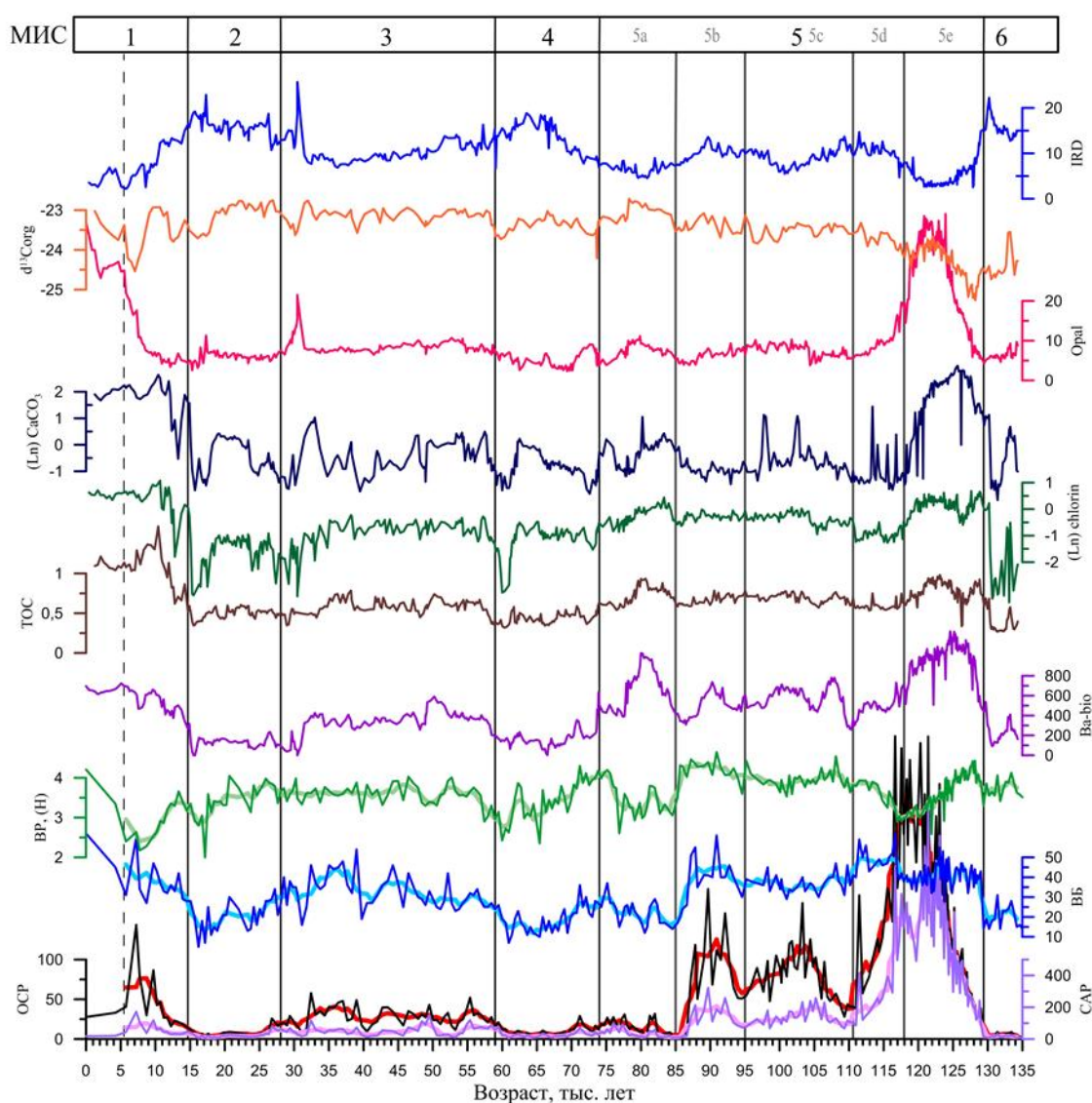


Рисунок 4. Орбитальные изменения ОСР, САР, ВБ, ВР сообществ радиолярий и показателей вещественного состава осадков на шкале календарного возраста.

В верхней строке показаны морские изотопные стадии (МИС) с возрастом границ по [Martinson et al., 1987]

Основные выводы

1. Показано, что радиолярии чутко реагируют на орбитальные изменения климата и среды региона, а изменения их численности, скоростей аккумуляции и видового богатства хорошо согласуются с вариациями содержаний ТОС, Ва_{bio} и Opal (рисунок 5).

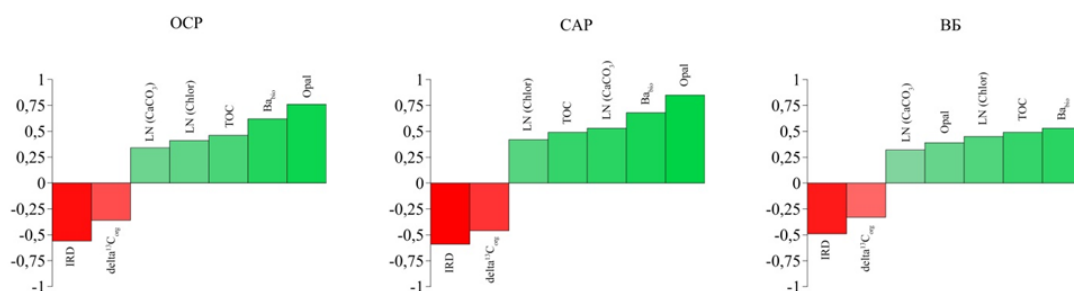


Рисунок 5. Гистограммы коэффициентов корреляции OCP, CAP и BB с показателями палеопродуктивности: Ва_{bio}; TOC; CaCO₃; Opal; chlorin; $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ и IRD.

2. В оледенения суровая ледовая обстановка оказывала подавляющее влияние на продуктивность моря и на продукцию радиолярий. Структурный состав ассоциаций и выраженное доминирование таксонов обитающих преимущественно в пределах поверхностного и промежуточного слоёв водной толщи указывают на слабовыраженные сезонные изменения среды. При этом небольшое увеличение сезонной продукции фитопланктона и поступление в водную толщу терригенной органики при формировании промежуточных водных масс, в совокупности обеспечивали радиолярий необходимым количеством питательных веществ.

3. В межледниковья смягчение ледовых условий и увеличение продуктивности вод приводили к увеличению видового богатства и продукции радиолярий. Наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности радиолярий обеспечивались усилением экспорта фитодетрита и бактерий в водную толщу в результате роста продукции фитопланктона в фотическом слое, конвекции поверхностных и подповерхностных вод и стимулирующей гетеротрофную активность стратификации. Эти факторы находят отражение в структурном составе

ассоциаций и выраженном доминировании таксонов, обитающих преимущественно в пределах подповерхностной водной массы и на промежуточных глубинах.

4. Увеличение видового богатства ассоциаций радиолярий и плавный, но очень интенсивный рост их продукции в периоды дегляциаций (МИС 6 / МИС 5е и МИС 2 / МИС 1) связаны с короткими зимними сезонами с гораздо меньшим распространением льдов, длительными продуктивными периодами и активным привносом терригенного вещества.

5. Изменения видового разнообразия ассоциации радиолярий на орбитальной шкале имеют некоторые особенности, суть которых в том, что вариации этих показателей являются откликом на нестабильные условия климата и не всегда зависят от численности радиолярий. То есть климатические колебания являются одной из немаловажных причин изменений в сообществах радиолярий.

6. Результаты радиоляриевого анализа не противоречат ранее опубликованным выводам и дополняют их за счёт выявления корреляционных связей микропалеонтологических сведений с многочисленными данными о вещественном составе осадков.

Глава 6. Изменения ассоциаций радиолярий вследствие тысячелетних колебаний климата и среды Охотского моря

В главе рассмотрена реакция сообществ радиолярий на быстрые изменения климата с использованием адаптированной опубликованной возрастной модели керна PC-7R [Gorbarenko et al., 2010, 2012; Yanchenko, Gorbarenko, 2015; Gorbarenko et al., 2017] (рисунок 6). Также привлечены высокоразрешающие данные индикаторов палеосреды за последние 135 тысяч календарных лет, выявленные в Охотском море ранее. *Показано, что:*

1. тысячелетние вариации климата, также как и орбитальные, находят отклик в изменениях ОСР, САР, ВБ и ВР ассоциаций радиолярий,

контролируемых динамикой продуктивности фотического слоя. В целом, ОСР, САР, ВБ и ВР уменьшаются во время холодных стадиялов и плавно возрастают во время последующих интерстадиалов.

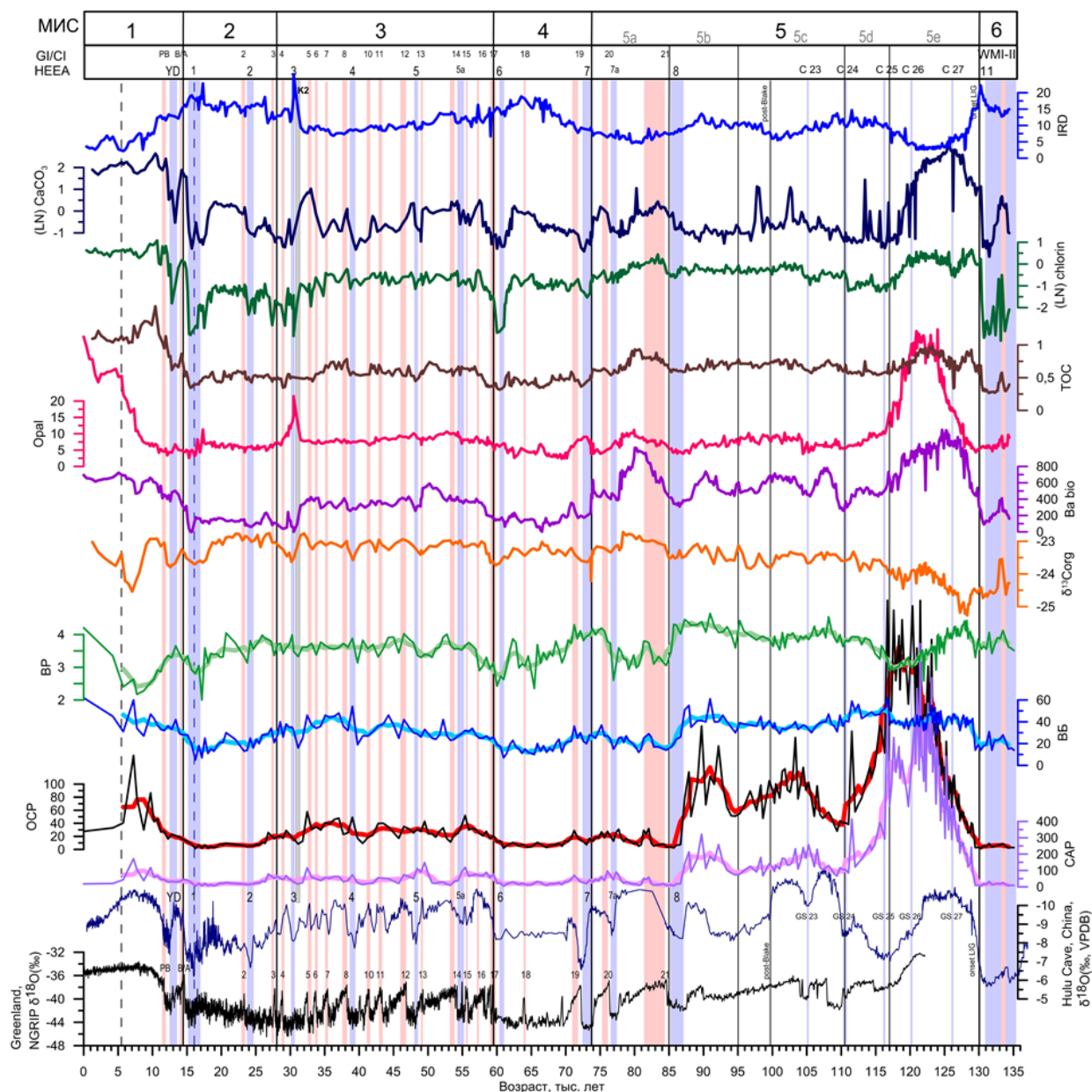


Рисунок. 6.2. ОСР, САР, ВБ и ВР радиоларий; содержание Ba_{bio} , TOC, chlorin, $CaCO_3$, Opal, $\delta^{13}C_{org}$ и IRD в осадках керна PC-7R, сопоставленные с изменениями $\delta^{18}O$ ледяного керна Гренландии [Wolff, 2010] и $\delta^{18}O$ сталагмитов пещеры Хулу (Китай) [Wang, 2001, 2008].

В верхней строке показаны морские изотопные стадии (МИС) с возрастом границ по [Martinson et al., 1987]. Вертикальными голубыми областями отмечены похолодания климата - HEEA (H) или (C); розовыми областями – интервалы потепления климата CI/GI (Chinese/Greenland Interstadials); LIG - начало последнего межледниковья (Last Interglacial); WMI II - интервал ослабления интенсивности муссонов (Weak Monsoon Interval).

2. Во время МИС 5b-4 тысячелетние минимумы продуктивности, ассоциирующие со стадиями (GS/CS), сопровождались значительным уменьшением ОСР, ВБ и ВР радиолярий. Последующие увеличения продуктивности во время интерстадиалов (GI/CI) приводили к более плавному росту ОСР, ВБ и ВР. Такой тип изменений показателей радиолярий во времени более сходен с изменениями $\delta^{18}\text{O}$ карбоната сталагмитов из пещер Китая, нежели $\delta^{18}\text{O}$ льда Гренландии. Вероятно, изменчивость продуктивности и характеристик радиолярий (ОСР, ВБ и ВР) преимущественно определялись изменениями зимних муссонов Восточной Азии, влиявших на среду и ледовый покров Охотского моря.

3. Во время МИС 3 вариации ОСР, ВБ и ВР, вызванные сокращением продуктивности на протяжении более интенсивных похолоданий климата GS/CS 15, 12, 8 и 4 (НЕЕА 5a, 5, 4 и 3), выражены менее заметно. Последующие продолжительные интерстадиалы GI/CI 17, 16, 14 и 8 приводили к плавному и значительному увеличению показателей численности, видового богатства и разнообразия радиолярий, что вероятно, было связано с ростом продуктивности и поступлением органики в водную толщу.

Заключение

В результате проведенных исследований показаны:

1. пригодность радиоляриевого метода как одного из способов получения высокоразрешающих сведений о палеоклиматических изменениях Охотоморского региона.
2. высокая интерпретируемость данных радиоляриевого анализа 296 проб донных отложений керна из центральной части Охотского моря, выявлена их корреляция с биогеохимическими и литологическими данными.
3. выявлено богатое видовое разнообразие сообществ радиолярий, определено 160 таксонов, относящихся к 97 родам и 21 семейству.

4. продемонстрирована актуальность комплексного применения таких показателей, как скорости аккумуляции видов и их процентное содержание.

5. Установлено время исчезновения ископаемых видов *Amphimelissa setosa* и *Lychnocanoma nipponica sakaii* в центральной части Охотского моря – соответственно, 76 и 46,4 тыс. лет назад, а также период расцвета вида *Lychnocanoma nipponica sakaii* (72 – 60 тыс. лет назад, с максимумом на 65,5 тыс. лет назад).

6. На примере осадков керна из центральной части Охотского моря показана пригодность использования методов статистики для изучения микропалеонтологических остатков, выявлены и описаны статистически значимые связи между показателями радиолярий и некоторыми характеристиками вещественного состава позднеплейстоценовых и голоценовых осадков Охотского моря. Это позволит более точно проводить палеореконструкции условий изменения климата региона.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации:

Статьи, опубликованные в изданиях из перечня ВАК:

1. **Янченко Е.А.** Особенности распределения ассоциаций радиолярий в поверхностных осадках Охотского моря // Вестник ДВО РАН. 2012. № 3. С. 90-97.

2. **Yanchenko E.A.**, Gorbarenko S.A. 2015. Radiolarian responses of the central Okhotsk Sea to the global orbital and millennial scale climate oscillations over last 90 kyr. Journal of Asian Earth Sciences 114 (3). 601-610. doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.08.004

3. Vasilenko Y.P., Gorbarenko S.A., Bosin A.A., Shi X.-F., Chen M.-T., Zou J.-J., Liu Y.-G., Artemova A.V., **Yanchenko E.A.**, Savenko M.P. Millennial mode of variability of sea ice conditions in the Okhotsk Sea during the last glaciation (MIS 4–MIS 2). Quaternary International. 2017. Vol. 459. P. 187–200. doi.org/10.1016/j.quaint.2017.09.039/1040-6182

4. Sergey Gorbarenkoa, Xuefa Shi, Jianjun Zou, Tatyana Velivetskaya, Antonina Artemova, Yanguang Liu, **Elena Yanchenko**, Yuriy Vasilenko. Evidence of meltwater pulses into the North Pacific over the last 20 ka due to the decay of Kamchatka Glaciers and Cordilleran Ice Sheet. Global and Planetary Change. 2019. Vol. 172, P. 33-44. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2018.09.014

В коллективных монографиях:

1. Горбаренко С.А., Артемова А.В., Босин А. А., Захарков С.П., Штрайхерт Е.А., Пшенева О.Ю., Гордейчук Т.Н., Василенко Ю.П., **Янченко Е.А.**, Иванова Е.Д., Гольдберг Е.Л. Тысячелетние - столетние изменения климата, среды и седиментации дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана в позднем плейстоцене и голоцене // Дальневосточные моря России. Геологические и геофизические исследования. кн. 3: Геологические и геофизические исследования / отв. ред. Р.Г. Кулинич. М.: Наука, 2007. с.430-448.

3. Горбаренко С.А., Артемова, А.В., Босин А.А., Василенко Ю.П., Захарков С.П., Пшенева О.Ю., Рыбьякова Ю.В., **Янченко Е.А.** Тысячелетние изменения среды Охотского моря за последние 350 тыс. лет. Взаимодействие с глобальными изменениями климата. Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана: в 2 кн./ гл. ред. В.А. Акуличев; ТОИ ДВО РАН. Кн. 2. – Владивосток, Дальнаука. 2013. С. 162 - 169

Янченко Елена Александровна

ОТКЛИК РАДИОЛЯРИЙ НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ОРБИТАЛЬНЫЕ И
ТЫСЯЧЕЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И СРЕДЫ ОХОТСКОГО
МОРЯ В ПОЗДНЕМ ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Специальность 25.00.28 – Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Подписано в печать 10 апреля.2019. Формат 60 × 84 1/16.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 2.
Отпечатано с авторского оригинал-макета в ТОИ ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43
