



# Отчет за 2021 год Геологическое направление

*Научный руководитель направления академик Л.И. Лобковский  
Заместитель директора по направлению к.г.-м.н. В.П. Шевченко*

# Кадровый состав направления

Всего : **172** человек

Научных сотрудников: **113**, из них докторов наук – **30**,  
кандидатов наук – **69**

**67** сотрудников моложе 39 лет  
(39%), из них

научных сотрудников – **38**  
(кандидатов наук – **20**)

**11** аспирантов ИОРАН,  
есть аспиранты МГУ, МФТИ



## *Сотрудники работают по выполнению планов 5 государственных заданий ИО*

*РАН на 2021 г.:*

№ 0128-2021-0004 Тектоника деформируемых литосферных плит и геодинамическая эволюция океанской литосферы: геодинамическая эволюция Арктики и зоны перехода от Тихого океана к Евразии; развитие катастрофических и потенциально опасных процессов в зонах субдукции, окраинных, внутренних морях и береговой зоне, анализ их геоэкологических последствий; оценка и генезис полезных ископаемых континентальных окраин и внутриокеанических областей, окраинных и внутренних морей (рук. Лобковский Л.И.)

№ 0128-2021-0005 Геоморфология морского дна, геофизические и биогеохимические характеристики литосферы океанов и морей: геоморфологические особенности рельефа дна Арктического бассейна; геолого-геофизические и биогеохимические исследования осадочной толщи и литосферы Арктического шельфа, переходной зоны от Тихого океана к Евразии, отдельных районов Атлантики и Индийского океана, морей России (рук. Никифоров С.Л.)

№ 0128-2021-0006 Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана – геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов - литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек (рук. Кравчишина М.Д.)

№ 0128-2021-0015 Экстремальные опасные явления, связанные с Мировым океаном (рук. Соков А.В.)

№ 0128-2021-0016 Взаимодействие биосфер в Мировом океане (рук. Шевченко В.П.)

# Публикационная активность



*microorganisms*



*atmosphere*



*minerals*

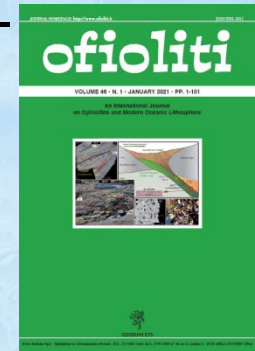


AGU

Global Biogeochemical Cycles



Journal of  
*Marine Science  
and Engineering*



*sensors*



*water*



*applied sciences*

Статей всего: **134**

Из них в Q1/Q2 – **29**

Совместно с зарубежными  
учеными - **20**

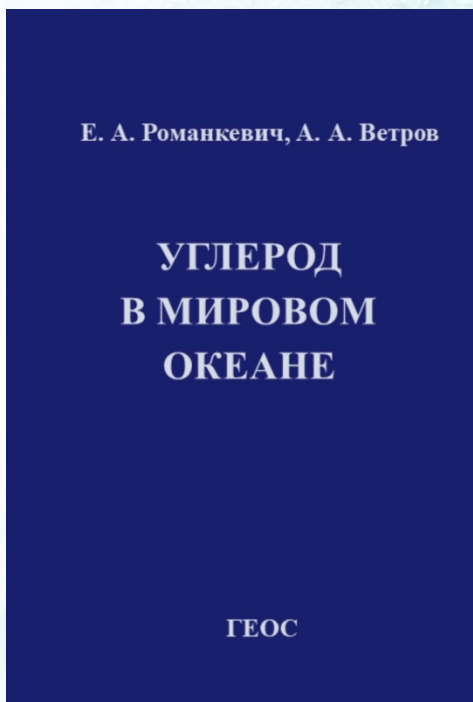
Монографий – **8** (1 – научно-  
популярная, 1 – совместно с  
другими направлениями)

Система Баренцева моря / Под ред. Академика А.П. Лисицына. М.: ГЕОС, 2021. 672 с. ISBN 978-5-89118-825-9, 978-5-6045110-0-8



Vilibić I., Rabinovich A.B., Anderson E.J., Eds. *The Global Perspective on Meteotsunami Science*, Dordrecht: Springer, 2021. 692 pp. ISBN 9783030870263

Городницкий А.М. Наука, океан и мы. М.: Яуза, 2021. ISBN 978-5-00155-439-4



Романкевич Е.А. Ветров А.А. Углерод в Мировом океане. - М.: ГЕОС, 2021. ISBN 978-5-906936-352 с. ISBN: 978-5-89118-835-8. DOI: 81-3. 10.34756/GEOS.2021.16.37857

The Ioffe Drift / Eds. I. Murdmaa and E. Ivanova. Springer, 2021. 195 p. ISBN 978-3-030-82870-7 (978-3-030-82871-4 eBook). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-82871-4>



Хортов А.В., Шлезингер А.Е. Развитие океанов и морей с позиций сейсмостратиграфии.

Цифровые технологии при моделировании природных процессов / Под ред. В.М. Пищальника, А.В. Леонова. Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный университет, 2020. ISBN 978-5-88811-617-3.

# Другие показатели научной деятельности

Защищены **3** кандидатские диссертации:

**2** - в ИО РАН (Кузнецова О.А., Штремель М.Н.), **1** - в МГУ (Агафонова Е.А.)

Организована и проведена VIII Всероссийская школа-семинар по электромагнитным зондированиям Земли (ЭМЗ-2021), 4-9 октября 2021 г.

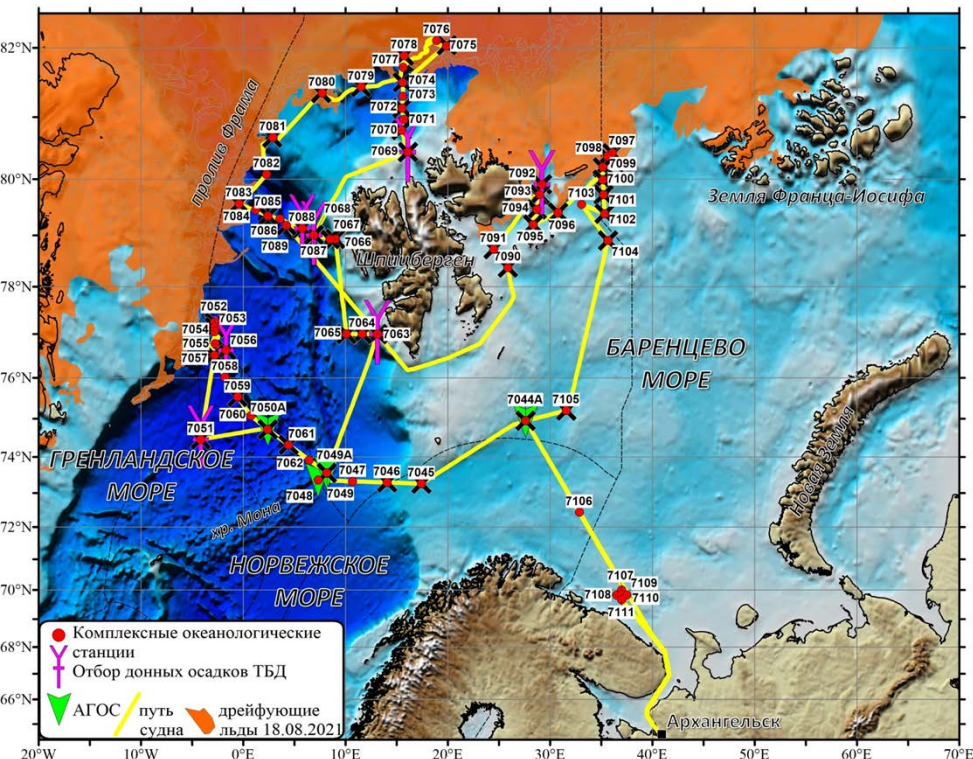
Сотрудники направления участвуют в выполнении работ по **28** грантам РФФИ, **14** грантам РНФ, **5** договорам и контрактам, **10** международным проектам.

Сотрудники направления приняли участие в **18** международных конференциях с **36** докладами

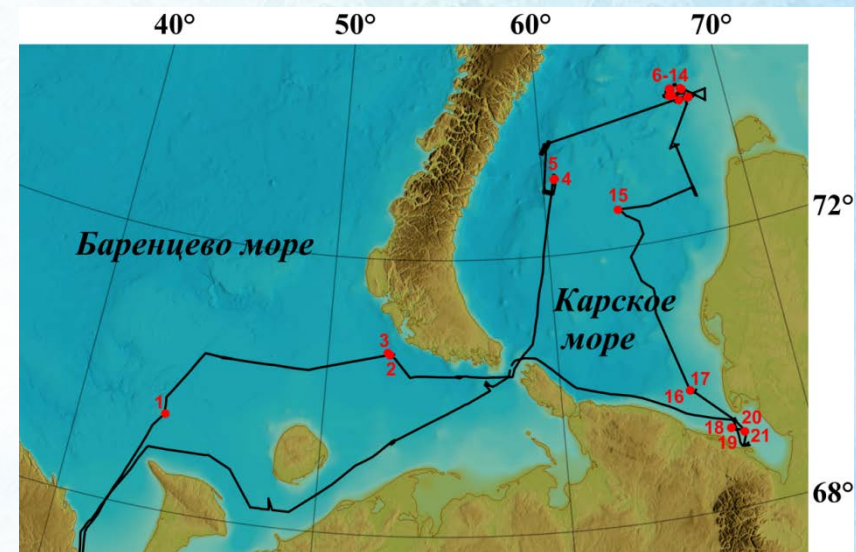
# Экспедиционная деятельность

Сотрудники направления приняли участие в **13** морских экспедициях, из них **2** организовали

Всего участников – **48**  
Человеко/суток – **1489**



Маршрут экспедиции и выполненные работы, 84-й рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», июль–август 2021 г.,

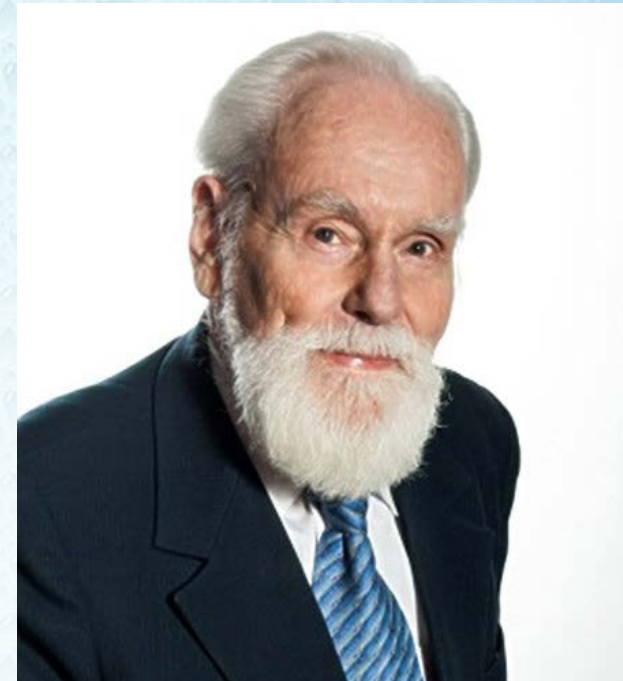


52-й рейс НИС «Академик Николай Страхов» – маршрут экспедиции и выполненные станции

# Награды



**Профессора  
Евгений Александрович  
Романкевич и  
Ивар Оскарлович Мурдмаа  
получили звание «Почетный  
работник науки и высоких  
технологий РФ» Министерства  
науки и высшего образования  
РФ**

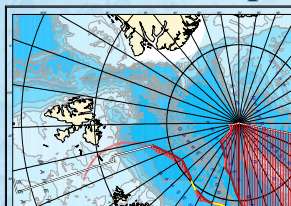


**Кандидат физико-  
математических наук  
Игорь Павлович  
Медведев награжден  
нагрудным знаком  
«Молодой ученый»  
Министерства науки и  
высшего образования РФ**

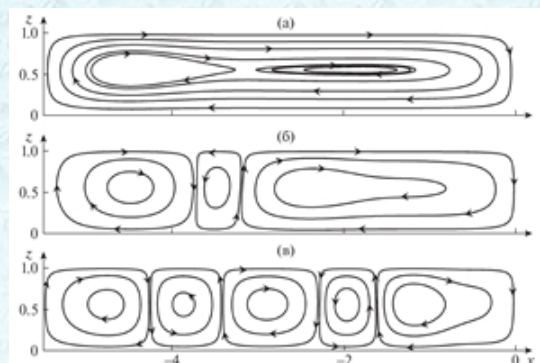


# Основные результаты

# Развитие геодинамической модели эволюции литосферы Арктики в мезозое-кайнозое в связи с научным обоснованием заявки России в Комиссию ООН на установление внешней границы континентального шельфа РФ в Северном Ледовитом океане

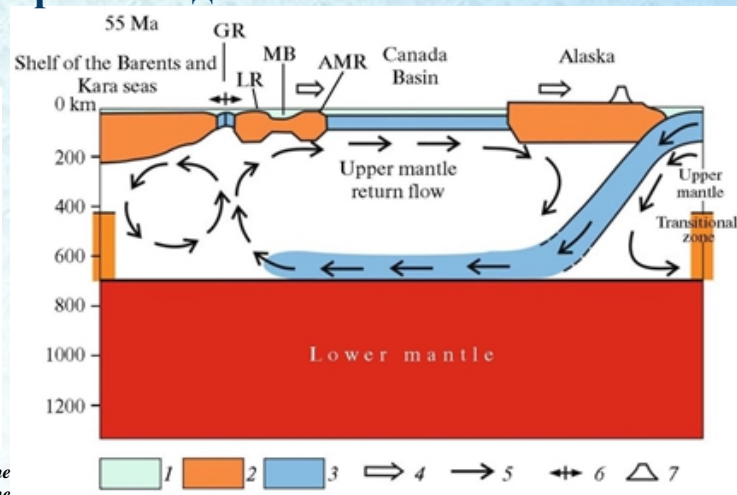


Результаты математического моделирования конвекции в верхней мантии



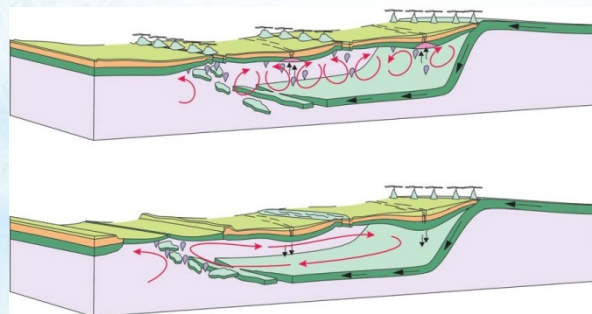
*Lobkovskii L.I. & Ramazanov M.M. Investigation of Convection in the Upper Mantle Connected Thermomechanically with the Subduction Zone and Its Geodynamic Application to the Arctic Region and North East Asia. // Fluid Dynamics, 2021, Vol. 56, No. 3, pp. 433-444. © Pleiades Publishing, Ltd., 2021. Russian Text © The Author(s), 2021, published in Izvestiya RAN. Mekhanika Zhidkosti i Gaza, 2021, Vol. 56, No. 3, pp. 139-150. DOI: 10.1134/S001546282103006X*

Площадь заявляемого юридического континентального шельфа России в Арктике для рассмотрения в Комиссии ООН по границам континентального шельфа. Приращение площади шельфа 1.2 МЛН кв.км

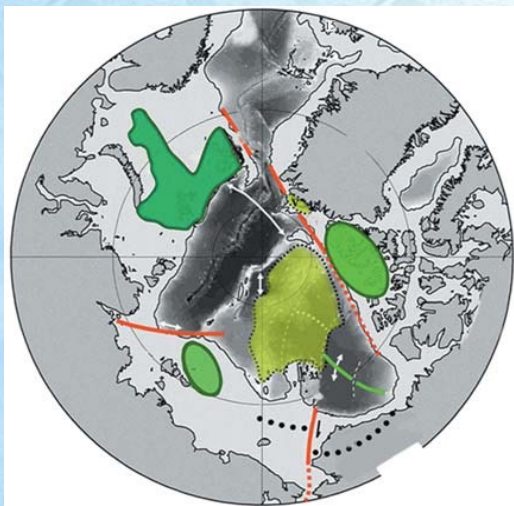


Базовая геодинамическая модель эволюции Арктического бассейна являющаяся составной частью обоснования заявки Российской Федерации в Комиссию ООН на установление внешней границы континентального шельфа в Северном Ледовитом океане

Различные режимы конвекции верхней мантии для Арктики и северо-восточной Азии, сопряженные с субдукцией Тихоокеанской литосферной плиты



*Лобковский Л.И., Шитлов Э.В., Сорохтин Н.О. Образование основных тектонических структур и магматических провинций Арктики в позднем мелу-кайнозое с позиций субдукционно-конвективной модели ее эволюции. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 501. № 1. С. 5-10. DOI: 10.31857/S2686739721110074*



Основные магматические провинции Арктики в мелу - кайнозое

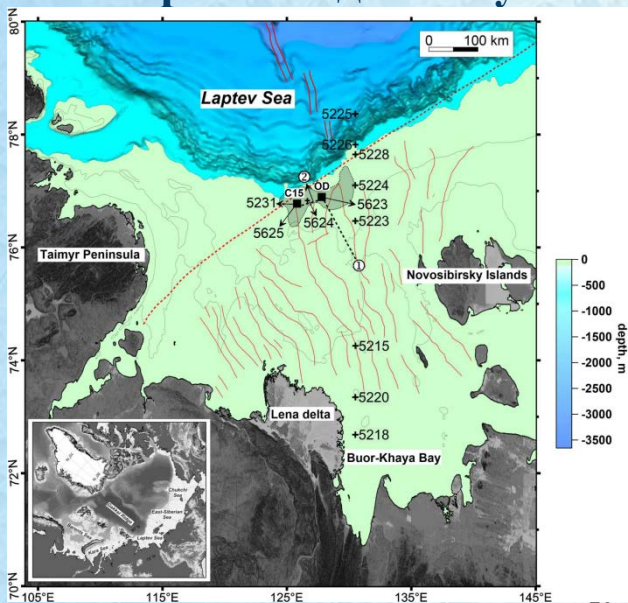


Геодинамическая модель закрытия Южно-Анойского палеоокеана и формирования структур арктической Чукотки в поздней юре – раннем мелу.

*Лобковский Л.И., Соколов С.Д., Сорохтин Н.О., Кононов М.В. Двухъярусная субдукция в верхней мантии как механизм эволюции литосферы восточной Арктики в поздней юре-раннем мелу. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500. № 2. С. 13-20. DOI: 10.31857/S2686739721100108*

*Lobkovsky L.I., Ramazanov M.M., Kotelkin V.D. 2021. Convection related to subduction zone and application of the model to investigate the Cretaceous-Cenozoic geodynamics of Central East Asia and the Arctic. Geodynamics & Tectonophysics 12 (3), 455-470. doi:10.5800/GT-2021-12-3-0533*

# Происхождение аутигенных карбонатных корок на поверхности дна внешнего шельфа моря Лаптевых

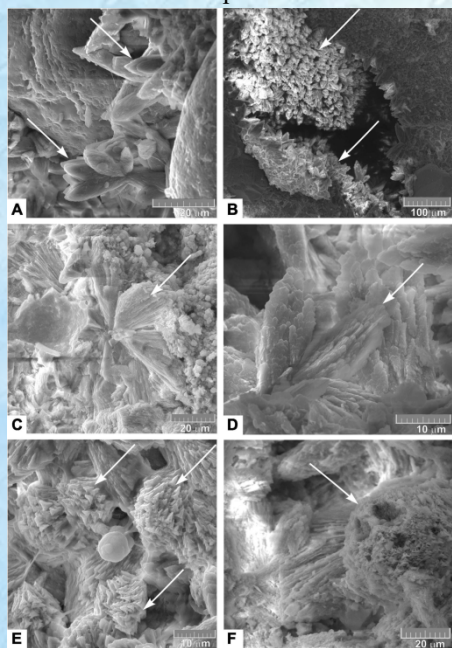


Район работ



Фото карбонатной корки, поднятой со дна Карского моря (слева) и фото корки на дне моря (справа), выполненное с помощью видеомодуля в 69-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш»

Карбонатные корки, сцементированные микритовой связующей массой, обнаружены на поверхности дна внешнего шельфа моря Лаптевых в пределах области струйно-пузырьковых просачиваний метана (газовых факелов). Это первая подобная находка в морях Сибирской Арктики. Карбонаты представлены высокомагнезиальным кальцитом: до 23 моль%  $MgCO_3$ . Установлено, что не только микробный, но и термогенный метан принимали участие в формировании корок. Карбонаты образовались не на поверхности осадка (где они были обнаружены), а в подповерхностном слое гораздо ниже границы раздела вода–осадок во время последней дегляциации, которая спровоцировала изменения в системе разломов и способствовала миграции газа к поверхности осадочной толщи. Изотопный состав кислорода карбонатов ( $\delta^{18}O$  до 4.8‰ VPDB) показал, что температура морской воды при их формировании была близка к современному значению ( $-1.77$  °C). Заметных колебаний температуры придонной воды при осаждении карбонатов не наблюдалось. Морские условия, аналогичные условиям современной эпохи, установились в море Лаптевых ~10.5–8.5 тыс. лет назад, т.е. вследствие смещения Полярного фронта на север и проникновения атлантической воды в Арктику. Так, просачивание  $CH_4$  контролировалось последней дегляциацией, которая спровоцировала изменения в системе разломов и способствовала миграции газа к поверхности осадочной толщи.



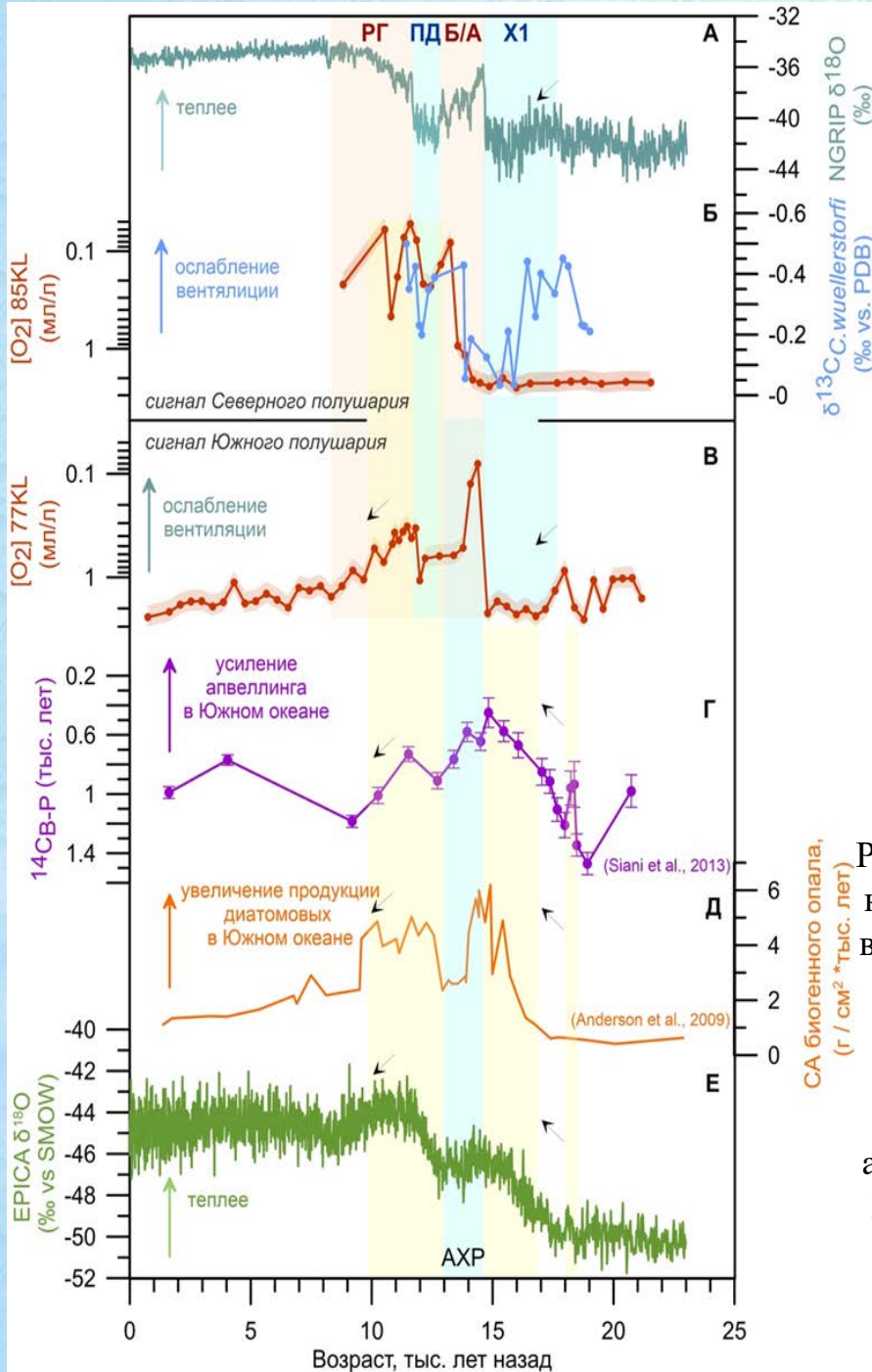
Типы кристаллов высокомагнезиальных кальцитов

## Палеорекострукции с использованием

### данных по концентрации кислорода

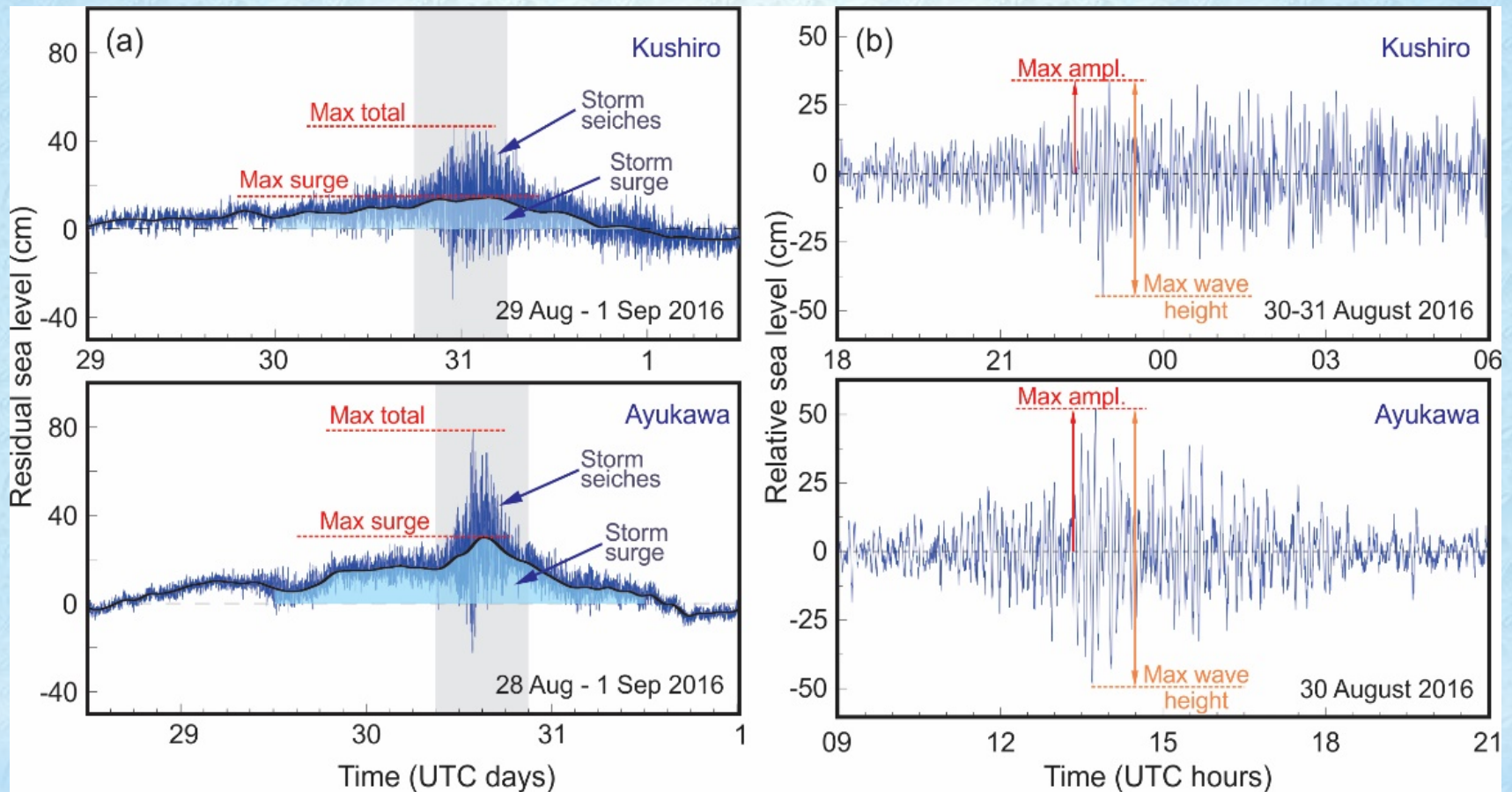
На основании анализа комплексов бентосных фораминифер в осадках зон кислородного минимума (ЗКМ) из разных районов океана разработана методика расчета концентрации кислорода в придонных водах. Применение этой методики к результатам фаунистического анализа осадков двух колонок из западной части Берингова моря позволило рассчитать концентрации кислорода для промежуточных и глубинных вод в течение последних 22 тыс. лет. ЗКМ в районе исследования появились в самом начале теплого интервала беллинг/аллеред в глубинных водах и на 1.3 тыс. лет позже в промежуточных водах. Показана удаленная взаимосвязь развития ЗКМ в Беринговом море с климатами Северной Атлантики и Южного океана.

Рисунок. Сопоставление реконструированных изменений концентраций кислорода в промежуточных и глубинных водах (Б, В) с индикаторами вентиляции промежуточных вод в Беринговом море (Б), интенсивности апвеллинга (Г) и продуктивности поверхностных вод (Д) в Южном океане и опорными климатическими кривыми в Гренландии (А) и Антарктике (Е). СА – скорости аккумуляции, РГ – ранний голоцен, ПД – поздний дриас, Б/А – беллинг/аллеред, Х1 – первое событие Хайнриха, АХР – антарктический холодный реверс.



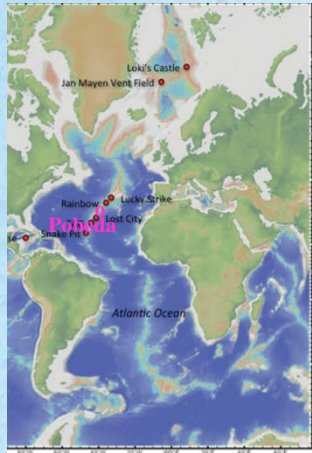
Ovsepyan E., Ivanova E., Tetard M., Max L., Tiedemann R. Intermediate- and deep-water oxygenation history in the subarctic North Pacific during the last deglacial period // *Frontiers in Earth Science*. 2021. Vol. 9. Article 638069. doi: 10.3389/feart.2021.638069

## Изучение рисков, создаваемых метеоцунами



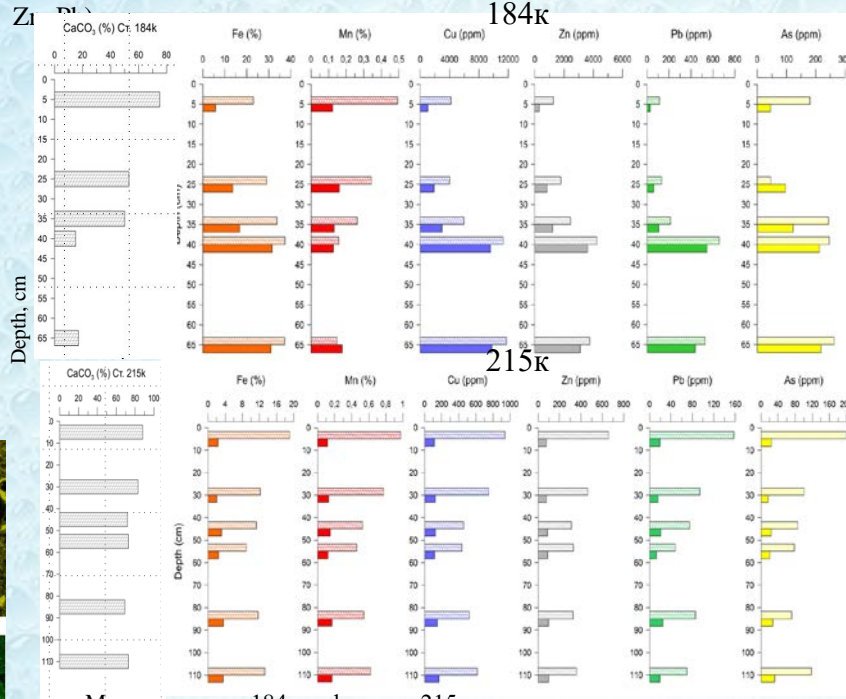
Была изучена реакция уровня моря на прохождение двух тайфунов, обрушившихся в сентябре 2016 г. (Лайонрок) и августе 2018 г. на побережье Японии. Показано, что суперпозиция штормового нагона и сейш приводит к значительному возрастанию общей высоты морских наводнений и степени их воздействия на побережье. Течения, вызванные экстремальными сейшами, могли иметь скорость 5 узлов.

# Накопление рудных металлов в донных осадках гидротермального кластера Победа (17° с.ш. САХ)

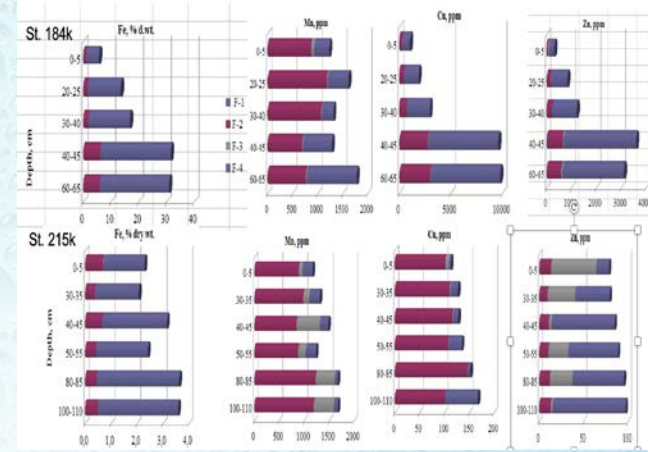


Положение кластера Победа на САХ

Сравнительный анализ геохимических и минералогических данных в колонке гидротермального кластера Победа (184к) и фоновой (215к) позволил выявить некоторые характерные черты в накоплении и распределении рудных металлов (Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, As).

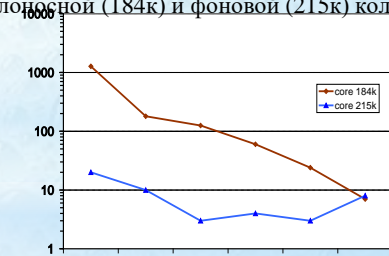


Металлоносная 184к и фоновая 215к колонки: литология, содержание  $\text{CaCO}_3$  и рудных элементов (%) в натуральном осадке (сплошная заливка) и в пересчете на abiогенное бескарбонатное вещество (штриховая заливка).

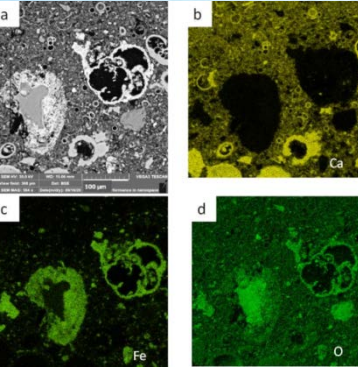


Распределение геохимических фракций в осадках.

В колонке 184к основная масса Fe (до 88%) содержится в литогенной фракции F-4. По данным XRD, эта фракция представлена главным образом гетитом, имеющим гидротермальное происхождение. Именно с этой фракцией Fe (F-4) в рудоносной колонке 184к связаны существенные количества Cu, Zn и Pb. Среди геохимически подвижных фракций железа (F-1, F-2, F-3) преобладают аморфные аутигенные оксигидроксида (F-2), составляющие до 92 % от суммы (F-1 + F-2 + F-3). В распределении валового содержания и геохимических фракций Mn не выявлено значимых различий между металлоносной (184к) и фоновой (215к) колонками.



Фактор обогащения (EF) рудными элементами металлоносной (184к) колонки на 1-2 порядка выше, чем фоновой (215к), за исключением Mn. Одинаковое значение EF для Mn в обеих колонках можно объяснить характерным для него повышенным по сравнению с другими металлами накоплением в карбонатных биоминералах (фораминиферах и раковинах *Bivalvia*), отмеченным нами ранее, а также его намного более слабой, чем Fe, фиксацией в рудном материале осадков глубоководных гидротермальных полей [Лисицын и др., 1990; Gurvich, 2006].



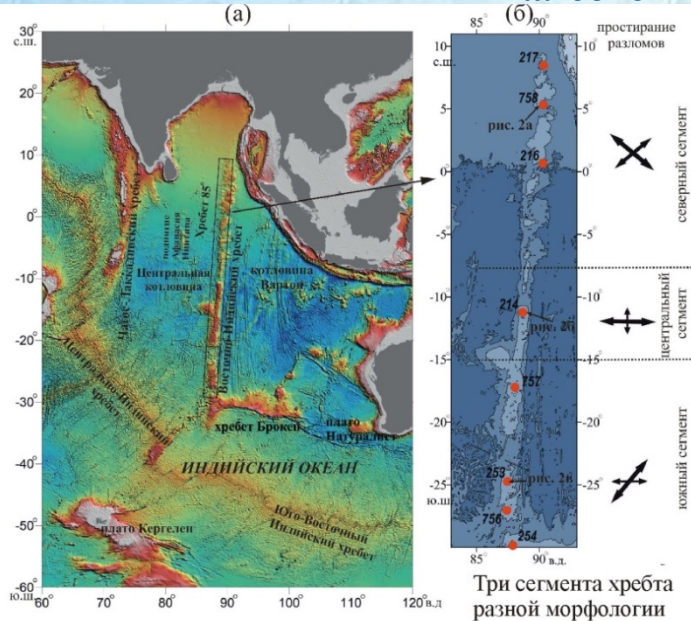
Колонка 184к, гор. 38-42 см. X-ray СЭМ SEM TESCAN VEGA 3: (a) – снимок; b–d, карты распределения элементов: (b) – Ca; (c) – Fe; (d) – O. Распределение Fe и O повторяет форму кальцитовых раковин (c, d), а Ca (b) и Fe (c) показывают противоположную картину. Это свидетельствует о замещении кальция железом. В фоновой колонке подобного замещения не выявлено.

*Demina L.L., Gablina I.F., Budko D.F., Dara O.M., Solomatina A.S., Gorkova N., Smirnova T.* Geochemical Fractions of Heavy Metals in Bottom Sediments of the Pobeda Hydrothermal Cluster in the Mid-Atlantic Ridge (17°07'–17°08' N). *Minerals* 2021, 11(6), 591. doi: 10.390/min11060591.

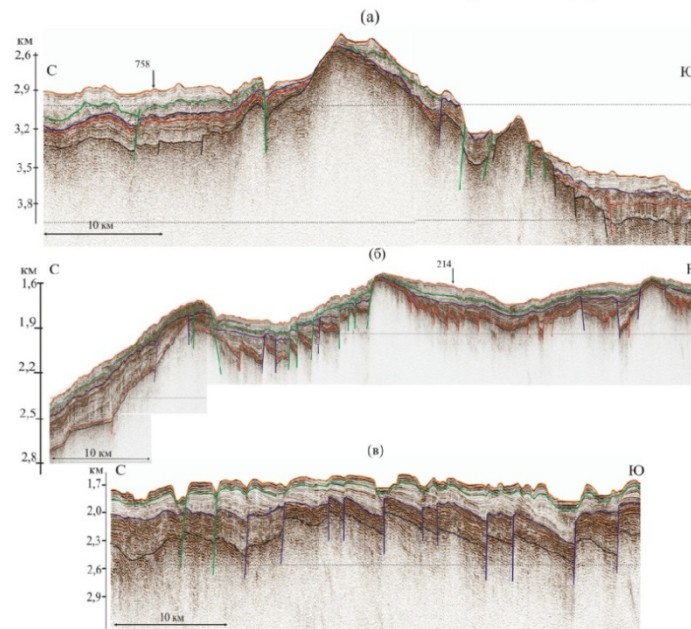
По глубине колонки 184к металлоносных осадков происходит резкое уменьшение содержания  $\text{CaCO}_3$ , наиболее выраженное для нижней части колонки (глубже 40 см), где найдены высокие содержания Fe (40%) и других рудных элементов, кроме Mn, и осадки становятся рудоносными. В фоновой колонке 215к наблюдалась лишь незначительная вариация  $\text{CaCO}_3$  и не происходило возрастания содержания металлов с глубиной. Взаимодействие гидротермальных флюидов диффузного типа с вмещающими кокколитофораминиферовыми осадками приводит к замещению их рудоносными отложениями. Наши данные по распределению металлов в колонках, их геохимическим фракциям, картам распределения Ca и Fe в раковинах фораминифер дают основание заключить, что подобный характер изменений очевидно связан с процессами метасоматического замещения биогенного кальцита аморфными и раскристаллизованными окси-гидроксидами железа гидротермального происхождения.

# Палеотектоника Индийского океана

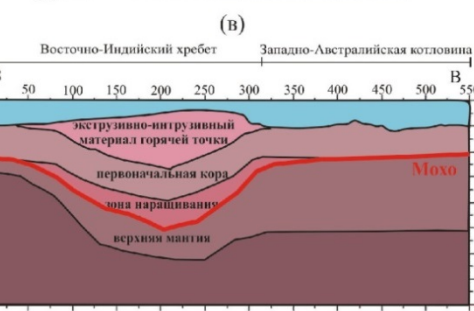
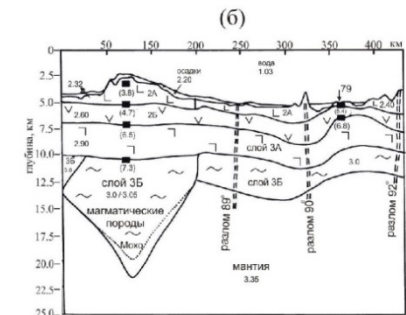
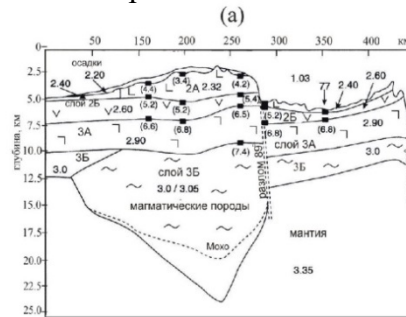
Восточно-Индийский хребет – самое протяженное линейное внутриплитное поднятие в Мировом океане. В результате обобщения и анализа имеющихся геолого-геофизических данных оценены состояние его изученности, природы и эволюции, определено строение, тектоника, магматизм, восстановлена тектоническая история, что имеет исключительно важное значение как для понимания мезозойско-кайнозойской истории Индийского океана, так и для выяснения происхождения океанических асейсмичных хребтов вообще.



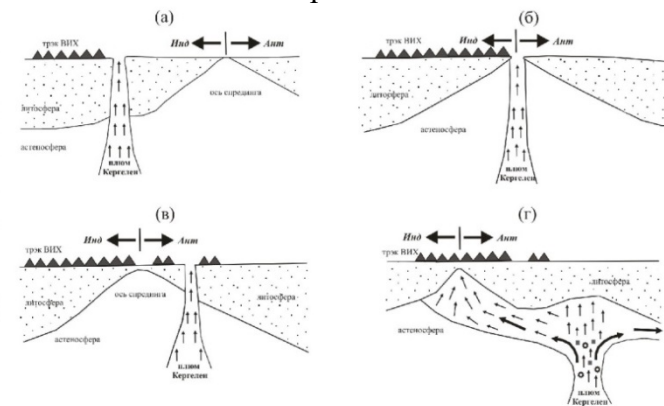
Три сегмента хребта разной морфологии



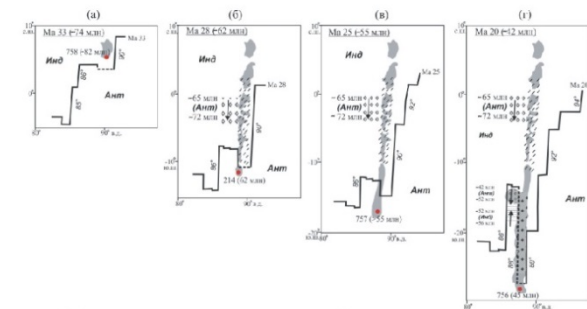
Несогласия и разломы, связанные с этапами тектонической активности



Глубинное строение хребта

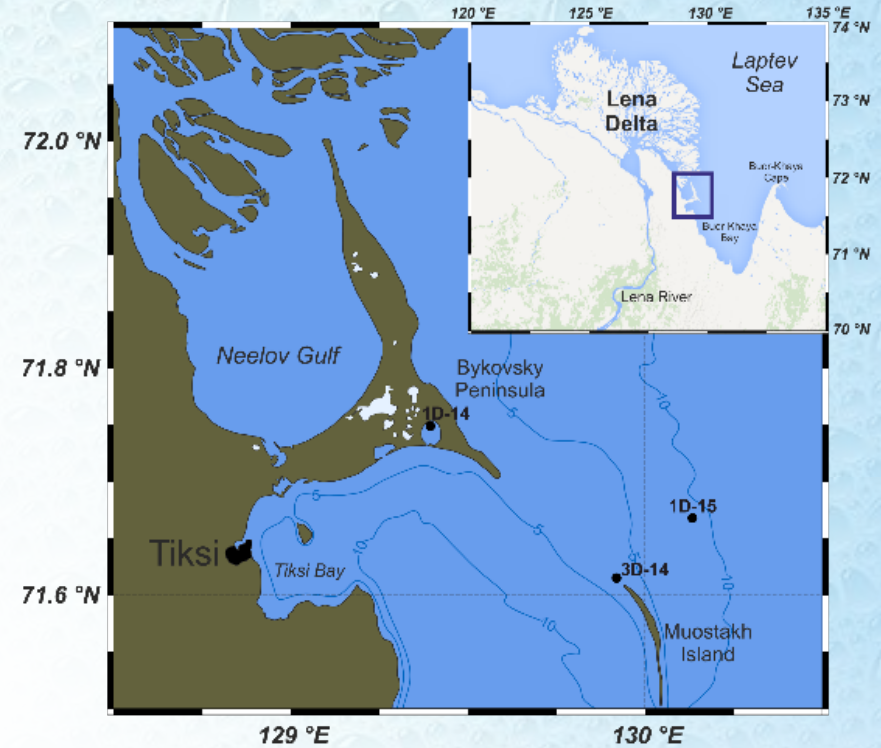
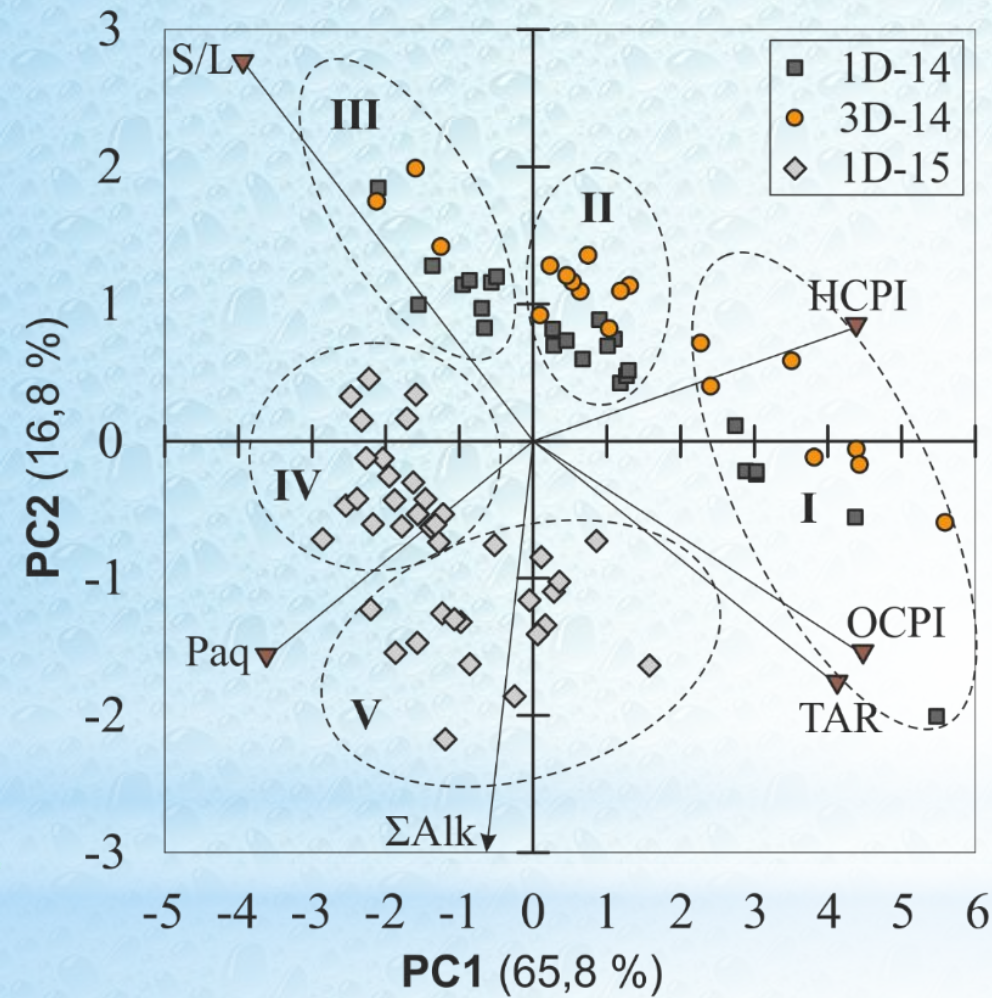


Тектоническая эволюция хребта, мел-ранний кайнозой



Модели магматизма плема Кергелен во время образования хребта

# По молекулярному составу углеводородов в донных осадках статистически выделено пять типов ОВ



Тип ОВ	N	C <sub>орг</sub> , %	HCPI	OCPI	TAR	S/L	Paq	ΣAlk, мкг/г
I	13	0.99-23.1	5.67-9.00	3.31-5.86	7.28-33.1	0.11-0.30	0.06-0.54	1.83-61.9
		4.44	7.60	4.33	16.3	0.20	0.25	18.6
II	19	0.95-3.75	2.75-6.32	1.40-2.78	1.95-6.30	0.31-0.79	0.22-0.57	1.20-20.0
		1.74	4.43	2.19	3.92	0.52	0.32	8.92
III	12	0.90-4.07	1.56-3.92	0.81-1.71	0.70-6.02	0.65-1.64	0.25-0.66	1.10-19.3
		1.85	2.47	1.28	1.94	1.09	0.49	9.50
IV	23	0.04-15.2	0.67-3.57	0.61-2.01	0.62-2.17	0.56-1.33	0.48-0.75	35.2-89.3
		1.66	1.44	1.22	1.33	0.93	0.65	57.9
V	16	0.08-6.26	1.54-8.10	1.30-3.81	1.80-5.11	0.27-0.81	0.07-0.67	60.9-106
		1.63	3.19	2.10	3.46	0.56	0.44	81.3

Ульянцев А.С., Прокуда Н.А., Стрельцова Е.А., Беляев Н.А., Романкевич Е.А. Геохимическая типизация органического вещества донных отложений по молекулярному составу предельных алифатических углеводородов // Океанология. 2021. Т. 61. № 5. С. 822-830. DOI: 10.31857/S0030157421050142