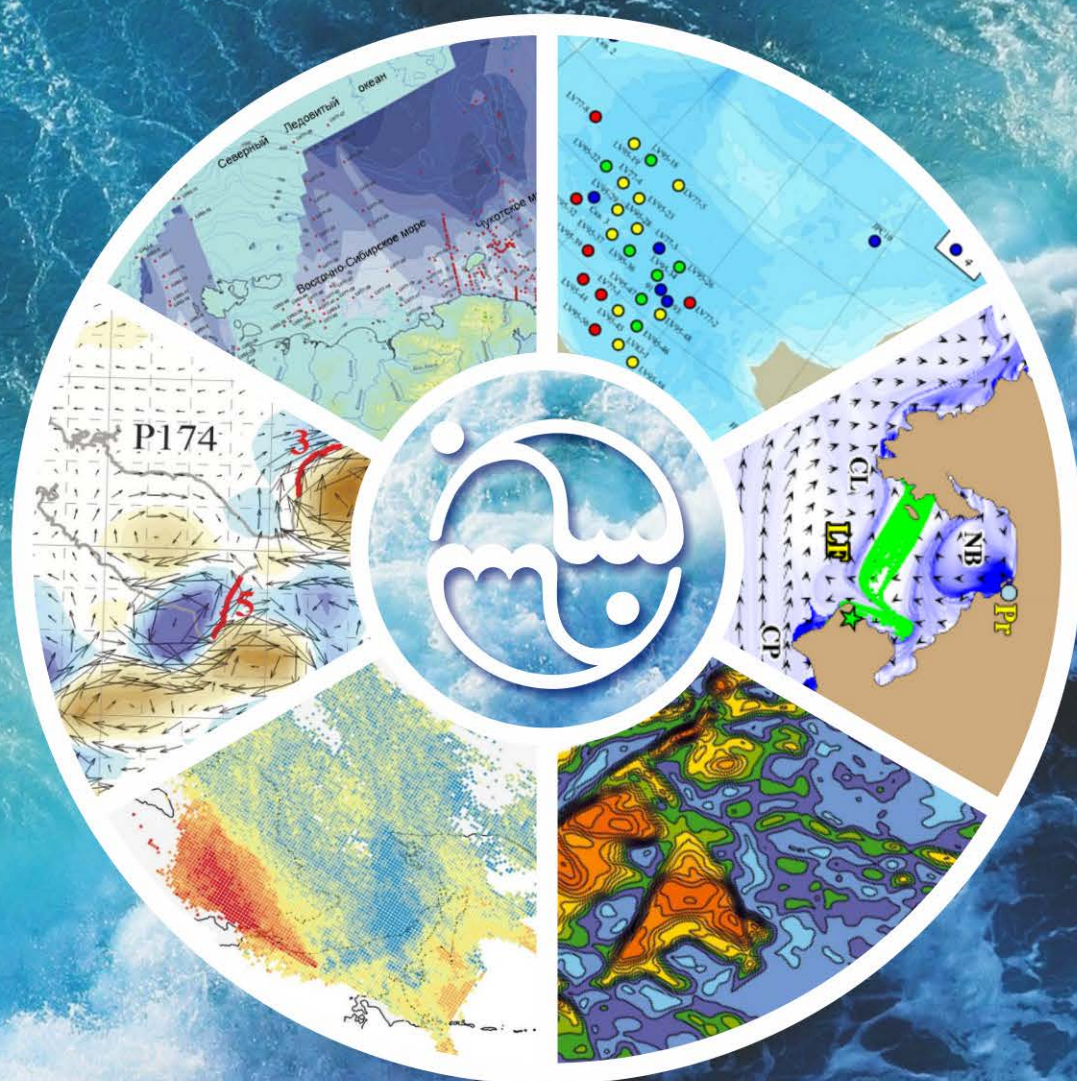


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук



Основные результаты научно-исследовательских работ за 2023 г.

Владивосток
2024

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
РАБОТ ЗА 2023 г.**

Владивосток
2024

УДК 551.46

Главный редактор
академик РАН, д.ф.-м.н. *Г.И. Долгих*

Редколлегия:
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. *С.В. Пранц*
чл.-корр. РАН, д.г.-м.н. *И.П. Семилетов*
д.г.-м.н. *С.А. Горбаренко*
д.г.-м.н. *О.В. Дударев*
д.г.-м.н. *Р.Г. Кулинич*
к.г.н. *В.Б. Лобанов*
д.т.н. *Ю.Н. Моргунов*
д.ф.-м.н. *М.С. Пермяков*
к.ф.-м.н. *П.А. Салюк*
д.г.-м.н. *И.Б. Цой*
д.б.н. *В.П. Челомин*
д.г.-м.н. *Р.Б. Шакиров*

Основные результаты научно-исследовательских работ за 2023 г. – Владивосток:
ТОИ ДВО РАН, 2024. – 129 с.

ВВЕДЕНИЕ

В отчетном 2023 году все научно-исследовательские работы Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук проводились в соответствии с Основными направлениями фундаментальных исследований Российской академии наук; Планом фундаментальных исследований Российской академии наук на период до 2025 года; государственной программой Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 29 марта 2019 г. № 377; Программой фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021 - 2030 годы), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-р; и в рамках государственного задания на 2023 год и плановый период с 2023 по 2024 г., утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации 11 августа 2023 г.

В 2023 году Институт выполнял работы по 40 темам, 25 из которых закончены в отчетный период, в том числе по 15 темам государственного задания, 2 грантам Российского фонда фундаментальных исследований, 22 грантам Российского научного фонда, 1 гранту по государственной поддержке научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях и государственных научных центрах Российской Федерации.

В отчетный период сотрудниками Института: Липинской Н.А. защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Формирование спектральных коэффициентов яркости восходящего излучения моря в гидродинамических структурах», Куклой С.П. защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Влияние наночастиц оксидов микроэлементов (CuO, ZnO, TiO₂, SiO₂) на морских беспозвоночных (на примере *Mytilus trossulus* и *Scaphechinus mirabilis*)», Мазуром А.А. защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Экотоксикологическая оценка влияния полиэтилена и полистирола на отдельных представителей морских беспозвоночных».

На 31 декабря 2023 года в аспирантуре Института обучались 17 человек, все с отрывом от производства, три соискателя. В 2023 г. в аспирантуру зачислены 7 человек по научной специальности 1.6.17. Океанология. Четыре аспиранта окончили обучение с представлением научно-квалификационной работы (диссертации), успешно прошли государственную итоговую аттестацию и получили дипломы об окончании аспирантуры по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлениям подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (один аспирант) и 05.06.01 Науки о Земле (три аспиранта) с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Четыре аспиранта-выпускника трудоустроены в Институте.

В Институте продолжены научные исследования в рамках созданных международных лабораторий и центров: совместная Вьетнамо-российская лаборатория по морским наукам (ТОИ ДВО РАН – Институт морской геологии и геофизики Вьетнамской академии наук и технологий (ИМГТ ВАНТ)) и ТОИ ДВО РАН; совместный Российско-китайский научно-исследовательский Центр по изучению океана и климата (ТОИ ДВО РАН – ПИО ГУИО КНР); Российско-китайский инновационный центр экологического мониторинга океанических и полярных зон (ТОИ ДВО РАН – Институт Океанографического Приборостроения Шаньдунской академии наук, КНР).

В 2023 г. Институтом проведены 8 морских экспедиций:

- на НИС «Профессор Гагаринский» 1 экспедиция, рейс № 86 – в Японское море;
- на НИС «Академик Опарин» 4 экспедиции: рейс № 67 и 68 – в Охотское и Японское моря; рейс № 69 – в Берингово, Чукотское, Восточно-Сибирское моря; рейс № 70 – в Чукотское море, на восточный берег Камчатки, южную часть о. Сахалин;
- на НИС «Профессор Мультановский», рейс № 23/4 – в восточные и юго-западные акватории п-ова Камчатка, Охотское море, западная часть Тихого океана;
- на судне обеспечения Светломор-3 – на восточное побережье о. Сахалин, Охотское море;
- на НИС «Академик Мстислав Келдыш», рейс № 94 – в центральную часть Атлантического океана.

На 31 декабря 2023 года численность сотрудников Института составляла 499 человек, из них 189 – научных сотрудников, в том числе 1 академик РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 36 докторов наук, 121 кандидат наук. В Институте работают 47 научных сотрудников в возрасте до 39 лет.

Структура научных подразделений Института включает 8 отделов, 32 лаборатории и 2 сектора.

I. Отдел общей океанологии (отдел № 1)

- 1/1 Лаборатория физической океанологии – к.г.н. Лобанов В.Б.
- 1/4 Лаборатория ядерной океанологии – к.т.н., доцент Горячев В.А.
- 1/5 Лаборатория информатики и мониторинга океана – к.г.н. Ростов И.Д.
- 1/6 Лаборатория ледовых исследований – к.г.н. Дубина В.А.
- 1/7 Сектор гидрологических измерений – Цой В.
- 1/8 Лаборатория перспективных методов морских исследований – к.г.-м.н. Чаркин А.Н.

II. Отдел акустики океана (отдел № 2)

- 2/1 Лаборатория физики геосфер – к.ф.-м.н. Чупин В.А.
- 2/2 Лаборатория статистической гидроакустики – д.ф.-м.н., с.н.с. Ярошук И.О.
- 2/3 Лаборатория акустической океанографии – к.ф.-м.н., с.н.с. Саломатин А.С.
- 2/4 Лаборатория акустического зондирования океана
- 2/5 Лаборатория нелинейной гидрофизики и природных катастроф – д.т.н. Долгих С.Г.

III. Отдел физики океана и атмосферы (отдел № 3) – д.ф.-м.н., профессор, чл.-корр. РАН Пранц С.В.

- 3/1 Лаборатория нелинейных динамических систем
- 3/2 Лаборатория геофизической гидродинамики – д.ф.-м.н. Петров П.С.
- 3/3 Лаборатория гидрофизики – д.ф.-м.н., с.н.с. Буланов В.А.

V. Отдел геохимии и экологии океана (отдел № 5)

- 5/1 Лаборатория морской экотоксикологии – д.б.н., с.н.с. Челомин В.П.
- 5/2 Лаборатория арктических исследований – д.г.н., чл.-корр. РАН Семилетов И.П.
- 5/3 Лаборатория исследования загрязнения и экологии – д.б.н. Жадан П.М.
- 5/4 Лаборатория гидрохимии
- 5/5 Лаборатория биохимии – д.б.н., профессор Кушнерова Н.Ф.

VI. Отдел технических средств исследования океана (отдел № 6)

- 6/1 Лаборатория океанотехники – к.т.н., доцент Тагильцев А.А.
- 6/2 Лаборатория акустической томографии – д.т.н., с.н.с. Моргунов Ю.Н.

VII. Отдел геологии и геофизики океана (отдел № 7)

- 7/2 Лаборатория сейсмических исследований – к.г.-м.н., доцент Карнаух В.Н.
- 7/3 Сектор геолого-геофизического обеспечения – Крайников Г.А.
- 7/4 Лаборатория геологических формаций
- 7/5 Лаборатория седиментологии и стратиграфии – д.г.-м.н., с.н.с. Деркачев А.Н.
- 7/6 Лаборатория газогеохимии – д.г.-м.н., доцент Шакиров Р.Б.
- 7/7 Лаборатория геохимии осадочных процессов – к.г.-м.н. Саттарова В.В.
- 7/8 Лаборатория геофизических полей – к.г.-м.н. Валитов М.Г.
- 7/9 Лаборатория палеоокеанологии и палеоклиматологии – к.г.н. Василенко Ю.П.
- 7/10 Лаборатория комплексных исследований окружающей среды и минеральных ресурсов – к.г.-м.н. Сырбу Н.С.

VIII. Отдел информационных технологий (отдел № 8) – к.т.н., с.н.с. Фищенко В.К.

- 8/1 Лаборатория анализа океанологической информации

IX. Отдел спутниковой океанологии (отдел № 9)

- 9/1 Лаборатория экспериментальной климатологии – к.г.-м.н. Телегин Ю.А.
- 9/2 Лаборатория взаимодействия океана и атмосферы – д.ф.-м.н., с.н.с. Пермяков М.С.
- 9/4 Лаборатория спутниковой океанологии и лазерного зондирования – к.ф.-м.н., доцент Салюк П.А.

В 2023 году сотрудниками Института опубликовано: 4 монографии, 236 статей, в том числе 132 в отечественных и 104 в зарубежных изданиях, из них 228 в рецензируемых журналах, индексируемых в Web of Science – 196, в Scopus – 191, полученных патентов на изобретения – 7, полезные модели – 2, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ – 4 и баз данных – 13.

В настоящем издании представлены основные результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ТОИ ДВО РАН в 2023 г. Представленные результаты характеризуют современное состояние исследований по основным направлениям деятельности Института.

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ, ДОСТИГНУТЫХ ЗА ОТЧЕТНЫЙ ПЕРИОД 2023 ГОДА

1. Важнейшие результаты исследований ТОИ ДВО РАН в 2023 г.

1. Приводится два примера хорошо регулируемых сезонных явлений эвтрофикации в прибрежной морской среде, где биогенные вещества поступают преимущественно с берега: один – от человека, другой – от природы (высших трофических животных). В заливе Сангоу (Северный Китай) весь объем биогенных веществ, поступающих из открытого Желтого моря и с суши, поглощается водорослями. Водоросли, в свою очередь, поддерживают жизнедеятельность двустворчатых моллюсков и поглощают питательные вещества, выделяемые пелагическими рыбами. Осенью во время замены одних марикультур другими, содержание биогенных веществ может возрасти в 2-4 раза. В заливе Академии на Дальнем Востоке России относительно высокая первичная продукция планктона поддерживается в течение всего периода нереста лосося, когда биогенные вещества высвобождаются из тел погибших после нереста рыб. Высокая продуктивность планктона, в свою очередь, обеспечивает питание более высокотрофичных элементов экосистемы, в том числе популяций китов, имеющих мировое значение. (ТОИ ДВО РАН совместно с Восточно-Китайским Педагогическим Университетом, Научно-исследовательским институтом рыболовства Желтого моря, Шанхайским транспортным Университетом, КНР). Д.х.н. Тищенко П.Я.

Zhang J., Tishchenko P.Ya, Jiang Z.J., Semkin P.Yu, Tishchenko P.P., Zheng W., Lobanov V.B., Sergeev A.F., Jiang Sh. Diverse nature of the seasonally coastal eutrophication dominated by oceanic nutrients: An eco-system based analysis characterized by salmon migration and aquaculture // Marine Pollution Bulletin. – 2023. – Vol. 193. – Art. no. 115150. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115150. (WoS Q1, IF 5.8; Scopus Q1).

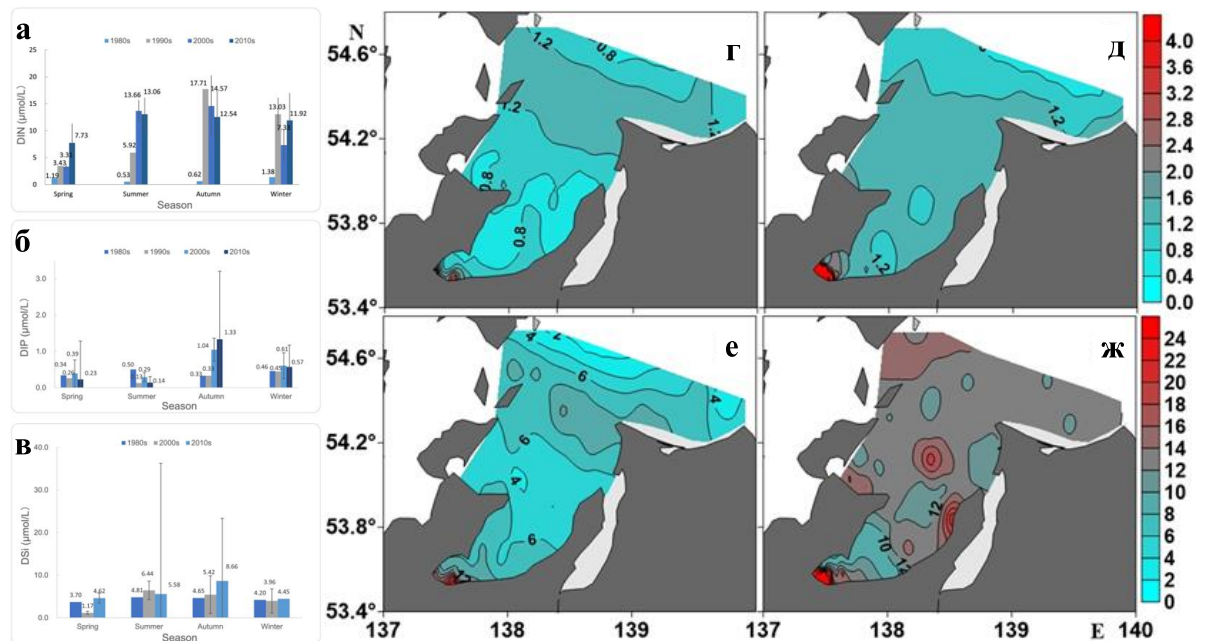


Рисунок 1 – Сезонные изменения содержания биогенных элементов в заливе Академии (Охотское море): DIN (а), DIP (б) и DSi (в). Отдельные гистограммы показывают средние сезонные значения для данного десятилетия, а столбики ошибок – стандартные отклонения между различными экспедициями, выполненными в один и тот же период. Распределение общего фосфора (г, д) и общего азота (е, ж) (мкмоль/л) в поверхностных водах залива в июле 2016 г. (г, е) и сентябре 2022 г. (д, ж) соответственно

2. Изучено распределение растворенного органического вещества (РОВ) и его оптических характеристик, а также потоков CO_2 между речной водой и атмосферой в великих сибирских реках (Лена, Обь и Анадырь) в летний сезон (рисунок 2, а-е). Исследуемые реки были источником CO_2 в атмосферу, демонстрируя высокую изменчивость и устойчивую корреляцию с присутствием лабильной фракции РОВ. Показано, что Карское море является, преимущественно, стоком для атмосферного CO_2 , кроме прибрежной зоны. Море Лаптевых и значительная часть Восточно-Сибирского моря являются источниками, а Чукотское море – стоком для CO_2 с гигантским запасом CO_2 ниже пикноклина (рисунок 2, ж, з). Выявлена причина формирования аномально высоких значений $p\text{CO}_2$ (до 700-800 μatm) в поверхностных водах Восточно-Сибирского моря и низких (<180 μatm) в Чукотском море за счет апвеллинга, обусловленного особенностями атмосферной циркуляции и орографии дна. Впервые исследована динамика парникового газа N_2O (30-180% насыщения) на арктическом шельфе России, аномалии которого в воде и донных осадках ассоциированы с устьями рек и деградацией подводной мерзлоты. (ТОИ ДВО РАН совместно со Стокгольмским университетом, Швеция). Чл.-корр. РАН, д.г.н. Семилетов И.П.

Pipko I.I., Pugach S.P., Shcherbakova K.P., Semiletov I.P. Optical signatures of dissolved organic matter in the Siberian Rivers during summer season // Journal of Hydrology. – 2023. – Vol. 620. – Art. no. 129468. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129468. (WoS Q1, IF 6.4; Scopus Q1).

Andreev A.G., Pipko I.I., Pugach S.P. Impact of the paleo-river valleys on the chemical parameter distributions in the East Siberian Sea // Regional Studies in Marine Science. – 2023. – Vol. 57. – Art. no. 102763. DOI: 10.1016/j.rsma.2022.102763. (WoS Q2, IF 2.1; Scopus Q1).

Andreev A.G., Pipko I.I., Pugach S.P. On the water circulation and chemical parameter distributions in the western and central Chukchi Sea in summer 2002 and summer 2019 // Polar Science. – 2023. – Vol. 37. – Art. no. 100962. DOI: 10.1016/j.polar.2023.100962. (WoS Q3, IF 1.8; Scopus Q2).

Wild B., Ray N.E., Lett C., Davies A.J., Kirillova E., Holmstrand H., Klevantceva E., Osadchiv A., Gangnus I., Yakushev E., Kosmach D., Dudarev O., Gustafsson Ö., Semiletov I., Brüchert V. Nitrous oxide dynamics in the Siberian Arctic Ocean and vulnerability to climate change // Journal of Geophysical Research: Biogeosciences. – 2023. – Vol. 128. – Art. no. e2022JG007326. DOI: 10.1029/2022JG007326. (WoS Q2, IF 3.7; Scopus Q1).

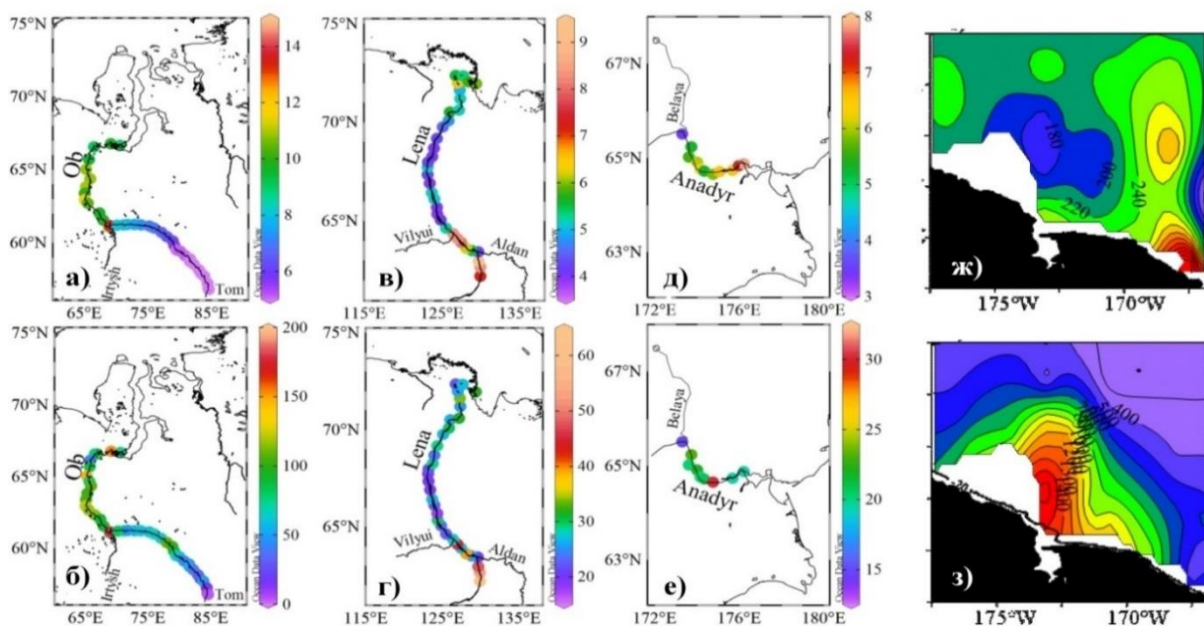


Рисунок 2 – Распределение растворенного органического углерода (mg kg^{-1}) и растворенного CO_2 ($\mu\text{mol kg}^{-1}$) в главных руслах рек Обь (а, б), Лена (в, г) и Анадырь (д, е); парциального давления CO_2 (μatm) в поверхностном (ж) и придонном (з) слоях Чукотского моря

3. Происхождение и механизмы передачи тысячелетних и столетних изменений климата Земли принципиально важно для понимания его изменений в будущем. Вызванные быстрыми изменениями климата Дансгор-Ошгер (ДО) циклы изучены и датированы в ледниках Гренландии, Антарктиды и сталагмитах пещер Китая. Нами впервые была получена датированная, высокоразрешающая запись ДО циклов в глубоководных осадках Японского моря за период от 123 до 30 тыс. лет назад. Для этого мы использовали данные светлоты осадка с разрешением в 1 мм, полученные с помощью оригинальной методики, магнитной восприимчивости осадка, содержания органики и хлорина, радиоуглеродного датирования и тефрохронологии. Сравнение ДО циклов, полученных из записей $\delta^{18}\text{O}$ ледового керна Гренландии, китайских пещер и данных по светлоте осадков Японского моря (рисунок 3, Г, В и Б соответственно), показало сходство и особенности эволюции тысячелетних и столетних вариаций климата в высоких, низких и средних широтах Северного полушария 123-30 тыс. лет назад. (ТОИ ДВО РАН совместно с ПИО МПР КНР, ИГМ СО РАН, СВКНИИ ДВО РАН). Д.г.-м.н. Горбаренко С.А.

Gorbarenko S.A., Xuefa Shi, Bosin A.A., Yanguang Liu, Vasilenko Yu.P., Yanchenko E.A., Kirichenko I.S., Utkin I.V., Artemova A.V., Malakhova G.Y. Highly resolved East Asian monsoon changes inferred from Sea of Japan sediments // Global and Planetary Change. – 2023. – Vol. 220, No. 1. – Art. no. 103996. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2022.103996. (WoS Q2, IF 3.9; Scopus Q1).

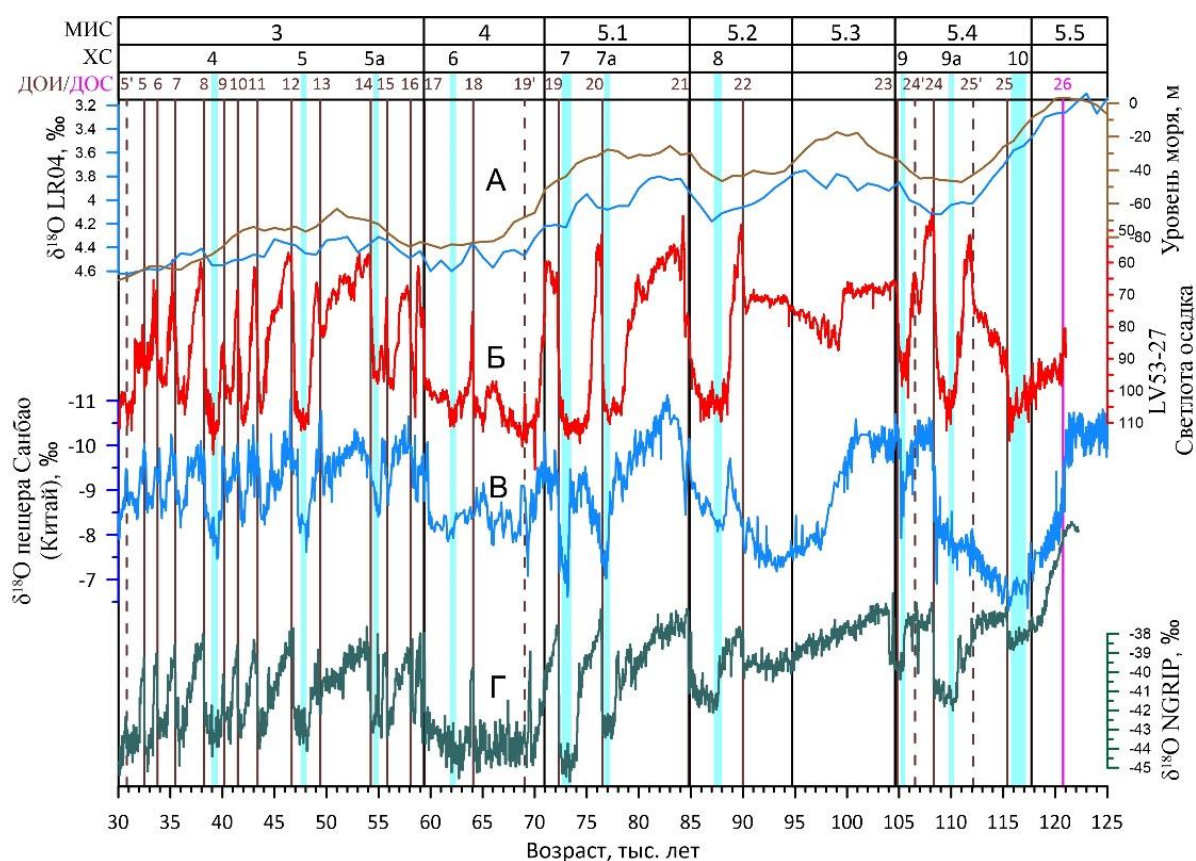


Рисунок 3 – Сравнение записей ДО циклов из ледового керна Гренландии (Г), из сталагмитов пещер Китая (В), из япономорского осадочного керна (Б). В верхней части рисунка (А) показаны кривая изменения уровня моря (Spratt and Lisiecki, 2016) и запись $\delta^{18}\text{O}$ бентосных фораминифер в керне LR04 [Lisiecki and Raymo, 2005]

4. В результате анализа данных двухкоординатного лазерного деформографа, полученных во время прохождения тайфуна Хагупит по акватории Японского моря в 2022 году, исследовались возможности использования результатов обработки для получения информации об основных энергетических характеристиках тайфунов, а также изучались возможности дистанционного пеленга тайфунов и их самых энергоемких областей. В ходе выполнения работы определены зоны образования первичных и вторичных микросейсм, зарегистрированных двухкоординатным лазерным деформографом. Установлено, что по зарегистрированным микросейсмам можно определить основные характеристики ветрового волнения (период и амплитуда морских волн), порождаемого тайфуном. С использованием дисперсионных уравнений и уравнения Доплера можно решить обратную задачу по определению расстояния от места генерации первичных микросейсм до места образования ветровых волн. В диапазоне микросейсм «голос моря» установлена возможность определения направления на зоны образования микросейсм «голос моря», которые связаны с зонами наибольшей энергоемкости тайфунов. (ТОИ ДВО РАН). К.ф.-м.н. Чупин В.А.

Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Chupin V.A., Davydov A.V., Mishakov A.V. Remote seismoacoustic monitoring of tropical cyclones in the Sea of Japan // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15(6). – Art. no. 1707. DOI: 10.3390/rs15061707. (WoS Q1, IF 5.0; Scopus Q1).

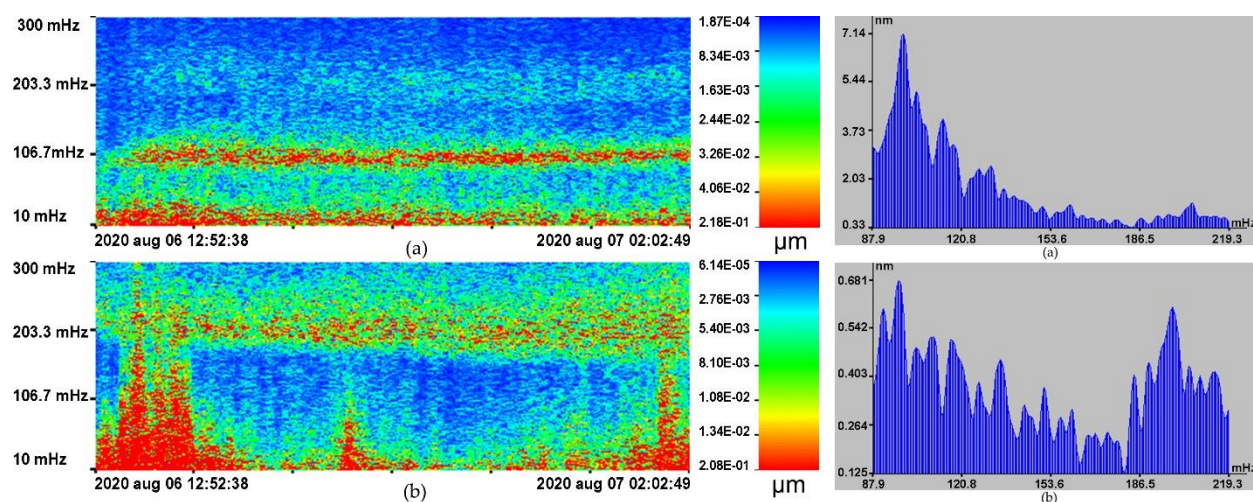


Рисунок 4 – Динамические спектрограммы и спектры синхронных участков записи лазерных деформографов 52,5 м (а) и 17,5 м (б) в области первичных и вторичных микросейсм

5. Район Курильских островов является регионом с высокой биопродуктивностью и активным рыболовством, где смешиваются воды Куроисио, Ойяисио, Японского и Охотского морей и Аляскинского струйного течения (рисунок 5.1, а). Используя данные альтиметрии и лагранжевы методы, проведена первая систематическая перепись всех мезомасштабных курильских вихрей на океанской стороне с помощью автоматического алгоритма в 1993-2021 гг. Вычислены и проанализированы разные характеристики курильских вихрей, обнаружена неоднородность их распределения (рисунок 5.1, б, с). Показано и объяснено, почему Курило-Камчатский желоб является «вихрепроводом». Самая высокая частота встречаемости антициклонов наблюдается вдоль желоба, особенно в районе пр. Буссоль, тогда как циклоны чаще встречаются вдоль океанской стороны желоба. Более 90% курильских вихрей являются когерентными с параметром нелинейности >1 . Все курильские вихри разделяются на четыре группы по местам их формирования. Процентный состав вод различного происхождения в ядрах рассчитан для каждого вихря с использованием нового лагранжевого алгоритма (рисунок 5.2). Это позволило обнаружить перенос субтропических вод в ядрах курильских вихрей на север и субарктических вод на юг на расстояния до 1000 км, что оказывает

существенное влияние на рыбный промысел. (ТОИ ДВО РАН). Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. Пранц С.В.

Udalov A.A., Budyansky M.V., Prants S.V. A census and properties of mesoscale Kuril eddies in the altimetry era // Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. – 2023. – Vol. 200. – Art. no. 104129. DOI: 10.1016/j.dsr.2023.104129. (WoS Q2, IF 2.4; Scopus Q1).

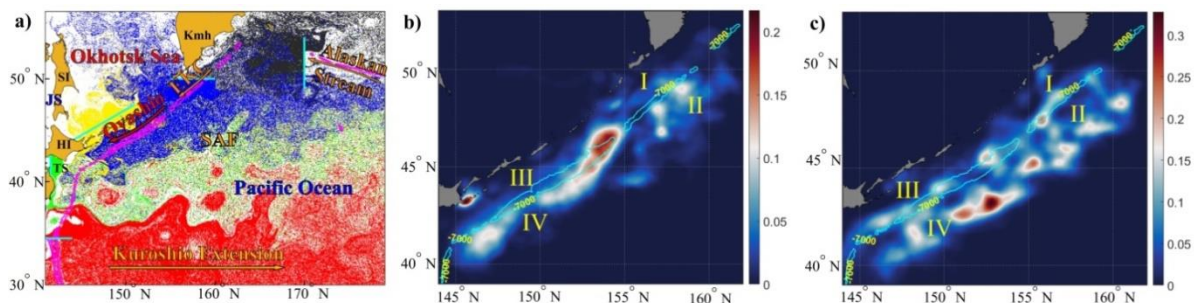


Рисунок 5.1 – а) Пример распределения водных масс Куросио (красный), Ойясио (синий), Охотского (желтый) и Японского (зеленый) морей, Аляскинского струйного течения (черный). Частота формирования курильских б) антициклонов и с) циклонов в 1993-2021 гг.

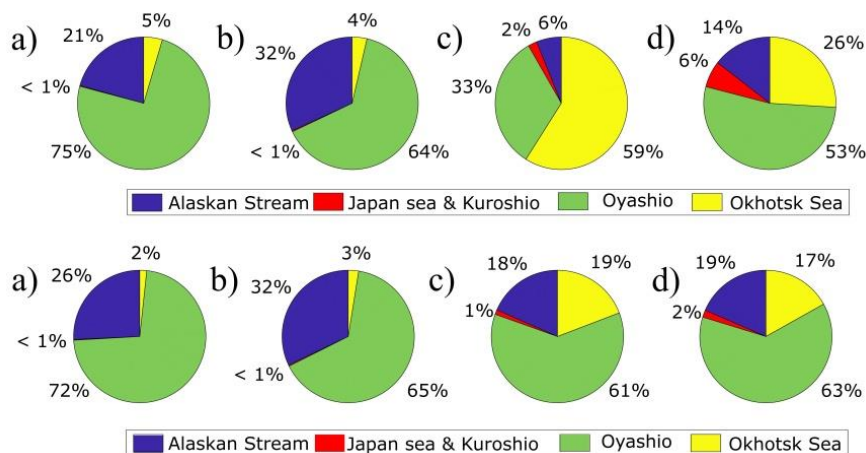


Рисунок 5.2 – Диаграммы процентного содержания вод различного происхождения внутри ядер Курильских антициклонов (верхний ряд) и циклонов (нижний ряд), сформировавшихся в районах а) I; б) II; в) III и д) IV. Данные усреднены за период 1993-2021 гг.

2. Результаты исследований ТОИ ДВО РАН в 2023 г., получившие высокую оценку

1. На основе результатов экспериментальных исследований распространения навигационных и связных сигналов в гидроакустических каналах шельфовой зоны и глубокого океана разработаны и апробированы перспективные технические средства навигации и связи с подводными объектами различного назначения. Результаты исследований продемонстрировали уникальные свойства подводного звукового канала (ПЗК) на протяженной трассе (1083 км), которые обеспечивают высокоточные дальномерные измерения с ошибкой не более 200 м. При этом на трассе по результатам гидрологических измерений обнаружен и классифицирован антициклонический вихрь, который не выделялся на спутниковых снимках. Для физической интерпретации результатов проведено численное моделирование процесса распространения широкополосных импульсных сигналов с использованием вычислительной программы RAY и данных гидродинамической модели циркуляции океана NEMO. (ТОИ ДВО РАН). Д.т.н. Моргунов Ю.Н.

Morgunov Yu.N., Golov A.A., Voytenko E.A., Lebedev M.S., Razhivin V.V., Kaplunenko D.D., Shkramada S.S. Experimental Testing of Acoustic Thermometry at the Scale of the Sea of Japan with a Receiver System Placed on the Axis of an Underwater Sound Channel // Acoustical Physics. – 2023. – Vol. 69, No. 5. – P. 655-663. DOI: 10.1134/S106377102360064X. (WoS Q4, IF 0.8; Scopus Q3).

Burenin A.V., Lebedev M.S., Razhivin V.V., Shkramada S.S., Morgunov Yu.N. Experimental Testing of the RAY Computational Program for Solving Acoustic Ranging Problems on Long Trajectories Including Shelves and Deep Seas // Acoustical Physics. – 2023. – Vol. 69, No. 5. – P. 599-603. DOI: 10.1134/S1063771023600778. (WoS Q4, IF 0.8; Scopus Q3).

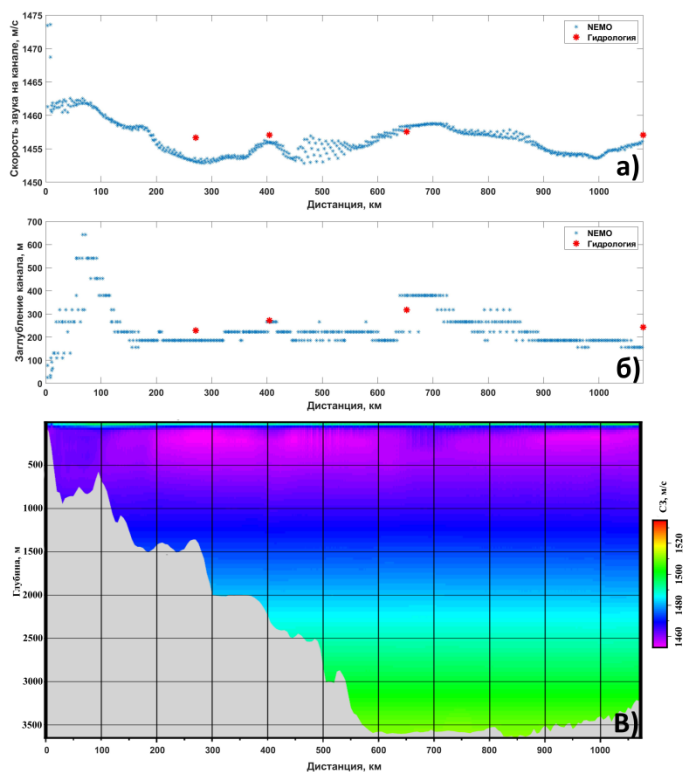


Рисунок 1 – Данные гибридной гидродинамической модели циркуляции океана NEMO и базы данных земной топографии GEBCO: а) изменение скорости звука на оси ПЗК вдоль акустической трассы, б) изменение глубины залегания оси ПЗК вдоль акустической трассы; в) поле скорости звука и рельеф дна вдоль акустической трассы

2. В результате выполненных исследований установлена динамическая связь между районом соляного клина и подстилающим его водоносным горизонтом в эвтрофном эстуарии. Зимой на фоне минимального стока реки и образования ледового покрова наблюдается максимальный сигнал разгрузки субмаринных грунтовых вод. Взаимодействие поверхностных и подземных вод через бескислородные отложения может образовывать локализованные анаэробные зоны, несмотря на общее перенасыщение кислородом эвтрофных эстуарных вод, а также вызывать локальную рециркуляцию биогенных веществ из донных отложений. В настоящем исследовании подчеркивается принципиальная роль взаимодействия морских и субмаринных грунтовых вод в формировании температурного и гидрохимического режима покрытого льдом эстуария, когда водообмен существенно ограничен и исключено ветровое перемешивание. (ТОИ ДВО РАН). К.г.-м.н. Чаркин А.Н.

Semkin P., Tishchenko P., Charkin A., Pavlova G., Barabanshchikov Y., Leusov A., Tishchenko P., Shkirnikova E., Shvetsova M. Radium Isotopes and Hydrochemical Signatures of Surface Water-Groundwater Interaction in the Salt-Wedge Razdolnaya River Estuary (Sea of Japan) in the Ice-Covered Period // Water. – 2023. – Vol. 15. – Art. no. 1792. DOI: 10.3390/w15091792. (WoS Q2, IF 3.4; Scopus Q1).

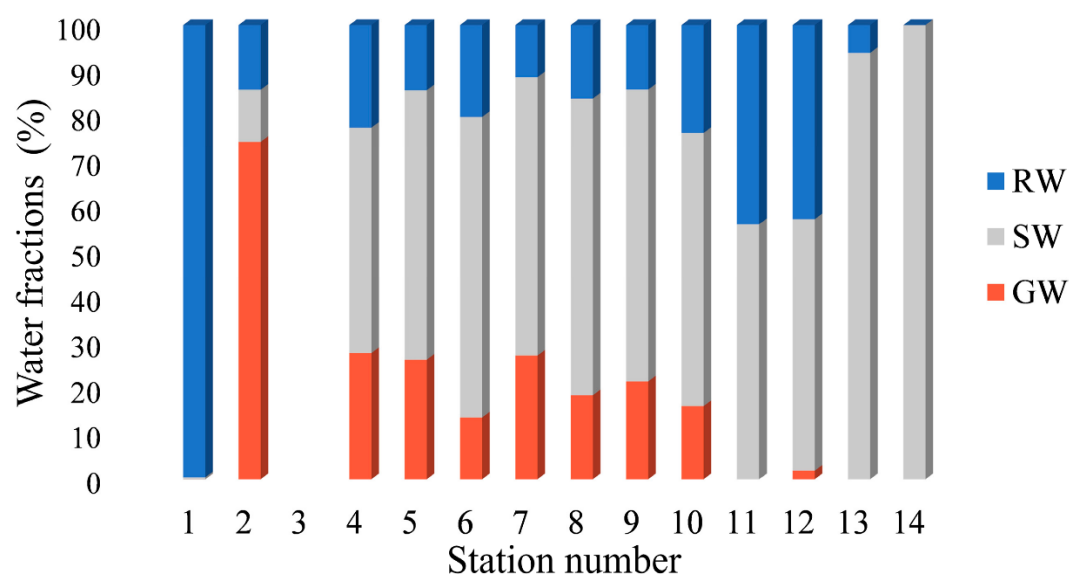


Рисунок 2 – Распределение фракций воды в придонном слое эстуария р. Раздольная (RW – речная вода, SW – морская вода, GW – подземные воды)

3. Разработан новый метод дистанционного (на расстояниях порядка нескольких десятков километров) детектирования зон интенсивной газовой эмиссии, основанный на использовании приемно-передающей гидроакустической системы. Гидроакустическая система включает в себя ненаправленный излучатель, последовательно опускаемый на определенный набор глубин, и вертикальную приемную антенну. С помощью такой системы мы можем экспериментально измерить так называемый пропагатор акустического поля. Пропагатор можно рассматривать как своего рода акустический «портрет» среды, поскольку он практически полностью описывает акустические свойства рассматриваемой трассы. Измерение пропагатора позволяет выделить направленные акустические пучки, испытывающие аномально высокое затухание из-за поглощения в газонасыщенном слое дна. Проведено численное моделирование для случая акустической трассы, пересекающей активный гигантский покмарк. Показано, что при наличии огрубленной априорной

информации о батиметрии и вертикальном профиле температуры вдоль трассы возможно определение местоположения покмарка. (ТОИ ДВО РАН). Д.ф.-м.н. Макаров Д.В.

Komissarov A.A., Makarov D.V., Kholmogorov A.O., Shakirov R.B. Low-Frequency Sound Propagation in an Underwater Waveguide with a Giant Gassy Pockmark // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11(1). – Art. no. 211. DOI: 10.3390/jmse11010211. (WoS Q1, IF 2.9; Scopus Q2).

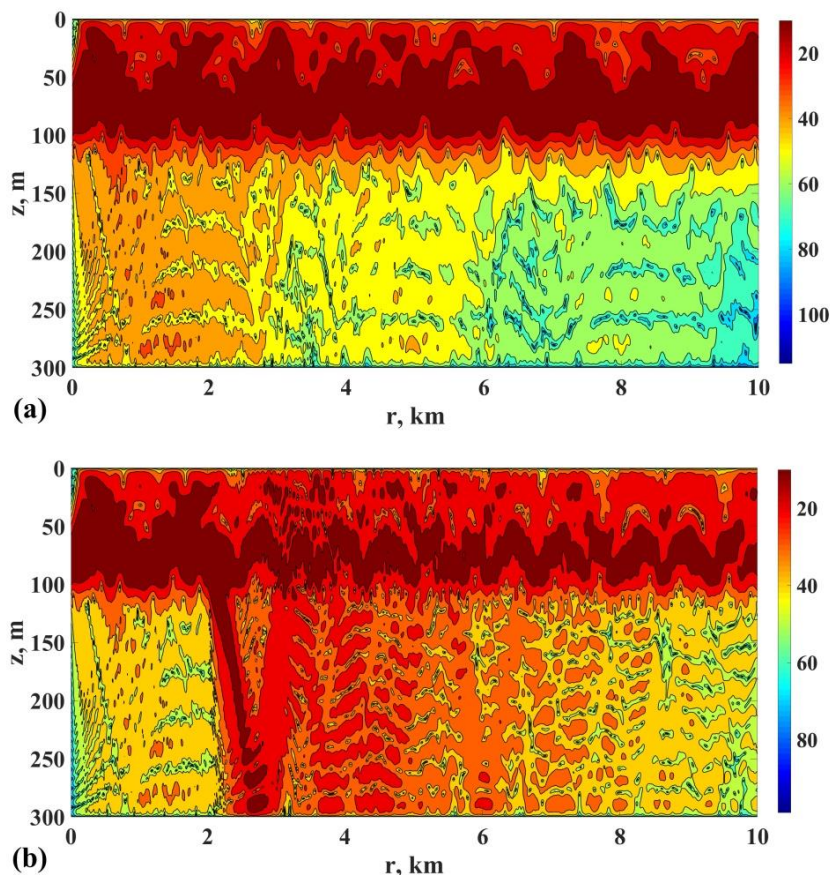


Рисунок 3 – Распределение интенсивности для акустического пучка, минующего покмарк (а) и попадающего в него (б)

4. На основе спутниковых микроволновых и инфракрасных измерений над северной частью Тихого океана выделены и диагностированы случаи зимних внетропических циклонов с ураганным ветром более 40-45 м/с, имеющих нетипично южную и зонально вытянутую траекторию в стадии углубления. Анализ эволюции морских погодных систем с привлечением данных реанализа ERA5 выявил признаки возникновения мезомасштабной области экстремального ветра, называемой «Sting Jet» – наиболее опасной и разрушительной особенностью взрывного циклогенеза регулярно наблюдаемой у северо-западного побережья Европы. Эта особенность проявляется в быстрых нисходящих потоках воздуха в нижней тропосфере вблизи центра внетропического циклона в стадии его интенсификации. Установлено, что при значительной недооценке скорости приводного ветра выше 20-25 м/с для отдельных внетропических циклонов реанализ ERA5 четко воспроизводил очаги сильного ветра с нисходящим движением воздуха в слое 600-850 гПа, расположенные южнее центра циклона. Необходимость более точного воспроизведения взрывного циклогенеза требует

усовершенствования оперативных прогностических моделей, что повышает ценность настоящего исследования. (ТОИ ДВО РАН). К.г.н. Пичугин М.К.

Pichugin M.K., Gurvich I.A., Baranyuk A.V. Assessment of Extreme Ocean Winds within Intense Wintertime Windstorms over the North Pacific Using SMAP L-Band Radiometer Observations // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, Iss. 21. – Art. no. 5181. DOI: 10.3390/rs15215181. (WoS Q1, IF 5.0; Scopus Q1).

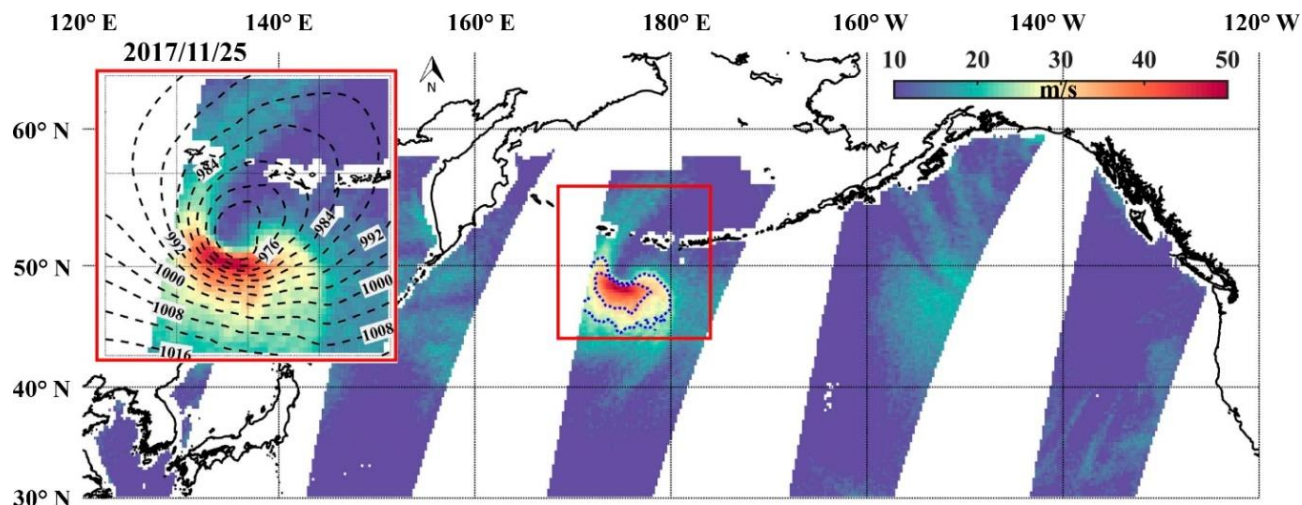


Рисунок 4 – Случай взрывного циклогенеза (отмечен красным квадратом), зарегистрированный 25 ноября 2017 г. в поле скорости приводного ветра (цветовая шкала в м/с) по данным микроволнового радиометра SMAP. Изотахи 25 и 33 м/с обозначены синими пунктирными линиями. На вставке показан увеличенный фрагмент с изобарами атмосферного давления на уровне моря из реанализа ERA5

5. По результатам экспедиционных исследований, выполненных в рамках Межведомственной программы «Экологическая безопасность Камчатки», проведен анализ переноса в океан минеральных форм азота и фосфора со стоком рек Авача и Вилюча, образованных естественным источником – вулканизмом на полуострове Камчатка. Поток биогенных веществ с речном стоком в прибрежных бассейнах неразрывно связан с такими проблемами, как эвтрофикация, вспышки цветения фитопланктона и явления красных приливов, а также гипоксия и аноксия придонных вод. Показано, что максимальный поток биогенных веществ приходится на пик половодья в июне-начале июля в результате таяния обогащенного вулканическим пеплом снега в высокогорьях. В результате этого происходит цветение фитопланктона, а поверхностные воды становятся пересыщены кислородом и недосыщены CO_2 . Обратная зависимость между pCO_2 и O_2 в прибрежных водах показывает, что содержание CO_2 в основном контролируется балансом продукции и деструкции органического вещества. В районе Восточной Камчатки изменение соотношения DIN/DIP и увеличение концентрации органического вещества под влиянием речного стока могут быть основной причиной цветения динофлагеллят, включая их токсичные виды. (ТОИ ДВО РАН). К.г.н. Семкин П.Ю.

Semkin P., Pavlova G., Lobanov V., Barabanshchikov Y., Kukla S., Sagalaev S., Shvetsova M., Shkirnikova E., Tishchenko P., Tibenko E., Ulanova O., Tishchenko P. Nutrient Flux under the Influence of Melt Water Runoff from Volcanic Territories and Ecosystem Response of Vilyuchinskaya and Avachinskaya Bays in Southeastern Kamchatka // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11. – Art. no. 1299. DOI: 10.3390/jmse11071299. (WoS Q1, IF 2.9; Scopus Q2).

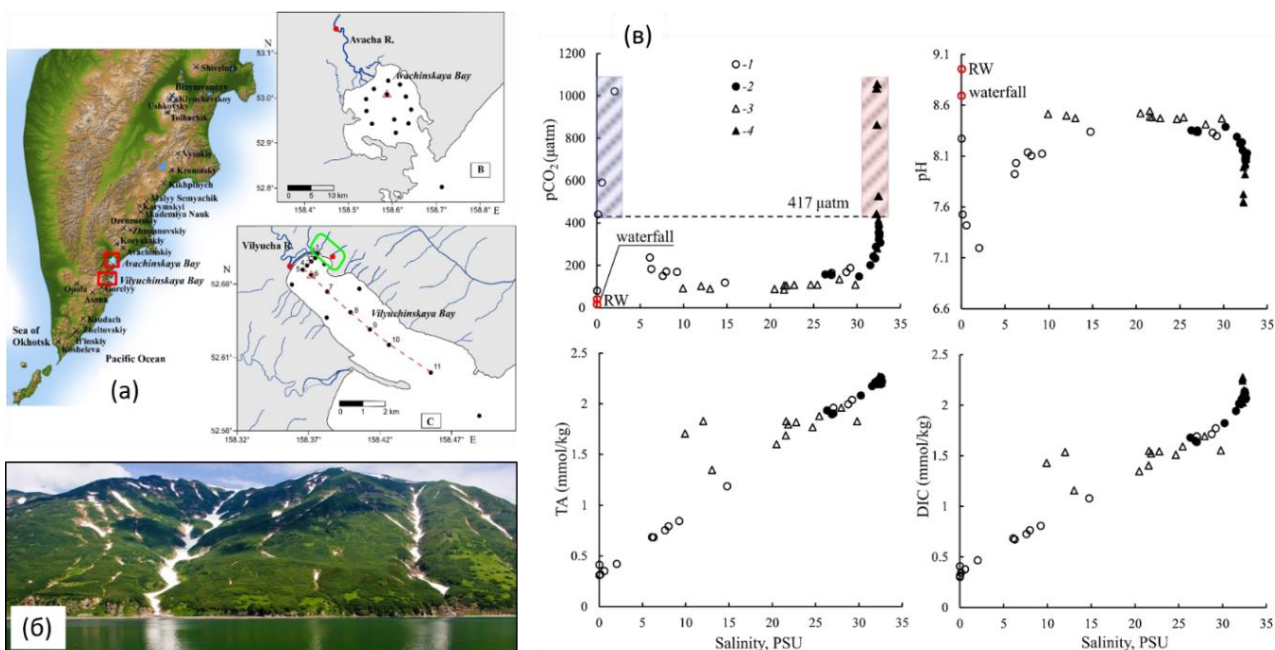


Рисунок 5 – Схема отбора проб в бухтах Авачинская и Вилучинская Авачинского залива о-ва Камчатка (а), фотография типичных потоков тающего снега и водопадов в прибрежной зоне в июне-июле (б), зависимость параметров карбонатной системы (pCO₂, pH, TA и DIC) от солёности воды (в). 1, 2 – поверхностные и придонные слои воды в бухте Вилучинской; 3, 4 – поверхностные и придонные слои воды в бухте Авачинской. Синий и красный цвета указывают на рост pCO₂ поверхностного и придонного слоев воды соответственно. RW – р. Вилуча

6. На основе комплексного подхода исследованы основные особенности распределения литолого-газогеохимических показателей углеводородных газов в донных отложениях юго-западного сектора Восточно-Сибирского моря. Выделено одиннадцать типов региональных газоматеринских источников, близких по значению с установленными аналогами в Лено-Вилуйском, Иркутском, Верхне-Буреинском, Анадырском, Сахалинском и Охотоморском углефтегазоносных бассейнах Востока России. Оконтурированы районы с аномальной газонасыщенность донных отложений (рисунок 6, а, б) и распространением прогнозных нефтегазоносных площадей. На основе данных газогеохимических исследований выполнена оценка перспектив нефтегазоносности района исследований (рисунок 6, в). Проведен анализ данных дистанционного зондирования распределения метана в тропосфере над Арктическим шельфом Евразии с помощью спутника AIRS за период 2010-2022 г. (рисунок 6, г). Распределение метана в тропосфере связано с влиянием природных сейсмогеологических факторов, а также потенциальной нефтегазоносностью региона. (ТОИ ДВО РАН). Д.г.-м.н. Гресов А.И.

Gresov A.I., Yatsuk A.V., Aksentov K.I. *Lithological Composition and Hydrocarbon Anomalies of Bottom Sediments in the Western Part of the East Siberian Sea // Lithology and Mineral Resources*. – 2023. – Vol. 58(1). – P. 16-31. DOI: 10.1134/S0024490223010029. (WoS Q4, IF 0.8; Scopus Q3).

Shakirov R.B., Khazanova E.S., Stepochkin I.E. *New Data on the Patterns of Methane Distribution over the Arctic Shelf of Eurasia // Doklady Earth Sciences*. – 2023. – Vol. 511. – P. 623-626. DOI: 10.1134/S1028334X23600536. (WoS Q4, IF 0.9; Scopus Q3).

Гресов А.И., Яцук А.В. *Газогеохимические показатели углефтегазоносности осадочных бассейнов и геоструктур центральной и западной частей Восточно-Сибирского моря // Геология нефти и газа*. – 2023. – № 1. – С. 95-110. DOI: 10.31087/0016-7894-2023-1-95-110. (Scopus Q4).

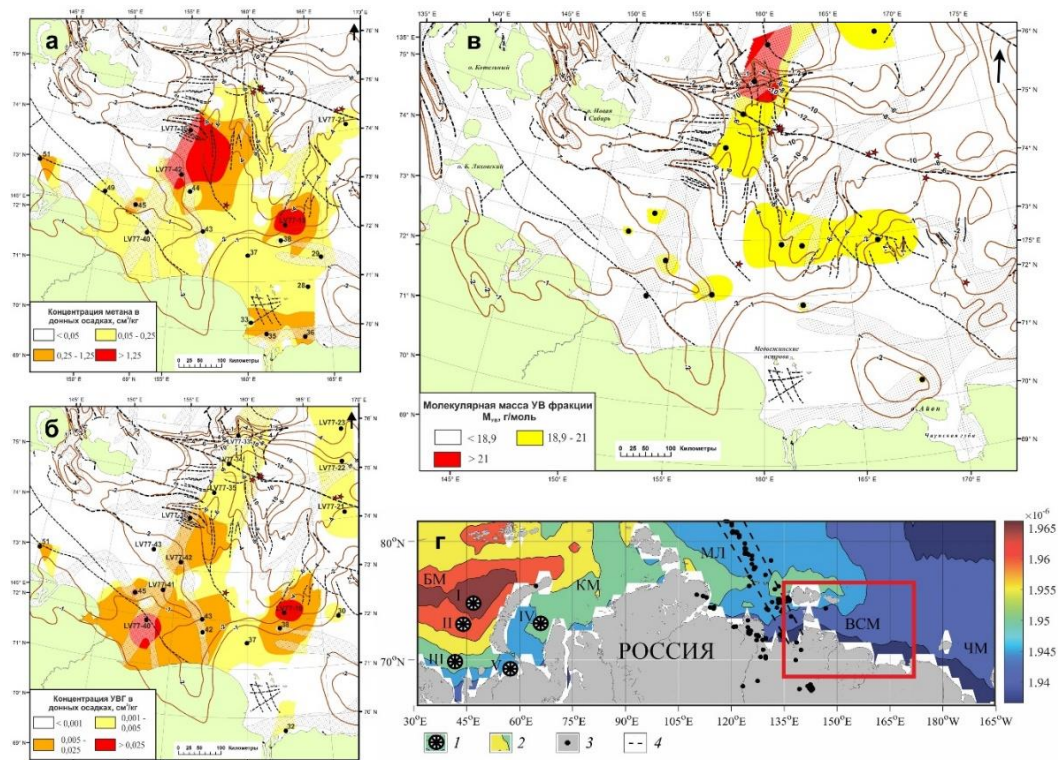


Рисунок 6 – Концентрации метана (а) и углеводородных газов (б) в донных отложениях, $\text{cm}^3/\text{кг}$; прогнозные нефтегазоносные площади (в); анализ данных дистанционного зондирования распределения метана в тропосфере (г)

7. Показаны особенности распределения метана в области струйных бароклинных течений, мезомасштабных вихрей и основные влияющие факторы. Повышенные концентрации метана переносятся под нижней границей сезонного пикноклина течениями от его источника, что позволяет без применения сложных методик определять области потенциальных залежей углеводородов. Растворенный в морской воде метан также может указывать на области концентрации микробиологических сообществ, в том числе являющихся кормовой базой промысловых биологических видов. Результаты применимы для реализации научно-исследовательских программ в рамках «климатической повестки», а также с точки зрения решения задач рационального природопользования. Определены основные особенности распределения метана как в Татарском проливе, так и на меридиональном разрезе вдоль 134° в.д. от возвышенности Ямато до континентального склона Центральной котловины Японского моря (рисунок 7). Показано поступление метана из донных отложений и перенос растворенного метана течениями в Татарском проливе. Абсолютная максимальная концентрация метана ($155,6 \text{ нМ/л}$) наблюдалась на западном шельфе о. Сахалин в придонном слое на глубине 65 м. (ТОИ ДВО РАН). К.г.-м.н. Сырбу Н.С.

Kholmogorov, A.O., Ponomarev V.I., Syrbu N.S., Shkorba S.A. Dissolved Methane Transport in the Tatar Strait and the Deepest Basin of the Japan (East) Sea from Its Possible Sources // Water. 2023. – Vol. 15. – Art. no. 821. DOI: 10.3390/w15040821. (WoS Q2, IF 3.4; Scopus Q1).

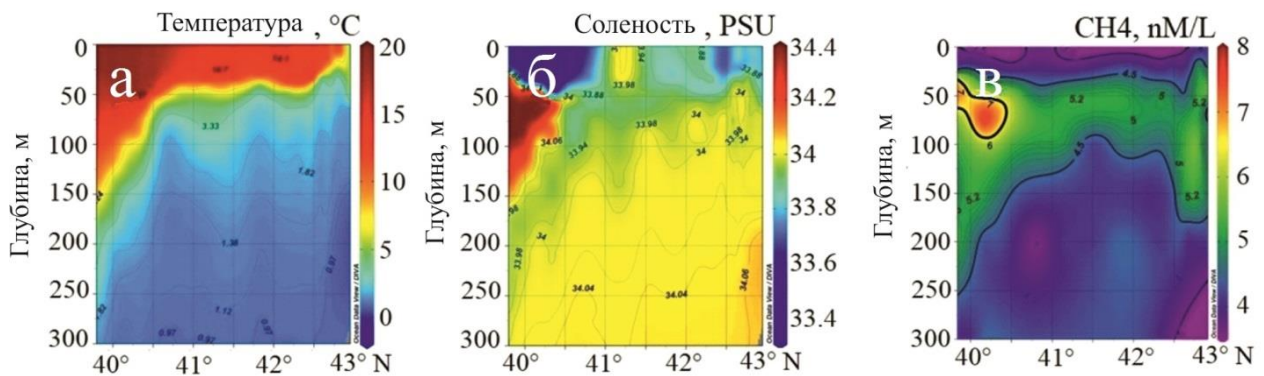


Рисунок 7 – Меридиональные разрезы температуры (а), солёности (б) и метана (в) вдоль 134° в.д. от склона поднятия Ямато до континентального склона Японского моря (измерения в рейсе на НИС «Академик Опарин» (рейс 54), октябрь 2017 г.)

8. На основе всей доступной спутниковой альтиметрической информации (1993-2021 гг.) выполнен анализ циркуляции вод Японского моря. Результаты позволяют рассмотреть пространственное распределение основных элементов схемы течений моря с учетом мезомасштабных вихревых образований (рисунок 8). Показано, что положение меандров течений определяется их взаимодействием с рельефом дна. С квазистационарными меандрами Восточно-Корейского течения, субполярного фронта и Цусимского течения связаны области устойчивого формирования мезомасштабных вихрей. На формирование и разрушение вихрей влияют сезонные изменения расхода воды через Корейский пролив. В результате исследования определены динамические и кинематические параметры устойчивых мезомасштабных вихревых структур в Японском море. (ТОИ ДВО РАН). К.г.н. Жабин И.А.

Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Таранова С.Н., Лобанов В.Б. Циркуляция вод и мезомасштабные вихри в Японском море по данным спутниковой альтиметрии // Исследование Земли из космоса. – 2023. – № 6. – С. 52-72. DOI: 10.31857/S020596142306009X. (Scopus Q3).

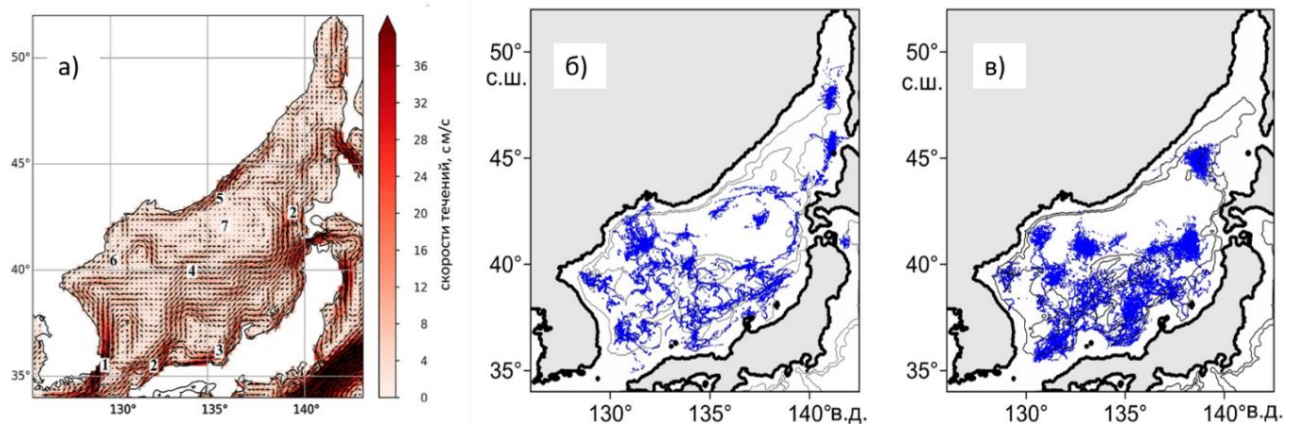


Рисунок 8 – Общая циркуляция вод Японского моря (а) по данным спутниковой альтиметрии (1993-2021 гг.) и траектории движения антициклонических (б) и циклонических (в) вихрей со временем жизни от 90 до 180 суток. 1 – Восточно-Корейское течение, 2 – Цусимское течение, 3 – Прибрежная ветвь Цусимского течения, 4 – Субполярное фронтальное течение, 5 – Приморское течение, 6 – Северо-Корейское течение, 7 – основной циклонический круговорот северной части Японского моря

3. Основные результаты законченных работ (или крупных этапов работ)

Тема 1 «Изучение фундаментальных основ возникновения, развития, трансформации и взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических полей Мирового океана»

Научный руководитель – академик РАН, д.ф.-м.н. Г.И. Долгих

Регистрационный номер АААА-А20-120021990003-3

1.1 Нелинейное взаимодействие инфрагравитационных и ветровых морских волн

академик РАН, д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, д.т.н. С.Г. Долгих

Проанализированы данные, полученные на сверхчувствительном сенсоре вариаций гидросферного давления в течение нескольких месяцев на шельфе Японского моря. Определены уединенные нелинейные гидрофизические возмущения на фоне регулярного морского волнения, которые возникают при появлении на данном участке квазигармонических солитоноподобных одиночных, двойных или тройных сигналов с основными инфрагравитационными периодами около 5,5; 5,0; 4,5; 3,5 и 2,5 мин большой амплитуды. В относительно спокойные промежутки времени и в различные периоды наблюдений выделяются колебания с подобными периодами, которые ранее приписывались инфрагравитационным морским волнам этого района шельфа Японского моря. Данные квазигармонические уединенные образования, «накладываясь» на поверхностное ветровое волнение, образуют уединенные нелинейные гидрофизические возмущения типа «потенциальная яма», «одна сестра», «две сестры», «три сестры». Основные выделенные нелинейные гидрофизические возмущения большой амплитуды обусловлены взаимодействием гидрофизических полей различных частотных диапазонов: гравитационными морскими волнами и гидрофизическими возмущениями инфрагравитационного диапазона. Установлено, что при спектральной обработке данных нелинейных образований максимальная энергия сосредоточена в спектральных компонентах инфрагравитационного диапазона, хотя в соседних областях вне аномальных гидрофизических возмущений максимальная энергия сосредоточена на спектральных компонентах гравитационного диапазона. (*Dolgikh G.I., Dolgikh S.G. Nonlinear interaction of infragravity and wind sea waves // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11, No. 7. – Art. no. 1442. DOI: 10.3390/jmse11071442.*)

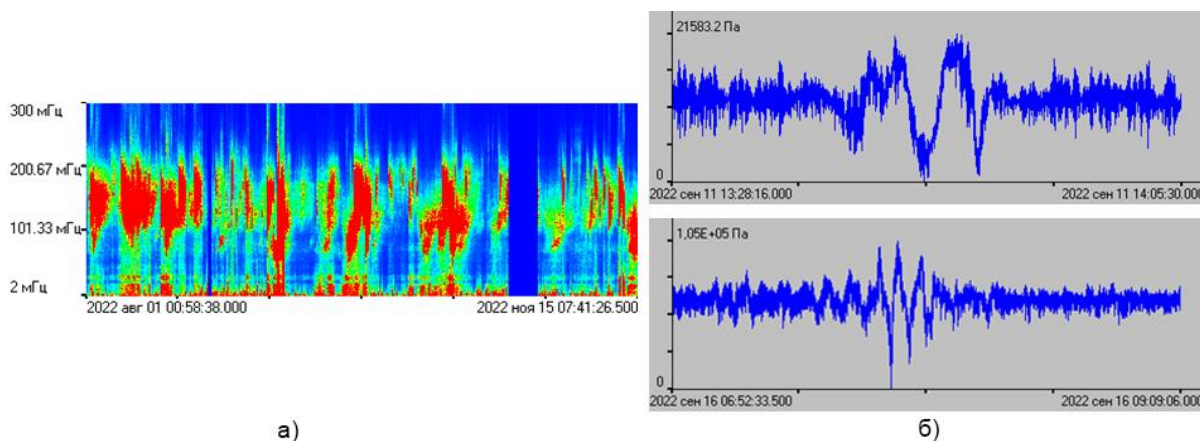


Рисунок 1.1 – Динамическая спектрограмма участка записи сверхчувствительного сенсора вариаций гидросферного давления (а); участки записи уединенных нелинейных гидрофизических возмущений (б)

1.2 Динамика генерации инфразвуковых волн верхнего диапазона частот в северо-западной части Японского моря

к.ф.-м.н. В.А. Чупин

Показано, что понижение категории опасности тропических циклонов, которые приводятся в официальных источниках информации, производится значительно раньше, чем это происходит в действительности. Это может быть связано с выходом опасных циклонических процессов из зоны ответственности за наблюдения тех метеорологических агентств, которые предоставляют информацию в международные базы данных. Исследованы результаты натурных измерений береговым двухкоординатным лазерным деформографом инфразвуковых микросейсмических колебаний в верхнем диапазоне частот, генерирующихся в шельфовой области северо-западной части Японского моря в результате длительного влияния тропических циклонов на морскую акваторию. По результатам наблюдения предыдущего сезона тайфунов показаны сравнительные динамические особенности при регистрации выявленных микросейсмических сигналов. (*Chupin V.A. Dynamics of Upper-Frequency-Range Infrasonic Wave Generation in the Northwestern Part of the Sea of Japan // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11(10). – Art. no. 1955. DOI: 10.3390/jmse11101955*).

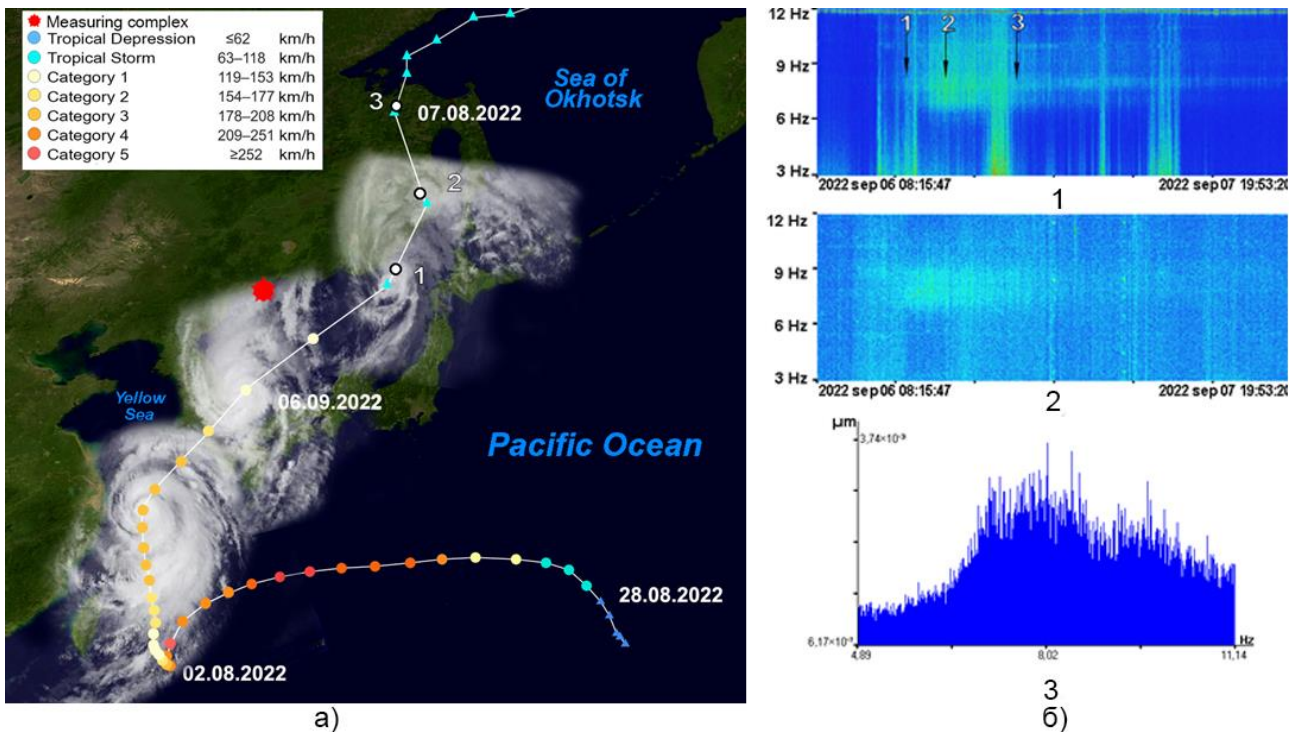


Рисунок 1.2 – Траектория тайфуна Хиннамнор в 2022 г. (а), динамические спектрограммы лазерных деформографов различной ориентации (1, 2) и спектр участка записи в период максимального проявления сигнала (3) (б)

1.3 Атмосферные инфрагравитационные возмущения Япономорского региона

академик РАН, д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, д.т.н. С.Г. Долгих, М.А. Болсуновский

При обработке спутниковых данных полного электронного содержания на трассе между спутниками ГЛОНАСС, GPS и приемными наземными станциями, расположенными в Приморском крае, выделены инфрагравитационные возмущения, вызванные собственными

колебаниями атмосферных слоев Япономорского региона, которые оказывают нагружающее воздействие на земную кору и морскую/океаническую поверхность, генерируя в них колебания на соответствующих периодах. (Долгих Г.И., Болсуновский М.А., Долгих С.Г. *Атмосферные инфрагравитационные возмущения Япономорского региона // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле.* – 2023. – Т. 511, № 1. – С. 105-111. DOI: 10.31857/S2686739723600340; переводная версия Dolgikh G.I., Bolsunovskii M.A., Dolgikh S.G. *Atmospheric Infragravity Disturbances in the Region of the Sea of Japan // Doklady Earth Sciences.* – 2023. – Vol. 511, Iss. 1. – P. 601-607. DOI: 10.1134/S1028334X23601888).

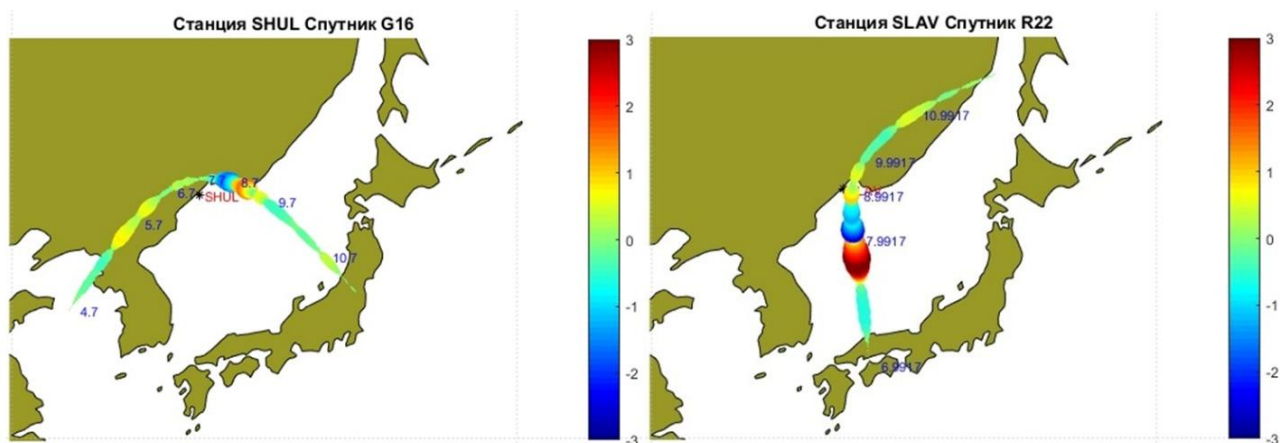


Рисунок 1.3 – Треки станция-спутник SHULG16 и SLAVR22 с указанием их положения, времени получения отчета и цветовая шкала, показывающая вариации полного электронного содержания

1.4. Оценка гидрофизических характеристик морской воды по данным термометрических кос и CTD-зонда в шельфовой зоне Японского моря

д.ф.-м.н. И.О. Ярошук, А.В. Кошелева, А.А. Пивоваров, к.г.н. А.Н. Самченко, к.т.н. Р.А. Коротченко

Для решения целого ряда акустико-гидрофизических задач на шельфе океана требуется знание солёности с требуемой точностью в заданной морской акватории. В отличие от температуры, которую можно длительно и непрерывно измерять посредством, например, термогирлянд, измерения солёности с необходимой точностью возможно выполнять только посредством CTD-зондирований, поэтому актуальными являются методы оценки солёности по температуре. В выполненной работе был применен регрессионный метод оценки солёности по температуре. Для построения регрессий авторы исследовали ошибки CTD-измерений и предложили методику динамической коррекции первичных данных CTD-зондирований. По данным CTD-зондирований за 12 лет (2011-2022 гг.) после их динамической коррекции были получены регрессионные полиномиальные формулы для вычисления солёности по температуре, исследована их устойчивость по пространству и времени на гидрофизическом полигоне, расположенном в шельфовой зоне Японского моря. Работоспособность предложенной методики была продемонстрирована на примерах по данным температуры на заякоренных термогирляндах. (Yaroshchuk I.O., Kosheleva A.V., Lazaryuk A.Yu., Dolgikh G.I., Pivovaro A.A., Samchenko A.N., Gulin O.E., Korotchenko R.A. *Estimation of Seawater Hydrophysical Characteristics from Thermistor Strings and CTD Data in the Sea of Japan Shelf Zone // Journal of Marine Science and Engineering.* – 2023. – Vol. 11(6). – Art. no. 1204. DOI: 10.3390/jmse11061204).

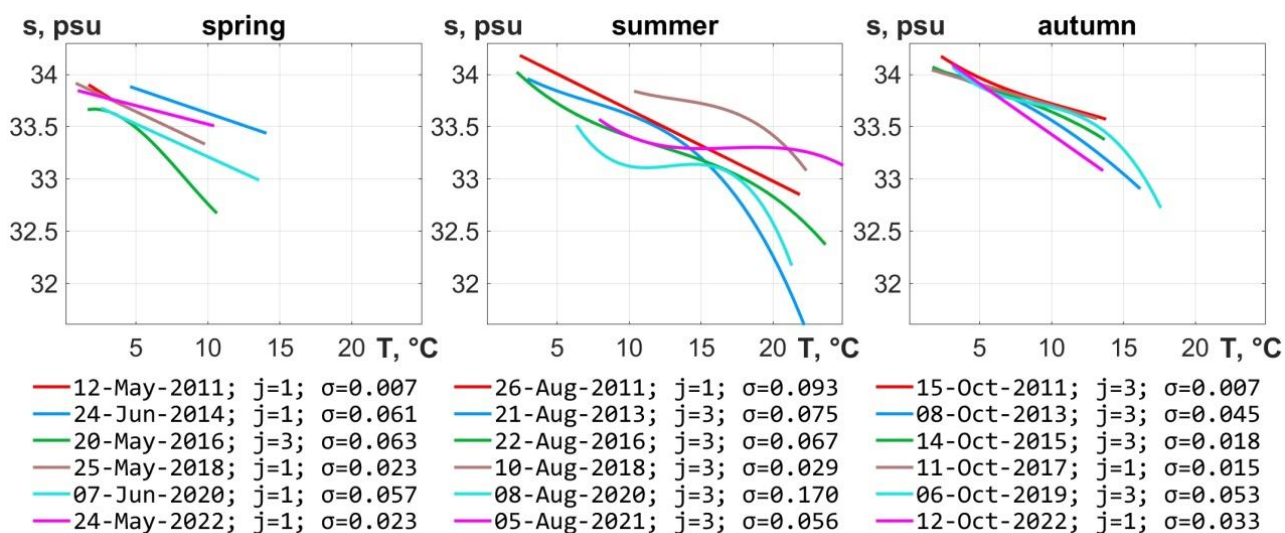


Рисунок 1.4 – Оптимальные полиномы Y_s для весеннего (слева), летнего (в центре) и осеннего (справа) сезонов 2011-2022 гг., их порядок j и среднее отклонение σ

1.5 Ширина импульсов континуума в различных областях оптического спектра многопузырьковой сонолюминесценции корреляционным методом

к.х.н. М.В. Казачек, к.ф.-м.н.Т.В. Гордейчук

Методом время-коррелированного счета фотонов измерена ширина световых импульсов многопузырьковой сонолюминесценции (СЛ) воды и водных растворов NaCl, KCl, LiCl, CaCl₂ различных концентраций вдоль спектрального диапазона. Ширина световых импульсов континуума СЛ в водных растворах исследованных солей различных концентраций, измеренная нашим счетчиком корреляций, примерно одинакова, составила $1,8 \pm 0,2$ ns и не зависела от длины волны. В областях спектров, содержащих только континуум излучения, во всех случаях ширина импульсов была одинаковой и не зависела от длины волны. Этот результат не поддерживает тепловой механизм как непосредственный источник излучения континуума СЛ. Наблюдаемая сопоставимость интенсивности континуума в пределах спектрального диапазона СЛ также не укладывается в рамки тепловой модели. Возможными механизмами континуума СЛ являются молекулярное излучение и/или излучение плазмы, так как ионизация имеет место. Зависимость ширины всплесков от концентрации, типа соли, а также ширина всплесков эмиссионных линий разных металлов являются предметом дальнейших исследований. (Казачек М.В., Гордейчук Т.В. Ширина импульсов континуума в различных областях оптического спектра многопузырьковой сонолюминесценции корреляционным методом // Оптика и спектроскопия. – 2023. – № 9. – С. 1236-1240. DOI: 10.21883/OS.2023.09.56610.5274-23).

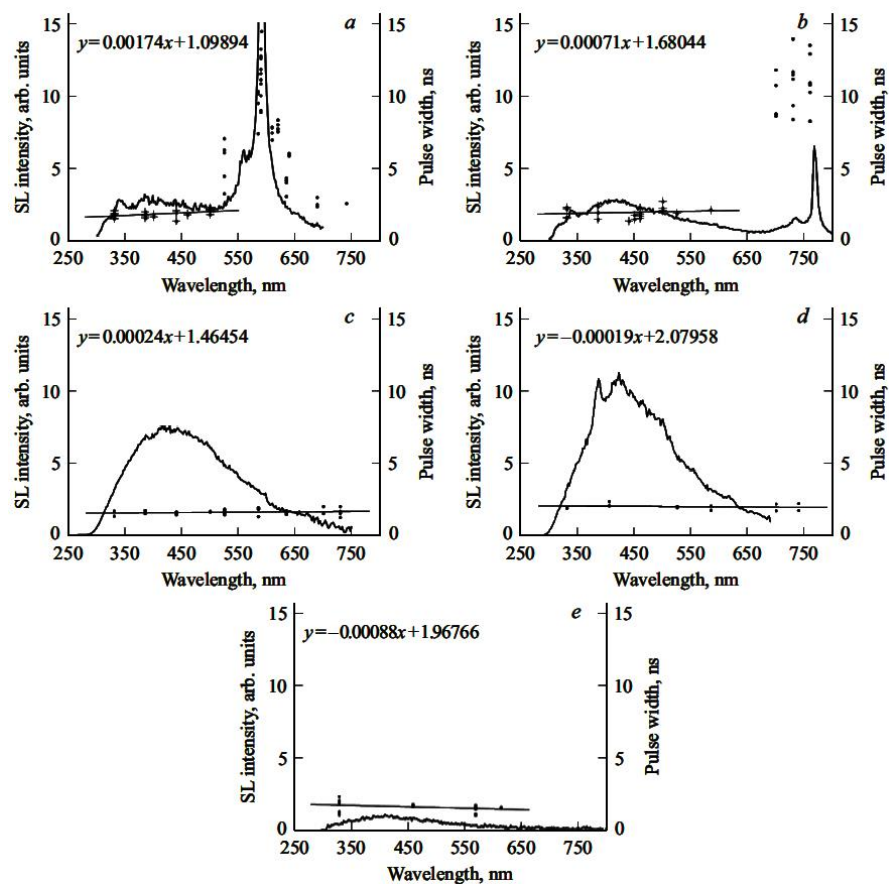


Рисунок 1.5 – Спектры СЛ без спектральной коррекции (сплошная линия) и спектры ширины импульсов (точки) для водных растворов 3М NaCl (a), 3М KCl (b), 12М LiCl (c), 4,5М CaCl₂ (d) и воды (e)

Тема 2 «Разработка новых методов и средств исследования и освоения морских акваторий. Развитие методов диагностики и повышения эффективности функционирования сложных акустических систем»

Научный руководитель – д.т.н. Ю.Н. Моргунов
Регистрационный номер АААА-А20-120031890011-8

2.1 Акустическое зондирование акватории Японского моря для задач гидроакустической дальнометрии, томографии и связи

д.т.н. Ю.Н. Моргунов, к.т.н. В.В. Безответных, к.ф.-м.н. А.В. Буренин, к.т.н. А.А. Голов, к.т.н. М.С. Лебедев, В.В. Разживин, С.С. Шкрамада

Проведены уникальные экспериментальные исследования по акустическому зондированию акватории Японского моря набором сложных широкополосных псевдослучайных сигналов. Акустическая трасса (акватория порта Чехов – банка Кито-Ямато) длиной более 1000 км пересекала экономическую зону Японского моря с севера на юг. Получены новые данные по формированию импульсного отклика канала в зависимости от типа излучаемого псевдослучайного сигнала, которые могут быть использованы для повышения точности метода гидроакустической термометрии и дальнометрии. Важнейшим элементом акустических исследований был определен и апробирован теоретический подход, реализованный на базе адаптированной к задачам проекта вычислительной программы RAY. Произведено успешное сравнение модели распространения звука с результатами натурных измерений. По результатам апробации модели разработаны предпосылки для создания методики восстановления размеров гидродинамических неоднородностей среды, пересекающих акустические трассы. Успешно проведены тестовые испытания передачи информационных сообщений по гидроакустическому каналу на дистанциях превышающих 1000 км. (Долгих Г.И., Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Буренин А.В., Голов А.А., Войтенко Е.А., Разживин В.В., Тагильцев А.А. Экспериментальная апробация метода акустической термометрии на протяженной трассе в Японском море // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 509, № 1. – С. 95-98. – DOI: 10.31857/S2686739722602459; переводная версия Dolgikh G.I., Morgunov Yu.N., Bezotvetnykh V.V., Burenin A.V., Golov A.A., Voitenko E.A., Razhivin V.V., Tagiltsev A.A. Experimental test of the acoustic thermometry method on a long track in the Sea of Japan // Doklady Earth Sciences. – 2023. – V. 508, № 1. – P. 30-33. DOI: 10.1134/S1028334X22601894. Моргунов Ю.Н., Буренин А.В., Голов А.А., Лебедев М.С., Каплуненко Д.Д., Разживин В.В., Шкрамада С.С. Особенности гидроакустической дальнометрии на пересекающих вихревые структуры сверхдальних трассах // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 1 (43). – С. 60-66. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_43_01_06).

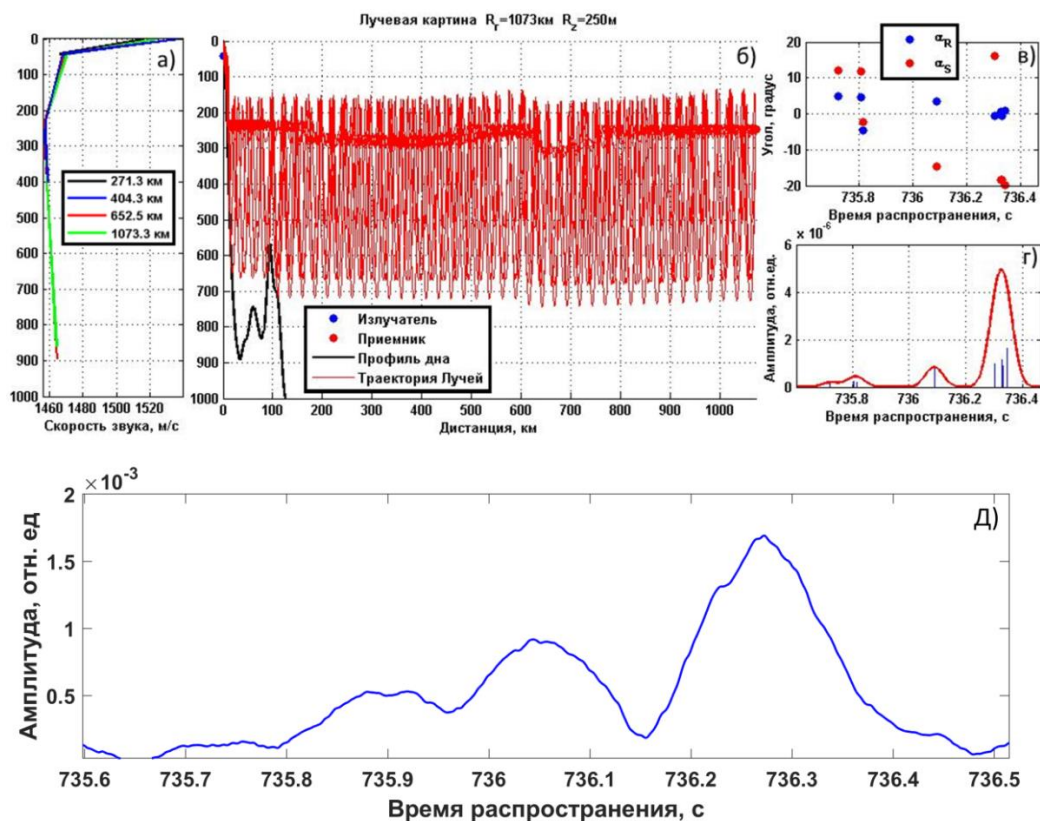


Рисунок 2.1 – ВРСЗ в точках вдоль трассы (а); лучевая картина распространения акустических сигналов для малых углов излучения (б); углы выхода и прихода (в); Модель приходов акустических сигналов и формы импульсной характеристики (г); Экспериментально полученная импульсная характеристика (д)

2.2 Акустические эффекты кавитации, инициированной на лазерном нагревательном элементе

д.б.н. В.М. Чудновский

Исследованы акустические сигналы, генерируемые при лазерном нагреве и кипении с недогревом воды и некоторых биологических жидкостей – водных растворов в окрестности кончика оптоволокну, погруженного в жидкость. Акустические сигналы, возникающие при лазерной кавитации в окрестности кончика оптоволокну, исследованы для лазерного излучения ближнего инфракрасного диапазона -1,94; 1,47; 0,97 μm . Показано, что амплитуда акустических импульсов при поверхностном тепловыделении и поверхностном вскипании воды, характерных для излучения с длиной волны 0,97 μm , на два порядка величины меньше, чем при объемном тепловыделении и объемном вскипании, характерном для излучения с длиной волны 1,94; 1,47 μm . Показано, что одна из причин уменьшения звуковых эффектов – многочисленные микропузырьки на кончике лазерного оптоволокну. Применительно к биологическим жидкостям, в частности крови, показано, что громкие «хлопки», воспринимаемые пациентами и медицинским персоналом при эндовенозной лазерной абляции, вызваны объемным кипением крови, когда крупные парогазовые пузырьки появляются и схлопываются под действием лазерного излучения, которое хорошо поглощается водой. (Yusupov V., Chudnovskii V. The origin of loud claps during endovenous laser treatments // The Journal of the Acoustical Society of America. – 2023. – Vol. 153(3). – Art. no. 1525. DOI: 10.1121/10.0017436).

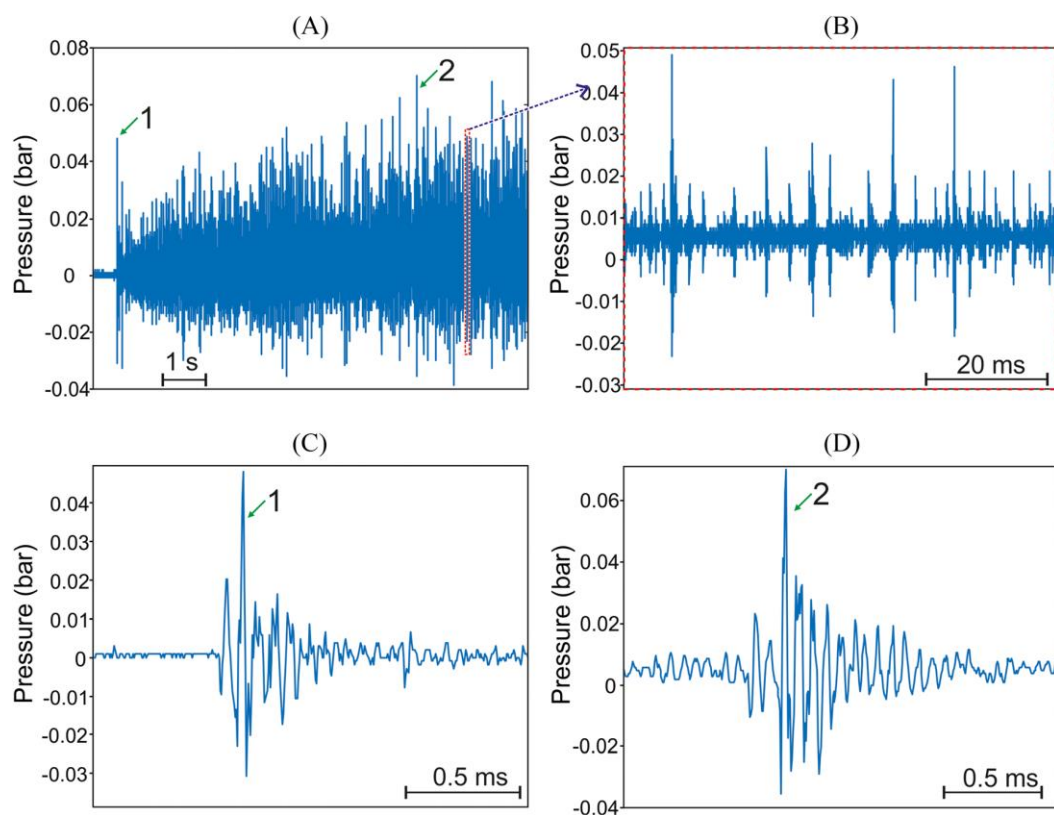


Рисунок 2.2 – Фрагменты акустических сигналов на кончике волокна с поглощающим покрытием для излучения с длиной волны $0,97 \mu\text{m}$ в различных временных масштабах. Давление измеряется на расстояние 1 мм. Стрелками показаны (1) первый и (2) наиболее мощные импульсы давления. Акустические сигналы регистрировались широкополосным гидрофоном 8103

2.3 Разработка акустического способа оценки вентиляционной функции легких на основе анализа трахеальных шумов форсированного выдоха человека

к.ф.-м.н. М.А. Сафронова, д.м.н. И.А. Почекутова, к.т.н. Д.С. Стробыкин

В выборке здоровых лиц обоего пола, впервые экспериментально установлены значимые взаимосвязи между полуавтоматически определяемыми характеристиками спектра свистов форсированного выдоха (СФВ) (пиковая частота, амплитуда максимума) и вычисляемыми программными средствами частотно-временными параметрами трахеальных шумов форсированного выдоха в диапазоне 200–2000 Гц с разбиением сигнала на 200-герцовые полосы. Причем характеристики среднечастотных СФВ коррелировали с большим набором акустических параметров, чем высокочастотных. Кроме того, наиболее сильные взаимосвязи наблюдались в среднечастотном диапазоне. Регрессионное моделирование показало, что до 70% изменчивости средней мощности трахеальных шумов (A/t) в полосе 200–600 Гц может быть объяснено влиянием амплитуд максимумов среднечастотных СФВ. Результат соответствует мировому уровню новизны и углубляет понимание закономерностей шумообразования на трахее при ФВ здоровых лиц. (Safronova M.A., Pochekutova I.A., Strobyskin D.S. *The relationships between characteristics of wheezes and spectral-temporal parameters of forced expiratory tracheal noises // IEEE Proceedings of the 2023 24th international conference of young professionals in electron devices and materials (EDM), 29 June – 03 July 2023, Novosibirsk, Russia, 2023. – P. 1330-1334. DOI: 10.1109/EDM58354.2023.10225236*).

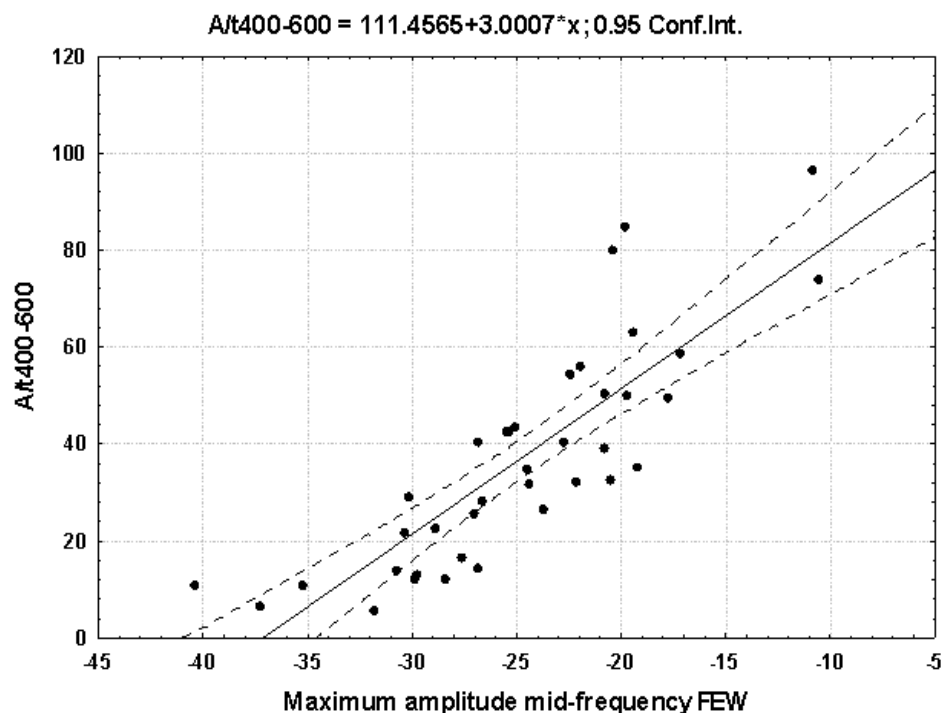


Рисунок 2.3 – График и уравнение регрессии зависимости средней мощности трахеальных шумов (A/t) в полосе частот 400-600 Гц от амплитуды максимума среднечастотных СФВ

2.4 Исследование взаимосвязей между спектральными характеристиками свистов форсированного выдоха, частотно-временными акустическими параметрами трахеальных шумов и антропо-демографическими детерминантами

д.м.н. И.А. Почкутова, к.ф.-м.н. М.А. Сафронова, к.т.н. Д.С. Стробыкин

Впервые выявлены значимые взаимосвязи между спектральными характеристиками свистов форсированного выдоха (ФВ), акустическими параметрами в полосах по 200 Гц в диапазоне 200-2000 Гц трахеальных шумов ФВ и антропо-демографическими детерминантами (рост, масса тела, окружность грудной клетки, возраст). Кроме этого, установлено значимое влияние пола как на характеристики свистов, так и на частотно-временные параметры шумов. Результат соответствует мировому уровню новизны и открывает новые возможности для разработки подходов к нормированию перспективных для акустической диагностики вентиляционной функции легких параметров. (Pochekutova I.A., Safronova M.A., Strobyskin D.S. *Influence of physiological determinants on acoustic parameters of forced expiratory tracheal sounds // IEEE Proceedings of the 2023 16th international conference of actual problems of electronic instrument engineering (APEIE), 10-12 November 2023, Novosibirsk, Russia, 2023. – P. 310-315. DOI: 10.1109/APEIE59731.2023.10347599*).

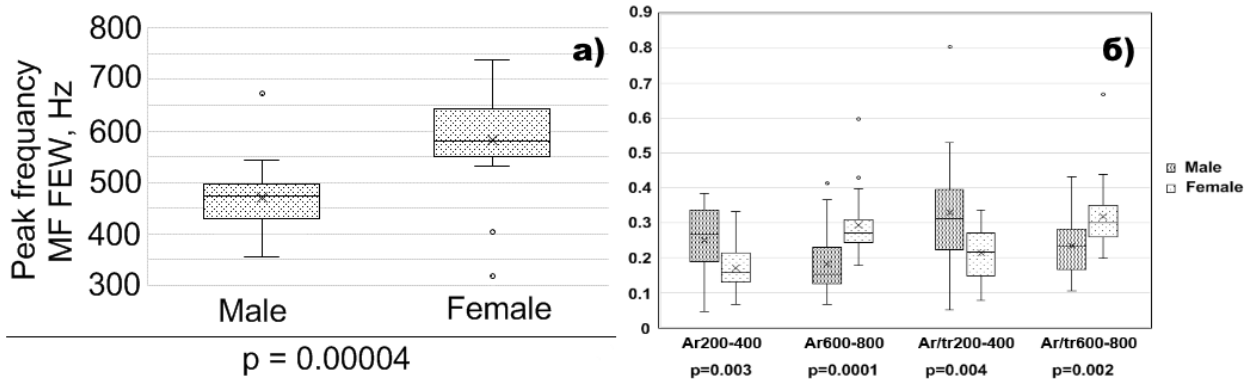


Рисунок 2.4 – Спектральные акустические параметры в группах мужчин и женщин: пиковые частоты среднечастотных СФВ (а), удельные энергии и удельные средние мощности в диапазоне 200-800 Гц (б)

Тема 3 «Палеоокеанология и палеоклиматология окраинных морей востока Азии и примыкающих районов Северного Ледовитого и Тихого океанов, современное и мезозойско-кайнозойское осадконакопление, геодинамика, магматизм и рудогенез»

Научные руководители – д.г.-м.н. С.А. Горбаренко, д.г.-м.н. И.Б. Цой
Регистрационный номер 121021700342-9

3.1 Тефростратиграфия голоцен-плейстоценовых отложений северо-западной части Тихого океана

д.г.-м.н. А.Н. Деркачев, д.г.-м.н. С.А. Горбаренко, Н.А. Николаева

Получены новые данные по тефростратиграфии голоцен-плейстоценовых отложений северо-западной части Тихого океана, охватывающих интервал времени около 1 млн лет. Разрез, включающий 55 горизонтов вулканических пеплов, основан на исследовании колонок с северо-западной части Императорского хребта: Lv63-4-2 (восточный склон поднятия Детройт) и MD01-2416 (вершина поднятия Детройт). Интерпретация данных осуществлялась с помощью геохимических характеристик вулканических стекол, выполненных микрозондовым анализом. Комплексные исследования состава тефр позволили отнести часть из них к категории маркерных представителей (коррелятов), прослеживаемых в осадках северо-западной части Тихого океана и Берингова моря. Стратиграфическое положение и возраст исследованной тефры определены на основе авторских возрастных моделей с привлечением данных по возрасту ряда проксимальных тефр извержений вулканов прилегающей суши. Полученные новые данные послужат основой для региональной корреляции осадочных колонок и составления летописи крупнейших эксплозивных извержений вулканов Северной Пацифики, палеоокеанологических и палеоклиматических реконструкций. (Derkachev A., Gorbarenko S., Portnyagin M., Zhong Y., Nikolaeva N., Shi X. and Liu Y. *Tephrostratigraphy of Pleistocene-Holocene deposits from the Detroit Rise eastern slope (northwestern Pacific)* // *Frontiers in Earth Science, Sec. Volcanology*. – 2023. – Vol. 10. – Art. no. 10:971404. DOI: 10.3389/feart.2022.971404).

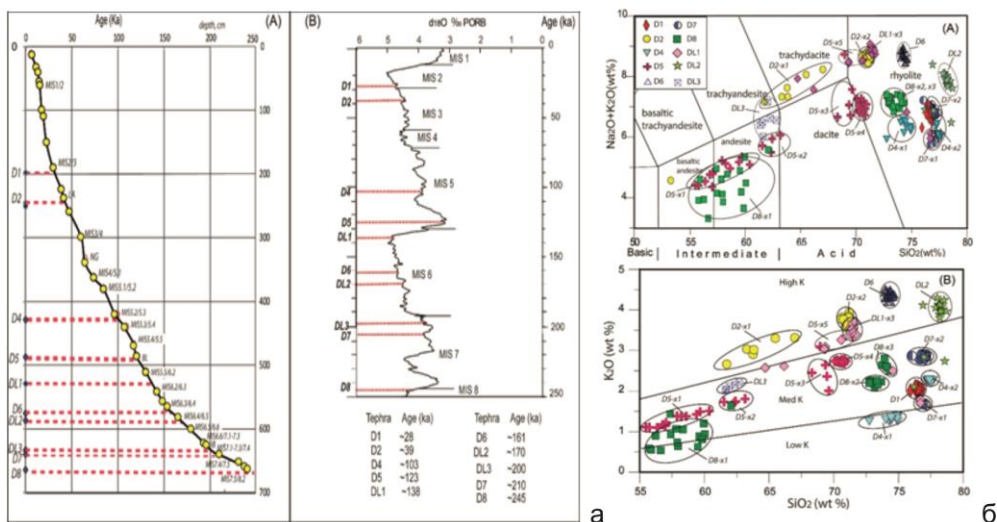


Рисунок 3.1 – (а) Возрастная модель (А) отложений колонки Lv63-4-2, (Б) основные установленные возрастные маркеры. Красные пунктирные линии показывают положение слоев и линз тефры. Возраст слоев тефры указан по возрастной модели (см. 1А) и внизу рисунка (Б). (б) Классификационные диаграммы вулканических стекол из прослоев тефры, найденные в колонке Lv63-4-2. Различные популяции стекол в гетерогенных тефраx обозначены индексами (x1, x2 и т.д.)

3.2 Реконструкция ледовитости и климата Восточно-Сибирского моря в позднем-среднем голоцене

д.г.-м.н. А.С. Астахов, к.г.-м.н. М.С. Обрезкова, к.г.-м.н. К.И. Аксентов, А.В. Алаторцев, к.г.-м.н. В.Н. Карнаух

Выполнена реконструкция ледовых условий и климата Восточно-Сибирского моря для позднего-среднего голоцена с использованием метода трансферных функций, основанном на морских седиментационных прокси. Они разработаны с использованием гидрометеорологических временных рядов среднегодовой температуры воздуха (ΔT) и продолжительности безледного периода (IF) за последние 70-110 лет и геохимических временных рядов, накопившихся за это время донных осадков. Реконструкция ледовой обстановки и среднегодовой температуры воздуха выявила тенденцию к снижению ΔT и IF, начавшуюся со среднего голоцена и вплоть до малого ледникового периода, что обусловлено орбитально обусловленным снижением инсоляции. Для периода стабильного положения уровня моря выявлена синхронная периодичность изменения ледяного покрова и температуры воздуха, аппроксимированная периодами в 1600 лет для IF и 1740 лет для ΔT , что сопоставимо с климатическими циклами Бонда. Эти результаты свидетельствуют о телекоммуникациях атлантических процессов с климатом Восточно-Сибирского моря и преобладании циклонического типа атмосферной циркуляции в голоцене. (Astakhov A.S., Babich V.V., Shi X., Hu L., Obrezkova M.S., Aksentov K.I., Alatorsev A.V., Darin A.V., Kalugin I.A., Karnaukh V.N., Melgunov M.S. *Climate and Ice conditions of East Siberian Sea during Holocene: reconstructions based on sedimentary geochemical multiproxy* // *The Holocene*. – 2023. – Vol. 33(1). – P. 3-13. DOI: 10.1177/09596836221126049).

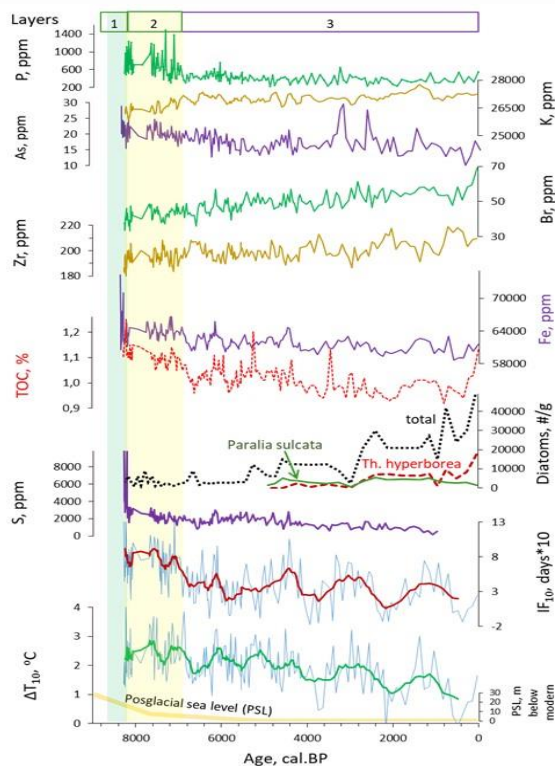


Рисунок 3.2 – Вариации химического состава осадков колонки LV77-36 из западной части Восточно-Сибирского моря, содержание диатомей и результаты реконструкции продолжительности безледного периода (IF) и среднегодовой температуры воздуха (ΔT). Слои (Layers): 1 – дельтовые или лагунные отложения; 2 – авандельтовые отложения; 3 – отложения внутреннего шельфа; послеледниковое положение уровня моря (PSL) по [Horner et al., 2016]

3.3 Реконструкции зимней полыньи в море Лаптевых для последних 300 лет

д.г.-м.н. А.С. Астахов, А.В. Алаторцев

Предложен новый подход к реконструкции зимней полыньи через индекс Арктической осцилляции, основанный на установленных ранее [Darby et al., 2012] различиях в атмосферной циркуляции и переносе льдов при отрицательных и положительных значениях Арктической осцилляции. Разработана трансферная функция, связывающая вариации зимней полыньи (временной ряд зимней Арктической осцилляции) и геохимические временные ряды донных осадков, накопившихся за инструментальный период (1998-2018 гг.) в зоне распространения Ленской полыньи. Реконструкции с использованием разработанной трансферной функции индекса Арктической осцилляции и распространения полыньи в последние три столетия показали, что активное развитие полыньи и преобладание отрицательных значений индекса Арктической осцилляции увеличивает среднегодовую температуру воздуха на прилегающих акваториях, но неоднозначно влияет на продолжительность безледного периода. (Астахов А.С., Бабич В.В., Гуков А.Ю., Алаторцев А.В. Зимняя полынья в море Лаптевых и арктическая осцилляция в последние 300 лет: реконструкции по геохимическим данным // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 511, № 1. – С. 86-92. DOI: 10.31857/S2686739723600406; переводная версия Astakhov A.S., Babich V.V., Gukov A.Yu., Alatorstev A.V. The Polynya and Arctic Oscillation of the Laptev Sea in Winter over the Past 300 Years: Reconstructions on a Geochemical Proxy // Doklady Earth Sciences. – 2023. – Vol. 511, Iss. 1. – P. 585-590. DOI: 10.1134/S1028334X23600676).

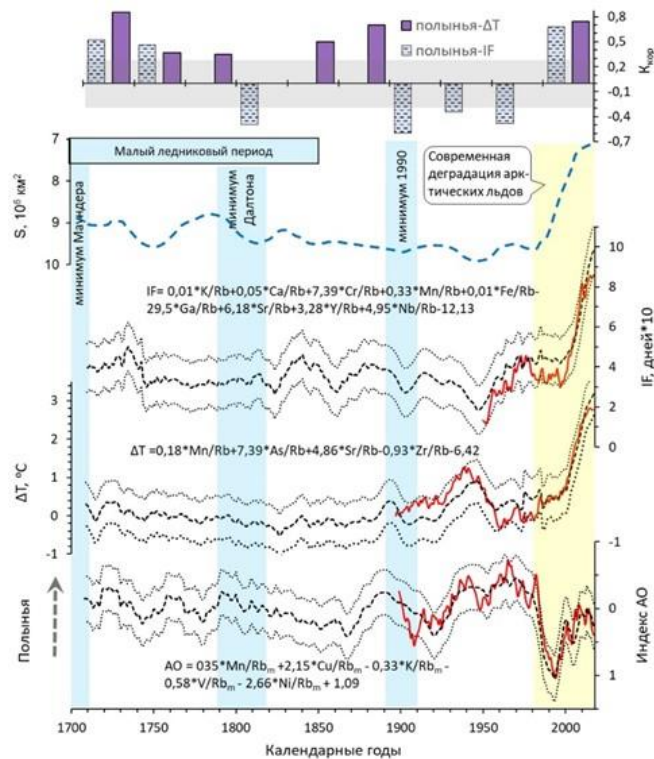


Рисунок 3.3 – Сопоставление реконструкций на станции LV83-16 из моря Лаптевых площади зимней полыньи/индекса АО за последние 300 лет с ΔT), площадью ледяного покрова Арктики в сентябре (S). Показаны (только значимые величины >0.296 при $n=30$, $q=0.95$) значения коэффициента корреляции ($K_{кор}$) за тридцатилетние периоды между площадью полыньи/-АО, и ΔT . Приведены трансферные функции; красными линиями показаны результаты наблюдений за инструментальный период, точечными линиями – границы 95% доверительного интервала реконструкции

3.4 Реконструкция ледовых условий последних столетий в Чукотском море по биомаркерам

д.г.-м.н. А.С. Астахов

В осадках колонки ARC11-R1 из северной части Чукотского моря для выявления источников осадочного органического углерода (симпагический, пелагический и терригенный) были изучены биогенные компоненты осадков (общий органический углерод, общий азот, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ и $\delta^{15}\text{N}$) в сочетании с молекулярно-органическими биомаркерами органического вещества (стеролы, изопреноиды). Установлено, что в период с 1820-х по 1930-е годы повышенная ледовитость препятствовала первичной биопродуктивности *in situ*, что привело к увеличению накопления терригенного органического углерода. С 1930-х по 1980-е годы с постепенным сокращением морского льда, первичная продуктивность постепенно увеличивалась и, начиная с 1980-х годов, стабилизировалась из-за стратификации океана, вызванной распреснением поверхностного слоя летом. (Su L., Ren J., Sicre M.-A., Bai Y., Zhao R., Han X., Li Z., Jin H., Astakhov A.S., Shi X., Chen J. *Changing sources and burial of organic carbon in the Chukchi Sea sediments with retreating sea ice over recent centuries // Climate of the Past. – 2023. – Vol. 19. – P. 1305-1320. DOI: 10.5194/egusphere-2023-64*).

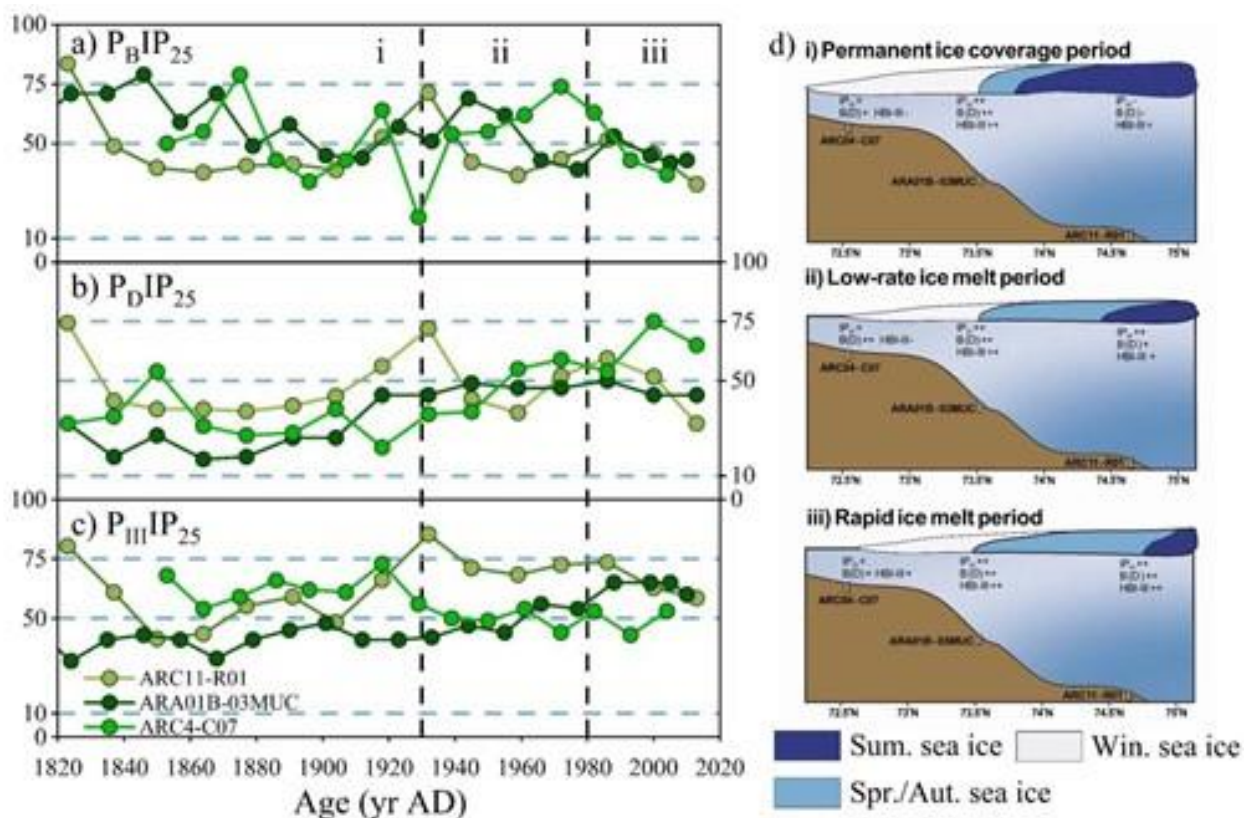


Рисунок 3.4 –Профили индекса PIP25 с использованием брассикастерина (PBIP25) (a), диностерола (PDIP25) (b) и HBI-III (PIIIP25) (c) в ядрах ARC04-C07 (зеленый; Bai et al., 2022), ARA01B-03MUC (желтый; Kim et al., 2019) и ARC11-R1 (синий); i, ii и iii в (a) – (c) представляют собой различные сценарии морского ледяного покрова, которые схематически показаны на (d). Цвет морского льда на (d) отражает различный морской ледяной покров: светло-синий для весеннего и осеннего морского льда и темно-синий для летнего морского льда

3.5 Литологические и геохимические признаки ледовой экзарации в голоценовых осадках Восточно-Сибирского моря

А.В. Алаторцев, к.г.-м.н. А.Н. Колесник, к.г.-м.н. В.Н. Карнаух, д.г.-м.н. А.С. Астахов

В колонках донных осадков Восточно-Сибирского моря голоценового ($11\,720 \pm 99$ лет назад) периода выявлены слои с текстурами перемешивания и слои, разделенные перерывами в осадконакоплении, соответствующие двум уровням моря – современному и более низкому раннеголоценовому. Слои отличаются резко выраженной хаотичной изменчивостью текстурного рисунка (пятнистость, разнонаправленная полосчатость), колориметрических (цветовых) и геохимических характеристик (пилообразные кривые распределения). Такой характер изменений связывается с ледовой экзарацией – механическим воздействием на морское дно льдов/айсбергов – и может использоваться при выявлении подобных слоев в других регионах с целью формирования представительной базы данных, прогнозирования и разработки мер по минимизации разрушительной деятельности льдов и айсбергов на морское дно в пределах арктического шельфа. (Алаторцев А.В., Колесник А.Н., Ши С., Ху Л., Карнаух В.Н., Астахов А.С. Литологические и геохимические признаки ледовой экзарации в голоценовых осадках Восточно-Сибирского моря // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64 (9). – С. 1249-1257. DOI: 10.15372/GiG2023103; переводная версия Alatorsev A.V., Kolesnik A.N., Shi X., Hu L., Karnaukh V.N., Astakhov A.S. Lithological and Geochemical Indicators of Ice Gouging: Evidences from Holocene Sediments in the East Siberian Sea // Russian Geology and Geophysics. – 2023. – Vol. 64 (9). – P. 1040-1047. DOI: 10.2113/RGG20234528).

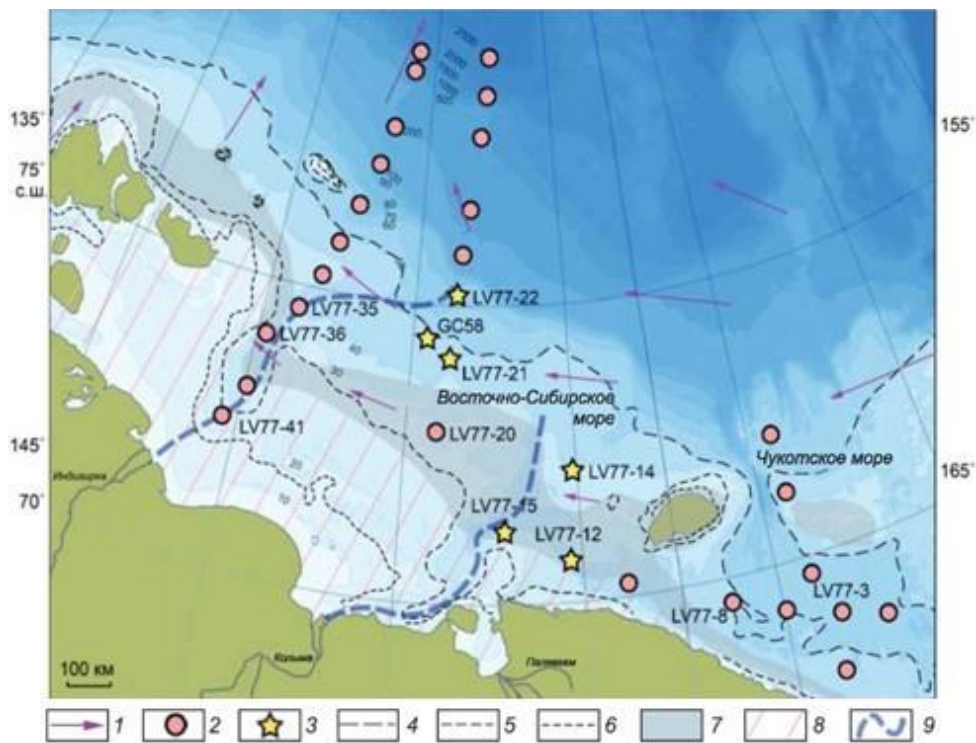


Рисунок 3.5 – Карта восточно-арктического шельфа с указанием точек отбора колонок и некоторыми элементами современных океанологических условий: 1 – направление переноса льдов; 2 – станции отбора колонок донных осадков; 3 – колонки донных осадков с выявленными признаками ледовой экзарации; 4-6 – древние береговые линии 12, 8,4 и 7,2 тыс. л.н. соответственно; 7 – область дрейфующих льдов с интенсивным экзарационным воздействием на дно килей ледяных торосистых образований; 8 – область припая с ограниченным экзарационным воздействием ледяных торосистых образований; 9 – палеодолины рек Индигирка и Колыма

3.6 Эффективный подход к стратиграфическому расчленению монотонных голоценовых отложений арктического шельфа

к.г.-м.н. А.Н. Колесник, к.г.-м.н. О.Н. Колесник, С.А. Селютин, к.г.н. А.А. Босин, к.г.-м.н. Е.А. Янченко

Описан подход, при котором уже в море по результатам экспресс-анализа визуально однотипных кернов арктических голоценовых осадков и их сопоставления с датированными и, в целом, подробно изученными кернами осадков региона можно обоснованно выбрать материал, перспективный для стратиграфического расчленения, корреляции, палеорекопструкций. Набор анализируемых параметров: литологические, колориметрические (CIE L*, CIE a*, CIE b*), геофизические (магнитная восприимчивость – МВ), геохимические (Fe/Rb, Mn/Rb, Ti/Rb). Основная часть кернов получена с помощью модифицированной гравитационной грунтовой трубки, которая за счет доработок конструкции отличается более эффективным внедрением в грунт и минимальным нарушением поверхностного слоя осадков. Колориметрический анализ проведен с помощью оригинального устройства в соответствии со стандартами ИСО. Наиболее информативными характеристиками по результатам экспресс-анализа оказались цветовая координата CIE b*, МВ и отношение Fe/Rb. (Колесник А.Н., Селютин С.А., Колесник О.Н., Босин А.А., Астахов А.С., Вологина Е.Г., Суховеев Е.Н., Баженов И.И. Эффективный подход к стратиграфическому расчленению монотонных голоценовых отложений арктического шельфа // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 512, № 2. – С. 272-280. DOI: 10.31857/S2686739723601011; переводная версия Kolesnik A.N., Selyutin S.A., Kolesnik O.N., Bosin A.A., Astakhov A.S., Vologina E.G., Sukhoveev E.N., Bazhenov I.I. An Efficient Approach to the Sequence Stratigraphic Study of Monotonous Holocene Sediments from the Arctic Shelf // Doklady Earth Sciences. – 2023. DOI: 10.1134/S1028334X23601384. Гравитационный пробоотборник и способ его использования: Пат. № 2795338 С1 / Колесник А.Н. – з. № 2022130923, заявл. 29.11.2022, зарег. и опубл. 02.05.2023, Бюл. № 13. Колесник А.Н., Колесник О.Н., Янченко Е.А., Босин А.А., Василенко Ю.П., Селютин С.А., Вологина Е.Г. Новое колориметрическое устройство для целей морской геологии и литостратиграфии // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 3 (45). – С. 41-55. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_45_03_05).

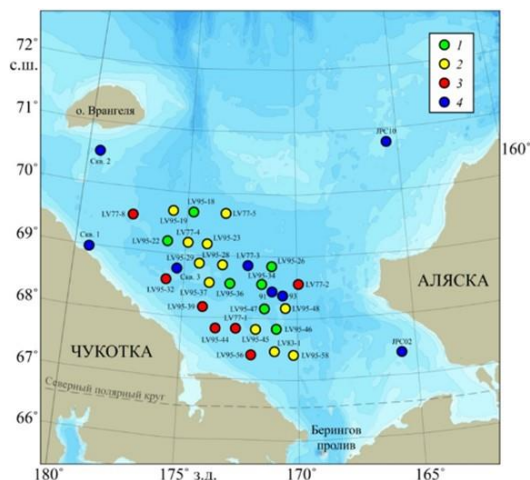


Рисунок 3.6 – Карта Чукотского моря со станциями отбора длинных (не менее 50 см) кернов голоценовых осадков. 1-3 – керны, проанализированные экспресс-методами на предмет перспективности для стратиграфического расчленения, корреляции, палеорекопструкций (фактический материал): 1 – перспективные; 2 – малоперспективные; 3 – неперспективные; 4 – датированные керны: JPC02 – [Keigwin et al., 2006]; JPC10 – [Hill, Driscoll, 2008]; 91, 93, скв. 1-3 – [Гусев и др., 2014]; LV77-3 – [Astakhov et al., 2020]

3.7 Скорости осадконакопления и биоседиментация в южной части Чукотского моря

к.г.-м.н. К.И. Аксентов, д.г.-м.н. А.С. Астахов

Проведено комплексное изучение позднеголоценовых донных отложений на двух станциях из южной части Чукотского моря и реконструкция условий их накопления. Аналитические методы включали датирование отложений по ^{210}Pb и ^{137}Cs , определение биогенных компонентов, измерение магнитной восприимчивости, гранулометрический, палинологический, диатомовый и минеральный анализы. Скорость современного осадконакопления, установленная на станции LV83-1, составляет 8-10 мм/год, на станции LV77-5 – 2,0-2,7 мм/год. В последней выделяются два пика активности ^{137}Cs на глубинах 7,5 см и 1,5 см, связанные с радиоактивными выпадениями после аварий на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и АЭС «Фукусима» в 2011 г. соответственно. В верхних частях колонок отмечаются повышенные концентрации SiO_2 биог., $\text{C}_{\text{орг}}$, $\text{N}_{\text{общ}}$, динофлагеллят, водных палиноморф и пониженная магнитная восприимчивость, что, вероятно, связано с возросшей за последние годы биопродуктивностью Чукотского моря при уменьшении его ледовитости. (Вологина Е.Г., Штурм М., Кулагина Н.В., Аксентов К.И. Вещественный состав позднеголоценовых отложений южной части Чукотского моря // *Океанология*. – 2023. – Т. 63, № 1. – С. 84-94. DOI: 10.31857/S0030157423010161).

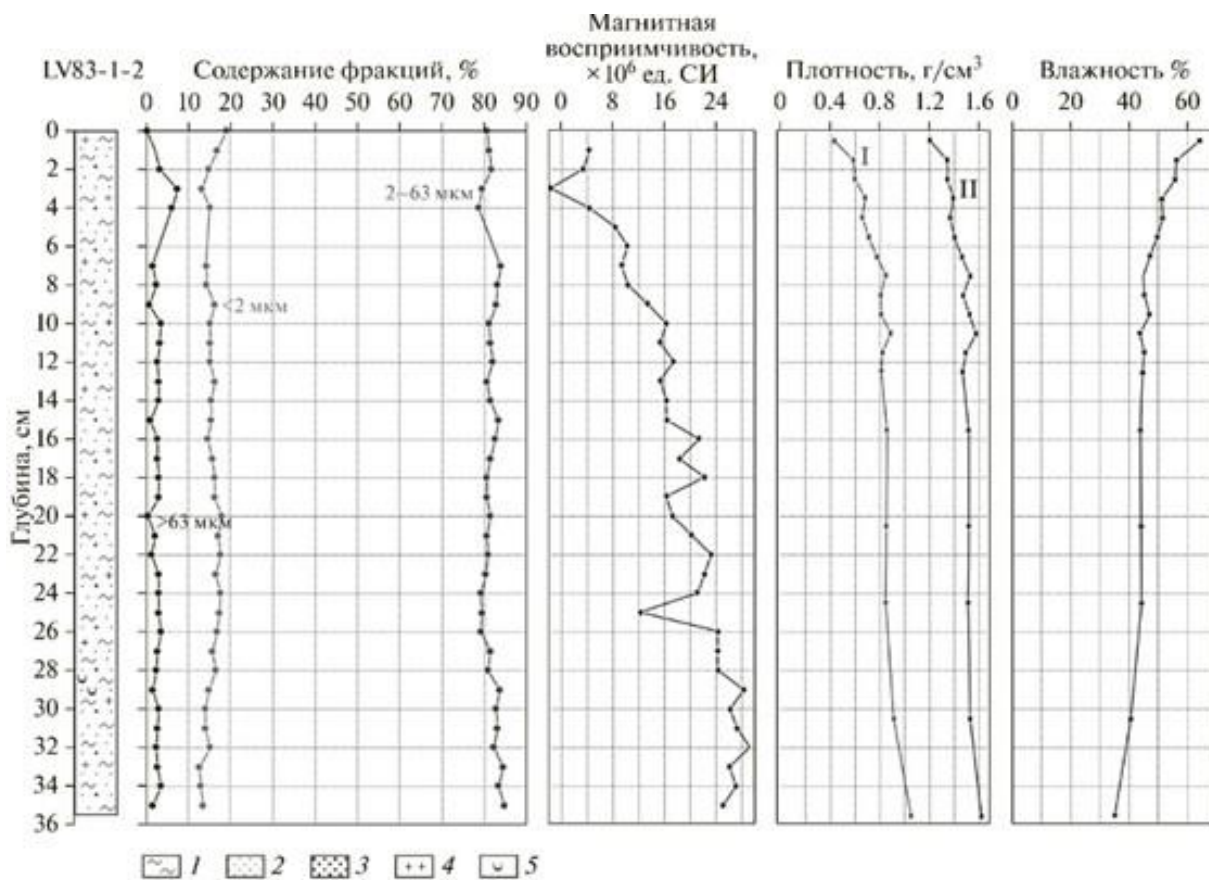


Рисунок 3.7 – Результаты гранулометрического анализа, магнитная восприимчивость, плотность (I – влажный осадок; II – сухой осадок) и влажность донных отложений колонки LV83-1-2: 1 – пелит, 2 – алеврит, 3 – песок, 4 – диатомеи, 5 – раковины моллюсков

3.8 Первые данные о современных скоростях осадконакопления в южной части Татарского пролива Японского моря

к.г.-м.н. К.И. Аксентов, к.г.-м.н. В.В. Саттарова, А.В. Алаторцев

В условиях быстрых изменений окружающей среды из-за антропогенного воздействия и недостаточных данных инструментальных измерений перспективным для палеореконокструкций становится изучение природных архивов, таких как донные отложения озер и морей. На основе радиоизотопного датирования по неравновесному ^{210}Pb установлены современные скорости осадконакопления за последние 150 лет в южной части Татарского пролива. По результатам расчетов по двум наиболее используемым моделям (CIC и CRS) скорость осадконакопления составила 0,20-0,22 см/год. (Аксентов К.И., Мельгунов М.С., Алаторцев А.В., Ши Суефа, Зоу Цзяньцзюнь, Прушковская И.А., Босин А.А., Саттарова В.В. Первые данные о современных скоростях осадконакопления в южной части Татарского пролива Японского моря // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 508, № 2. – С. 232-236. DOI: 10.31857/S2686739722602241; переводная версия Aksentov K.I., Melgunov M.S., Alatorcev A.V., Shi Xuefa, Zou Jianjun, Prushkovskaya I.A., Bosin A.A., Sattarova V.V. First Data on Modern Sedimentation Rates in the Southern Part of the Tatar Strait of the Sea of Japan // Doklady Earth Sciences. – 2022. – Vol. 507 (3). – P. S414-S417. DOI: 10.1134/S1028334X22601717).

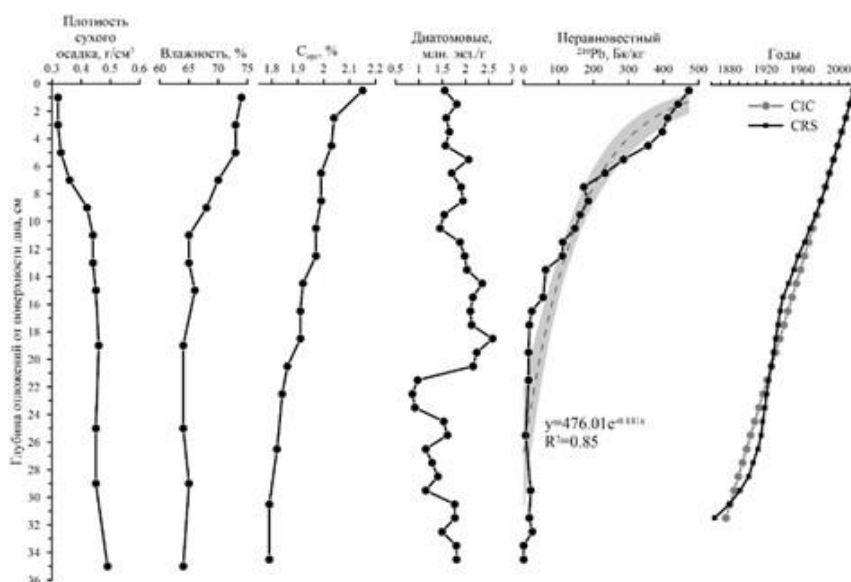


Рисунок 3.8 – Основные параметры вещественного состава ядра LV87-18-3

3.9 Голоценовое осадконакопление, формирование современного рельефа дна бухты Золотой Рог (Японского моря) и антропогенное воздействие на осадочные процессы

к.г.-м.н. В.Н. Карнаух, к.г.-м.н. Е.А. Бессонова, С.А. Зверев, И.В. Червинская

Для решения задач промышленной экологии разработана методика геомагнитных измерений и интерпретации данных, позволившая существенно повысить достоверность полученных результатов в условиях высокой техногенной нагрузки. На основе количественной интерпретации трансформант аномального магнитного поля определены пространственные характеристики аномалиеобразующих источников техногенного происхождения. Изучено геологическое строение бухты Золотой Рог и прилегающей акватории. Установлено, что мощность осадков в депрессии бухты составляет 10-18 м. В осадочном разрезе депрессии бухты

Золотой Рог выделены две толщи осадков. Сделан вывод о двух этапах накопления осадков. Во время первого этапа в период 10200-9300 лет назад происходило накопление осадков нижней толщи в условиях гляциоэвстатических колебания уровня Мирового океана и высокой активности контурных течений. Второй этап начался 9300 лет назад вслед за повышением уровня моря и продолжается до настоящего времени. В верхней части осадочных отложений бухты Золотой Рог выделен тонкий слой акустически прозрачных осадков толщиной до 1.5 м, который, предположительно, сложен отложениями, возникшими в результате антропогенного воздействия на дно акватории при хозяйственной деятельности в период освоения территории города и порта Владивосток. (Бессонова Е.А., Зверев С.А., Карнаух В.Н., Червинская И.В. Геоманнитные исследования для решения задач промышленной экологии на акватории с высокой техногенной нагрузкой) // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 1 (43). – С. 67-76. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_43_01_07. Карнаух В.Н., Бессонова Е.А. Голоценовое осадконакопление и формирование современного рельефа дна бухты Золотой Рог (залив Петра Великого, Японское море) // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 1 (43). – С. 77-84. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_43_01_08).

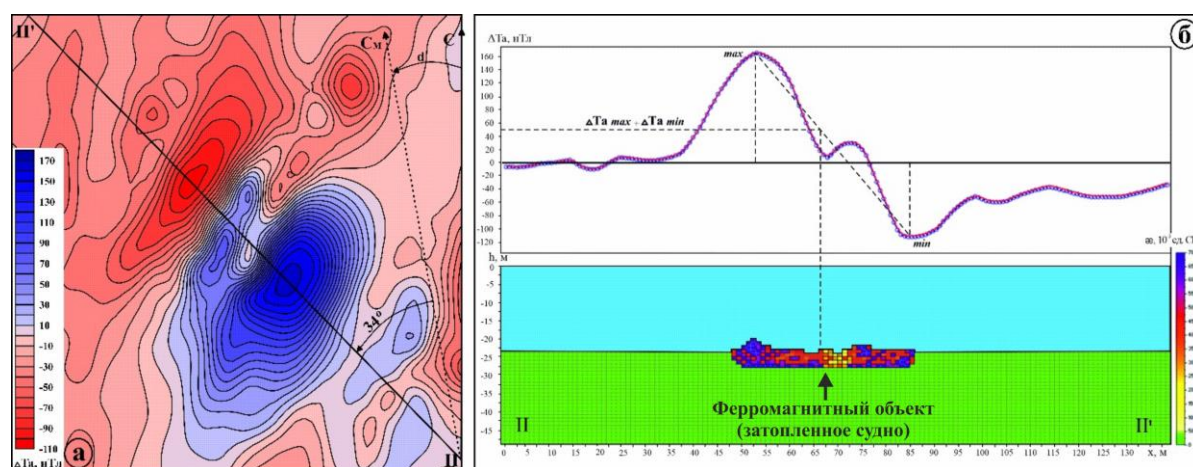


Рисунок 3.9 – Количественная интерпретация локальной магнитной аномалии над затопленным судном в бухте Золотой Рог (Японское море). а) аномальное магнитное поле, См – магнитный меридиан, d – магнитное склонение; б) интерпретационный профиль АМП вида (3), красный график – трансформированное магнитное поле, синий – подобранный поле

3.10 Особенности накопления ртути в верхнечетвертичных отложениях восточно-арктического шельфа

к.г.-м.н. К.И. Аксентов, М.В. Иванов, Д.В. Ким, к.г.-м.н. В.В. Саттарова

Распределение ртути в поверхностных донных отложениях зависит от литолого-фациальных условий осадконакопления – от минимальных концентраций на шельфе (кроме приустьевой области реки Лена) до максимальных в пелагических осадках. В толще осадка наблюдается повсеместное увеличение концентраций ртути к поверхности дна. На основе датирования по неравновесному свинцу-210 установлено, что верхние слои с повышенными содержаниями ртути накопились в индустриальную эпоху, при этом фоновые концентрации находятся на уровне 20-30 мкг/кг и имеют малую изменчивость. (Kim D.V., Aksentov K.I., Astakhov A.S., Sattarova V.V., Ivanov M.V., Alatorsev A.V., Obrezkova M.S., Selutin S.A. Geochemistry aspects of modern mercury accumulation in bottom sediments from the south-western Chukchi Sea // Marine Pollution Bulletin. – 2023. – Vol. 189. – Art. no. 114768. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114768. Kim D.V., Sattarova V.V., Aksentov K.I., Lopatnikov E.A., Ivanov M.V., Alatorsev A.V., Melgunov M.S. Mercury geochemistry of marine sediments from the eastern

Laptev Sea // Marine Pollution Bulletin. – 2023. – Vol. 187. – Art. no. 114576. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114576. Zhang Z., Yao Z., Hu L., Astakhov A., Zou J., Liu Y., Wang K., Yang G., Chen Z., Xia Y., Li Q., Feng H., Shi X. Distribution characteristics and implications of mercury in the surface sediments of the East Siberian Arctic shelf // Marine Geology & Quaternary Geology. – 2023. – Vol. 43(1). – P. 49-60. DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2022071801).

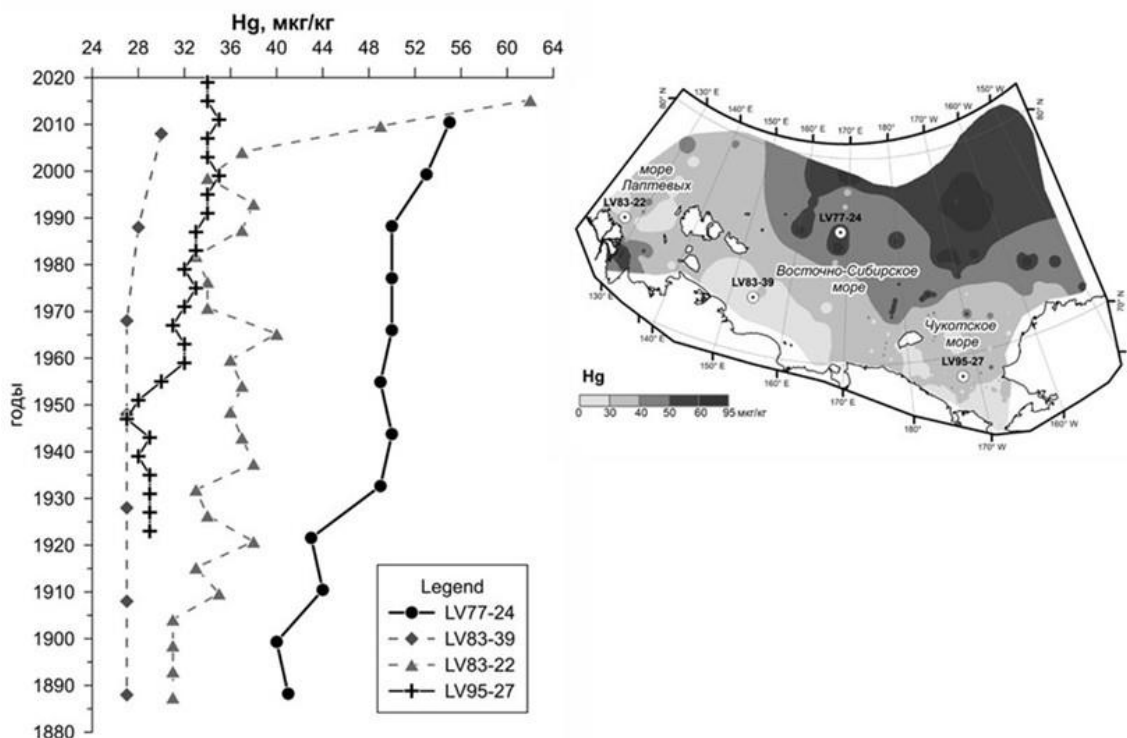


Рисунок 3.10 – Распределение ртути в поверхностном слое донных осадков (справа) и в датированных отложениях восточно-арктического шельфа

3.11 Влияние редокс-условий на накопление ртути в донных осадках Арктики

М.В. Иванов, к.г.-м.н. К.И. Аксентов, А.В. Алаторцев

Результаты исследований показали, что основным фактором, определяющим изменчивость содержаний ртути в поверхностных донных осадках и колонках голоценовых отложений восточно-арктических морей Российской Федерации и примыкающих котловин Северного Ледовитого океана, являются редокс-условия среды осадконакопления. Превышение над фоном в 3-6 раза характерно для глубоководной части региона, на шельфе, где распространены восстановленные осадки различного состава, содержания ртути значительно меньше. Повышенные содержания здесь связаны с выносами р. Лена и локальными участками с окислительными условиями, где накапливаются гидроокислы железа. (Иванов М.В., Аксентов К.И., Алаторцев А.В. Распределение ртути в донных осадках в юго-восточном секторе российской Арктики // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. – 2023. – Т. 2, № 3. – С. 112-116. DOI: 10.33764/2618-981X-2023-2-3-112-116).

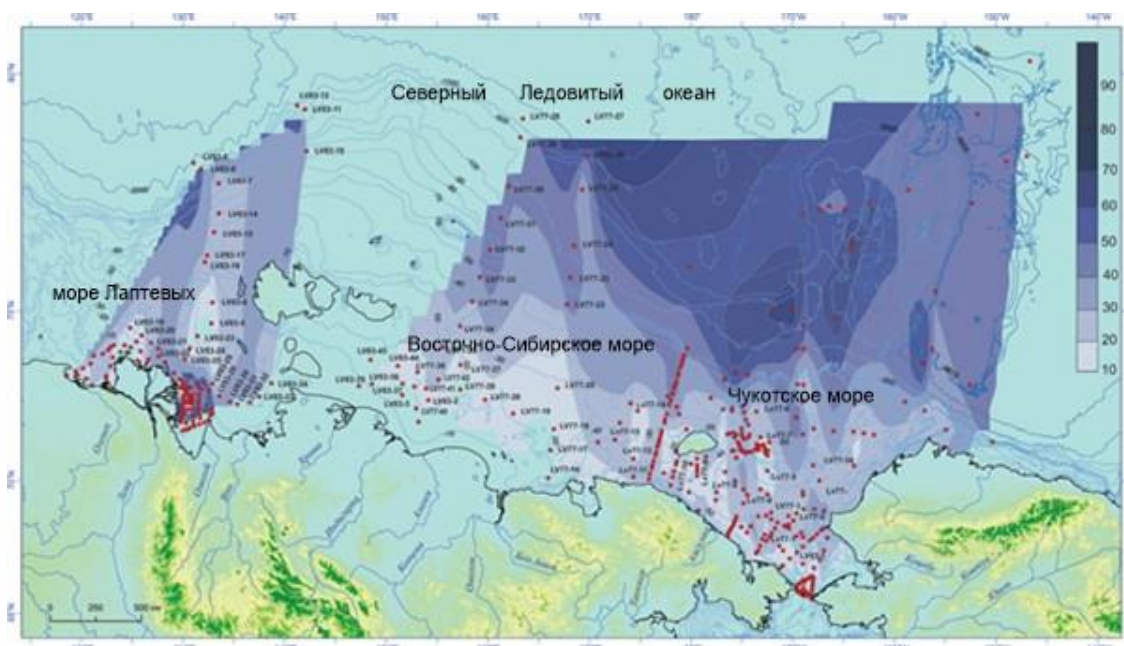


Рисунок 3.11 – Содержания ртути (нг/г) в поверхностных донных осадках Чукотского и Восточно-Сибирского морей, а также моря Лаптевых морей и прилегающей части Северного Ледовитого океана. Точками показаны станции отбора. Изолиниями рельеф дна (м)

3.12 Распределение ртути и ее форм в железомарганцевых и железистых образованиях Чаунской губы Восточно-Сибирского моря

к.г.-м.н. К.И. Аксентов, к.г.-м.н. В.В. Саттарова, М.В. Иванов, Д.В. Ким

Впервые получены данные по содержанию ртути и формам ее нахождения в железомарганцевых и железистых образованиях Чаунской губы (Восточно-Сибирское море). Согласно геохимической классификации, изученные образования относятся к диагенетическим. Уровень содержания ртути находится в пределах 8-26 мкг/кг, что в два-пять раз ниже кларка для верхней части континентальной коры. Преобладающей формой нахождения ртути в железомарганцевых и железистых образованиях является минеральная. (Аксентов К.И., Иванов М.В., Ярошук Е.И., Чаркин А.Н., Саттарова В.В., Алаторцев А.В., Ким Д.В., Зарубина Н.В., Старцев А.В. Первые данные о содержании ртути и формах ее нахождения в железомарганцевых и железистых образованиях Чаунской губы // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2023. – Т. 513, № 2. – С. 23-28. DOI: 10.31857/S2686739723601382; переводная версия Aksentov K.I., Ivanov M.V., Yaroshchuk E.I., Charkin A.N., Sattarova V.V., Kim D.V., Zarubina N.V., Startsev A.V. The first data on the mercury content and its forms in the ferromanganese and ferruginous formations of Chaun Bay // Doklady Earth Sciences. – 2023. – Vol. 513, No. 2. – P. 1301-1305. DOI: 10.1134/S1028334X23602183).

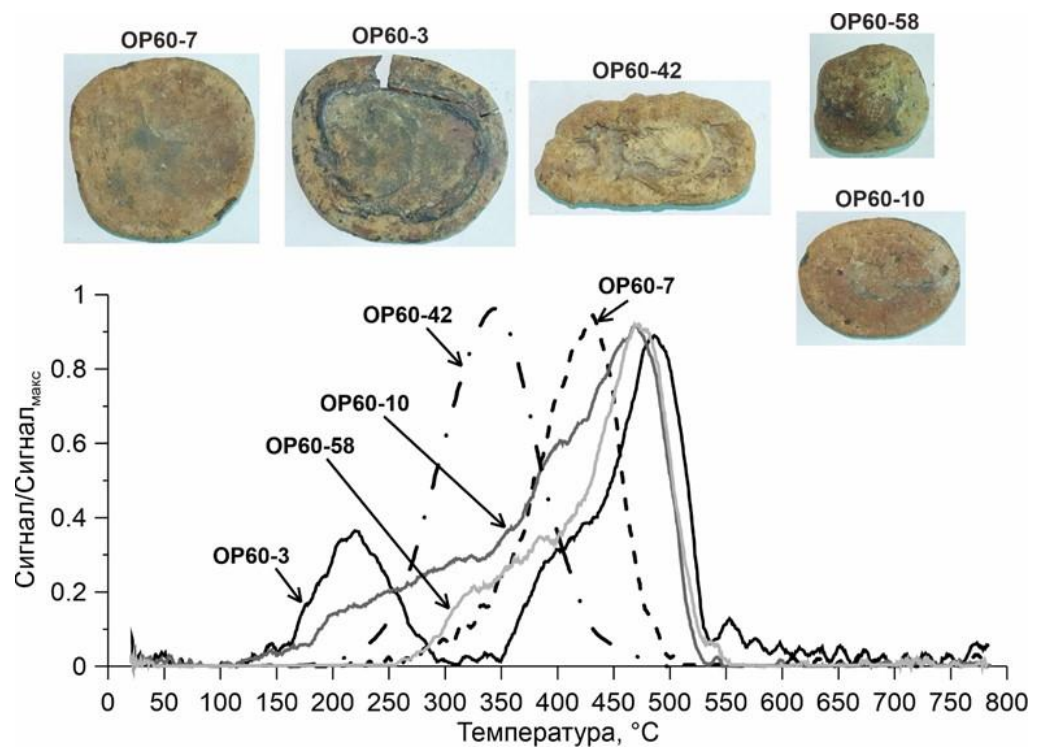


Рисунок 3.12 – Фото конкреций и их термограммы выхода ртути

3.13 Источники осадочного вещества восточно-сибирского шельфа

д.г.-м.н. А.С. Астахов, к.г.н. А.А. Босин, к.г.н. Ю.П. Василенко

На основе изотопного состава ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, ϵNd , $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) поверхностных осадков восточно-сибирского шельфа определены основные источники их поступления. Установлено, что около 20-30% осадков западной части моря Лаптевых образовались из сибирских траппов, судя по высоким значениям ϵNd и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$; более 80% осадков востока моря Лаптевых – запада Восточно-Сибирского моря происходят из древних обломочных и метаморфических пород Сибирской платформы, а <20% их имеют вулканическое происхождение, судя по самым низким значениям ϵNd при самых больших $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Кроме того, осадки восточной части Восточно-Сибирского моря и запада Чукотского моря имеют самые высокие значения ϵNd , самые низкие отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ из-за влияния продуктов выветривания Охотско-Чукотского вулканического пояса (40-60%). Осадки востока Чукотского моря образовались при смешении материала, поступающего с течениями из Восточно-Сибирского и Берингова морей и выносимого с побережья Аляски. (*Li Q., Qia S., Shi X., Chen Y., Astakhov A., Zhang H., Hu L., Yang G., Bosin A., Vasilenko Yu., Dong L. Sr, Nd, and Pb isotope provenance of surface sediments on the East Siberian Arctic Shelf and implications for transport pathways // Chemical Geology. – 2023. – Vol. 618. – Art. no. 121277. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2022.121277*).

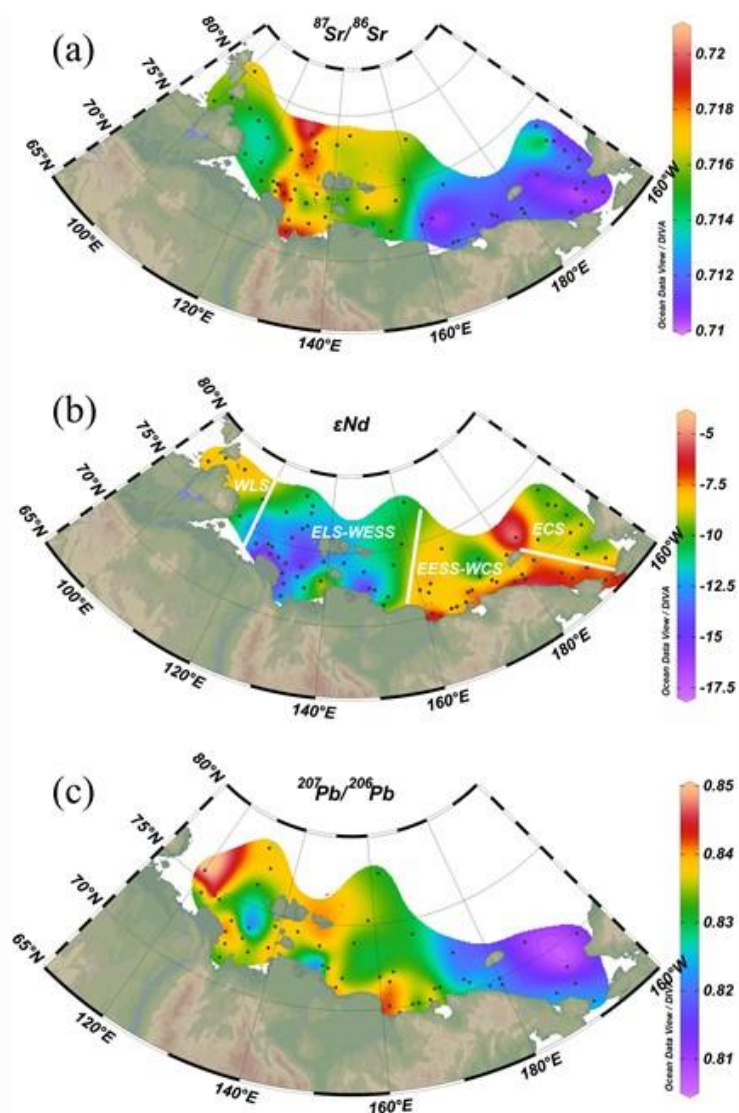


Рисунок 3.13 – Распределение изотопов Sr, Nd и Pb на восточно-сибирском шельфе. WLS – западная часть моря Лаптевых, ELS-WESS – восточная часть моря Лаптевых – западная Восточно-Сибирского моря, EESS-WCS – восток Восточно-Сибирского моря – запад Чукотского моря, ECS – восточная часть Чукотского моря

3.14 Распределение диатомей в поверхностных осадках моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей и их значение для экологических реконструкций

к.г.-м.н. М.С. Обрезкова, д.г.-м.н. И.Б. Цой

Качественное и количественное распределение диатомовых водорослей в поверхностных осадках отражает современные океанологические процессы, поэтому их изучение актуально для палеореконовструкций природной среды и прогнозных целей. Изучение диатомей в поверхностных осадках моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря показало существенные изменения в диатомовой флоре за три последних десятилетия, что связывается с влиянием глобального потепления на биоту. Самые значительные изменения отмечены в море Лаптевых. Восточнее дельты Лены очевидна смена пресноводного комплекса с преобладанием представителей рода *Aulacoseira* на солоноватоводный *Thalassiosira hyperborea* за прошедшие 3 десятилетия. Такая картина может быть связана с изменением направления речного стока Лены. В районе континентального склона холодноводный

комплекс *Thalassiosira antarctica* сменился комплексом *Paralia sulcata* со значительной долей океанического вида *Actinocyclus curvatulus*, что может быть связано с усилением влияния теплого Североатлантического течения. В прибрежных шельфовых осадках Восточно-Сибирского моря солоноватоводный комплекс с *Thalassiosira hyperborea* сменился комплексом с преобладанием морского ледово-неритического вида *Melosira arctica*, что вероятно указывает на изменение гидрохимического режима в изученных районах. В Чукотском море заметных изменений в распределении диатомей в поверхностных осадках за период исследования не установлено. (Obrezkova M.S., Tsoy I.B., Kolyada A.E., Shi X., Liu Y. *Distribution of diatoms in seafloor surface sediments of the Laptev, East Siberian, and Chukchi seas: implication for environmental reconstructions // Polar Biology. – 2023. – Vol. 46 (1). – P. 21-34. DOI: 10.1007/s00300-022-03105-5*).

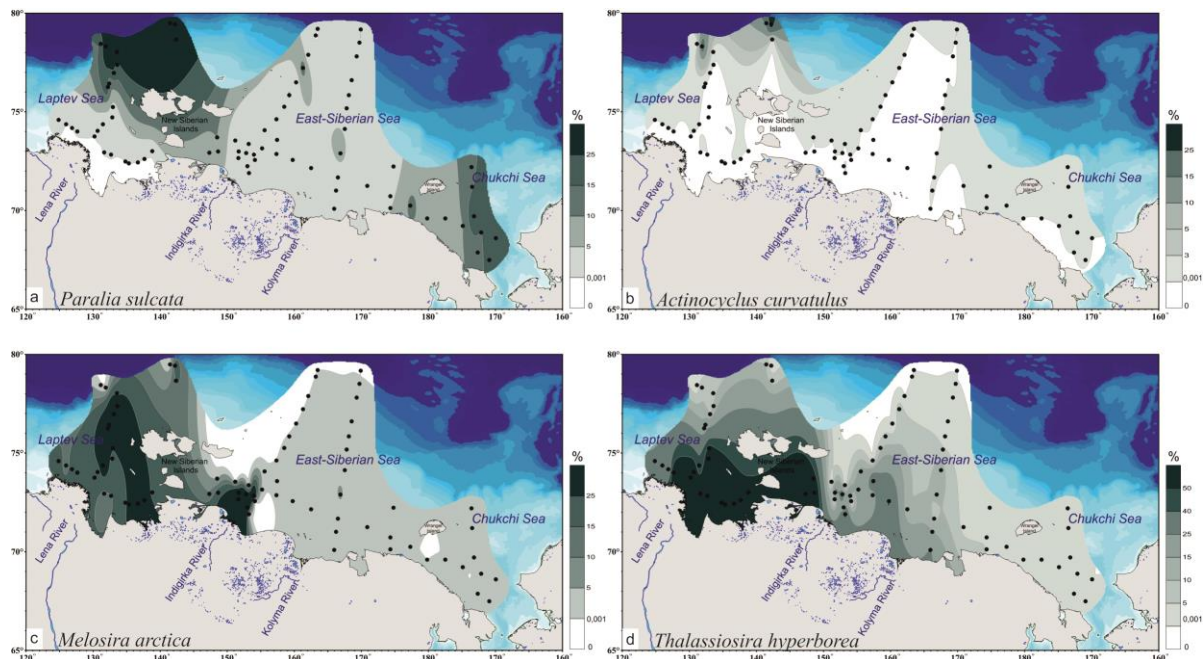


Рисунок 3.14 – Распределение *Paralia sulcata* (a), *Actinocyclus curvatulus* (b), *Melosira arctica* (c) и *Thalassiosira hyperborea* (d) в поверхностных осадках моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей

3.15 Распространение радиолярий и инфузорий-тинтиннид в верхнеголоценовых отложениях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря

к.г.-м.н. Л.Н. Василенко, к.г.н. Ю.П. Василенко, к.г.н. А.А. Босин, д.г.-м.н. И.Б. Цой

Представлены данные о таксономическом разнообразии и содержании агглютинированных лорик инфузорий-тинтиннид, а также новых находках скелетов радиолярий в верхнеголоценовых отложениях моря Лаптевых, Восточно-Сибирского моря и прилегающей части Северного Ледовитого океана. Прослежено распространение представителей этих групп микрофауны в поверхностных осадках по площади рассматриваемых морей и их распределение в колонках донных отложений из моря Лаптевых. Радиолярии обнаружены только в поверхностных осадках континентального склона моря Лаптевых и прилегающей части Северного Ледовитого океана. Инфузории-тинтинниды в осадках исследуемого района обнаружены впервые и распространены, в основном, в прибрежно-шельфовой зоне. Наши результаты расширяют знания о биоразнообразии арктических морей и могут быть использованы для мониторинга экологических и

палеоокеанографических изменений в арктическом регионе. (Vasilenko L., Vasilenko Yu., Bosin A., Tsoy I., Shi X., Liu Y. *Distribution of radiolarians and tintinnid ciliates in Upper Holocene sediments of Laptev and East Siberian Seas // Polar Biology.* – 2023. – Vol. 46, Iss. 1. – P. 35-51. DOI: 10.1007/s00300-022-03108-2).

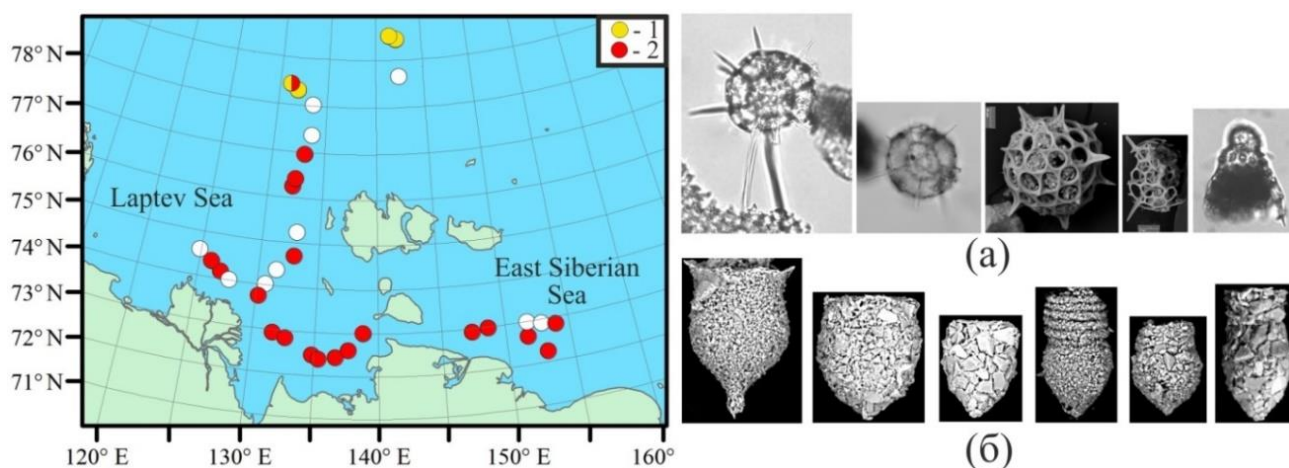


Рисунок 3.15 – Распространение радиолярий (1) и инфузорий-тинтиннид (2) в поверхностных осадках моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря: а – радиолярии, б – инфузории-тинтинниды

3.16 Распределение диатомовых водорослей и цист динофлагеллат в поверхностных осадках Чукотского моря как отражение гидрологических обстановок

к.г.-м.н. М.С. Обрезкова, к.г.-м.н. А.Н. Колесник

Были изучены диатомовые водоросли и цисты динофлагеллат из поверхностных осадков Чукотского моря. Впервые показано сопряженное развитие диатомей и диноцист, выявлены общие закономерности их географического распространения. Комплексы микроводорослей показывают заметные изменения в составе и численности между восточной, северо-западной и южной частями Чукотского моря. На их распределение влияют поверхностные водные массы с разными температурами, соленостью, режимами морского льда и доступностью питательных веществ. Настоящее исследование показывает, что экологическая структура комплексов диатомей и цист динофлагеллат отражает различные гидрологические параметры региона. Таким образом, анализируя распределение этих двух основных групп фитопланктона в донных осадках, мы можем выявить прошлые изменения в гидрологических условиях, вызванные изменением климата, и реконструировать прошлые первичные колебания продуктивности Чукотского моря. (Obrezkova M.S., Pospelova V., Kolesnik A.N. *Diatom and dinoflagellate cyst distribution in surface sediments of the Chukchi Sea in relation to the upper water masses // Marine Micropaleontology.* – 2023. – Vol. 178. – Art. no. 102184. DOI: 10.1016/j.marmicro.2022.102184).

Species or species group		<i>P. sulcata</i>	<i>O. centrocarpum</i> sensu Wall and Dale (1966)	<i>Chaetoceros</i> group	<i>T. antarctica</i>	Cysts of <i>Alexandrium</i> spp.	eryophilic group	<i>T. nordenskiöldii</i>	<i>I. minutum</i>	Cysts of <i>P. dalei</i>	<i>Brigantedinium</i> spp.
cluster 1	mean	48.7	38.4	5.7	8.9	5.7	7.7	4.1	15.7	11.5	13.8
	median	48.3	43.3	6.3	7.3	2.1	6.8	1.8	15.2	7.9	10.1
	x max; x min	65.3; 30	55.7; 11.4	8.7; 2	17; 2	25.8; 0.3	15; 0.7	14; 0.3	26.7; 2.2	32.6; 3.6	38.1; 0.9
cluster 2	mean	11.8	23.2	31	28.2	14.5	7.3	2.7	16.9	12.9	14.1
	median	12.2	20.8	32	31.5	6.1	5.7	1	19.2	10.6	10.5
	x max; x min	20.6; 3.7	50.5; 6.2	51; 10.3	50; 7.5	56.6; 0	21; 2.7	13.5; 0	45; 2.1	28.5; 3.6	35.3; 3
cluster 3	mean	14.2	16.7	16.0	10.3	2.6	23.5	19.6	40	7.7	8.6
	median	13.3	18.6	16.2	10.5	1.6	23.4	16	41.8	6.8	5.1
	x max; x min	23.6; 4	23; 3.2	28.2; 7	13; 7.3	7.3; 0	38.7; 4.8	40.7; 3.3	53.8; 16.5	15.1; 1.3	25.6; 2.3

Рисунок 3.16 – Кластерная матрица для десяти основных таксонов или групп диатомей и цист динофлагеллят, объясняющая состав каждого комплекса микрофоссилий

3.17 Геохимия осадков моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря с акцентом на редкоземельные элементы: применение к источникам осадков и палеоокеанографии

к.г.-м.н. В.В Саттарова, д.г.-м.н. А.С. Астахов, к.г.-м.н. К.И. Аксентов, к.г.-м.н. О.Н. Колесник

Расшифровка природы осадочного материала в Арктике может способствовать более глубокому пониманию современных процессов переноса и осадконакопления. В данном случае, применение редкоземельных элементов (РЗЭ) особенно перспективно, поскольку они могут служить индикаторами источников, а также химических и физических условий и процессов. По результатам изучения редкоземельных элементов в донных отложениях восточно-арктического шельфа России установлено, что повышенные содержания РЗЭ (до 220 мг/кг), преобладание легких РЗЭ и тесная корреляция с Zr, Nb, Y, Sc, Ti характерны для отложений западной части Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых. Обогащение осадков РЗЭ установлено за счет поступления рудных минералов с выносами рек и при береговой эрозии ледового комплекса (едома) на побережье. Полученные данные также могут быть использованы для изучения динамики льдов, проведения литостратиграфических и палеоокеанографических реконструкций Центральной Арктики. (Sattarova V.V., Astakhov A.S., Aksentov K.I., Shi X., Hu L., Liu Yanguang, Polyakov D.M., Alatortsev A.V., Kolesnik O.N. *Geochemistry of the Laptev and East Siberian seas sediments with emphasis on rare-earth elements: Application for sediment sources and paleoceanography // Continental Shelf Research. – 2023. – Vol. 254. – Art. no. 104907. DOI: 10.1016/j.csr.2022.104907*).

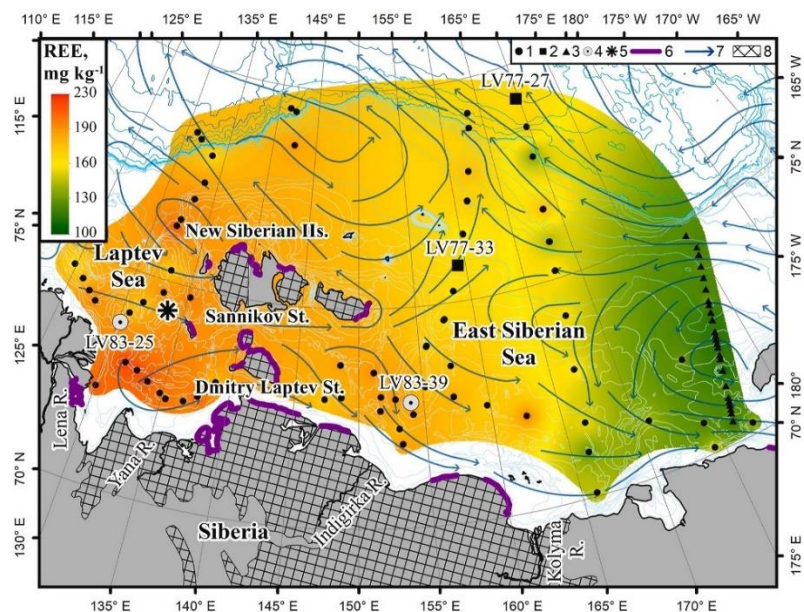


Рисунок 3.17 – Распределение концентраций редкоземельных элементов в донных отложениях восточно-арктического шельфа России: 1-4 – местоположение станций: 1, 3 и 4 – поверхностные отложения (1 – настоящее исследование, 3 – литературные данные (Шакиров и др., 2010), 4 – образцы поверхностных отложений, в которых были выделены фракции); 2 – керны осадков; 5 – Семеновское мелководье; 6 – активно эродированные участки побережья (>0,5 м/год); 7 – направление поверхностных течений [Arctic Atlas, 1985]; 8 – прибрежные территории, содержащие отложения ледового комплекса (едома)

3.18 Низкотемпературные гидротермальные железомарганцевые образования подводных возвышенностей у материкового склона Приморья (Японское море)

к.г.-м.н. Н.В. Астахова

Изучено строение и химический состав железомарганцевых корок, сформированных на осадочном чехле подводных вулканов горы Петра Великого и хребта Васильковского, расположенных у материкового склона Приморья (Японское море). Корки образовались в результате цементации и осаждения на поверхности осадка гидроксидов марганца. Признаками гидротермальности этих образований являются очень высокое значение титанового и низкое алюминиевого модулей, низкие содержания цветных и редкоземельных элементов, превышение содержаний тяжелых редкоземельных элементов над легкими. Отложение рудного вещества произошло, вероятно, в плейстоцен-голоценовое время из поствулканических гидротермальных растворов. В отличие от корок, отложившихся на базальтах в центральной части Японского моря, эти корки не содержат включений мелких зерен средне- и высокотемпературных минеральных фаз цветных металлов. (Астахова Н.В. Железомарганцевые корки горы Петра Великого и хребта Васильковского (Японское море) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2023. – № 1, Вып. 57. – С. 34-44. DOI: 10.31431/1816-5524-2023-1-57-34-44; переводная версия Astakhova N.V. Ferromanganese Crusts of the Peter the Great Seamount and the Vasilkovsky Ridge (Sea of Japan) // Russian Journal of Pacific Geology. – 2023. – Vol. 17, Suppl. 2. – P. S124-S133. DOI: 10.1134/S181971402308002X).

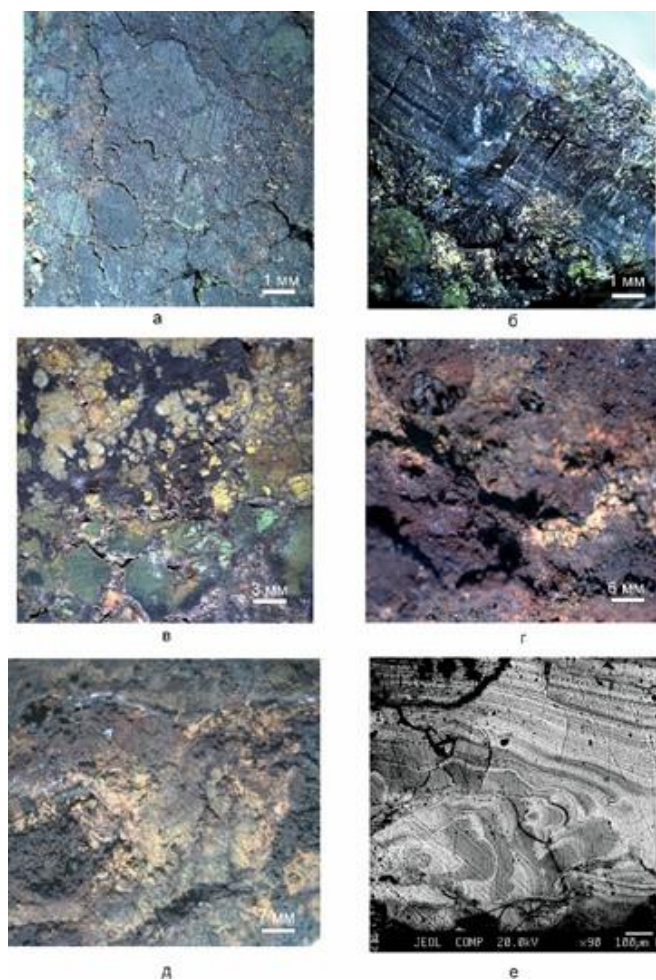


Рисунок 3.18 – Железомарганцевые образования горы Петра Великого и хребта Васильковского: а-б – ЖМО горы Петра Великого: цементация зеленовато-бурых мелких бесформенных обломков глауконита гидроксидами марганца (а), тонкий железомарганцевый слой на глауконите (б); в-е – ЖМО хребта Васильковского: коррозионный марганцевый цемент в глауконит-кремнистых обломках (в), железомарганцевые корки (г, д), микротекстура марганцевой корки (е)

3.19 Редкоземельные элементы в железомарганцевых образованиях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря

к.г.-м.н. О.Н. Колесник, к.г.-м.н. А.Н. Колесник, д.г.-м.н. А.С. Астахов, С.А. Селютин

Распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в железомарганцевых образованиях (ЖМО) и поверхностных донных осадках арктических морей – индикатор современных обстановок седиментации и диагенеза. Показано, что распределение РЗЭ в ЖМО моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря складывается из соотношения рудного и нерудного вещества. Рудное вещество состоит, главным образом, из лимонита, реже вернадита, формирование идет в условиях окислительного и субокислительного диагенеза. С рудным веществом ЖМО связаны дефицит церия (отрицательные значения Se_{an}) и до, некоторой степени, повышенное относительно сланца (РААС, NASC) содержание средних РЗЭ (рисунок 3.19А). Нерудное (алюмо)силикатное вещество ЖМО наследует состав РЗЭ осадков. В осадках заметно некоторое обогащение легкими и средними РЗЭ при отсутствии аномального поведения церия (значения Se_{an} близки к единице) (рисунок 3.19Б). Осадок, в том числе попавший в состав ЖМО, является источником минералов РЗЭ, представленных

преимущественно монацитом-(Се). Содержание РЗЭ в ЖМО ниже, чем в осадках, и составляет в среднем 173 г/т против 206 г/т в море Лаптевых и 133 г/т против 175 г/т в Восточно-Сибирском море. Это объясняется быстрым ростом ЖМО, опережающим скорость седиментации. (Колесник О.Н., Колесник А.Н., Астахов А.С. *Геохимия и минералогия редкоземельных элементов в железистых образованиях и донных осадках моря Лаптевых* // *Геология и геофизика*. – 2023а. – Т. 64 (12). – С. 1716-1731. DOI: 10.15372/GiG2023137; переводная версия Kolesnik O.N., Kolesnik A.N., Astakhov A.S. *Geochemistry and mineralogy of rare-earth elements in ferruginous deposits and bottom sediments of the Laptev Sea* // *Russian Geology and Geophysics*. – 2023. – Vol. 64 (12). – P. 1430-1442. DOI: 10.2113/RGG20234491. Колесник О.Н., Колесник А.Н., Астахов А.С., Селютин С.А., Жэнь С., Ши С. *Содержание и состав редкоземельных элементов в железомарганцевых образованиях Восточно-Сибирского моря как отражение современных условий седиментации и диагенеза* // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. – 2023б. – Т. 508, № 1. – С. 79-87. DOI: 10.31857/S2686739722601727; переводная версия Kolesnik O.N., Kolesnik A.N., Astakhov A.S., Selutin S.A., Ren X., Shi X. *Content and composition of rare earth elements in ferromanganese formations from the East Siberian Sea as an indicator of recent sedimentation and diagenesis condition* // *Doklady Earth Sciences*. – 2022. – Vol. 507, Iss. 2. – P. S287-S294. DOI: 10.1134/S1028334X22601298).

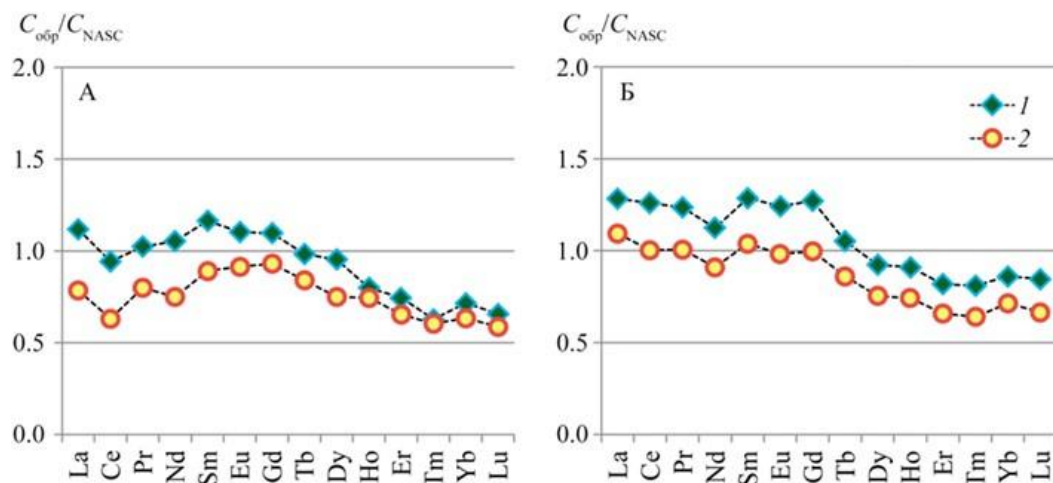


Рисунок 3.19 – Средний NASC-нормализованный состав РЗЭ ЖМО (А) и вмещающих ЖМО донных осадков (Б) моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря

3.20 Диатомовые комплексы диатомей в осадках Дагинского грязевого вулкана и их значение

д.г.-м.н. И.Б. Цой, А.В. Сорочинская

Находки диатомовых водорослей в грязевых вулканах довольно редки и мало изучены. Обнаружение богатой диатомовой флоры в отложениях Дагинского грязевого вулкана (ДГВ), расположенного в приливной зоне Ныйского залива Охотского моря, представляет интерес для изучения условий формирования отложений в зоне влияния различных экстремальных факторов (выходы газов и водно-грязевых масс, термальные источники, приливы и др.). Установлено, что диатомовые комплексы осадков ДГВ состоят из видов разных биотопов и вымерших видов. Разнообразию и обилию солоноватоводных и морских видов свидетельствует о преимущественном влиянии морских вод на формирование осадков ДГВ. Разнообразные пресноводные виды, в основном, привнесены с речным стоком, но, вероятно, некоторые из них, космополитные алкалофильные виды, являются обитателями геотермальных источников.

Настоящих термофильных видов обнаружено не было. Для диатомовых комплексов ДГВ наиболее характерно присутствие вымерших видов, которые предположительно были вынесены с газо-водно-грязевыми массами из подстилающих неогеновых отложений (окобыкайская и нутовская свиты) прилегающего шельфа с глубин около 1280-720 м. (Tsoy I.B., Sorochinskaya A.V. *Diatom Assemblages from the Darginsky Mud Volcano Sediments (Eastern Sakhalin) and Their Implication // Quaternary.* – 2023. – Vol. 6(3), No. 49. – P. 1-16. DOI: 10.3390/quat6030049).

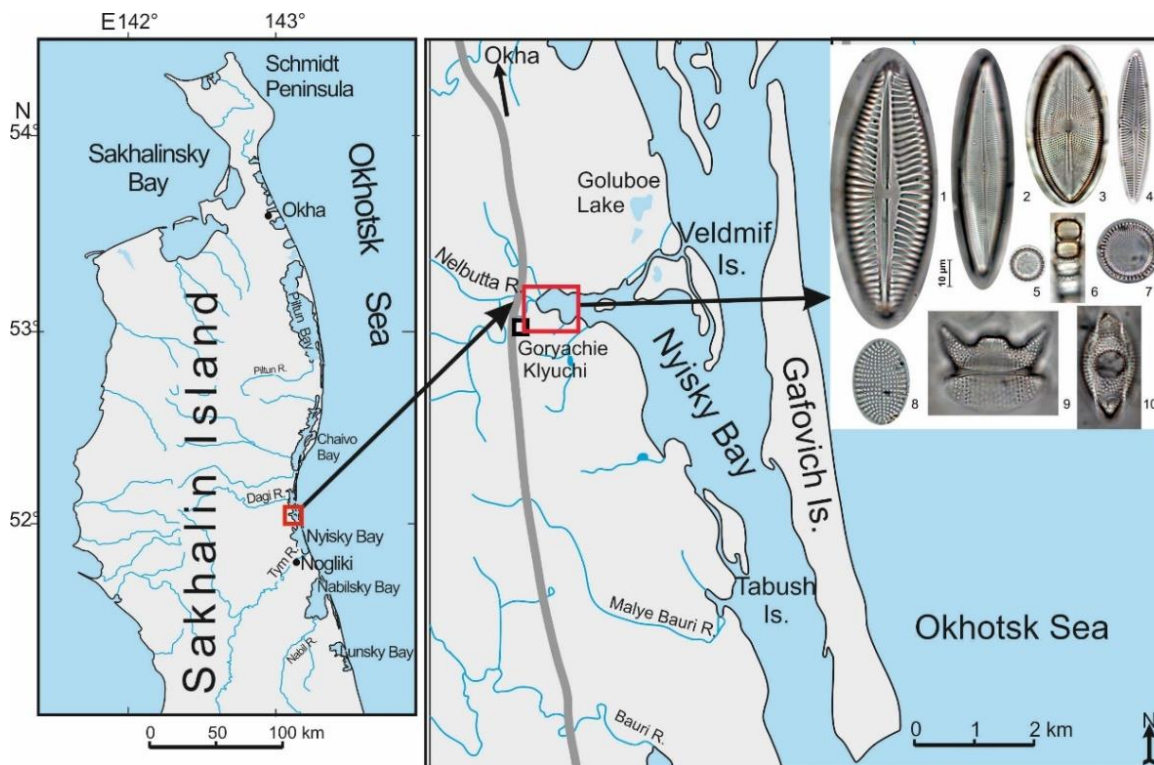


Рисунок 3.20 – Местоположение Дагинского грязевого вулкана (ДГВ) на восточном побережье о. Сахалин и доминирующие виды диатомей из осадков ДГВ: 1 – *Pinnunavis yarrensensis*; 2 – *Metascolioneis tumida*; 3 – *Petroneis marina*; 4 – *Navicula digitoradiata*; 5-7 – *Paralia sulcata*; 8 – *Cocconeis scutellum*; 9, 10 – *Odontella aurita*. 1-4, 8 – солоноватоводные и эвригалинные бентосные виды; 5-7, 9, 10 – морские бенто-планктонные виды

3.21 Диатомовые водоросли поверхностных осадков залива Академии Охотского моря

д.г.-м.н. И.Б. Цой, к.г.-м.н. И.А. Прушковская

Эстуарные акватории дальневосточных морей нельзя оценить без изучения диатомовых водорослей, которые являются важным компонентом фитопланктона и микрофитобентоса как речных, так и морских экосистем. Представлены первые результаты изучения диатомовых водорослей в поверхностных осадках зал. Академии (Охотское море). Обнаружена богатая диатомовая флора (187 видов и внутривидовых таксонов), представленная преимущественно морскими и солоноватоводными видами. Преобладание бенто-планктонных и бентосных видов указывает на значительную роль микрофитобентоса в заливе. Выделенные диатомовые комплексы однородны по таксономическому составу, но различаются экологической структурой, которая в основном определяется соленостью вод. Концентрация диатомей в осадках открытой части зал. Академии и кутовой части Ульбанского залива обусловлена высокой продуктивностью вод и литологическим составом осадков. Относительно низкое

содержание диатомей в осадках связано с суровыми климатическими условиями региона, близкими к арктическим. (Цой И.Б., Прушковская И.А. Диатомовые водоросли поверхностных осадков залива Академии Охотского моря // Биология моря. – 2023. – Т. 49, № 2. – С. 82-93. DOI: 10.31857/S0134347523020092; переводная версия Tsoy I.B., Prushkovskaya I.A. Diatoms in Surface Sediments of Academy Bay of the Sea of Okhotsk // Russian Journal of Marine Biology. – 2023. – Vol. 49, No. 2. – P. 75-86. DOI: 10.1134/S1063074023020098).

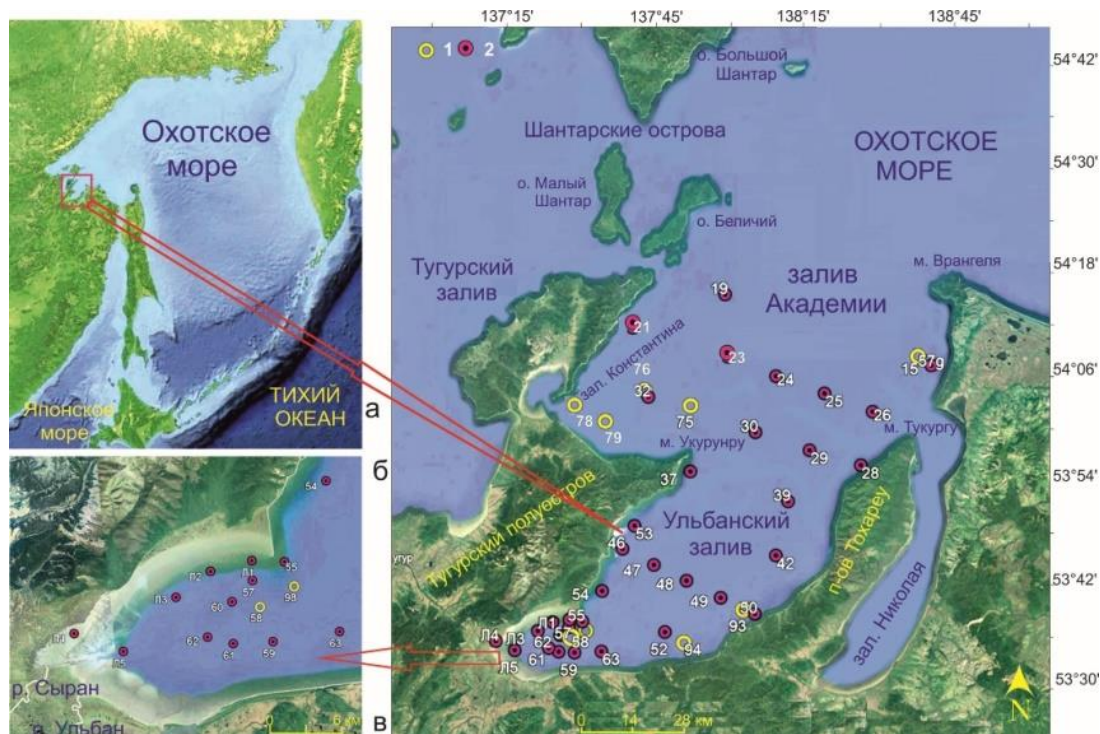


Рисунок 3.21 – Местоположение района исследования (а), изученных станций в заливе Академии (б) и кутовой части Ульбанского залива (в): 1 – станции рейса № 71 НИС «Профессор Гагаринский», 2 – станции рейса № 59 НИС «Академик Опарин»

3.22 Природные условия и рельеф дна залива Академии (Охотское море)

Т.Д. Леонова, к.г.-м.н. М.Г. Валитов

Комплексный анализ экспедиционных материалов и данных предыдущих исследований позволили уточнить морфологию дна залива Академии (западная часть Охотского моря). Выявлены природные факторы, определяющие различия в морфодинамике отдельных частей залива Академии. Проведено описание рельефа и процессов морфогенеза. Выявлено преобладание денудации и вдольберегового транзита наносов; современная аккумуляция приурочена к вершинам бухт и устьям рек. Были выявлены различия распространения мелкопорядковых форм рельефа и состава донных отложений в отдельных частях заливов Ульбанском, Константина и Николая, что предопределено сложной системой течений. Обнаружены эрозионные формы флювиального генезиса, как линейные – долинные, так и изометричные впадины. Их количество в заливе Академии больше и размеры значительнее, чем в изученных ранее Тугурском заливе и Удской губе. В результате проведенного морфодинамического районирования дна залива выделены четыре зоны, различающиеся проявлениями современного экзоморфогенеза. (Белоус О.В., Леонова Т.Д., Валитов М.Г. Природные условия и рельеф дна залива Академии (Охотское море) // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42, № 1. – С. 33-44. DOI: 10.30911/0207-4028-2023-42-1-33-44; переводная версия

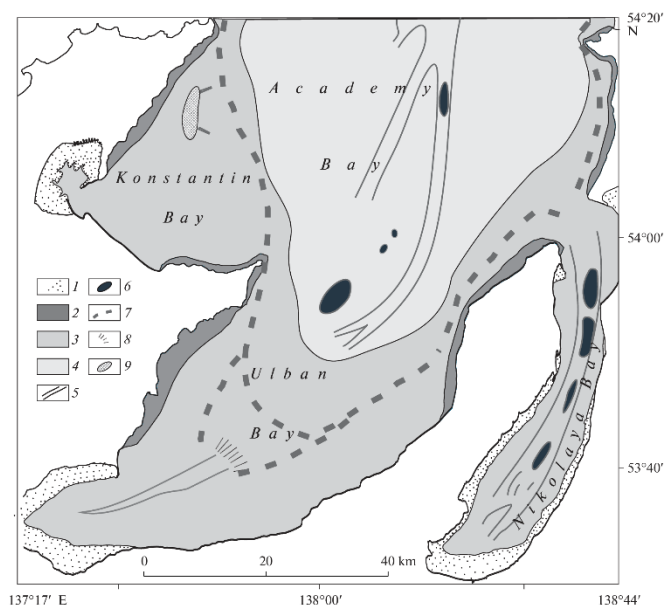


Рисунок 3.22 – Морфодинамические зоны залива Академии Охотского моря: 1 – зона осушки, 2 – абразионно-эрозионная зона, 3 – эрозионно-аккумулятивная зона, 4 – аккумулятивно-денудационная зона, 5 – эрозионные долины, 6 – эрозионные впадины, 7 – древние береговые линии, 8 – конус выноса, 9 – плоскодонные впадины

3.23 Палеоценовые отложения возвышенности Ямато (Японское море) и условия их образования

к.г.-м.н. Е.П. Терехов, д.г.-м.н. И.Б. Цой

Самые древние кайнозойские отложения в Японском море установлены на возвышенности Ямато, их возраст и генезис до сих пор является дискуссионным. При дополнительном микропалеонтологическом исследовании этих отложений был выделен палинокомплекс, позволивший обосновать их возраст поздним палеоценом (59,2-56,0 млн лет). Находки исключительно морских микроископаемых (единичные диатомеи и силикофлагелаты) в этих отложениях, высокое содержание в них индикаторов палеосолености (В, В/Ga), химический состав аутигенных минералов, а также присутствие в них органических образований, близких к морским водорослям, доказывает морской генезис этих отложений. Предполагается, что осадконакопление происходило на периферии эпиконтинентального мелководного морского бассейна в условиях климата, близкого к субтропическому. (Терехов Е.П., Маркевич В.С., Цой И.Б., Баринов Н.Н. Палеоценовые отложения возвышенности Ямато (Японское море) и условия их образования // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42, № 2. – С. 50-67. DOI: 10.30911/0207-4028-2023-42-2-50-67; переводная версия Terekhov E.P., Markevich V.S., Tsoy I.B., Barinov N.N. Paleocene Deposits of the Yamato Rise (Sea of Japan) and their Formation Conditions // Russian Journal of Pacific Geology. – 2023. – Vol. 17, No. 2. – P. 147-163. DOI: 10.1134/S1819714023020069).

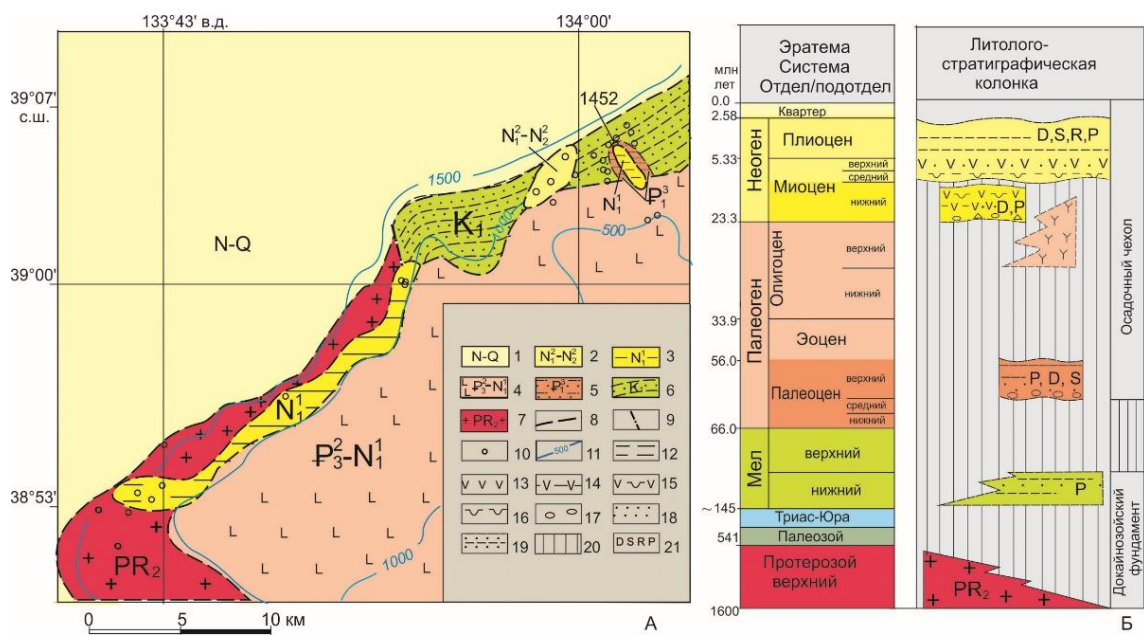


Рисунок 3.23 – Схематическая геологическая карта (А) и схема стратиграфии (Б) района исследования хребта Южное Ямато Японского моря: 1 – неоген-четвертичные отложения нерасчлененные; 2 – среднемиоцен-плиоценовые морские отложения; 3 – нижнемиоценовые континентальные (озерные) отложения; 4 – вулканиты позднеолигоцен-раннемиоценового возраста; 5 – верхнепалеоценовые осадочные породы; 6 – нижнемеловые осадочные породы; 7 – верхнепротерозойские амфиболиты и гнейсы; 8 – предполагаемые геологические границы; 9 – предполагаемые разломы; 10 – станции драгирования; 11 – изобаты; 12 – алевролиты, аргиллиты, алевроаргиллиты; 13 – туффиты; 14 – туфоалевролиты; 15 – туфодиадомиты; 16 – диатомиты; 17 – конгломераты; 18 – песчаники; 19 – алевропесчаники; 20 – предполагаемые стратиграфические перерывы; 21 – микрофоссилии: D – диатомеи, S – силикофлагеллаты, R – радиолярии, P – споры и пыльца

3.24 Вулканические комплексы и тектономагматические этапы эволюции Магеллановых гор (Тихий океан)

к.г.-м.н. В.Т. Съедин, д.г.н. С.П. Плетнев

Впервые на основе имеющихся определений изотопного возраста (122 датировки), биостратиграфических данных, а также материалов глубоководного бурения в эволюции гайотов Магеллановых гор выделены 5 крупных тектономагматических этапов: 1 – позднеюрско-раннемеловой (самый ранний мел – ~160-140 (?) млн лет); 2 – раннемеловой (поздний баррем (?)-апт-альбский – ~127-96 млн лет); 3 – позднемеловой (позднесеноман (?)-турон-раннекампанский – ~95-76 млн лет); 4 – позднемеловой (позднекампан-маастрихский ~74,5-66,0 млн лет); 5 – кайнозойский – ~66-0 млн лет. Каждый из них имеет разную продолжительность и сыграл различную роль в эволюции и формировании современной структуры гайотов. Тектономагматические этапы эволюции гайотов Магеллановых гор хорошо согласуются с палеогеографическими этапами осадконакопления этих структур. Эти этапы хорошо дополняют друг друга, что позволяет более обоснованно и корректно интерпретировать эволюцию гайотов Магеллановых гор. (Съедин В.Т., Плетнев С.П., Седышева Т.Е. Вулканические комплексы и тектономагматические этапы эволюции гайотов Магеллановых гор (Тихий океан). Сообщение 2: Тектономагматические этапы // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2023. – № 3, Вып. 59. – С. 67-86. DOI: 10.31431/1816-5524-2023-3-59-67-86).

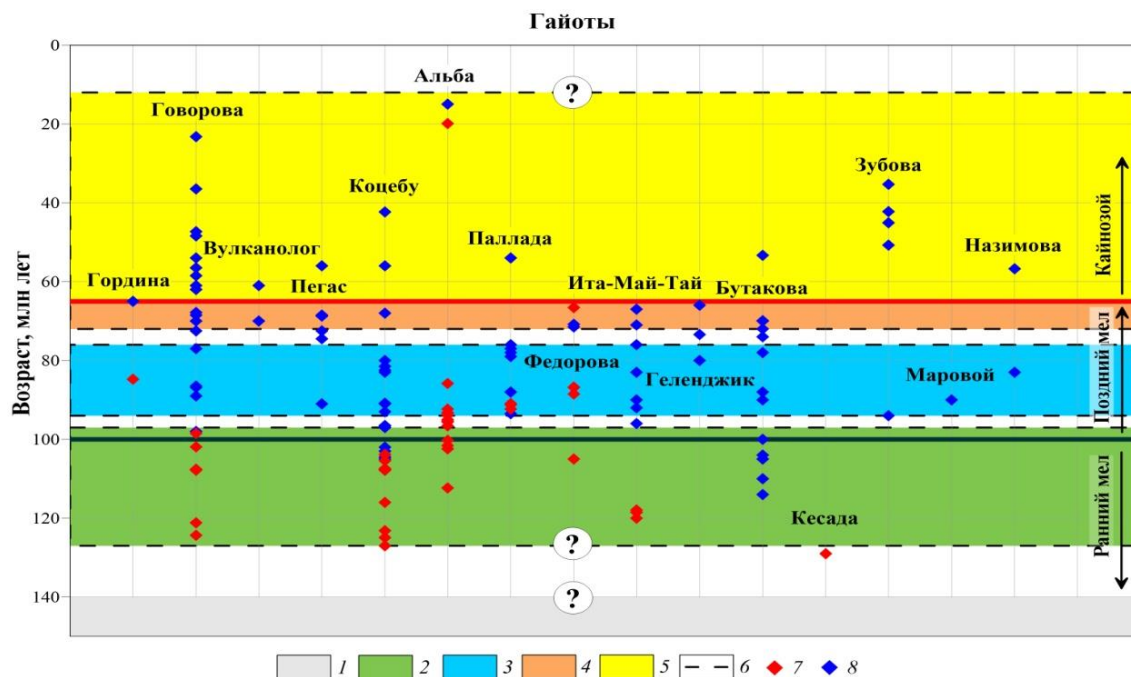


Рисунок 3.24 – Время проявления вулканизма и тектономагматические этапы на гайотах Магеллановых гор: 1-5 – тектономагматические этапы: 1 – позднеюрско-раннемеловой, 2 – раннемеловой (поздний баррем (?)-апт-альбский, 3 – позднемеловой (позднесенман (?)-турон-раннекампанский), 4 – позднемеловой (позднекампан-маастрихский), 5 – кайнозойский; 6 – границы этапов; 7 – определения, полученные Ar-Ar методом; 8 – определения K-Ar методом

3.25 Аутигенные минералы в фанерозойских вулканогенно-осадочных отложениях северной части зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану

д.г.-м.н. А.В. Можеровский

В породах фанерозойского возраста обнаружены аутигенные и сопутствующие минералы: корренсит и смешанослойный хлорит-сметтит (корренситоподобные), ректорит и смешанослойный иллит-сметтит (ректоритоподобные), хлорит, разбухающий хлорит (?), иллит, каолинит, смектит (?), кальцит, анкерит, барит, гипс, эпсомит, цеолиты (ломонтит, анальцим и стильбит), кристобалит и кварц. Выделены минеральные ассоциации: корренсит-хлорит, корренсит-хлорит-ломонтит, корренсит-эпсомит-аутигенный кальцит и кварц-иллит. Хлорит-корренситовая ассоциация может указывать на условия, благоприятные для испарения морской воды, а присутствие ломонтита в корренсит-хлоритовой ассоциации предполагает периодические поставки кальция в бассейны осадконакопления. Иллит-каолининовая ассоциация, вероятно, связана с угленакоплением в эпиконтинентальных условиях и теплым влажным климатом на близлежащей суше. Выявлены периоды в минералообразовании, возможно, связанные с происходившими глобальными климатическими событиями: 113-120, 110-113, 105-110, 93-95, 72-83, 61-72, 56-61 и 33-56 млн лет назад. (Можеровский А.В. Аутигенные минералы в фанерозойских вулканогенно-осадочных отложениях северной части зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2023. – № 3, Вып. 59. – С. 104-118. DOI: 10.31431/1816-5524-2023-3-59-104-118).

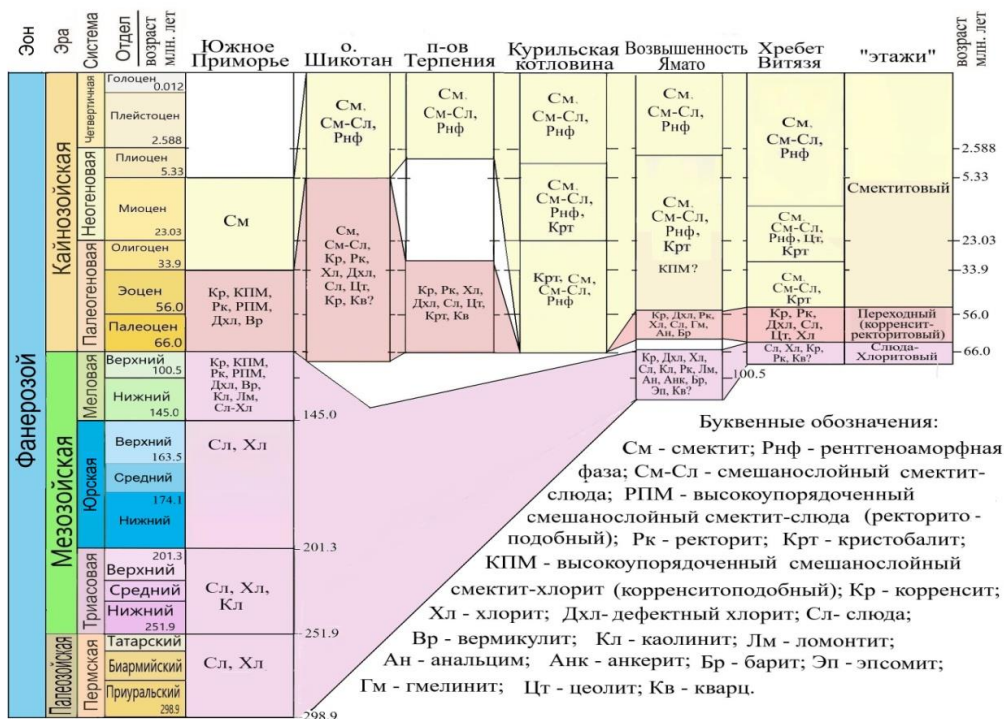


Рисунок 3.25 – Ассоциации аутигенных минералов в фанерозойских вулканогенно-осадочных отложениях северной части зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану

3.26 Индикаторная роль щелочно-базальтоидного вулканизма и вихревой геодинамики в происхождении алмазов нетрадиционного типа Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан

к.г.-м.н. Т.А. Емельянова, Н.С. Ли, к.г.-м.н. Ю.И. Мельниченко

Впервые поставлен вопрос о перспективности в отношении алмазов нетрадиционного генезиса Западно-Тихоокеанской зоны перехода после открытия месторождения алмазов в Австралии, связанных с позднекайнозойским лампроитовым вулканизмом. Тектономагматическая активизация зоны перехода осуществлялась под воздействием нижнемантийных плюмов – апофиз Африканского и Тихоокеанского суперплюмов, адиабатическое плавление которых приводило к вспышкам щелочно-базальтоидного вулканизма САВ и ОИВ-типа соответственно. Плюмовый апвеллинг и вихревая геодинамика способствовали выносу алмазов из зоны устойчивости (410-660 км). Источником углерода служили карбонатные толщи субдуктирующей плиты или сверхглубинные водородно-метановые газы. Корреляция геохимических особенностей щелочных базальтоидов САВ и ОИВ-типа показывает их схожесть с алмазоносными лампроитами и кимберлитами Австралии и Якутии. Из этого следует вывод: окраинные моря и окружающую их сушу можно рассматривать как объекты, перспективные на обнаружение мелких алмазов в местах проявления ОИВ вулканизма, а более масштабных скоплений крупных кристаллов – в областях активизации древних платформ и проявления САВ вулканизма. (Емельянова Т.А., Ли Н.С., Мельниченко Ю.И. Индикаторная роль щелочно-базальтоидного вулканизма и вихревой геодинамики в происхождении алмазов нетрадиционного типа Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2023. – № 2. – С. 4-18. DOI: 10.17308/geology/1609-0691/2023/2/4-18).

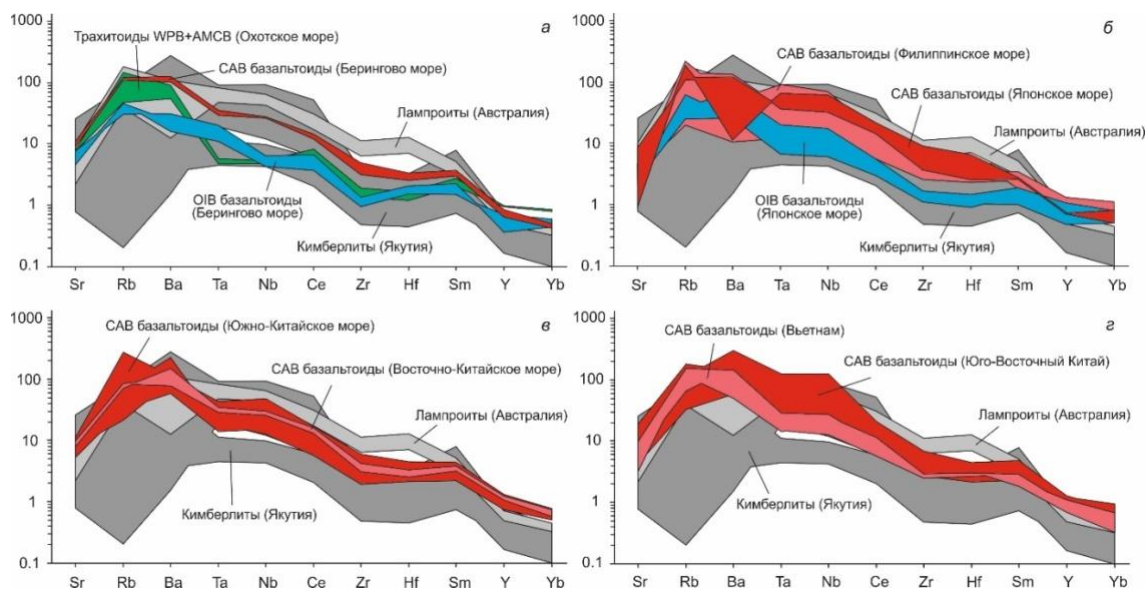


Рисунок 3.26 – Многокомпонентные диаграммы редких элементов для щелочных базальтоидов окраинных морей (а, б, в) и некоторых районов прилегающей суши (г)

3.27 Геодинамика тектонических структур центрального типа островов залива Петра Великого (Японское море)

д.г.-м.н. Л.А. Изосов, к.г.-м.н. Е.А. Бессонова, д.ф.-м.н. Е.Б. Осипова, к.г.-м.н. Т.А. Емельянова, Н.С. Ли

В статье представлены крупномасштабные космогеологические карты нового поколения, основанные на современных методах – дешифрировании космофотоматериалов с высокой степенью разрешения. Основой для составления карт послужили также оригинальные данные по исследованию авторами геологического строения островов Русский и Рикорда, расположенных в зал. Петра Великого в Японском море (рисунок 3.27). В результате в пределах данных островов были установлены многочисленные структуры центрального типа, проявленные в рельефе при распаде литосферных вихрей, возникавших в процессе сдвигообразования при длительном развитии мощной левосдвиговой зоны. Формирование этой зоны началось в перми, активно проявилось в мезозое, а затем в кайнозое, когда формировались западно-тихоокеанские окраинные моря. Литосферные вихри отражают глубинные литоциклоны и литоантициклоны – «восходящие» и «нисходящие» структуры. Впервые это было подтверждено механико-математическим моделированием механизма вертикальных движений корово-мантийного вещества – в режиме «купола» и в режиме «прогиба». (Изосов Л.А., Бессонова Е.А., Осипова Е.Б., Емельянова Т.А., Ли Н.С. Проблемы геодинамики тектонических структур центрального типа островов залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. – 2023. – № 5. – С. 101-116. DOI: 10.37102/0869-7698_2023_231_05_6).

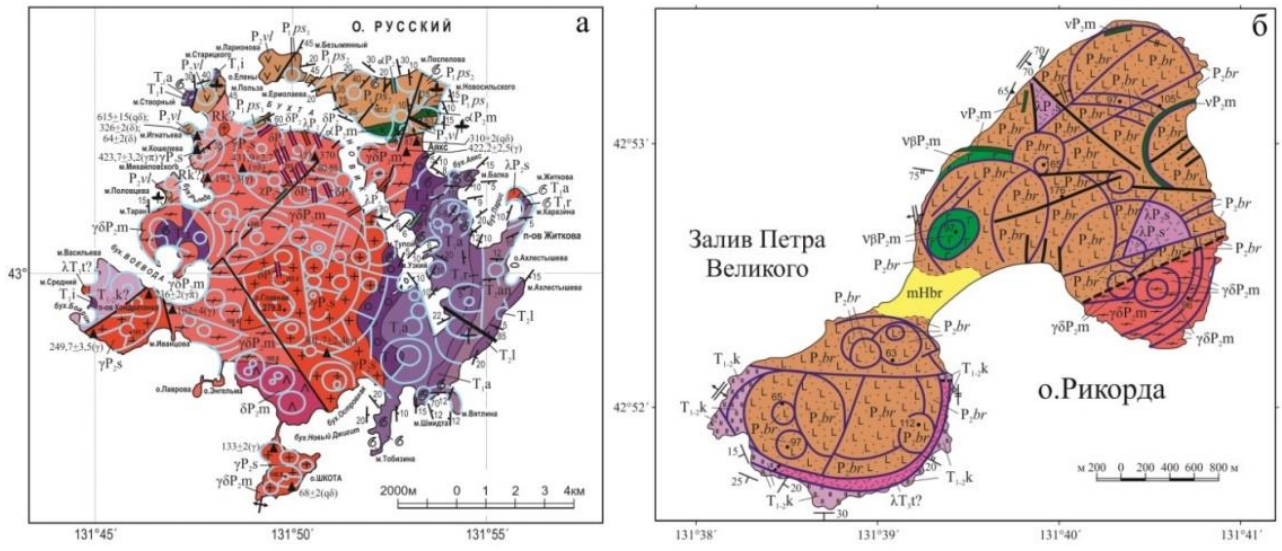


Рисунок 3.27 – Космогеологические карты нового поколения о. Русский (а) и Рикорда (б) с многочисленными структурами центрального типа [Изосов и др., 2017]

Тема 4 «Газогеохимические поля Мирового океана, геодинамические процессы и потоки природных газов, влияющие на формирование геологических структур с залежами углеводородов и аутигенной минерализации»

Научный руководитель – д.г.-м.н. А.И. Обжиров

Регистрационный номер 121021500055-0

4.1 Литолого-газогеохимические особенности распределения углеводородных газов Восточно-Сибирского моря

д.г.-м.н. А.И. Гресов, к.г.-м.н. А.В. Яцук

В работе впервые представлены данные о литолого-газогеохимических исследованиях западной части Восточно-Сибирского моря. Рассмотрены основные факторы формирования и распределения гранулометрического состава, водно-физических свойств, органической насыщенности, концентраций и геохимических показателей углеводородных газов донных отложений. Установлено, что осадки северной и центральной частей района исследований представлены алевритопелитами, южной – алевритопелит-псаммитами с вариациями показателей $C_{орг}$ – 0,6-2,0%, естественной влажности и плотности – 18-43% и 1,5-2,0 г/см³, открытой пористости – 17-33%, концентраций метана и его гомологов – 0,001-5,934 и 0,00003-0,0312 см³/кг, молекулярной массы УВ-фракции, коэффициентов «влажности», «сухости» и преобразованности УВ-фракции 16,05-22,6 г/моль, 0,2-51%, 1-1999, 0,2-50,8 и $\delta^{13}C-CH_4$ (-82,7...-38,4‰). Формирование УВ-аномалий в осадках связано, в основном, с их коллекторскими свойствами, содержаниями $C_{орг}$ и глубинами их опробования (рисунок 4.1), а также с комплексным влиянием геологических факторов. (Гресов А.И., Яцук А.В., Аксентов К.И. Литологический состав и углеводородные аномалии донных отложений западной части Восточно-Сибирского моря // Литология и полезные ископаемые. – 2023. – № 1. – С. 21-37. DOI: 10.31857/S0024497X23010020; переводная версия Gresov A.I., Yatsuk A.V., Aksentov K.I. Lithological Composition and Hydrocarbon Anomalies of Bottom Sediments in the Western Part of the East Siberian Sea // Lithology and Mineral Resources. – 2023. – 58(1). – P. 16-31. DOI: 10.1134/S0024490223010029).

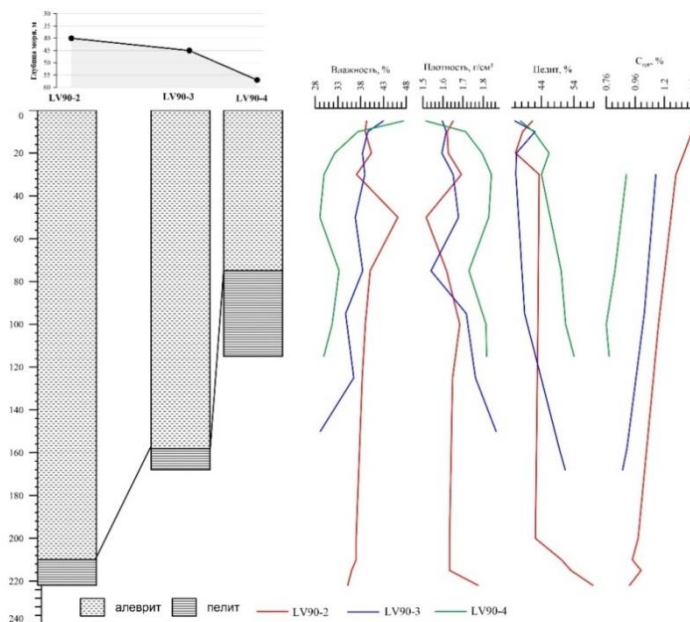


Рисунок 4.1 – Распределение литологических характеристик западного сектора Восточно-Сибирского моря на профиле с юга (LV90-2) на север (LV90-4)

4.2 Исследование углефтегазоносности осадочных бассейнов и геоструктур центральной и западной частей Восточно-Сибирского моря

д.г.-м.н. А.И. Гресов, к.г.-м.н. А.В. Яцук

В результате обработки данных газового опробования керн скважин и донных осадков центральной и западной частей шельфа Восточно-Сибирского моря установлено, что газовый состав изученных литотипов представлен сингенетическими, эпигенетическими и полигенетическими углеводородными газами различного генезиса. Установлено 11 генетических групп углеводородных газов, которые по своим показателям достаточно близки к их аналогам в Лено-Вилюйском, Иркутском, Верхне-Буреинском, Анадырском, Сахалинском и Охотоморском осадочных бассейнах Востока России. На основе полученных данных оконтурены прогнозные площади распространения нефтегазоносных формаций и выполнена газогеохимическая оценка нефтегазоперспективности района исследований (рисунок 4.2). (Гресов А.И., Яцук А.В. Газогеохимические показатели углефтегазоносности осадочных бассейнов и геоструктур центральной и западной частей Восточно-Сибирского моря // Геология нефти и газа. – 2023. – № 1. – С. 95-110. DOI: 10.31087/0016-7894-2023-1-95-110).

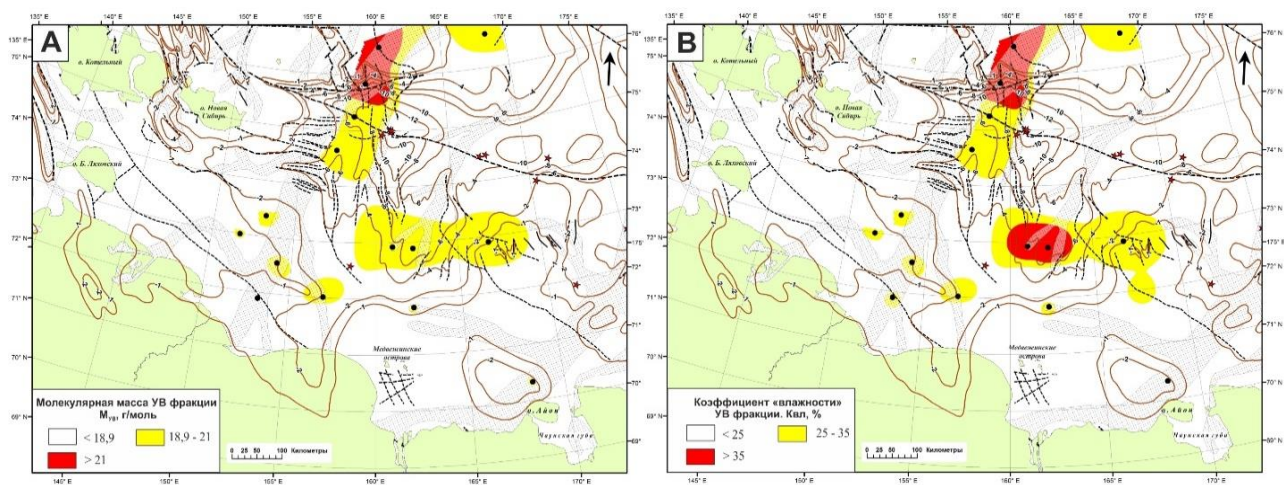


Рисунок 4.2 – Схематическая карта распределения УВ-газов прогнозных высокоперспективных и перспективных нефтегазовых и газонефтяных залежей западной части ВСМ по данным газогеохимических показателей M_{UV} (А) и K_{UV} (В)

4.3 Газогеохимические исследования Лаптево-Сибироморской переходной зоны восточно-арктического шельфа

д.г.-м.н. А.И. Гресов, к.г.-м.н. А.В. Яцук

Проведены газогеохимические исследования донных осадков Лаптево-Сибироморской зоны восточно-арктического шельфа РФ. Изотопно-геохимические показатели свидетельствуют о доминировании в осадках эпигенетических углеводородных газов различных газоматеринских источников. Концентрации метана до $8,3 \text{ см}^3/\text{кг}$ и суммы его гомологов – до $0,026 \text{ см}^3/\text{кг}$ указывают на формирование УВ-аномалий, превышающих критерии аномальности для осадков арктического шельфа в 166 и 26 раз (рисунок 4.3). Основными геологическими факторами формирования и распределения аномалий в донных осадках зоны являются высокая газоносность подстилающих отложений и газоматеринских источников, складчатая и разрывная тектоника, геоструктурное положение, сейсмоактивность и глубина залегания источников образования углеводородных газов. (Gresov A.I., Yatsuk A.V. Geochemical Anomalies of Hydrocarbon Gases in Bottom Sediments of Geostructures of the Laptev-

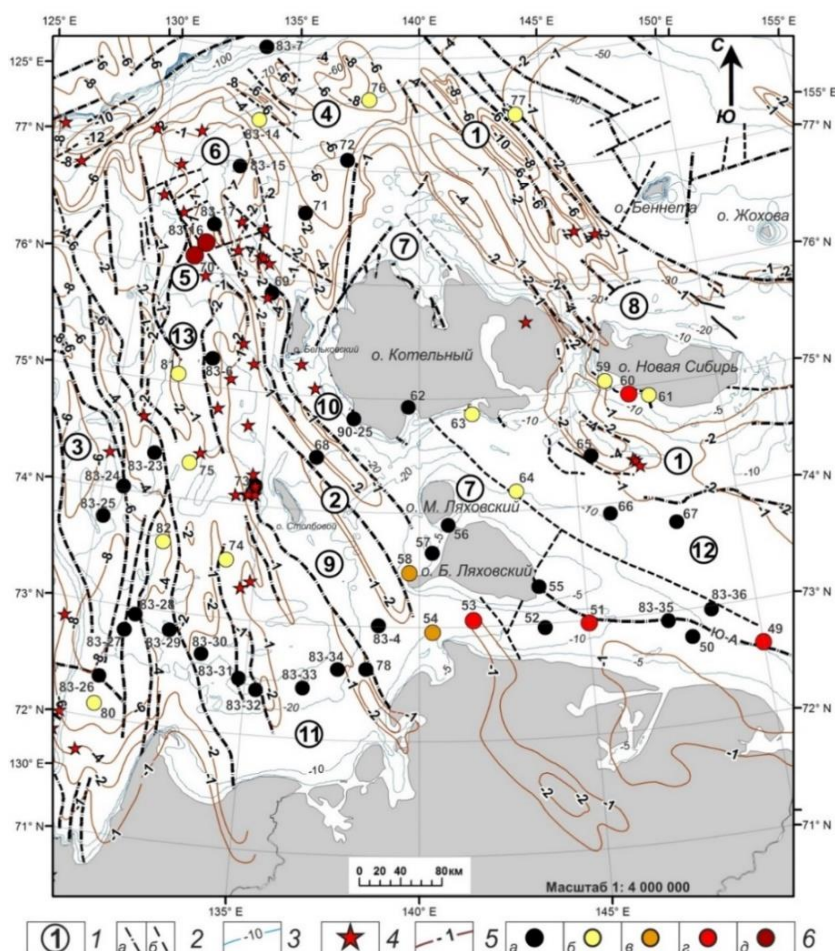


Рисунок 4.3 – Структурно-тектоническая карта района исследований: 1 – основные геоструктуры (1-13); 2 – тектонические нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые; 3 – изобаты, м; 4 – эпицентры землетрясений; 5 – изогипсы мощности осадочного чехла, км; 6 – донные станции с концентрациями УВГ в осадках: <0,05 (а), 0,05-0,25 (б), 0,25-0,50 (в), 0,50-1,00 (г) и >1,00 см³/кг (д)

4.4 Газо- и литохимические исследования осадочных отложений Татарского трога (Японское море)

д.г.-м.н. Шакиров Р.Б., к.г.-м.н. А.В. Яцук, А.В. Сорочинская, Д.С. Максеев

Исследования осадков в пределах Татарского трога с помощью газогеохимического метода позволили выявить участки с аномальными и повышенными содержаниями углеводородных газов (УВГ) по краям глубоководной впадины и в ее центральной части. Уровень концентраций УВГ, характер их распределения и термобарический фактор позволяют предположить наличие газогидратов в данном районе. Литогеохимическое изучение поверхностных донных осадков, вмещающих УВГ, показало, что они представлены, в основном, алевритовыми разностями и по величинам модулей Страхова, алюмокремниевого модуля и отношения Zr/Hf характеризуются как типично терригенные без существенного гидротермального влияния. Установлено, что в зонах газовых аномалий наблюдаются повышенные концентрации Mn, Sc, V, Co, Ni, Cu, As, Se, Mo, Cd, Sb, Te, Tl, U, коэффициенты концентрирования которых в 1,3-5,9 раза превышают аналогичные их значения на других

донных станциях. Причиной этому являются, очевидно, постседиментационные изменения в осадках, связанные с поступлением в осадки флюидов, формирование специфических гидрогазогеохимических условий, что способствует накоплению ряда элементов. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности проведения детализационных комплексных литолого-газогеохимических и нефтегазопроисловых исследований в пределах Татарского трога Японского моря в целях развития минерально-сырьевой базы России. (Шакиров Р.Б., Яцук А.В., Сорочинская А.В., Аксентов К.И., Максеев Д.С. Газогеохимические аномалии в осадках Татарского трога (Японское море) // Доклады российской академии наук. Науки о земле. – 2023. – Т. 513, № 2. – С. 271-277. DOI: 10.31857/S2686739723601540; переводная версия Shakirov R.B., Yatsuk A.V., Sorochinskaya A.V., Aksentov K.I., Makseev D.S. Gas Geochemical Anomalies in Bottom Sediments of the Tatar Trough (Sea of Japan) // Doklady Earth Sciences. – 2023. – Vol. 513, No. 2. – P. 1379-1384. DOI: 10.1134/S1028334X23602171).

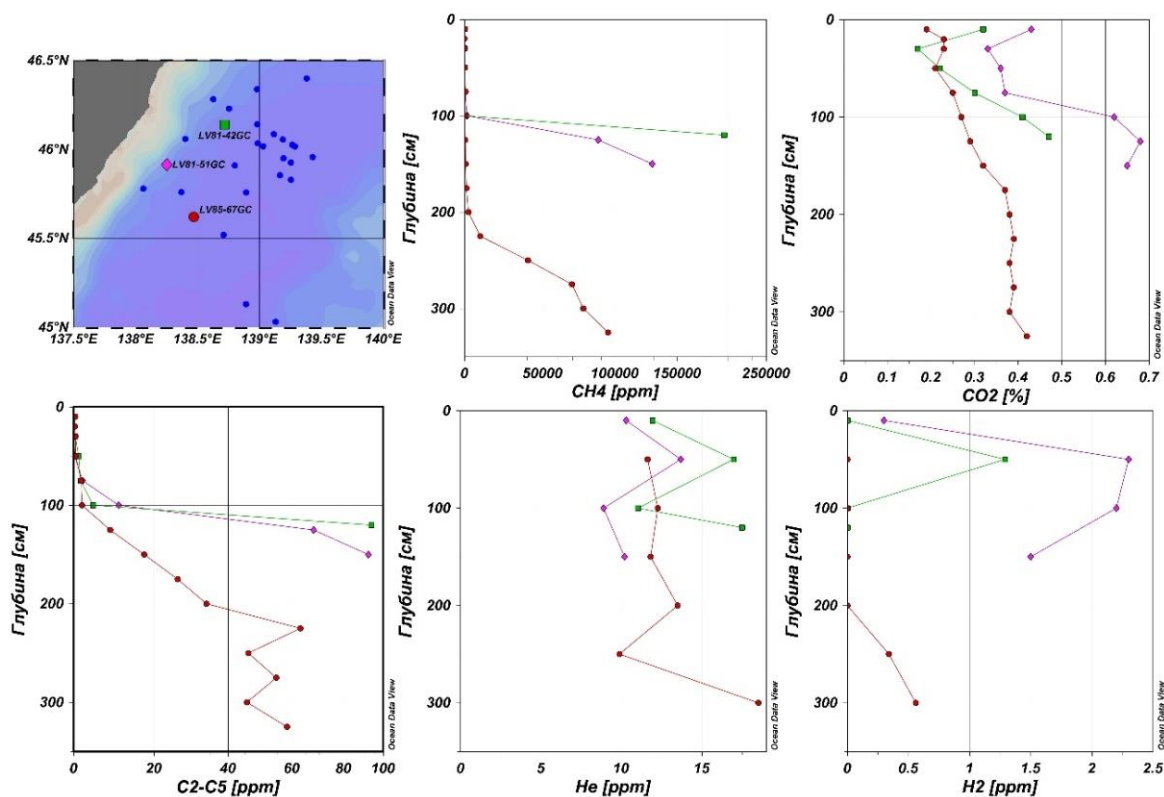


Рисунок 4.4 – Графики распределения основных газовых компонентов по колонкам с аномальным содержанием метана и его гомологов в Татарском троге, Японское море

4.5 Комплексные геолого-геофизические исследования по обоснованию внешней границы континентального шельфа России в Охотском и Восточно-Сибирском морях (2006-2009 гг.): обзор

д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, к.г.-м.н. Е.В. Мальцева, А.Л. Веникова, к.г.-м.н. Н.Л. Соколова, д.г.-м.н. А.И. Гресов

В работе отражены результаты комплексных геолого-геофизических исследований глубинного строения морского дна по профилям «Магадан – Южные Курилы» (2-ДВ-М), «Шантарские острова – Северные Курилы» (1-ОМ) и «Мыс Биллингса – внешняя граница континентального шельфа» (5-АР), выполненных в 2006-2009 гг. в рамках государственной программы экспедиционных работ по обоснованию суверенного права Российской Федерации

на континентальный шельф в Охотском и Восточно-Сибирском морях. ТОИ ДВО РАН совместно с ФГУНПП «СЕВМОРГЕО» являлся основным исполнителем экспедиционных работ. В результате комплексных геолого-геофизических экспедиций в Охотском море установлено, что анклав за пределами 200-мильной зоны в центральной части акватории по геологическому строению не отличается от сопредельных с ней частей и является естественным продолжением обрамляющих геологических структур фундамента. Охарактеризованы перспективы нефтегазоносности и поиска газогидратов в ранее не изученных геоструктурах. Фактический материал и доказательства, полученные на его основе, стали достаточными для успешного обоснования заявки РФ в ООН. 11 марта 2014 г. анклав международных вод в Охотском море был юридически закреплен за Российской Федерацией. Исследования в Восточно-Сибирском море позволили получить огромный фактический материал по литологии, геохимии и газовому потенциалу донных отложений этого района, который позволяет усилить работы по направлению ВГКШ в Арктике. (Шакиров Р.Б., Мальцева Е.В., Веникова А.Л., Соколова Н.Л., Гресов А.И. Комплексные геолого-геофизические исследования по обоснованию внешней границы континентального шельфа России в Охотском и Восточно-Сибирском морях (2006-2009 гг.): обзор // Геосистемы переходных зон. – 2023. – Т. 7, № 3. – С. 264-275. DOI: 10.30730/gtr.2023.7.3.264-275; переводная версия Shakirov R.B., Maltseva E.V., Venikova A.L., Sokolova N.L., Gresov A.I. Complex geological and geophysical studies on substantiation of the outer limits of the Russian continental shelf in the Sea of Okhotsk and East Siberian Sea (2006-2009): Review // Geosystems of Transition Zones. – 2023. – Vol. 7, No. 3. – P. 264-275. DOI: 10.30730/gtr.2023.7.3.264-275).

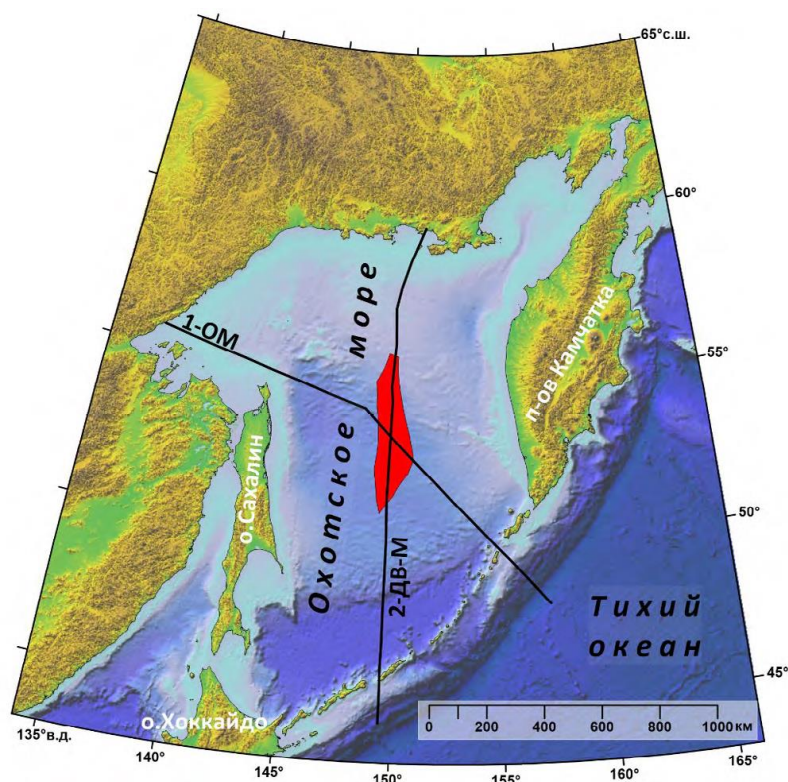


Рисунок 4.5 – Анклав в центральной части Охотского моря (до 2014 г.) с опорными профилями 2-ДВ-М и 1-ОМ, выполненными в экспедициях 2006-2009 гг. на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» совместно ТОИ ДВО РАН – ФГУНПП «СЕВМОРГЕО»

4.6 Геохимия аутигенной сульфидной минерализации бассейнов Намконсон и Фухань Южно-Китайского моря

Исследованы минералогические аспекты формирования аутигенных сульфидов в нефтегазовых бассейнах Намкомсон и Фухань Южно-Китайского моря (рисунок 4.6). Установлен смешенный тип формирования аутигенных сульфидов, включающий в себя гидротермальные и диагенетический с малой долей гидротермальных процессов. Гидротермальная природа пирита отмечается на некоторых станциях вблизи разломных структур юго-западной части Южно-Китайского моря, что может свидетельствовать об активности разломов на момент формирования сульфидов. Характер поведения микроэлементов пиритовых образований говорит о существенном влиянии разломов бассейнов. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что изучение геохимии пирита позволяет установить влияние разломов не только на сами минералы, но и на преобразование нефтегазовых проявлений Южно-Китайского моря. (Калгин В.Ю., Якимов Т.С., Федоров С.А., Легкодимов А.А., Демина Л.А. Геохимия аутигенной пиритовой минерализации бассейнов Намкомсон и Фухань Южно-Китайского моря по данным рейса 88 «Академик Лаврентьев» // Известия Томского политехнического университета. – 2023. – Т. 334, № 4. – С. 185-194. DOI: 10.18799/24131830/2023/4/3981).

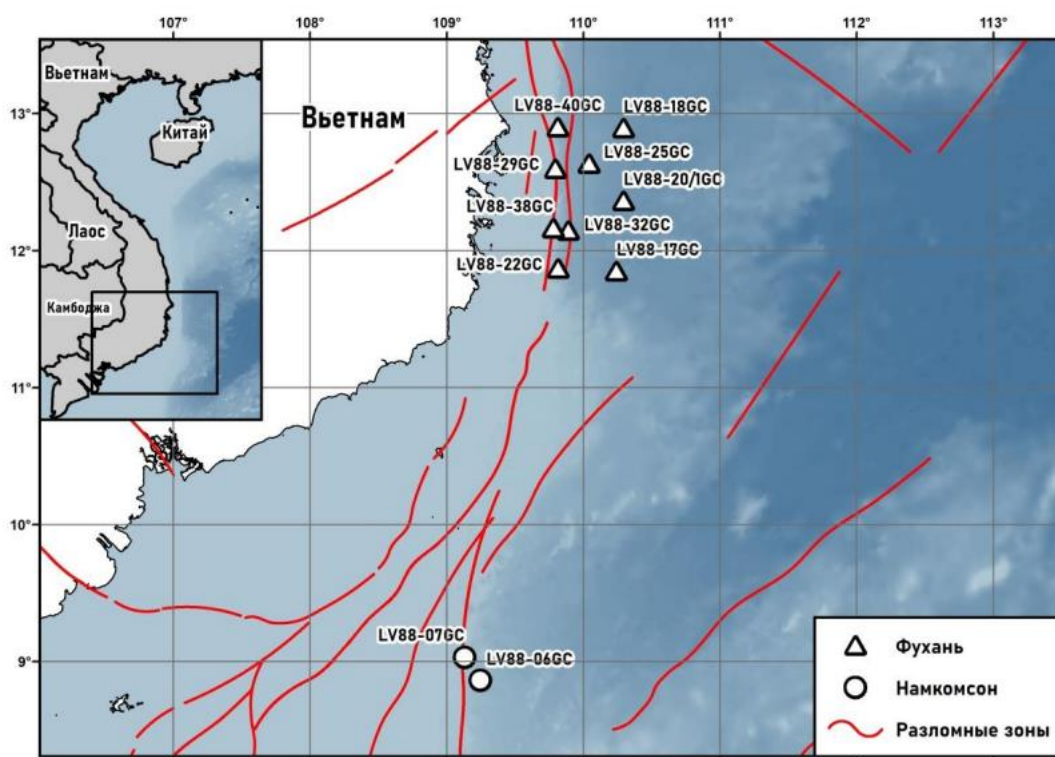


Рисунок 4.6 – Схема станций пробоотбора донных отложений на акватории Южно-Китайского моря

Тема 5 «Технологии дистанционного зондирования Земли и наземных измерительных систем в комплексных исследованиях динамических явлений в океане и атмосфере»

Научные руководители – к.ф.-м.н. П.А. Салюк, д.ф.-м.н. М.С. Пермяков
Регистрационный номер 121021500054-3

5.1 Оптимальные радиусы выборки данных глобальной сети локализации молний для климатологии грозовой активности на юге Дальнего Востока России

д.ф.-м.н. М.С. Пермяков, к.г.н. Т.И. Клещева, к.г.н. Е.Ю. Поталова

На основе данных наблюдений на 34 метеостанциях на юге Дальнего Востока России и данных Всемирной сети локализации молний (*World Wide Lightning Location Network, WWLLN*) за 2009-2018 гг. получены оптимальные радиусы, которые могут быть использованы для расчетов климатологических характеристик полей грозовой активности. Оптимальный радиус – радиус круга выборки данных WWLLN для каждой метеорологической станции, при котором критерии соответствия числа дней с грозами по метеонаблюдениям и по данным WWLLN достигают экстремальных значений. Использовались два критерия, основанные на расчете для разных радиусов выборки матриц сопряженности. Показано, что оптимальные радиусы для разных метеостанций варьируют в пределах от 5 до 39 км при среднем значении 23 км. При этом отмечены различия их значений для ночного и дневного времени суток, а также для материковых, прибрежных и островных станций. С учетом изменчивости оптимальных радиусов данные WWLLN отражают основные региональные особенности внутригодового хода числа дней с грозой (рисунок 5.1), а также позволяют идентифицировать отдельные грозы, в том числе неотмеченные в сводках погоды. (*Permyakov M.S., Kleshcheva T.I., Potalova E.Yu. Optimal radii for data of the World Wide Lightning Location Network sampling in climatology of thunderstorm activity // Theoretical and Applied Climatology. – 2023. – Vol. 153, Iss. 1-2. – P. 35-47. DOI: 10.1007/s00704-023-04468-3*).

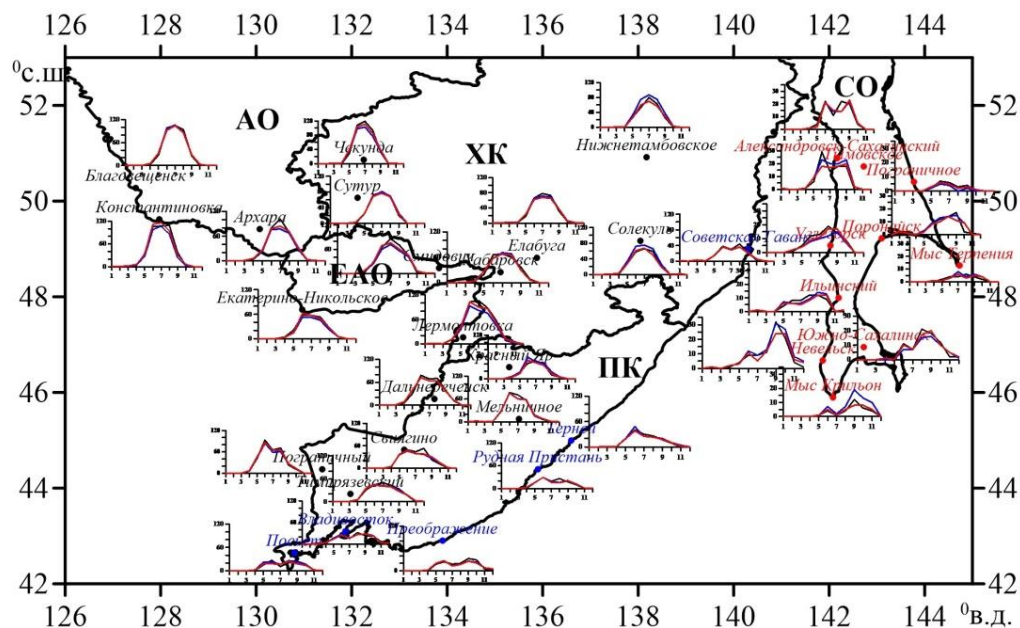


Рисунок 5.1 – Внутригодовая изменчивость общего количества дней с грозой и дней с грозами за период 2009-2018 гг. Черная линия – по данным метеостанций, синие и красные линии – по данным WWLLN, выбранных в кругах оптимальных радиусов, полученных двумя методами; точки – расположение станций

5.2 Мультисенсорные спутниковые измерения и современные реанализы высокого разрешения в исследованиях экстремальных морских погодных систем над тихоокеанской Арктикой

к.г.н. И.А. Гурвич, к.г.н. М.К. Пичугин, А.В. Баранюк

Продолжены и расширены исследования активизации мезомасштабного циклогенеза в тихоокеанской Арктике в результате сокращения ледяного покрова. Показана высокая эффективность использования всех доступных мультисенсорных спутниковых измерений с дискретностью 70 мин (идентификация полярных мезоциклонов – PL) и 130 мин (определение скорости ветра) совместно с реанализами нового поколения. На инфракрасных спутниковых изображениях выявлена интенсивная мезоциклоническая деятельность над морями Чукотским и Бофорта в октябре 2017 г. в условиях аномально низкой ледовитости. Дан сравнительный анализ траекторий и получено распределение скорости ветра в PL по спутниковым данным и реанализам ERA5, MERRA-2 и CFSv2. Показан вклад реанализов в анализ эволюции и оценку интенсивности экстремального PL со скоростью ветра более 30 м/с, редкого для тихоокеанской Арктики. Показана хорошая согласованность между воспроизведенной реанализами медианной скоростью ветра и спутниковыми измерениями, но значительная недооценка (на 15-23%) экстремальной скорости ветра. В этой связи сделан вывод о необходимости разработки регионального реанализа, учитывающего мезомасштабные атмосферные и океанические процессы. (*Gurvich I., Pichugin M., Baranyuk A. Satellite Multi-Sensor Data Analysis of Unusually Strong Polar Lows over the Chukchi and Beaufort Seas in October 2017 // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15, No. 1. – Art. no. 120. DOI: 10.3390/rs15010120*).

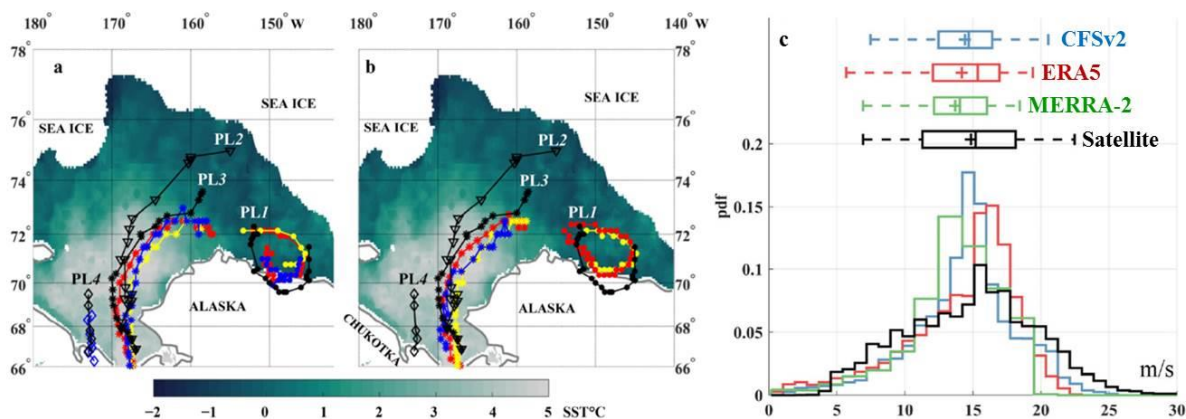


Рисунок 5.2 – Траектории PL1 (кружки), PL2 (треугольники), PL3 (звездочки) и PL4 (ромбы), полученные из спутниковых измерений (черный) и относительной завихренности из реанализов ERA5 (красный), MERRA-2 (желтый) и CFSv2 (синий) в полях 850 гПа (а), и атмосферного давления на уровне моря (б); функция плотности вероятности и диаграммы скорости ветра по данным ERA5, MERRA-2, CFSv2 и спутниковых измерений в радиусе 300 км от центра полярного мезоциклона (с). Поле температуры морской поверхности (цветовая шкала) – на 19 октября 2017 г.

5.3 Анализ воздействия опасных природных явлений на систему поверхность-атмосфера на основе комплексного анализа спутниковых пассивных и активных микроволновых измерений

д.ф.-м.н. М.Л. Митник, А.В. Баранюк, к.т.н. М.Л. Митник

Выполнен комплексный анализ дистанционных и наземных измерений над дальневосточными морями и земными покровами при воздействии на них тайфунов в 2022 и 2023 гг. Состояние морской и земной поверхности и атмосферы оценивалось по данным

спутниковых микроволновых радиометров AMSR2, GMI и МТВ3А-ГЯ, скактерометров, изображениям облачности и показаниям радиозондов. Мониторинг наводнения и ход дождевого паводка определялись по изображениям спутниковых РСА над районами бедствий, полученными при активации Хартии по катастрофам. (Митник Л.М., Баранюк А.В., Митник М.Л. Тайфун Хиннамнор (2022): воздействие на дальневосточные моря, Приморский и Хабаровский края по данным активного и пассивного микроволнового зондирования из космоса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20, № 6. – С. 336-345. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-6-336-345).

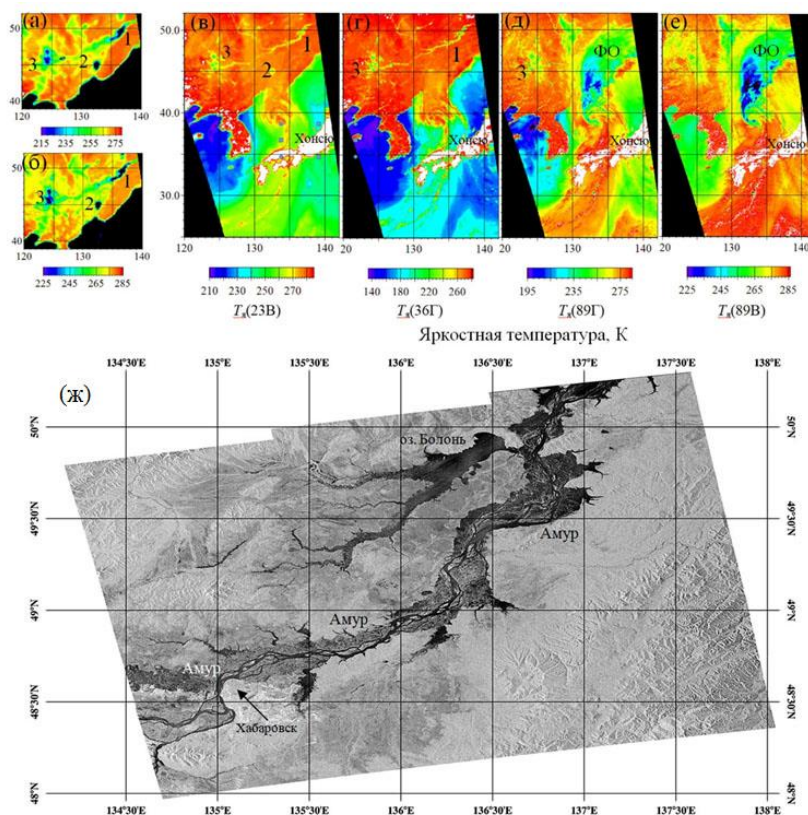


Рисунок 5.3 – Тайфун Хиннамен над Японским морем и Приморским и Хабаровским краями по измерениям микроволнового радиометра AMSR2 со спутника GCOM-W1 в 03:46 UTC 6 сентября (а-е) и водосбор р. Амур на изображении РСА со спутника Sentinel- 8 сентября 2022 года (ж). Яркостные температуры на частотах 6,9 (а), 10,6 (б), 23,8 (в), 36,5 (г) и 89 ГГц на горизонтальной (д) и вертикальной (е) поляризациях; 1 – р. Амур, 2 – оз. Ханка, 3 – влажная почва и пятна воды, ФО – фронт окклюзии

5.4 Развитие методов комбинированной лазерной искровой спектроскопии жидких сред

к.ф.-м.н. А.В. Буланов, к.ф.-м.н. В.А. Крикун

Проведено обобщение исследований, приведших к созданию комбинированного ультразвукового и оптического спектроскопического анализатора жидких сред. Описаны эксперименты по исследованию лазерного пробоя (образование низкотемпературной плазмы) в жидкости в поле мощного ультразвука, в результате которых были получены экспериментальные данные об оптической эмиссии при различных режимах пробоя в воде: поверхностного, в толще воды и смешанного. Был выявлен эффект существенного отличия порогов лазерного разрыва жидкости в присутствии ультразвука для морской и пресной воды.

Экспериментально выявлено, что при варьировании задержки и экспозиции регистрируется различный вклад ультразвука в динамику интенсивности спектральных линий кислорода и калия. Полученные результаты позволили сформулировать основные принципы создания метода комбинированной ультразвуковой лазерной искровой спектроскопии и создать компактный комплекс, прошедший апробацию в морских экспедициях в рейсах № 81 НИС «Профессор Гагаринский» в Японском море и № 52 НИС «Академик Борис Петров» в Атлантическом океане и плюме р. Амазонка. (Буланов А.В., Салюк П.А., Крикун В.В., Липинская Н.А. Автоматизированный комплекс для исследования оптических и гидрологических характеристик верхнего слоя моря при измерениях *in situ* проточным методом // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 1(43). – С. 14-22. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_43_01_02. Буланов А.В. Ультразвуковая лазерно-искровая спектроскопия для оперативного анализа химических элементов в морских акваториях // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 4(46). – С. 70-77. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_46_04_07).

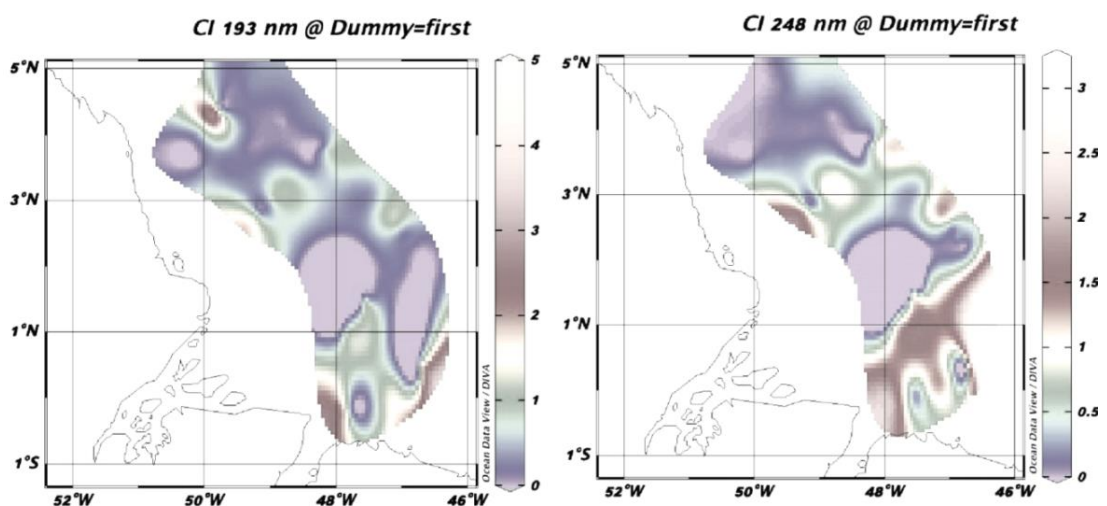


Рисунок 5.4 – Распределение интенсивности атомарных линий углерода CI 193 нм и CI 248 нм, полученных в Атлантическом океане (рейс № 52 на НИС «Академик Борис Петров»)

5.5 Анализ глубины фотического слоя в северо-западной части моря Уэдделла

к.ф.-м.н. П.А. Салюк

Проанализировано пространственное распределение глубины фотического слоя в северо-западной части моря Уэдделла в антарктический летний сезон 2021-2022 гг., и проведен анализ с гидрооптическими характеристиками. Глубина фотического определена из измерений вертикального профиля фотосинтетически активной радиации. Обнаружен район экстремально большой глубины фотического слоя в бассейне Пауэлла, что связано с низкими показателями ослабления света в данном регионе. Полученный результат важно учитывать в региональных моделях по оценке первичной продукции и оценке теплосодержания приповерхностного слоя моря в Южном океане. (Латушкин А.А., Салюк П.А., Суслин В.В., Мартынов О.В. Региональный алгоритм расчета толщины фотического слоя из вертикального профиля показателя ослабления направленного света на примере северо-западной части моря Уэдделла // Океанология. – 2023. – Т. 63, № 4. – С. 628-633. DOI: 10.31857/S0030157423040081; переводная версия Latushkin A.A., Salyuk P.A., Suslin V.V., Martynov O.V. A regional algorithm for calculating the thickness of the photic zone from the vertical

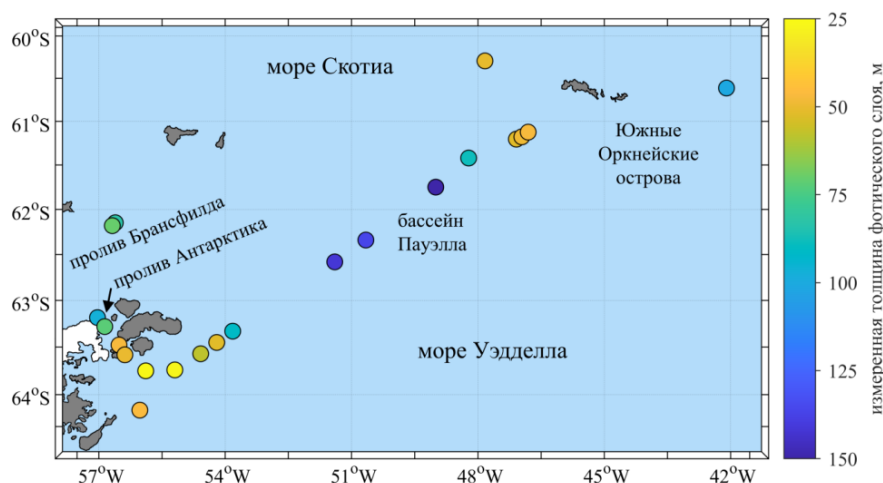


Рисунок 5.5 – Схема расположения океанографических станций и толщина фотического слоя Зеу, рассчитанная по данным прямых *in situ* измерений профилей ФАР

5.6 Анализ распространения плуема реки Амазонка по гидрооптическим характеристикам

Н.А. Липинская, к.ф.-м.н. П.А. Салюк, к.ф.-м.н. А.В. Буланов

Проанализированы биооптические характеристики в ближней зоне (менее 500 км) распространения плуема р. Амазонка в Атлантическом океане: интенсивность флуоресценции хлорофилла-а и интенсивность флуоресценции окрашенных растворенных органических веществ, которые были откалиброваны на концентрацию хлорофилла-а и на единицы хирина сульфата (QSU), в $\text{мг}/\text{м}^3$. По анализируемым характеристикам отмечены границы плуема как по горизонтали, так и вертикали. Полученные данные предполагается использовать для дальнейшего комплексного численного анализа распространения вод плуема р. Амазонка в дальние зоны Атлантического океана (более 1000 км). (*Morozov E., Zavalov P., Zamshin V., Moller O., Frey D., Zuev O., Seliverstova A., Bulanov A., Lipinskaya N., Salyuk P., Chvertkova O., Nemirovskaya I., Krechik V., Chultsova A. Spreading of the Amazon River plume // Russian Journal of Earth Sciences. – 2023. – Vol. 23, No. 4. – Art. no. ES4006. DOI: 10.2205/2023ES000863.*)

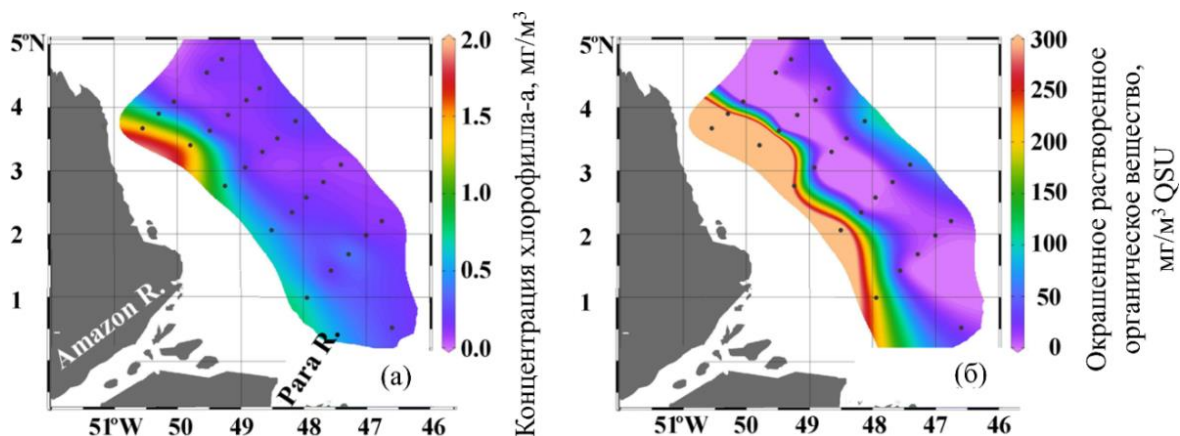


Рисунок 5.6 – Пространственное распределение биооптических оценок концентрации хлорофилла-а (а) и окрашенных растворенных органических веществ (б)

5.7 Анализ оптических характеристик в проливе Антарктика в январе 2022 г.

к.ф.-м.н. П.А. Салюк, Н.А. Липинская

По анализу горизонтального и вертикального распределения гидрооптических и гидрологических характеристик было определено наличие мезомасштабного антициклонического вихря в южной части пролива Антарктика. Определено, что контрасты, за счет которых данный вихрь проявляется на спутниковом RGB изображении Landsat-8, связаны с наличием битого льда и повышенного содержания взвешенных веществ. Полученные результаты востребованы для изучения водообмена между проливом Брансфилд и морем Уэдделла. (Латушкин А.А., Пономарев В.И., Салюк П.А., Фрей Д.И., Липинская Н.А., Шкорба С.П. Распределение оптических и гидрологических характеристик в проливе Антарктика по данным измерений в январе 2022 года в 87-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» // Морской гидрофизический журнал. – 2023. – Т. 39, № 1. – С. 52-66. DOI: 10.29039/0233-7584-2023-1-52-66; переводная версия Latushkin A.A., Ponomarev V.I., Salyuk P.A., Frey D.I., Lipinskaya N.A., Shkorba S.P. Distribution of optical and hydrological characteristics in the Antarctic Sound based on the measurements in January, 2022 in the 87 cruise of the R/C «Akademik Mstislav Keldysh» // Physical Oceanography. – 2023. – Vol. 30, No. 1. – P. 47-61. DOI: 10.22449/1573-160X-2023-1-47-61).

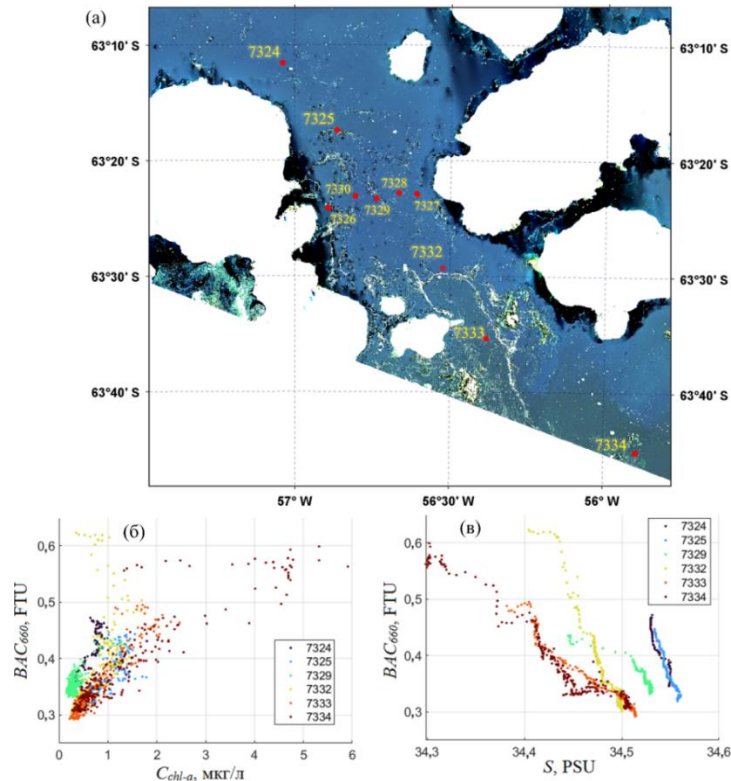


Рисунок 5.7 – RGB изображение Landsat-8 пролива Антарктика, 17 января 2022 г. (а).
Диаграммы рассеяния: «показатель ослабления света на 660 нм – концентрация хлорофилла-а» (б) и
«показатель ослабления света на 660 нм – соленость» (в)

Тема 6 «Исследование основных процессов, определяющих состояние и изменчивость океанологических характеристик окраинных морей Азии и прилегающих районов Тихого и Индийского океанов»

Научный руководитель – к.г.н. В.Б. Лобанов

Регистрационный номер 121021700346-7

6.1 Тенденции, региональные особенности и количественные характеристики долгосрочной изменчивости термических условий Тихого океана и Японского моря

к.г.н. И.Д. Ростов

Исследованы тенденции, региональные особенности и количественные характеристики долгосрочной изменчивости термических условий тропической и внетропической зон Тихого океана и Японского моря за отдельные фазы 40-летнего периода, позволившие выделить обособленные районы и охарактеризовать степень неоднородности реакции исследуемых акваторий на современные глобальные климатические изменения. В целом, на фоне заметных колебаний от района к району на рубеже XX-XXI вв. тренды увеличения температуры на поверхности океана положительны. Во внетропической зоне северной части Тихого океана они в 2-4 раза превосходят соответствующие оценки для тропической зоны и южной части океана. За последние два десятилетия теплосодержание верхнего 1000-метрового слоя увеличилось в районе внетропической зоны южной части океана на 7%, внетропической зоны северо-западной части – примерно на 3%, внетропической зоны северо-восточной и тропической зоны Тихого океана – на 2%. (Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. Межгодовая изменчивость термических характеристик верхнего 1000-метрового слоя внетропической зоны северо-западной части Тихого океана на рубеже XX-XXI веков // *Морской гидрофизический журнал*. – 2023. – Т. 39, № 2. – С. 157-176. DOI: 10.29039/0233-7584-2023-2-157-176; переводная версия Rostov I.D., Dmitrieva E.V., Rudykh N.I. Interannual Variability of Thermal Characteristics of the Upper 1000-Meter Layer in the Extratropical Zone of the Northwestern Part of the Pacific Ocean at the Turn of the XX-XXI Centuries // *Physical Oceanography*. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – P. 141-159. DOI: 10.29039/1573-160X-2023-2-141-159. Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. Тенденции и региональные особенности изменчивости термических условий северо-восточной части Тихого океана севернее 30° с.ш. в последние четыре десятилетия // *Морской гидрофизический журнал*. – 2023. – Т. 39, № 4. – С. 448-466. DOI: 10.22449/0233-7584-2023-4-; Rostov I.D., Dmitrieva E.V., Rudykh N.I. Trends and Regional Features of Variability of the Northeast Pacific Ocean Thermal Conditions North of 30°N over the Last Four Decades // *Physical Oceanography*. – 2023. – Vol. 30(4). – P. 410-427. Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. Тенденции современных межгодовых изменений термических характеристик верхнего 1000-метрового слоя Японского моря в первые десятилетия XXI века // *Метеорология и гидрология*. – 2023. – № 2. – С. 41-56. DOI: 10.52002/0130-2906-2023-2-41-56; переводная версия Rostov I.D., Dmitrieva E.V., Rudykh N.I. Modern Interannual Trends in the Thermal Characteristics of the Upper 1000-meter Layer of the Japan Sea in the First Decades of the 21st Century // *Russian Meteorology and Hydrology*. – 2023. – Vol. 48, No. 2. – P. 116-127. DOI: 10.3103/S1068373923020048. Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. Тенденции изменений температуры воды в тропической зоне Тихого океана в 1982-2021 гг. // *Океанология*. – 2023. – Т. 63, № 6. – С. 871-885. DOI: 10.31857/S0030157423060126; переводная версия Rostov I.D., Dmitrieva E.V., Rudykh N.I. Changes in the Thermal Condition Trends in the Tropical Zone of the Pacific Ocean in 1982-2021 // *Oceanology*. – 2023. – Vol. 63, No. 6. – P. 755-768. DOI: 10.1134/S0001437023060127).

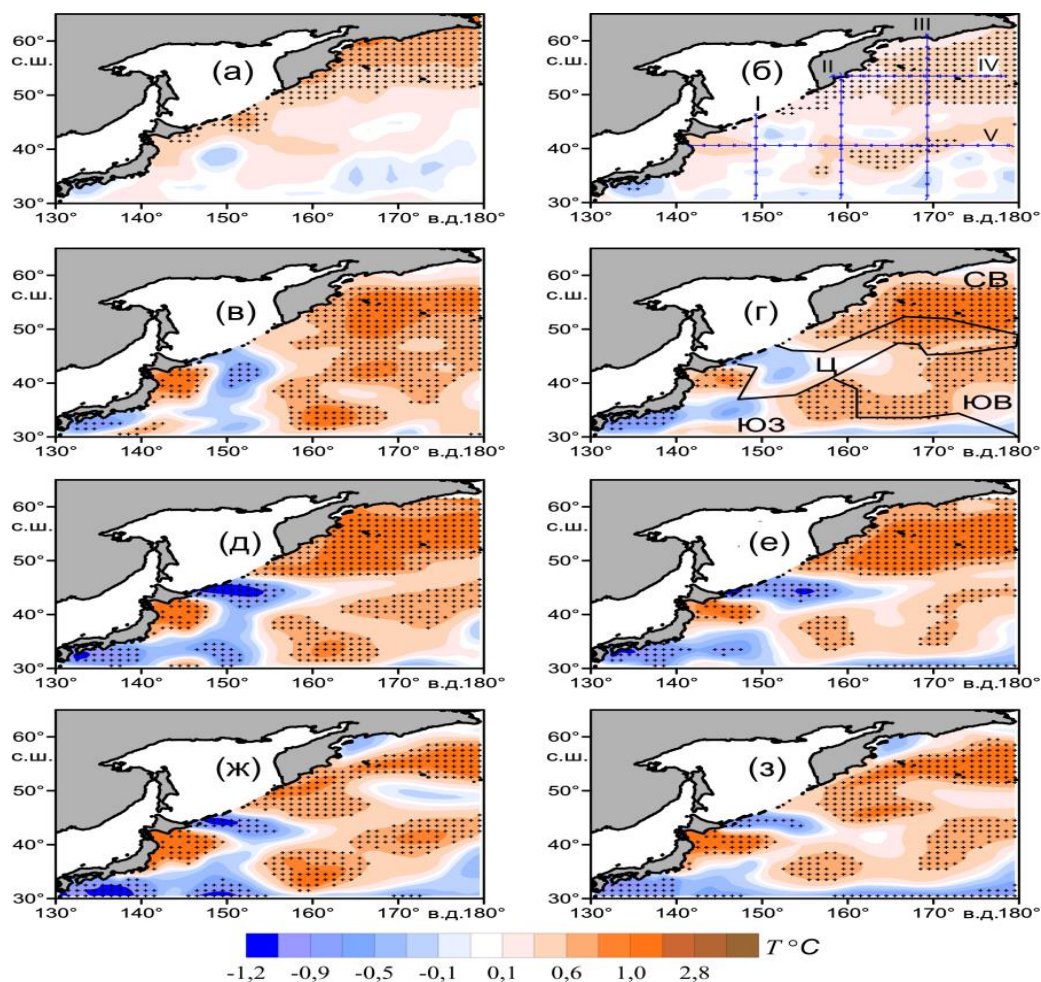


Рисунок 6.1 – Тренды аномалий температуры ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) поверхности северной части Тихого океана (а, б) и нормализованных аномалий интегральной температуры в слоях 5-200 м (в, г), 200-460 м (д, е) и 460-950 м (ж, з) в теплый (слева) и холодный (справа) сезоны за 2000-2021 гг. В поле (б) рисунка показано расположение анализируемых разрезов, а в поле (г) – выделенных районов

6.2 Межгодовые изменения и типовые распределения температуры воды верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря в зимний период

д.г.н. В.А. Лучин

Для Берингова моря впервые выделен статистически значимый линейный тренд, свидетельствующий о потеплении вод верхнего квазиоднородного слоя зимой за период с 1958 по 2022 г. В термическом состоянии верхнего квазиоднородного слоя (согласно предложенным критериям) выделены «экстремально холодные», «холодные», «нормальные» и «теплые» годы, а экстремально теплых лет выявлено не было. Основываясь на результатах выполненной типизации, получены существенно различающиеся средние многолетние типовые («теплые» и «холодные») состояния верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря для периода с декабря по март. Представленные средние многолетние типовые поля температуры верхнего квазиоднородного слоя свидетельствуют о том, что термический режим Берингова моря в значительной степени зависит от водообмена с Тихим океаном и особенностей перераспределения трансформирующихся тихоокеанских вод по исследуемой акватории. Выявлены статистически значимые корреляционные связи, которые могут быть использованы для составления прогностического уравнения с заблаговременностью не менее месяца. В число

возможных предикторов могут быть включены: температура поверхности моря в районе к юго-востоку от восточных проливов Алеутской гряды, температура поверхности моря в вершине залива Аляска, температура воздуха в локальных областях восточного сектора Арктики, а также известные климатические индексы (Global Mean Land/Ocean Temperature, NINO 4, Pacific Warmpool Area Average, PDO, TNI), характеристика которых представлена на сайте <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>. (Лучин В.А. Межгодовая изменчивость термического состояния верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря в зимний период // Известия ТИНРО. – 2023. – Т. 203, Вып. 3. – С. 601-617. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-601-617. Лучин В.А. Типовые распределения температуры воды верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря в зимний период // Известия ТИНРО. – 2023. – Т. 203, Вып. 4. – С. 944-960. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-944-960).

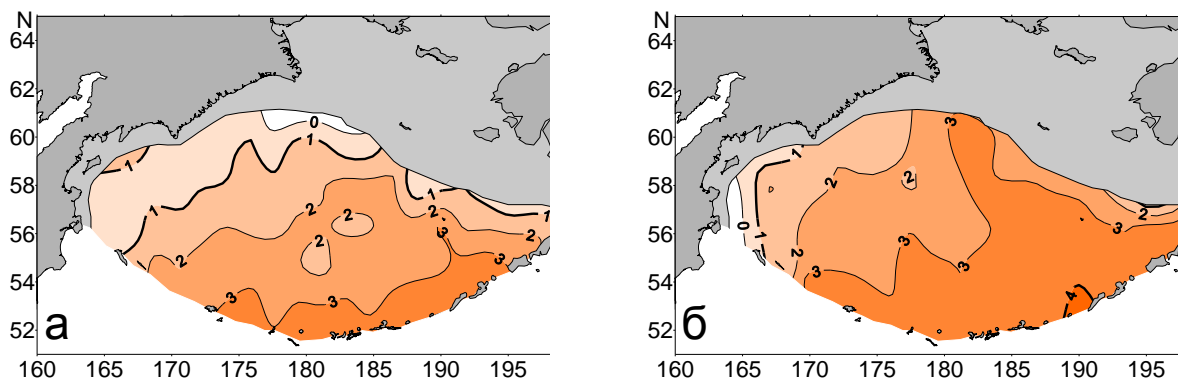


Рисунок 6.2 – Средние многолетние типовые (в «холодные» (а) и «теплые» (б) годы) распределения температуры воды ВКС Берингова моря в феврале (заштрихованная акватория – среднее многолетнее распределение ледяного покрова в феврале)

6.3 Оценка сдвигов частоты инерционных колебаний в центральной части Японского моря по данным поверхностных буев

к.т.н. О.О. Трусенкова, к.г.н. В.Б. Лобанов, С.Ю. Ладыченко

На основе вейвлетных ротари-спектров проанализированы инерционные колебания двух поверхностных буев, дрейфовавших в центральной части Японского моря в октябре-ноябре 2011 г., и выявлены значимые отклонения частот (периодов) этих колебаний от инерционных. В период дрейфа под воздействием ветра наиболее повторяемыми были сдвиги периодов 0,5-1 ч как в большую (красный сдвиг), так и меньшую (голубой сдвиг) сторону. В период дрейфа под воздействием течений (в районе залива Петра Великого и зоне теплых вихрей Цусимского течения) выделены пять событий, когда эти сдвиги достигали 1,5-5,7 ч, что связано с относительной завихренностью скорости течения [Kunze, 1985]). Для этих событий выполнены оценки относительной завихренности вдоль траекторий дрейфа по формуле Kunze (1985), причем величина числа Россби составила 0,15-0,5. Наибольший сдвиг зарегистрирован в струе восточного течения в районе залива Петра Великого (событие 1), которое в октябре-ноябре сменяет следующее здесь на запад Приморское течение. Траектории дрейфа во время событий 1-5 соответствуют структурам, регистрируемым на инфракрасных спутниковых изображениях поверхности моря. Для крупных вихрей размерами от 100 км имеет место качественное соответствие с оценками завихренности по данным спутниковой альтиметрии, но оценка по данным буев в несколько раз выше. (Трусенкова О.О., Лобанов В.Б., Ладыченко С.Ю. Оценка сдвигов частоты инерционных колебаний в центральной части Японского моря по данным поверхностных буев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2023. – Т. 20, № 1. – С. 205-218. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-205-218).

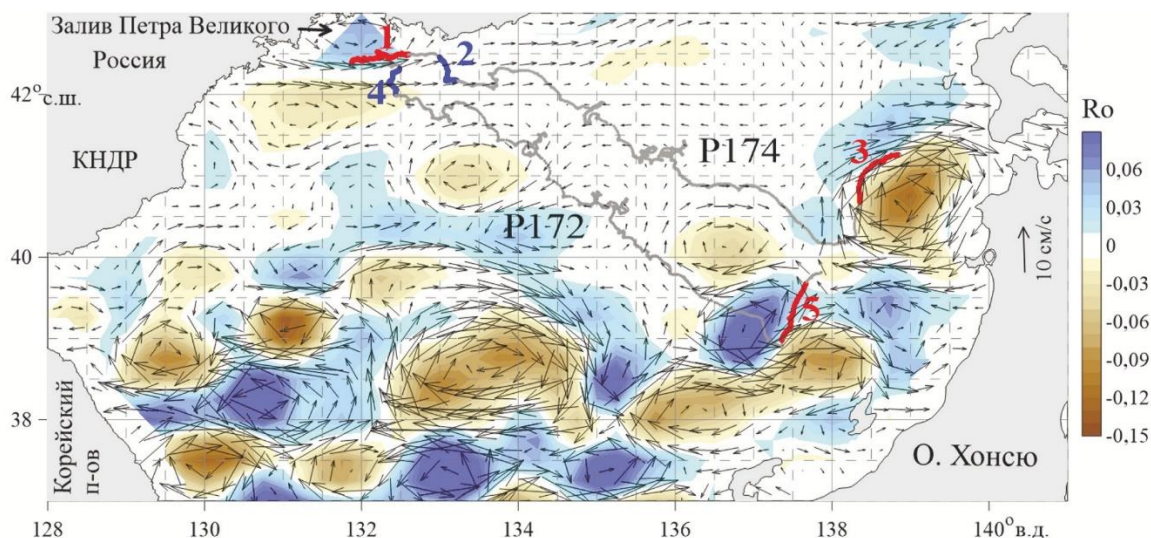


Рисунок 6.3 – Схема дрейфа: цифры обозначают номера событий сдвига инерционной частоты в струях течений; синим и красным цветами показаны связанные с этими событиями участки траекторий дрейфа, где наблюдался голубой и красный сдвиг. Наложены скорость течения (стрелки; см/с) и распределение числа Россби (цветом) по альтиметрическим данным, осредненным за период с 4 октября по 19 ноября 2011 г.

6.4 Распространение и разрушение нелинейных внутренних волн в шельфовой зоне Японского моря

к.г.н. Ф.Ф. Храпченков

Проведено исследование распространения и разрушения нелинейных внутренних волн в шельфовой зоне Японского моря в летне-осенний период на гидрофизическом полигоне ТОИ ДВО РАН в течение ряда лет. Посредством размещения донных станций для непрерывной регистрации вертикального распределения температуры и скорости на глубинах 20-60 м, а также регулярного изучения распределений основных гидродинамических характеристик вдоль выделенных трасс определены механизмы генерации и распространения нелинейных пакетов внутренних волн в результате распада внутреннего прилива, а также зафиксированы другие короткопериодные источники деформации термоклина, которые можно интерпретировать как результат распространения придонных и приповерхностных вихревых структур. Высокое пространственно-временное разрешение поля температуры в окрестности донных станций позволило выявить тонкую структуру волновых возмущений различного типа. На основе многослойной теории мелкой воды построены математические модели распространения волновых пакетов и проведена их верификация с использованием данных натуральных и лабораторных экспериментов. (Кошелева А.В., Ляпидевский В.Ю., Храпченков Ф.Ф., Ярошук И.О. Пространственная эволюция придонных линз холодной воды в шельфовой зоне Японского моря // Прикладная механика и техническая физика. – 2023. – Т. 64, № 3. – С. 110-121. DOI: 10.15372/PMTF202215227; переводная версия Kosheleva A.V., Liapidevskii V.Yu., Khrapchenkov F.F., Yaroshchuk I.O. Spatial Evolution of Near-Bottom Cold-Water Lenses on the Shelf of the Sea of Japan // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. – 2023. – Vol. 64, Iss. 3. – P. 455-464. DOI: 10.1134/S00218944230).

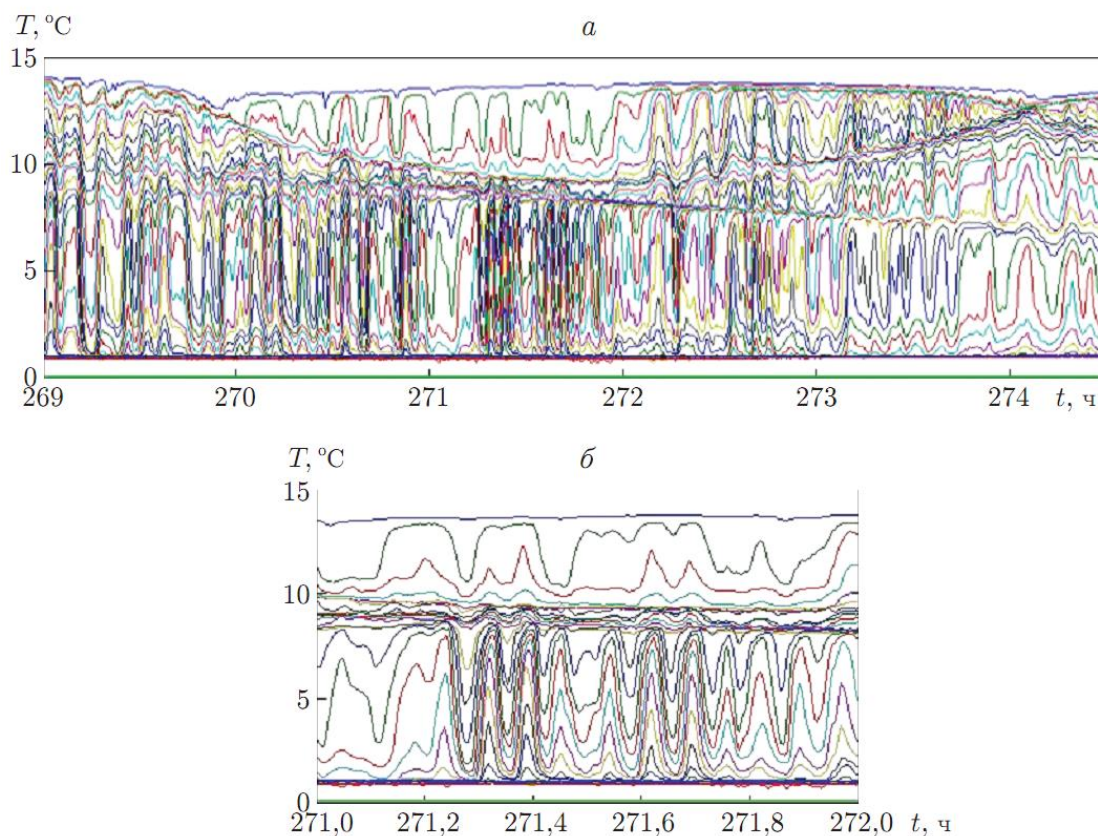


Рисунок 6.4 – Зависимости температуры на разных глубинах от времени, полученные в октябре 2021 г. на станции S04, при прохождении волнового бора на различных интервалах времени: 5,5 ч (а) и 1 ч (б)

6.5 Исследование гидрологического режима и экологического состояния прибрежных акваторий залива Петра Великого (Японское море)

к.т.н. А.Ю. Лазарюк

Исследовано содержание и распределение гидролого-экологических показателей и индикаторных групп микроорганизмов в ранневесенний период в б. Новик (о. Русский, залив Петра Великого, Японское море). Установлено, что к моменту наблюдений (конец апреля 2023 г.) водная толща бухты имела устойчивую плотностную стратификацию с термохалинными параметрами от 2,3°C и 33.6 епс у дна до 10°C и 31,1 епс на поверхности. Продукционные процессы в поверхностном слое находились в начале развития с низкими концентрациями хлорофилла-а и растворенного кислорода. В то же время, эти параметры были выше в придонных слоях (до 1 мкг/л и до 110%, соответственно), отражая высокую активность диатомовых водорослей. Среди групп металл-резистентных микроорганизмов выделялись численностью и распространением никель-устойчивые бактерии, что обусловлено сжиганием углеводородного топлива. Это подтверждает и повсеместное распространение нефтеокисляющих микроорганизмов. Отмеченная низкая численность колониеобразующих гетеротрофных микроорганизмов (сапрофитов) указывает на относительную чистоту вод бухты в этот период. (Христофорова Н.К., Лазарюк А.Ю., Бойченко Т.В., Емельянов А.А. Ранневесеннее опробование качества среды бухты Новик (о. Русский, зал. Петра Великого, Японское море) в апреле 2023 г. // Известия ТИНРО. – 2023. – Т. 203, Вып. 3. – С. 639-649. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-639-649).

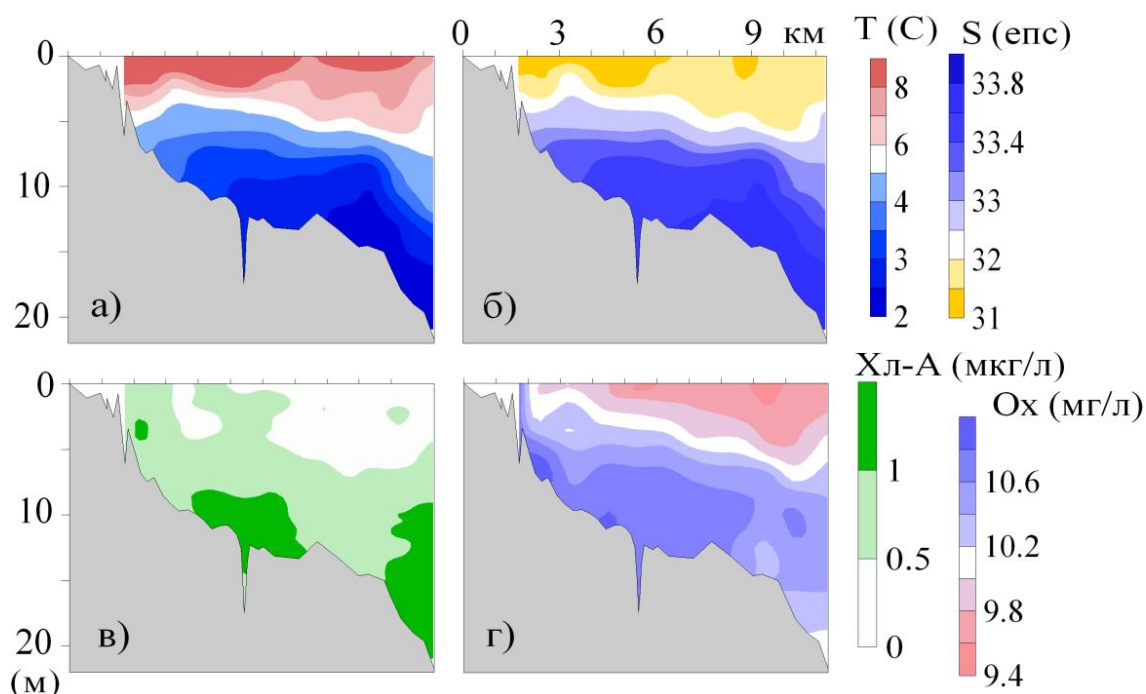


Рисунок 6.5 – Температура, Т (а), соленость, S (б), концентрация хлорофилла-а, Хл-А (в) и содержание растворенного в воде кислорода, Ох (г), измеренные профилографом ASTD102 на осевом разрезе в б. Новик 28 апреля 2023 г.

6.6 Экспериментальное исследование каскадинга на континентальном склоне залива Петра Великого

к.г.н. В.Б. Лобанов

Процесс стекания по континентальному склону вод повышенной плотности, формирующихся на шельфе в зимний период, известен как склоновая конвекция или каскадинг. В Японском море он отмечается в заливе Петра Великого и, по-видимому, является одним из основных механизмов вентиляции глубинных и донных слоев моря. На основе результатов прямых наблюдений с помощью автономных донных станций (АДС) и судовых СТД-съемок на кромке шельфа и склоне залива Петра Великого в зимние периоды впервые проанализирована регулярность каскадинга, его локализация, глубина проникновения и межгодовая изменчивость. Подход к кромке холодных шельфовых вод, формирующих каскадинг, отмечается каждый год, преимущественно в феврале-марте, хотя отдельные эпизоды зарегистрированы в апреле и даже в начале мая. Несмотря на это, по данным АДС был зарегистрирован только один эпизод каскадинга, распространявшегося по склону до глубины более 1 км. В то же время, значительное количество интрузионных слоев, наблюдающихся по данным СТД-измерений в области континентального склона, указывает на проникновение каскадинга вплоть до его подножья (2800-3000 м). (Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Горин И.И., Щербинин П.Е., Семкин П.Ю. Экспериментальное исследование каскадинга на континентальном склоне в заливе Петра Великого // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – №. 3(45). – С. 56-72. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_45_03_06).

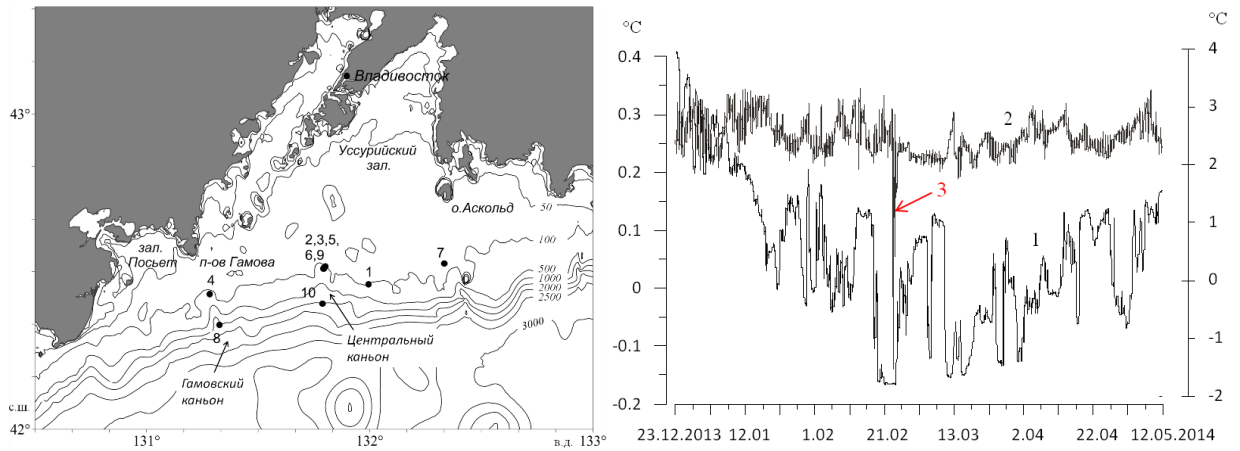


Рисунок 6.6 – Расположение АДС в области склона залива Петра Великого (слева). Цифрами обозначены номера станций, изобаты в метрах. (Справа) – изменение температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) в придонном слое у кромки шельфа на ст. 9 (кривая 1, шкала справа) и на континентальном склоне на глубине 1150 м на ст. 10 (кривая 2, шкала слева) в центральном каньоне залива Петра Великого, 3 – аномальное понижение температуры воды на глубине 1150 м, обусловленное каскадингом

Тема 7 «Моделирование разномасштабных динамических процессов в океане»

Научный руководитель – чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н. С.В. Пранц
Регистрационный номер 121021700341-2

7.1 Лагранжево моделирование разливов нефти в заливе Петра Великого с помощью модели ROMS

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. С.В. Пранц, к.ф.-м.н. М.В. Будянский, к.ф.-м.н. П.А. Файман, к.ф.-м.н. М.Ю. Улейский, к.ф.-м.н. А.А. Дидов

Проведено численное моделирование гипотетических разливов нефти из нефтяного терминала «Козьмино» в заливе Петра Великого (Японское море) с лагранжевой точки зрения на основе трехмерного поля скоростей региональной модели циркуляции ROMS с горизонтальным разрешением 600 м. Лагранжевы частицы ежедневно запускались на разных горизонтах в течение нескольких лет и адвектировались в поле скорости с учетом испарения нефти и биоразложения. В холодное время года (ноябрь-апрель) нефть быстро дрейфует в открытое море из-за преобладания северных/северо-западных ветров. В теплое время года (май-октябрь) с преобладающими южными/юго-восточными ветрами нефтяное пятно циркулирует у берега в первые дни после разлива. Третий сценарий – промежуточный, когда нефть уносится от берега, но не слишком далеко от места разлива. Для объяснения такого поведения мы использовали ляпуновские показатели, которые позволили выявить лагранжевы фронты, управляющие эволюцией нефтяного пятна. По мере движения лагранжева фронта нефтяное пятно движется вместе с ним. При этом фронт выступает в качестве транспортного барьера, препятствующего адвекции нефти сквозь барьер. (Prants S.V., Budyansky M.V., Fayman P.A., Uleysky M.Yu., Didov A.A. *Lagrangian Oil Spill Simulation in Peter the Great Bay (the Sea of Japan) with a high-resolution ROMS model* // *Pure and Applied Geophysics*. – 2023. – Vol. 180. – P. 551-568. DOI: 10.1007/s00024-022-03197-4. Prants S. *Transport Barriers in Geophysical Flows: A Review*. *Symmetry-Basel*. – 2023. – Vol. 15(10). – P. 1942-1966. DOI: 10.3390/sym15101942).

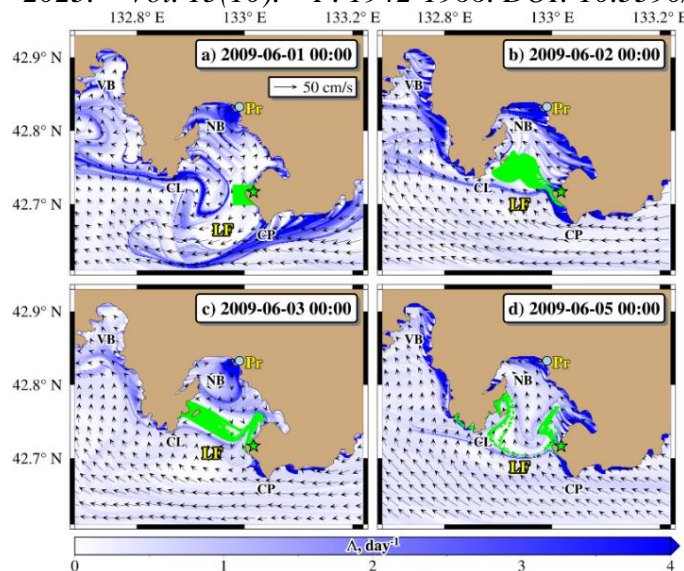


Рисунок 7.1 – На картах Ляпунова, характерных для теплого сезона, показана блокировка пятна разлитой нефти вблизи побережья. Запуск зеленых частиц нефти в 00:00 по Гринвичу 1 июня 2009 г. Эволюционирующий лагранжев фронт (синий филамент LF) предотвращает распространение нефтяного пятна в открытое море. Значения Ляпунова Λ указаны в обратных сутках. VB – зал. Восток, NB – зал. Находка, CL – м. Лихачева, CP – м. Поворотный, Pr – устье р. Раздольная. На панелях (a-d) показана эволюция нефтяного пятна 1, 2, 3 и 5 июня 2009 г.

7.2 Наблюдение за зоной смешения вод в районе продолжения течения Агульяс

к.ф.-м.н. М.В. Будянский, А.А. Удалов

Проведен анализ вихревой активности в районе продолжения течения Агульяс. Для описания вихревой активности применялся статистический анализ с использованием алгоритма автоматического поиска и отслеживания вихрей, реанализ GLORYS12V1, данные атласа METAS.2 DT и лагранжев подход, основанный на расчете траекторий большого количества маркеров. Установлено, что в районе Капской котловины смешиваются воды продолжения течения Агульяс с водами Южно-Атлантического круговорота и Бенгельского течения, а термохалинные свойства вихрей течения Агульяс меняются при смешении теплых и соленых вод Индийского океана с менее солеными и холодными водами Атлантического океана. Установлено, что воды Южно-Атлантического круговорота пересекают западную границу региона и преодолевают расстояние, превышающее 500 км в восточном направлении, смешиваясь затем с водами другого происхождения. Показано, что вихри, возникающие в районе Капской котловины, также находятся под влиянием вод Южно-Атлантического круговорота. Эти воды переносятся в район Капской котловины в направлении с запада и юго-запада. Это объясняет двухмодовую структуру вод, на которую указывают другие исследователи. (*Belonenko T.V., Budyansky M.V., Malysheva A.A., Udalov A.A. Observing the Agulhas Leakage Source in the Water Mixing Area // Pure and Applied Geophysics. – 2023. – Vol. 180. – P. 3401-3421. DOI: 10.1007/s00024-023-03331-w*).

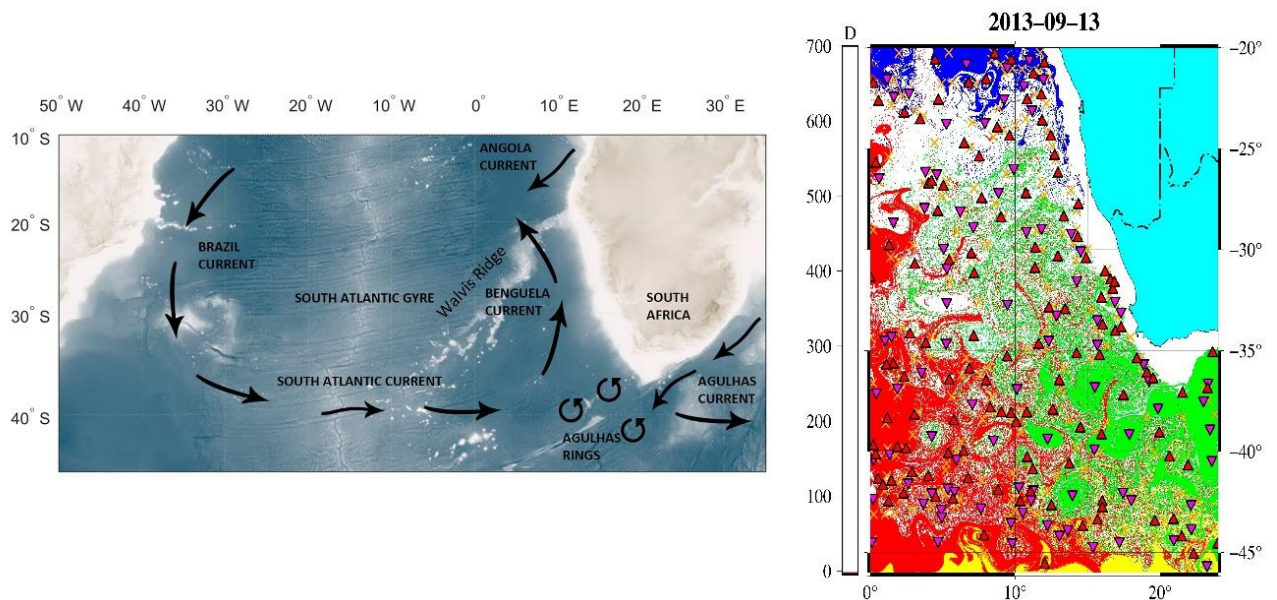


Рисунок 7.2 – Схема циркуляции вод в исследуемом районе (слева). Лагранжева карта происхождения водных масс на 13 сентября 2013 г. на глубине 266 м (справа). Точки окрашены в зеленый цвет для частиц, пересекших меридиан 20° в.д. в период 365 дней назад от указанной даты; желтый – для частиц, пересекших южную границу района 46° ю.ш.; красный – для частиц, которые пересекли 0° меридиан; синий – для частиц, пересекших северную границу района 20° ю.ш. Красные треугольники – центры циклонов, малиновые – центры антициклонов

7.3 Анализ инерционных течений, индуцированных проходящими тайфунами в шельфовых водах залива Петра Великого

д.ф.-м.н. В.В. Новотрясов

Исследована причина и механизм аномальной изменчивости скорости течений в заливе Петра Великого (Японское море), вызванной тайфуном Лайнрок. С использованием данных

натурных измерений скорости течений в заливе и его уровня, в рамках аналитической модели Г.К. Коротаева установлено, что причина аномальной изменчивости скорости течений в заливе и его уровня вызвана взрывным ростом амплитуды инерционных колебаний скорости течений на фоне Приморского течения, усиленного тайфуном Лайнрок в августе-сентябре 2016 г. Сделан вывод о том, что аналитическая модель инерционных колебаний скорости на течении со сдвигом, адаптированная к условиям залива Петра Великого, позволит спрогнозировать возможное усиление скорости инерционных течений в заливе и повышение его уровня, вызванное проходящими над Приморским краем тайфунами. (Новотрясов В.В., Сергеев А.Ф., Павлова Е.П. Аномальная изменчивость вызванных тайфуном Лайнрок инерционных колебаний шельфовых вод залива Петра Великого в августе-сентябре 2016 года // *Морской гидрофизический журнал*. – 2023. – Т. 39, № 2. – С. 234-248. DOI: 10.29039/0233-7584-2023-2-234-248).

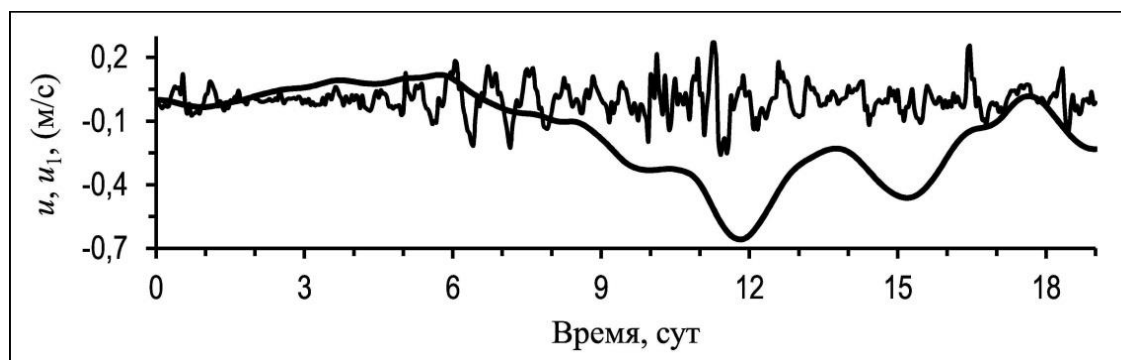


Рисунок 7.3 – Реализации синоптических пульсаций u (полужирная кривая) и мезомасштабных колебаний u_1 (сплошная кривая) скорости Приморского течения в деятельном слое залива Петра Великого с 20 августа по 6 сентября 2016 г.

7.4 Селективное возбуждение волноводных мод с помощью горизонтальной цепочки монополей

д.ф.-м.н. Д.В. Макаров, к.ф.-м.н. Е.В. Соседко

Рассмотрена задача о пространственной структуре акустического поля, создаваемого в дальней зоне разреженной горизонтальной цепочкой ненаправленных излучателей (монополей), которая может находиться вблизи поверхности воды или закреплена возле дна. Такие излучающие системы используются при сейсморазведке углеводородных месторождений на шельфе. Показано, что при относительно небольшом числе монополей такая цепочка способна концентрировать излучаемую энергию в определенной волноводной моде, при этом номер этой моды зависит от углового направления. Представлены результаты численного моделирования для двух моделей волновода и цепочки излучателей, расположенной на дне. Показано, что эффективность возбуждения отдельной моды возрастает с ростом номера моды. Исследована угловая зависимость модового спектра и показано, что она состоит из нескольких ветвей, каждая из которых определяет наиболее эффективно возбуждаемые моды. Указанные особенности рассматриваемой конфигурации излучателей могут быть полезными для решения различных практических задач, например, реализации многомодового акустического сканирования океанической среды. (Макаров Д.В., Соседко Е.В. Селективное возбуждение волноводных мод с помощью горизонтальной цепочки монополей // *Акустический журнал*. – 2023. – Т. 69, № 5. – С. 534-541. DOI: 10.31857/S0320791923600592; переводная версия Makarov D.V., Sosedko E.V. Selective Excitation of Waveguide Modes Using a Horizontal Array of Monopoles // *Acoustical Physics*. – 2023. – Vol. 69(5). – P. 633-639. DOI: 10.1134/S1063771023600730).

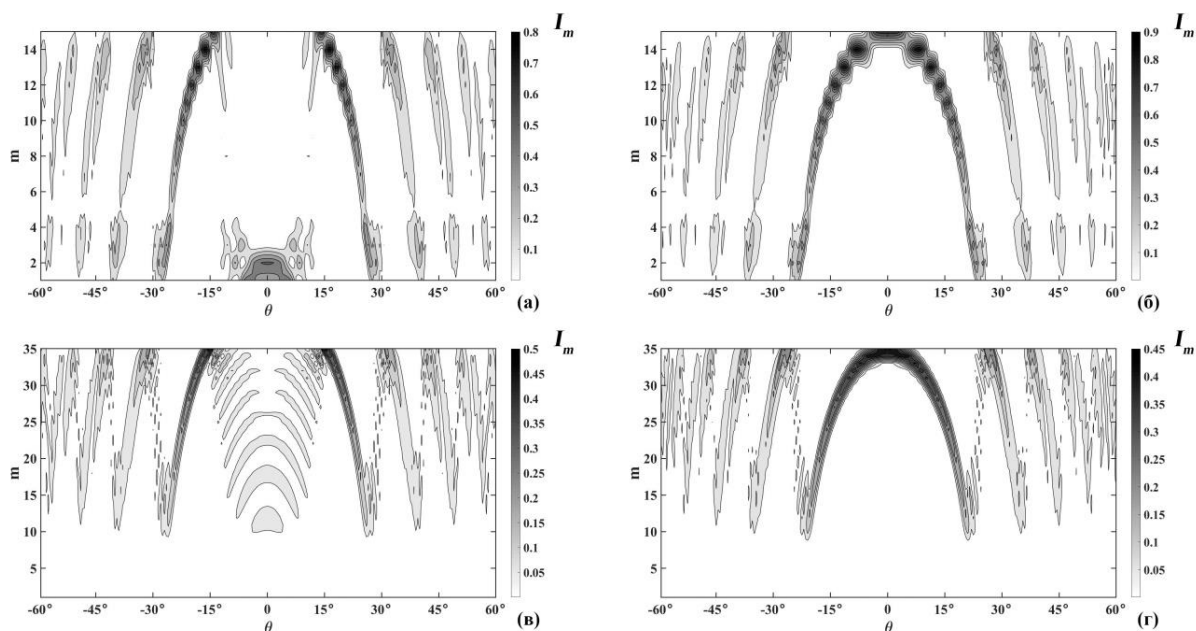


Рисунок 7.4 – Численное моделирование акустического поля, создаваемого цепочкой монополей на расстоянии 4 км от края цепочки при различных углах θ . Показана угловая зависимость модового спектра I_m , создаваемого линейной горизонтальной цепочкой монополей на расстоянии 4 км от цепочки в модели волновода с придонным звуковым каналом (а, б). Расстояние между соседними монополями: (а) – $10\lambda_1$, (б) – $10\lambda_{15}$, где λ_n – горизонтальная длина волны для n -й моды. Угловая зависимость модового спектра I_m , создаваемого линейной горизонтальной цепочкой монополей на расстоянии 4 км от цепочки в модели волновода с биекспоненциальным профилем скорости звука (в, г). Расстояние между соседними монополями: (в) – $10\lambda_1$, (г) – $10\lambda_{35}$, где λ_n – горизонтальная длина волны для n -й моды

7.5 Новый метод построения равномерных асимптотик квазистационарных состояний систем, описываемых волновыми уравнениями

д.ф.-м.н. П.С. Петров

Метод канонического оператора Маслова (КОМ) позволяет эффективно строить асимптотические решения дифференциальных и псевдодифференциальных волновых уравнений с малыми параметрами. В фокальных картах лагранжевых многообразий КОМ может быть представлен в терминах функций Эйри A_i . Данное представление может быть расширено до глобальной равномерной асимптотики решения, которая имеет вид функций Эйри сложного аргумента. Метод канонического оператора в его классической форме, однако, применим лишь к описанию решений волновых уравнений, экспоненциально затухающих на бесконечности, например, стационарных состояний квантовых систем. В ходе проведенных исследований разработан метод построения аналогичных асимптотик для решений, которые не затухают на бесконечности, основанный на расширении асимптотических формул путем включения в них членов, содержащих функции Эйри B_i . Данный метод позволяет, например, получать асимптотики квазистационарных состояний квантовых систем. В частности, он был успешно использован нами для построения асимптотик волн шепчущей галереи, формирующихся в волноводе мелкого моря с чашеобразным дном вследствие горизонтальной рефракции звука. По своей физической природе такие волны являются типичными квазистационарными состояниями, и на бесконечности их поведение описывается функциями Ханкеля, а соответствующие им (азимутальные) волновые числа являются комплексными, что

соответствует излучению акустической энергии во внешнюю среду. (Tsvetkova A.V., Petrov P.S. *On uniform asymptotic approximations of whispering gallery modes propagating along curved penetrable interfaces* // *Journal of Sound and Vibration*. – 2023. – Vol. 548. – Art. no. 117555. DOI: 10.1016/j.jsv.2023.117555).

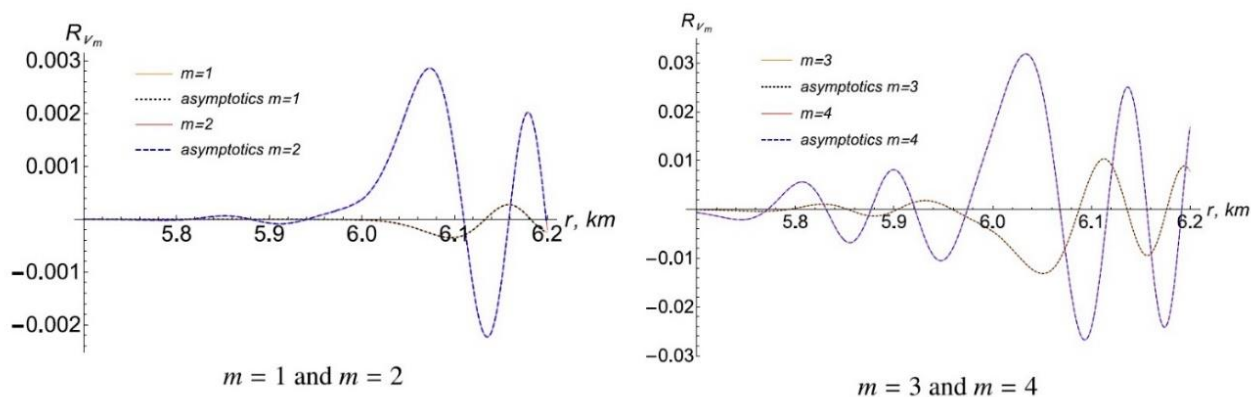


Рисунок 7.5 – Мнимые части собственных функций мод шепчущей галереи в волноводе мелкого моря, где глубина (локально) зависит только от радиальной горизонтальной переменной r , а также их равномерные асимптотики, построенные с помощью разработанного метода

7.6 Теория случайных матриц для описания рассеяния звука на фоновых внутренних волнах в условиях мелкого моря

д.ф.-м.н. Д.В. Макаров, к.ф.-м.н. Е.В. Соседко

Рассмотрена задача о распространении низкочастотного звука в мелководном волноводе со случайной гидрологической неоднородностью, обусловленной фоновыми внутренними волнами. Новый подход к статистическому моделированию акустических полей, основанный на теории случайных матриц и ранее успешно применявшийся для глубоководных акустических волноводов, использован для мелководных волноводов. В данном подходе рассеяние звука на случайной неоднородности описывается с помощью статистического ансамбля матриц пропагатора, которые описывают трансформацию акустического поля в пространстве нормальных мод волновода. Проведено исследование эффекта «высвечивания» звука из волновода за счет рассеяния на внутренних волнах. Рассмотрена модель подводного звукового канала с осью на глубине около 45 м. Обнаружено, что первые несколько мод, распространяющихся внутри водной толщи, в очень малой степени подвержены потерям, обусловленным «высвечиванием». Наиболее сильное «высвечивание» испытывает средняя группа мод, способная достигать морской поверхности. Выявлено существование линейных модовых комбинаций, для которых усиление потерь практически отсутствует. Данные линейные комбинации соответствуют собственным функциям пропагатора для неоднородного волновода. Статистический анализ собственных функций пропагатора указывает на качественные отличия механизмов рассеяния звука при частотах 100 и 500 Гц. Показано, что в обоих случаях ключевую роль играют собственные резонансы пропагатора. (Макаров Д.В., Соседко Е.В. *Теория случайных матриц для описания рассеяния звука на фоновых внутренних волнах в условиях мелкого моря* // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. – 2023. – Т. 16, № 3. – С. 142-155. DOI: 10.59887/2073-6673.2023.16(3)-11).

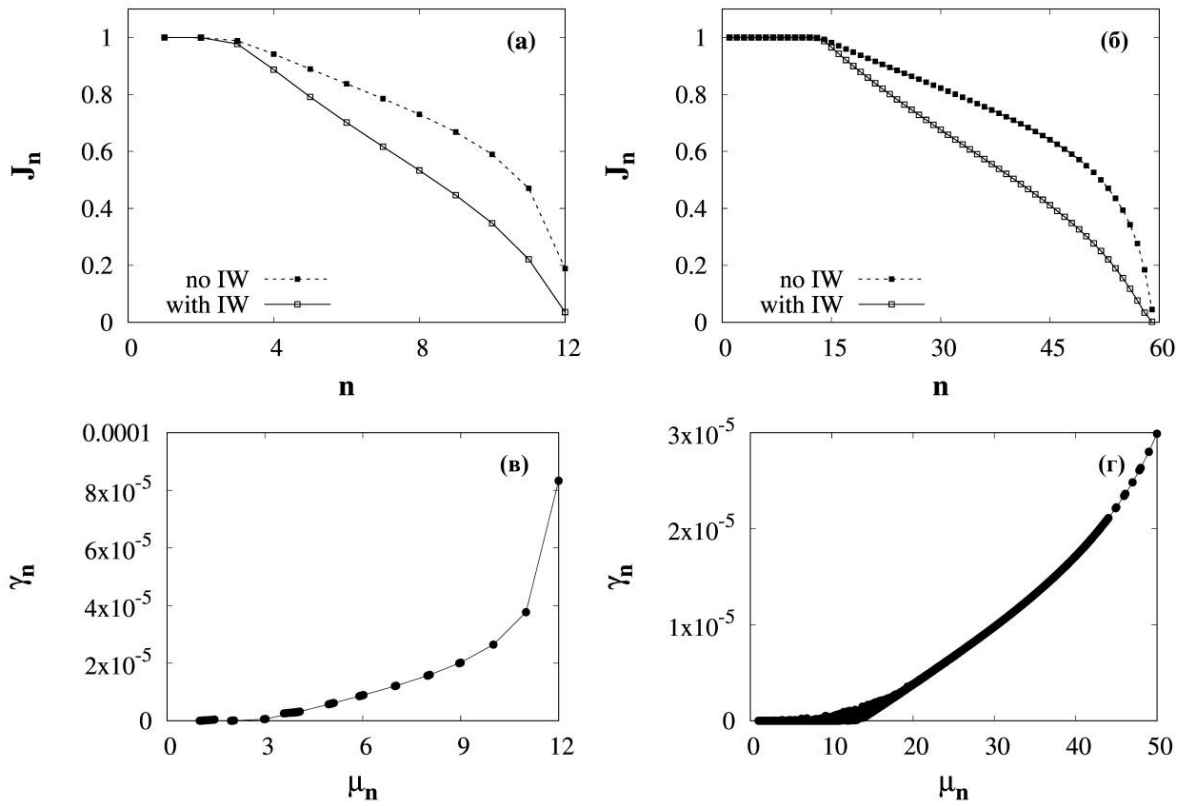


Рисунок 7.6 – (а, б) – зависимость интенсивности акустического поля J_n , создаваемого начальным условием в виде отдельной моды, от номера этой моды, $r = 20$ км, частота звука: 100 Гц (а) и 500 Гц (б). Штриховая линия – горизонтально-однородный волновод («no IW»), сплошная кривая – волновод с возмущением скорости звука, обусловленным внутренними волнами («with IW»). (в, г) – зависимость коэффициента затухания собственной функции пропагатора от значений параметра μ_n , характеризующих модовые составляющие соответствующих собственных функций. Жирными точками обозначены значения, соответствующие различным реализациям пропагатора в горизонтально-неоднородном волноводе, тонкая сплошная линия соответствует невозмущенному волноводу, частота звука: 100 Гц (в) и 500 Гц (г)

Тема 8 «Исследования климатических, геологических, биогеохимических и экологических последствий деградации реликтовой прибрежно-шельфовой криолитозоны морей Северной Евразии»

Научные руководители – чл.-корр. РАН, д.г.н. И.П. Семилетов, д.г.-м.н. О.В. Дударев
Регистрационный номер 121021500057-4

8.1 Межгодовая изменчивость биогеохимической структуры шельфовых вод моря Лаптевых в районе влияния стока великой сибирской реки Лены

чл.-корр. РАН, д.г.н. И.П. Семилетов, к.г.н. И.И. Пипко, к.г.н. С.П. Пугач,
д.г.-м.н. О.В. Дударев

Результаты исследования биогеохимической структуры шельфовых вод моря Лаптевых показали, что межгодовые и сезонные закономерности распространения шлейфа вод реки Лены играют решающую роль в регулировании локальных физических, биогеохимических и биологических процессов в его юго-восточной части. Установлено, что гидрологическая и гидрохимическая структура водной толщи в позднеосенний сезон претерпевает значительные изменения в течение двух недель (рисунок 8.1). Показано, что основными факторами, влияющими на сезонную трансформацию параметров водной толщи в зоне влияния шлейфа речных вод, являются динамика речного стока, ветровая деятельность, определяемая характером атмосферной циркуляции, конвекция в результате сезонного охлаждения вод и изменчивость продукционно-деструкционных процессов. Подтверждено, что основной причиной межгодовой динамики распространения шлейфа речных вод в юго-восточной части моря Лаптевых является доминирующий тип атмосферной циркуляции. (Xie L., Yakushev E., Semiletov I., Grinko A., Gangnus I., Berezina A., Osadchiev A., Zhdanov I., Polukhin A., Moiseeva J., Purgina D., Pipko I., Pugach S., Dudarev O., Ge Z. Biogeochemical structure of the Laptev Sea in 2015-2020 associated with the River Lena plume // *Frontiers in Marine Science*. – 2023 – Vol. 10. – Art. no. 1180054. DOI: 10.3389/fmars.2023.1180054).

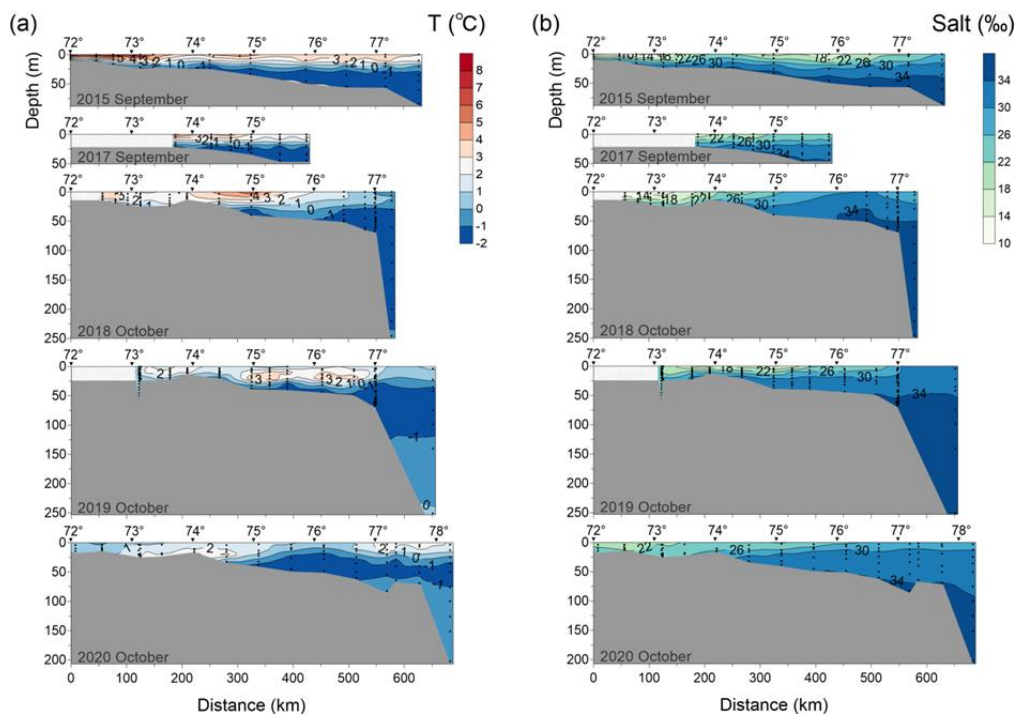


Рисунок 8.1 – Распределение температуры, T (а) и солености, Salt (б) на меридиональном разрезе в море Лаптевых (120°42'-133°36' в.д.) в сентябре-октябре 2015 и 2017-2020 гг.

8.2 Термический режим донных осадков и состояние подводной мерзлоты в арктических морях России

чл.-корр. РАН, д.г.н. И.П. Семилетов, д.г.-м.н. О.В. Дударев

Температурный режим и состояние подводной мерзлоты являются определяющими для дестабилизации арктических гидратов и образования сквозных каналов для массивированной разгрузки пузырькового СН₄ из донных отложений. Для построения карты распространения подводной мерзлоты в Карском море и МВА была использована уникальная авторская база данных, обобщающая измерения температуры донных осадков *in situ*, созданная участниками проекта на основе 25 летних исследований. Методологической основой для этого является выявление значимой корреляции между *in situ* измеренными температурами осадков и распространением подводной мерзлоты (рисунок 8.2). Распространение островной и спорадической реликтовой мерзлоты и сквозных таликов, ассоциированных с массивированной разгрузкой метана, характерно для северной периферии шельфа МВА на изобатах ~60 м и более, а также для районов с повышенными восходящими тепловыми потоками, которые связаны с тектоническими разломами в геологическом фундаменте. Также доказано, что крупнейшие места массивированного выброса метана (мегасипы) совпадают с сочленением сейсмических зон, которые характеризуются высоким геотермальным тепловым потоком. (Bukhanov B., Chuvilin E., Zhmaev M., Shakhova N., Spivak E., Dudarev O., Osadchiev A., Spasennykh M., Semiletov I. *In situ* bottom sediment temperatures in the Siberian Arctic seas: Current state of subsea permafrost in the Kara sea vs Laptev and East Siberian seas // *Marine and Petroleum Geology*. – 2023. – Vol. 157 – Art. no. 106467. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2023.106467. Krylov A.A., Lobkovsky L.I., Kovachev S.A., Baranov B.V., Rukavishnikova D.D., Tsukanov N.V., Dozorova K.A., Semiletov I.P. *Geodynamic Regimes in the Laptev Sea Region According to the Latest Seismological Data // Doklady Earth Sciences*. – 2023. – Vol. 513. – P. 1338-1343. DOI: 10.1134/S1028334X23602031).

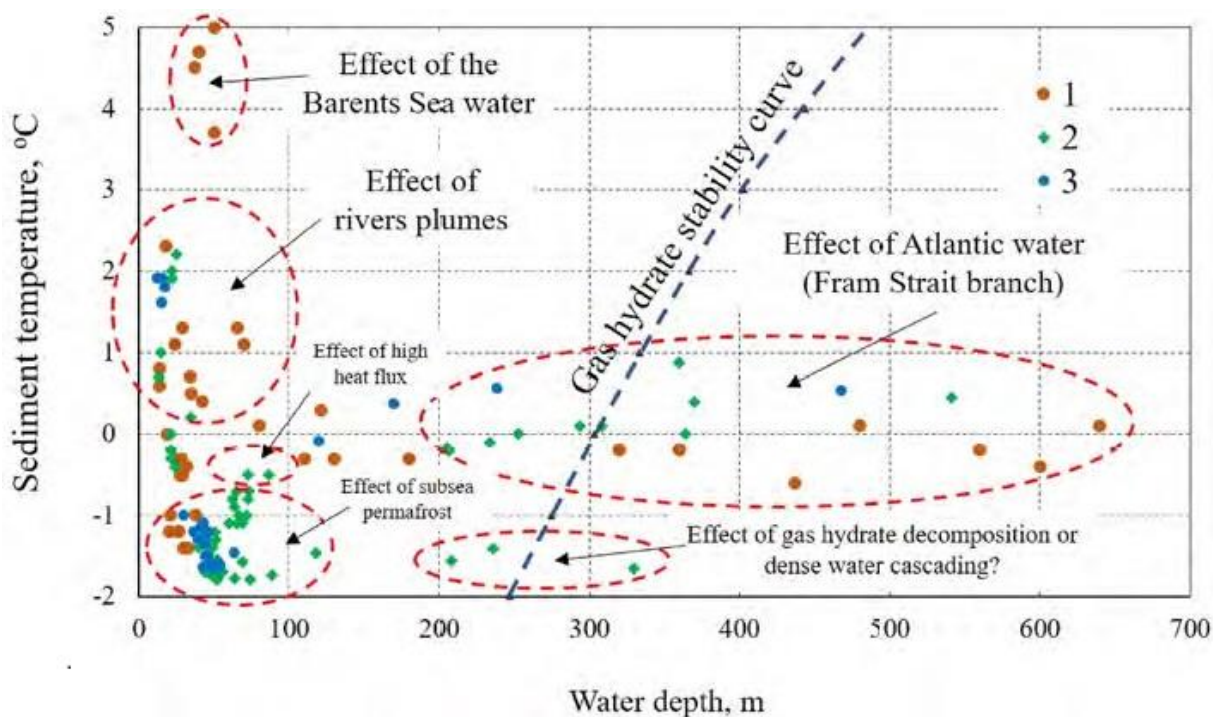


Рисунок 8.2 – Зависимость температуры осадков от глубины воды в арктических морях. Символами отмечены данные по Карскому морю (1), морю Лаптевых (2) и Восточно-Сибирскому (3) морю

8.3 Электромагнитное профилирование для картирования кровли подводной мерзлоты и построения трехмерных структур крупных таликов, которые являются каналами массивованного выброса метана из донных отложений в водную толщу-атмосферу

чл.-корр. РАН, д.г.н. И.П. Семилетов

С целью изучения возможностей картирования субмаринной многолетней мерзлоты (ММП) арктического шельфа, методом становления поля в ближней зоне выполнена серия задач одномерного моделирования отклика электромагнитного поля для известного разреза (прямая задача). Затем задача подвергалась автоматической инверсии (обратная задача), а результаты инверсии сравнивались с исходными для моделирования данными. Такой подход позволил оценить погрешность определения кровли и подошвы ММП на различных по глубине участках шельфа (рисунок 8.3). Показано, что при фиксированном первом слое модели точность подбора автоматической инверсии в среднем составляет ~2,5%. Максимальные значения ошибки по расчету удельного электрического сопротивления ММП не превышают 10%. Результат важен для понимания современного состояния ММП и ее будущих изменений. Этот метод является наиболее перспективным для картирования кровли подводной мерзлоты и построения трехмерных структур крупных таликов, которые являются каналами массивованного выброса метана из донных отложений в водную толщу-атмосферу. (Alekseev D.A., Koshurnikov F.V., Gunar A.Yu., Balikhin E.I., Semiletov I.P., Shakhova N.E., Palshin N.A., Lobkovsky L.I. *Time-Domain Electromagnetics for Subsea Permafrost Mapping in the Arctic: The Synthetic Response Analyses and Uncertainty Estimates from Numerical Modelling Data // Geosciences. – 2023. – Vol. 13. – Art. no. 144. DOI: 10.3390/geosciences13050144*).

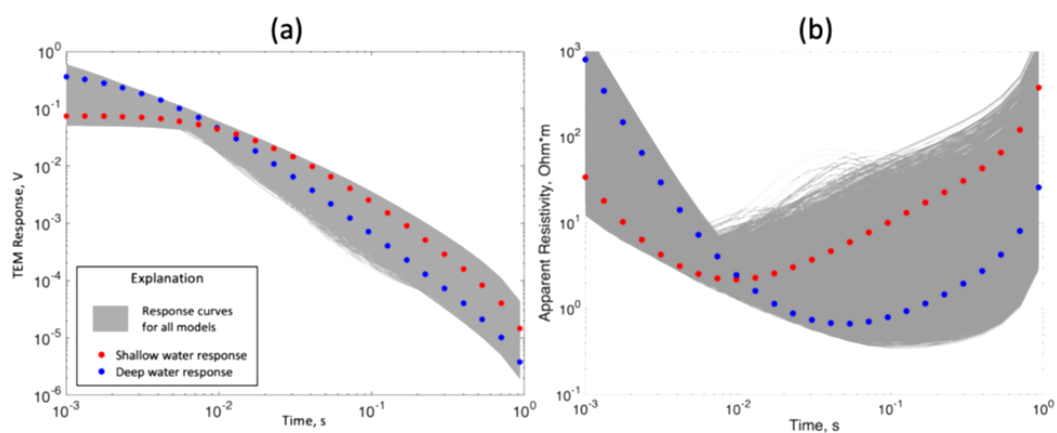


Рисунок 8.3 – Синтетические отклики электромагнитного поля, рассчитанные для серии трехслойных одномерных моделей с переменным удельным сопротивлением и толщине: а – переходные напряжения, б – кажущееся сопротивление. Красные и синие пунктирные кривые – мелководный и относительно более глубоководный шельф соответственно

Тема 9 «Разработка и внедрение перспективных методов исследования состояния окружающей среды и ее ресурсного потенциала, в условиях активизации промышленного развития России в Дальневосточном и Арктическом регионах»

Научный руководитель – к.г.-м.н. А.Н. Чаркин
Регистрационный номер АААА-А20-120011090005-7

9.1 Анализ потоков элементарной газообразной ртути в морском пограничном слое окраинных морей северо-западной части Тихого океана

к.г.н. В.В. Калинин

В окраинных морях северо-западной части Тихого океана обнаружен градиент концентраций атмосферной газообразной элементарной ртути ($Hg(0)$) и ее потоков из моря в атмосферу, увеличивающийся с севера на юг. Основными районами-источниками $Hg(0)$ были: Курило-Камчатский сектор Тихого океана и северо-восток Китая для атмосферы Охотского моря, северо-восток Китая и Корейский полуостров для Японского моря, территория от Желтого моря до Индокитая для атмосферы Восточно-Китайского и Южно-Китайского морей. Анализ как опубликованных, так и собственных экспериментальных данных показал, что в глобальном масштабе потоки $Hg(0)$ из моря в атмосферу увеличиваются с увеличением температуры воды и уменьшением широты. (*Kalinchuk V.V. Gaseous elemental mercury and its evasion fluxes in the marine boundary layer of the marginal seas of the northwestern Pacific: Results from two cruises in September-December 2019 // Science of The Total Environment. – 2023. – Vol. 858, Part. 1. – Art. no. 159711. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159711.*)

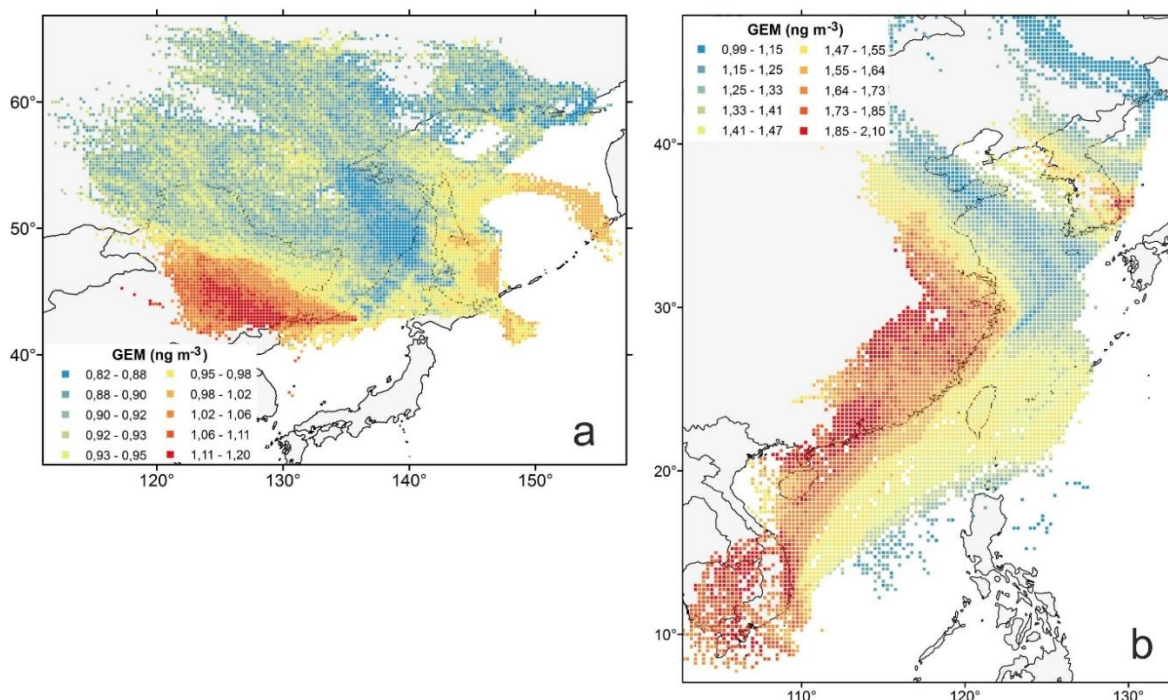


Рисунок 9.1 – Распределение значений обратных траекторий движения воздушных масс, взвешенных по концентрациям газообразной элементарной ртути: а) данные, полученные в ходе экспедиции в Японском и Охотском морях, б) данные, полученные в ходе экспедиции в Японском, Восточно-Китайском и Южно-Китайском морях

9.2 Изучение состава органического вещества донных осадков Чаунской губы (Восточно-Сибирское море)

Состав осадочного материала в Чаунской губе, преимущественно, определяется особенностями подводного рельефа и гравитационными потоками поступающего терригенного материала – продуктов локальной термоабразии береговой зоны (о. Айон) и речного аллювия в юго-восточной части губы. Определенную роль в формировании седиментационного облика губы, предположительно, играют процессы вытаивания криозоля в результате разрушения областей припайного льда. Данные пиролиза и анализ распределения н-алканов для поверхностных осадков указывают на смешанный генезис органического вещества в поверхностных осадках с доминирующим вкладом наземного органического вещества высокой степени преобразованности и высокое содержание труднорастворимых гуминовых веществ и фульвокислот. Присутствие автохтонного органического вещества отражает высокую продуктивность вод Чаунской губы. (Полтавская Н.А., Гершелис Е.В., Оберемок И.А., Гринько А.А., Чаркин А.Н., Ярошук Е.И., Дударев О.В., Смирнова Н.А., Гусева Н.В., Семилетов И.П. Особенности состава органического вещества донных осадков Чаунской Губы (Восточно-Сибирское море) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 2. – С. 130-146. DOI: 10.18799/24131830/2023/2/3873).

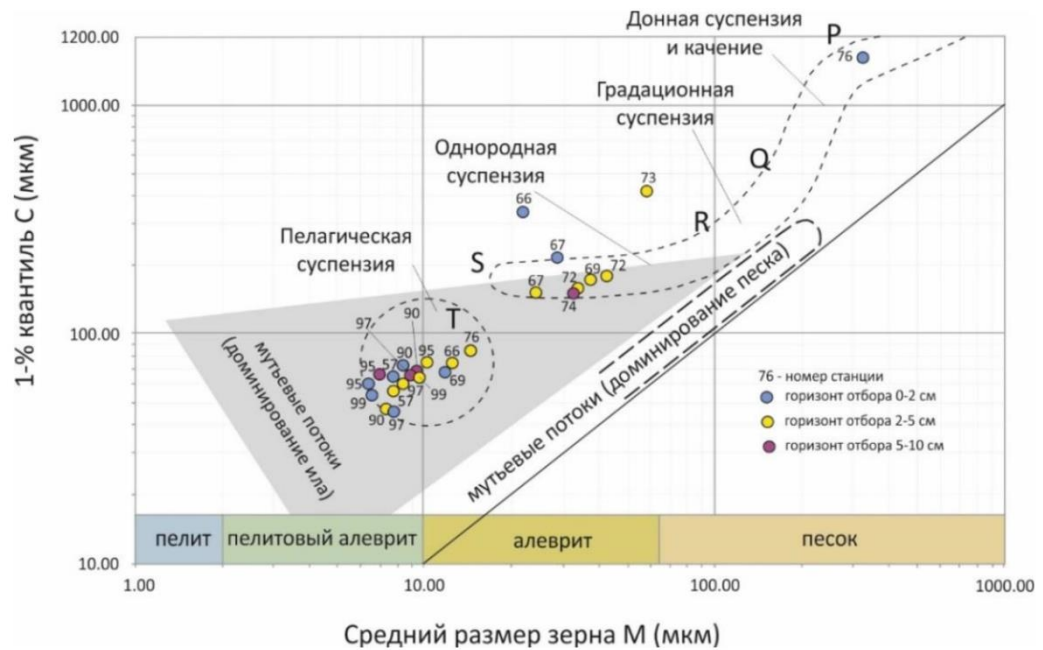


Рисунок 9.2 – График зависимости среднего размера зерна М от 1-% квантиля С, показывающий режимы осаждения, связанные с переносом осадочного материала

9.3 Разработка алгоритма обработки данных гамма-спектрометрии на основе кластеров и компонентного анализа для картирования ореолов гидротермальных изменений

к.г.-м.н. А.Н. Чаркин

В настоящей работе предложен алгоритм обработки данных гамма-спектрометрии высокого разрешения, направленный на локацию гидротермальных источников. На первом этапе разработана кластерная модель пространственного изменения радиоактивности. Фон вычислялся с использованием информации о концентрациях естественных радиоактивных элементов и численных геоморфологических характеристик. Эта модель позволила хорошо дифференцировать рельеф по литологическому признаку и изменчивости ландшафта.

Математическая процедура удаления дисперсии распределения естественных радиоактивных элементов была связана с изменчивостью литологии и ландшафтов. На втором этапе были интегрированы «исправленные» данные гамма-спектрометрии, используя принцип компонентного анализа. Сравнение полученной факторной модели с априорными радиоактивными моделями гидротермальных изменений позволили дифференцировать ореолы кварц-гидрослюдистых и кварц-пирит-серицитовых образований. (Sobolev I.S., Orekhov K.A., Orekhov A.N., Charkin A.N., Soboleva N.P. Cluster- and PCA-based gamma-ray spectrometry data processing algorithm for hydrothermal alteration haloes mapping // *Journal of Applied Geophysics*. – 2023. – Vol. 210. Art. no. 104935, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2023.104935).

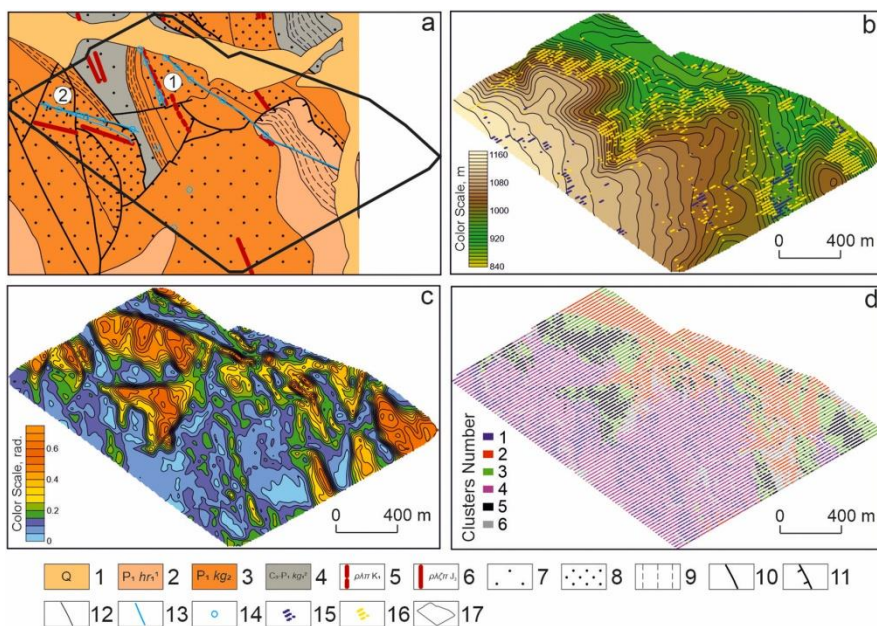


Рисунок 9.3 – Геология (а) (Некрасов, 2009), геоморфология (б), угол наклона (с), модель пространственной классификации (д): 1 – четвертичная система: аллювиальные отложения; 2–4 – верхний карбон-нижняя пермь: верхняя пачка Хорокицкой свиты (2): алевролиты и песчаники; верхняя пачка Кыгылтасской свиты (3): алевролит и песчаник; нижняя пачка Кыгылтасской свиты (4): алевролит и песчаник; 5–6 – дайки: плагиогранит-порфиры (5); плагиориодацит-порфиры (6); 7 – песчаники средне- и крупнозернистые с редкими прослоями алевролита; 8 – песчаники мелкозернистые с прослоями серых мелкозернистых алевролитов; 9 – переслаивание алевролитов, песчаники средне- и мелкозернистые; 10 – разломы; 11 – надвиг, трещины; 12 – геологические границы; 13 – рудные тела месторождения Вертикальное (1) и естественное простирание (2); 14 – образцы кускового и траншейного канала с техническим серебром; 15–16 – полевые ландшафтные наблюдения: болотистая местность (15) и моховые заросли; 17 – обзорная площадка

9.4 Изучение радиоактивности антропогенных и естественных радионуклидов в донных отложениях Чаунской губы Восточно-Сибирского моря

к.г.-м.н. Чаркин А.Н.

Естественные радиоактивные изотопы служат полезным индикатором геологических и геохимических процессов в морской среде, а радиоцезий показывает степень техногенного загрязнения, в связи с этим их мониторинг в условиях изменения климата в Арктическом регионе имеет большое значение. Впервые приводятся данные о пространственном распределении концентрации естественных (^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K) и техногенных (^{137}Cs) радионуклидов в морских отложениях Чаунской губы (Восточно-Сибирское море). Измеренные концентрации активности варьировали в диапазоне 23,7–77,9 (среднее 39,2) Бк/кг

для ^{232}Th , 16,5-39,3 (среднее 26,6) Бк/кг для ^{226}Ra , 535-991 (среднее 726) Бк/кг для ^{40}K и 0,5-4,7 (среднее 2,0) Бк/кг для ^{137}Cs . Уровень радиоце́зия в осадках не выявил локальных источников антропогенного загрязнения. При этом средняя концентрация активности ^{40}K была в 1,8 раза выше мировой. (Ulyantsev A., Ivannikov S., Bratskaya S., Charkin A.N. Radioactivity of anthropogenic and natural radionuclides in marine sediments of the Chaun Bay, East Siberian Sea // *Marine Pollution Bulletin.* – 2023. – Vol. 195. – Art. no. 115582. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115582).

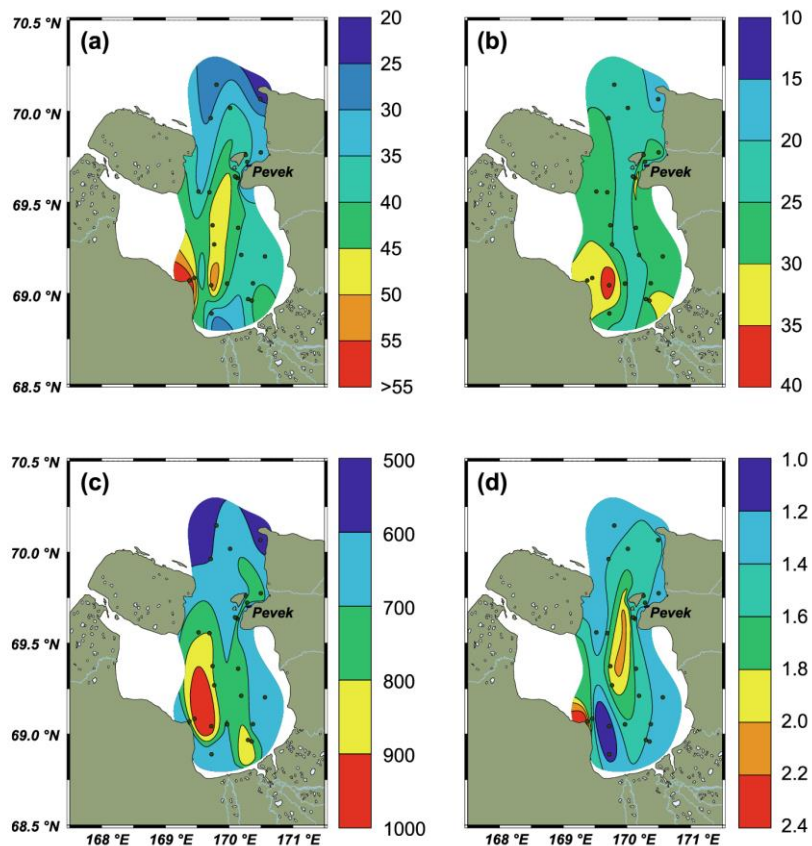


Рисунок 9.4 – Пространственное распределение концентраций активности (в Бк/кг) ^{232}Th (а), ^{226}Ra (б), ^{40}K (с) и отношения активностей $^{232}\text{Th}/^{226}\text{Ra}$ (д) в верхнем 10 см горизонте донных отложений Чаунской губы

Тема 10 «Исследование состояния и изменений природной среды на основе комплексного анализа и моделирования гидрометеорологических, биогеохимических, геологических процессов и ресурсов Дальнего Востока»

Научный руководитель – к.г.-м.н. Н.С. Сырбу

Регистрационный номер АААА-А19-119122090009-2

10.1. Исследование происхождения и источников ПАУ, а также факторов, влияющих на их накопление, в донных отложениях северной части Японского моря (Татарский пролив)

Ю.В. Кудряшова, к.х.н. Т.Л. Чижова

Получены новые данные о содержании ПАУ в донных отложениях Татарского пролива и обнаружено увеличение концентраций ПАУ с глубиной, что объясняется накоплением ПАУ на дне котловины Татарского трога в результате их переноса с мутьевыми потоками со склонов материкового шельфа и о. Сахалин. Расчет экологических рисков, связанных с канцерогенностью и мутагенностью анализируемых конгенов ПАУ, определил, что их уровень был низким. Установление происхождения ПАУ с помощью анализа концентрационных отношений изомеров ПАУ, композиционных профилей и метода главных компонент выявило, что зона исследования состояла из двух локаций, различающихся источниками ПАУ. Полиарены в северной части Татарского трога имели петрогенное происхождение и поступали в результате загрязнения вод северной части Татарского пролива при транспортировке углеводородного сырья (нефти и угля). Остальная исследуемая часть пролива была загрязнена ПАУ преимущественно продуктами сгорания угля и биомасс, а также выхлопов двигателей морских транспортных средств. (Koudryashova Y., Chizhova T., Zadorozhny P., Ponomareva A., Eskova A. Occurrence and Sources of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Factors Influencing Their Accumulation in Surface Sediment of a Deep-Sea Depression, Namely the Tatar Trough (Tatar Strait, the Sea of Japan) // Water. – 2023. – Vol. 15(23). – Art. no. 4151. DOI: 10.3390/w15234151).

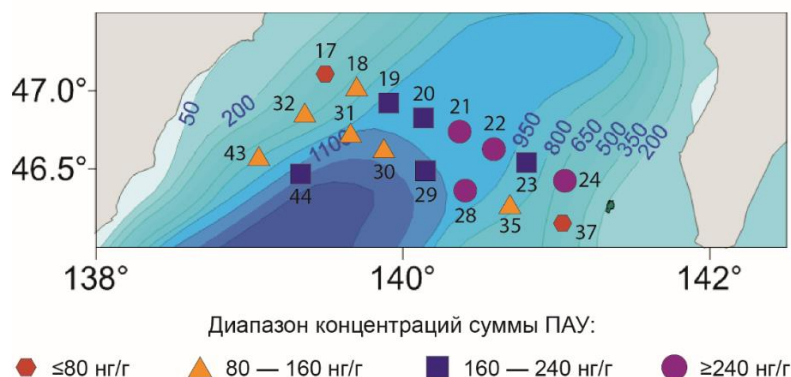


Рисунок 10.1 – Пространственное распределение суммарного содержания ПАУ в донных отложениях Татарского трога и его зависимость от глубины станций пробоотбора

10.2 Анализ распределения метана в тропосфере над Арктическим шельфом Евразии с помощью ИК-зондировщика AIRS

Е.С. Хазанова, И.Е. Степочкин

Представлены новые результаты анализа распределения метана в тропосфере над арктическим шельфом Евразии с помощью ИК-зондировщика AIRS. Показаны основные

тренды изменчивости содержания метана (повышение), температуры (AIRS, флуктуации без ярко выраженного тренда) и ледовитости (по данным Defense Meteorological Satellite Program (DMSP)) за период 2010-2022 гг. В результате сделаны заключения о разнице в распределениях атмосферного метана над западной и восточной частями Евразийской Арктики, разделяемых по зоне проницаемости, сформированной сейсмически активным линейamentом вдоль хребта Гаккеля. Показано, что гидрометеорологические параметры, включая температуру и льдообразование, вероятно, не являются главными причинами повышения содержания метана в атмосфере Евразийского арктического шельфа. Распределение метана и повышение его содержания связаны с природными региональными факторами, распространенными на обширных площадях, которыми являются, в первую очередь, геологические структуры: нефтегазоносные бассейны и тектоническая раздробленность литосферы, формирующая зоны дегазации разных типов. (Шакиров Р.Б., Хазанова Е.С., Степочкин И.Е. Новые данные о закономерностях распределения метана над арктическим шельфом Евразии // Доклады российской академии наук. Науки о земле. – 2023. – Т. 511, № 1. – С. 130-134. DOI: 10.31857/S2686739722603003; переводная версия Shakirov R.B., Khazanova E.S., Stepochkin I.E. New Data on the Patterns of Methane Distribution over the Arctic Shelf of Eurasia // Doklady Earth Sciences. – 2023. – Vol. 511, No. 1. – P. 623-626. DOI: 10.1134/S1028334X23600536).

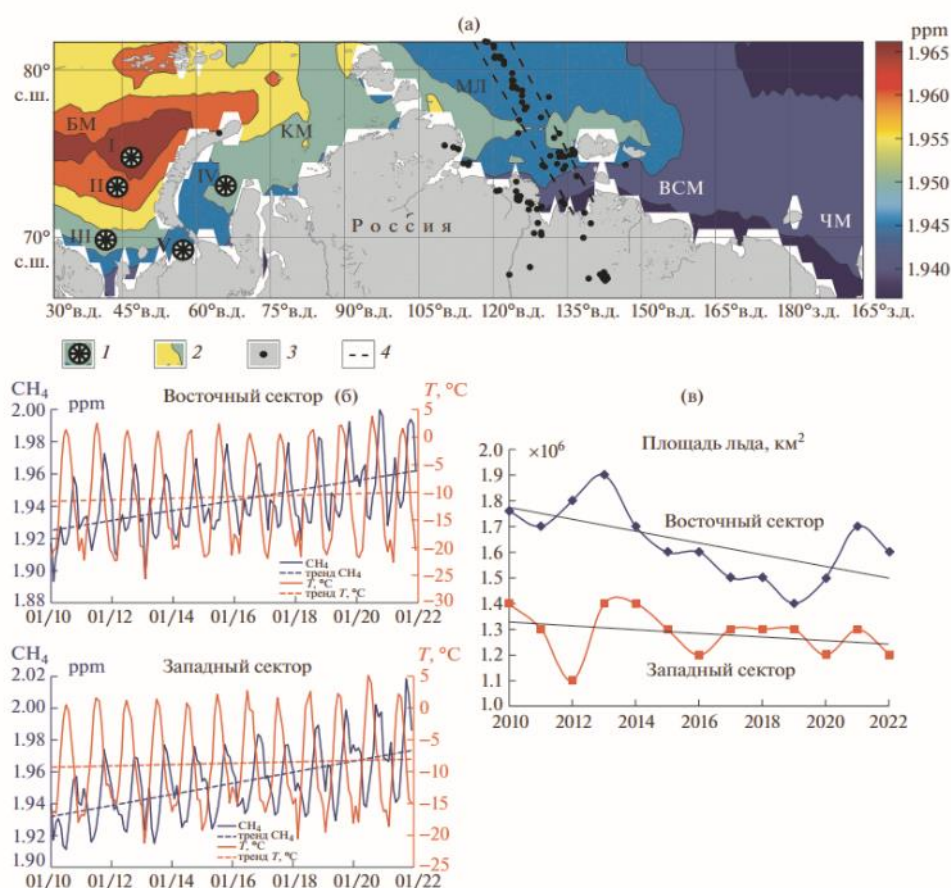


Рисунок 10.2 – Распределение поля содержаний метана (среднегодовое содержание) в приводном слое атмосферы в 2010-2022 гг. (а); графики изменчивости содержаний метана (CH₄) в ppm и температуры приводного слоя атмосферы (T, °C) в восточном и западном секторе (средние значения по регионам) (б); диаграммы изменения площади льда (км²) в восточном и западном секторе (в). 1 – месторождения (I – Лудловское, II – Штокмановское, III – Мурманское, IV – Русановское, V – Приразломное), 2 – метан, 3 – землетрясения, 4 – схематические границы полосы вдоль сейсмоактивной зоны в районе хребта Гаккеля

10.3 Разработка метода комплексного газогеохимического мониторинга для о. Сахалин

к.г.-м.н. Н.С. Сырбу Н.С., А.О. Холмогоров, И.Е. Степочкин, Е.С. Хазанова

Проведено исследование распределения метана на территории с углеводородным потенциалом, дана оценка данных спутникового наблюдения района о. Сахалин для выявления связи сейсмических событий и изменения уровня концентрации метана и углекислого газа в атмосферном воздухе (в частности, на примере режима метановой и углекислой разгрузки Южно-Сахалинского грязевого вулкана), проведено сопоставление данных дистанционного наблюдения с результатами экспедиционных береговых исследований. На основе наблюдения посредством трех сканеров спутниковой системы слежения (AIRS, TROPOMI, IASI) за районом Южно-Сахалинского грязевого вулкана выявлен рост концентрации метана после землетрясения, а также сохранение относительно стабильного показателя концентрации в течение последующих дней. Выявлена тесная связь современной динамики геологической среды и флюидодинамики в виде вертикальной миграции флюидов из фундамента, внутри осадочного чехла и до поверхности, которая происходит в зонах проводящих разломов и отражается в вариациях геохимических полей и потоков парниковых газов: метана и углекислого газа. (Сырбу Н.С., Холмогоров А.О., Степочкин И.Е., Хазанова Е.С. Сравнительный анализ газо-геохимических данных наземного и спутникового мониторинга острова Сахалин и его шельфа (Северо-Восток России): тектонические следствия // Геотектоника. – 2023. – № 2. – С. 39-56. DOI: 10.31857/S0016853X2302008X; переводная версия Syrбу N.S., Kholmogorov A.O., Stepochkin I.E., Khazanova E.S. Comparative Analysis of Gas-Geochemical Data from Ground-Based and Satellite Observations of the Sakhalin Island and Its Shelf (Northeast Russia): Tectonic Consequences // Geotectonics. – 2023. – Vol. 57, No. 2. – P. 184-199. DOI: 10.1134/S0016852123020085).

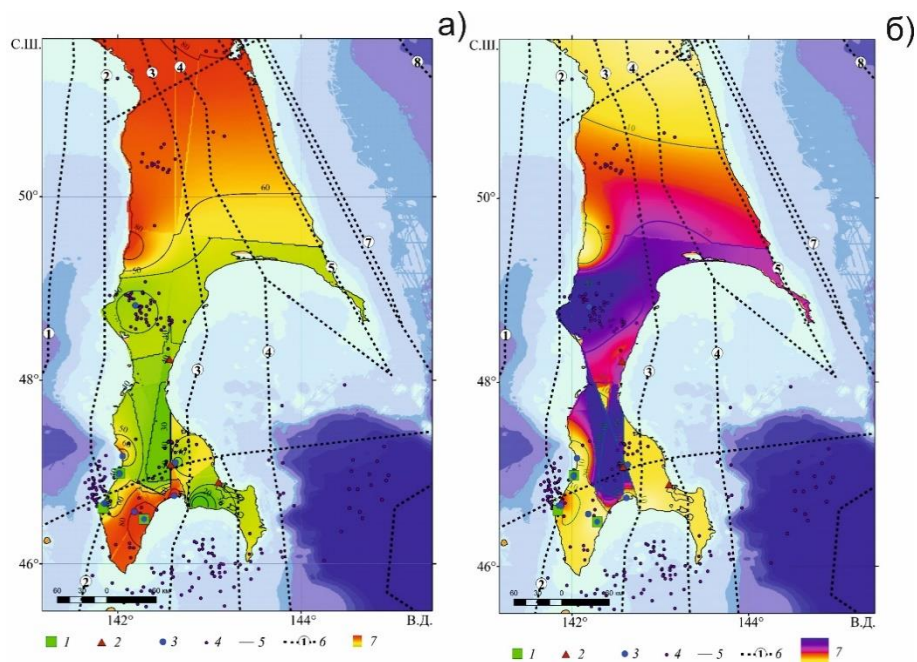


Рисунок 10.3 – Распределение концентраций метана (а) и углекислого газа (б) в южной части о. Сахалин. Региональные разломы: 1 – Восточно-Сихотэ-Алиньский, 2 – Западно-Сахалинский, 3 – Центрально-Сахалинский, 4 – Хоккайдо-Сахалинский, 5 – Северо-Сахалинский, 6 – Пограничный, 7 – Восточно-Сахалинский, 8 – Стародубский. 1 – термальные источники; 2 – грязевые вулканы; 3 – водоминеральные источники; 4 – эпицентры землетрясений; 5 – изолинии; 6 – линии основных разломов; 7 – концентрации (а) CH_4 от 2,6 до 96,38 (%) и (б) CO_2 от 0,11 до 81,4 (%)

Тема 11 «Эколого-биогеохимические процессы в морских экосистемах: роль природных и антропогенных факторов»

Научный руководитель – д.б.н. В.П. Челомин

Регистрационный номер 121021500052-9

11.1 Влияние ветра и стока реки Юкон на водообмен между Беринговым и Чукотским морями

д.г.н. А.Г. Андреев

Проведен анализ водообмена между Беринговым (Тихий океан) и Чукотским (Северный Ледовитый океан) морями в летний период с использованием спутниковых данных по уровню моря, геострофическим течениям и данных измерений расхода вод в Беринговом проливе (среднемесячные данные). Показано, что наблюдается хорошее согласие ($r=0,85$, июль-октябрь 1997-2019 гг.) между скоростями геострофических течений (спутниковые данные) и измерениями переноса вод (данные буйковых станций) через Берингов пролив. Установлено, что временная изменчивость расхода вод через Берингов пролив определяется вариациями уровня моря в южной части Чукотского моря ($66-68^{\circ}$ с.ш., $170-172^{\circ}$ з.д.). Усиление ветров восточных (западных) румбов сопровождается снижением (повышением) уровня моря в южной части Чукотского моря и, как следствие, увеличением (уменьшением) поступления вод через Берингов пролив. Увеличение (уменьшение) стока р. Юкон сопровождается повышением (снижением) уровня моря и изменениями в циркуляции вод в северной части Берингова моря и Чукотском море. На рисунке 11.1 показаны карты геострофических течений для августа 2014 г. и августа 2016 г. в периоды повышенного ($1,5 \text{ Св}$, $1 \text{ Св}=10^6 \text{ м}^3/\text{с}$) и пониженного ($0,5 \text{ Св}$) расхода вод в Беринговом проливе соответственно. В августе 2014 г. наблюдалось увеличение скоростей геострофических течений до $30-35 \text{ см/с}$ в зоне между о. Святого Лаврентия и п-овом Чукотка (пролив Анадырский) и до 40 см/с в зоне Берингова пролива. В Чукотском море основной поток вод был направлен на запад в район пролива Лонга. В августе 2016 г. скорости геострофических течений в северной части Берингова моря и Чукотском море были ниже ($10-20 \text{ см/с}$), чем в августе 2014 г. В северной части Берингова моря и южной части Чукотского моря (к северу от Берингова пролива) наблюдались слабо выраженные циклонические и антициклонические круговороты вод. (Андреев А.Г., Пипко И.И. Влияние ветра и стока реки Юкон на водообмен между Беринговым и Чукотским морями // Исследование Земли из космоса. – 2023. – № 4. – С. 42-51. DOI: 10.31857/S0205961423040024; переводная версия Andreev A.G., Pipko I.I. Influence of Wind and Yukon River Runoff on Water Exchange between the Bering and Chukchi Seas // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2023. – Vol. 59, No. 12. – P. 173-180. DOI: 10.1134/S0001433823120034).

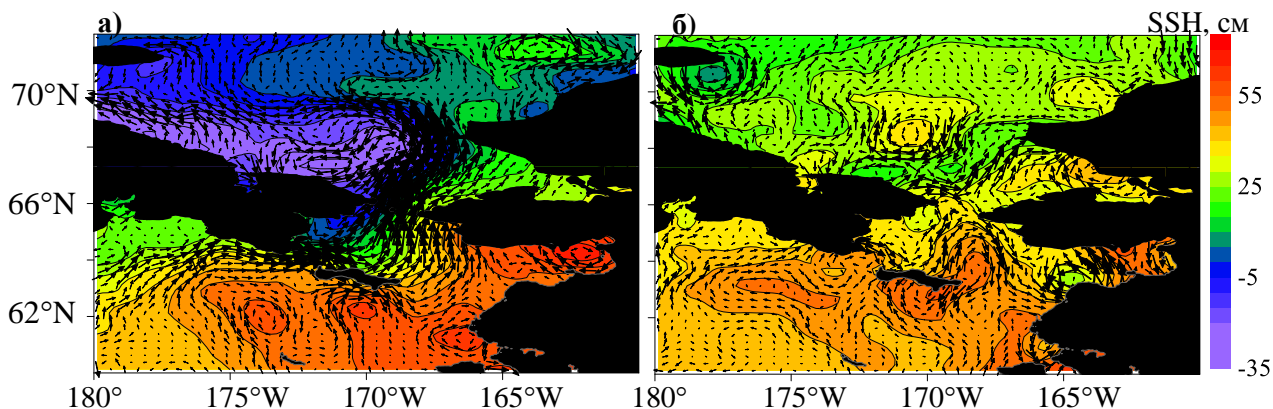


Рисунок 11.1 – Распределение уровня моря и скоростей геострофических течений в периоды повышенного (август 2014 г.) (а) и пониженного (август 2016 г.) (б) расхода вод через Берингов пролив

11.2 Влияние внутрисезонной изменчивости уровня моря в юго-западной части Берингова моря на Восточно-Камчатское и Восточно-Сахалинское течения

д.г.н. А.Г. Андреев

Восточно-Камчатское и Восточно-Сахалинское течения (ВКТ и ВСТ соответственно) являются западными пограничными течениями тихоокеанской субарктики и Охотского моря. Изменчивость скоростей ВКТ и ВСТ оказывает влияние на экосистемы и рыбные запасы Берингова и Охотского морей и распределение параметров морской воды на западной границе тихоокеанской субарктики. Используя спутниковые данные (уровень моря (SSH), скорости геострофических течений и температуру поверхности моря, 2002-2020 гг.), было установлено, что изменения зонального ветра порождают колебания уровня моря на шельфе юго-западной части Берингова моря с периодом 18-29 дней и амплитудой 5-20 см. Сгонно/нагонные явления в зоне шельфа и материкового склона приводят к изменениям скорости, направления и положения струи ВКТ. Колебания SSH с периодом около 28 дней (рисунок 11.2) усиливают/ослабляют поток ВКТ, направленный вдоль склона на юг, и приводят к сдвигу струи ВКТ. Показано, что аномалии SSH, сгенерированные на шельфе юго-западной части Берингова моря, распространяются вдоль побережья западной Камчатки, северных Курильских островов, северной и западной части Охотского моря и приводят к изменчивости скоростей геострофических течений в зоне ВСТ. Усиление (ослабление) ВСТ сопровождается понижением (повышением) температуры вод в южной части Охотского моря в осенний период на 1-3°C. В северо-западной части Охотского моря (на границе вод Амурского лимана) помимо колебаний SSH, вызванных ветром, наблюдаются временные изменения геострофических течений с периодом 14 дней, вызванные двухнедельной изменчивостью в приливах. (Andreev A.G. *Intra-seasonal variability of sea level on the southwestern Bering Sea shelf and its impact on the East Kamchatka and East Sakhalin Currents // Remote Sensing. – 2023. – Vol. 15. – Art. no. 4984. DOI: 10.3390/rs15204984*).

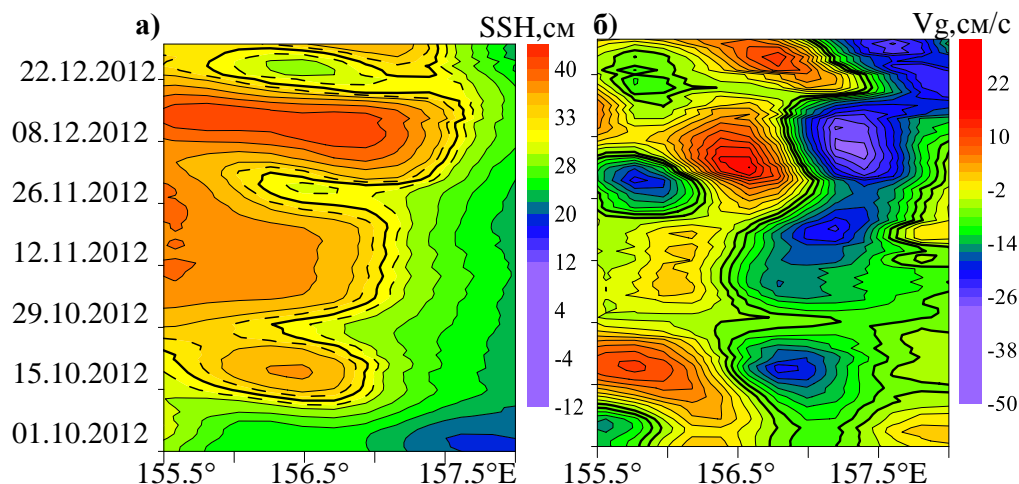


Рисунок 11.2 – Диаграмма Ховмюллера (долгота – время, 50,1° с.ш.) для уровня моря (SSH) (а) и меридиональной скорости геострофических течений (б) в зоне северных Курильских островов

11.3 Водорастворимая фракция дизельного топлива вызывает генотоксичность в гаметах морского ежа *Scaphechinus mirabilis*

д.б.н. В.П. Челомин, к.б.н. В.В. Слободскова, С.П. Кукла

Загрязнение морских акваторий нефтью и нефтепродуктами неуклонно растет. В связи с этим изучение влияния нефтяных углеводородов на морские гидробионты является актуальной задачей современной экотоксикологии. В нашем исследовании оценивали воздействие водорастворимых углеводородов дизельного топлива на гаметы морского ежа *Scaphechinus mirabilis*. Было показано, что инкубация мужских (сперматозоидов) и женских (яйцеклеток) половых клеток морского ежа с различными концентрациями водорастворимых нефтеуглеводородов приводит к усиленному разрушению молекулы ДНК (генома) в обоих типах гамет. Кроме того, было показано, что с увеличением концентрации нефтяных углеводородов наблюдается не только снижение уровня оплодотворения, но и появляется большое количество апоптотных клеток с высоким уровнем деструкции генома. Основываясь на полученных результатах кратковременных контактов гамет с растворимыми нефтеуглеводородами, необходимо подчеркнуть, что сохранившиеся нерепарированные повреждения молекулы ДНК в клетках после оплодотворения (зиготах), выявленные в наших экспериментах, представляют риск дальнейшего запуска деструктивных процессов и проявления отдаленных нежелательных последствий. Следует подчеркнуть, что полученные результаты приобретают особую актуальность, учитывая реальные концентрации растворенных нефтеуглеводородов, образующихся в морской среде при разливах нефти и нефтепродуктов. Кроме того, результаты предполагают, что тестирование на генотоксичность морской воды с использованием метода ДНК-комет может быть не только диагностическим, но и прогностическим инструментом для оценки последствий разлива нефтепродуктов на жизнедеятельность прибрежных организмов. (*Chelomin V.P., Slobodskova V.V., Kukla S.P., Zhuravel E.V., Chernyaev A.P. Genotoxic effects of exposure to water-soluble fraction of diesel fuel in sand dollar *Scaphechinus mirabilis* gametes // Toxics. – 2023. – Vol. 11(1). – Art. no. 29. DOI: 10.3390/toxics11010029*).

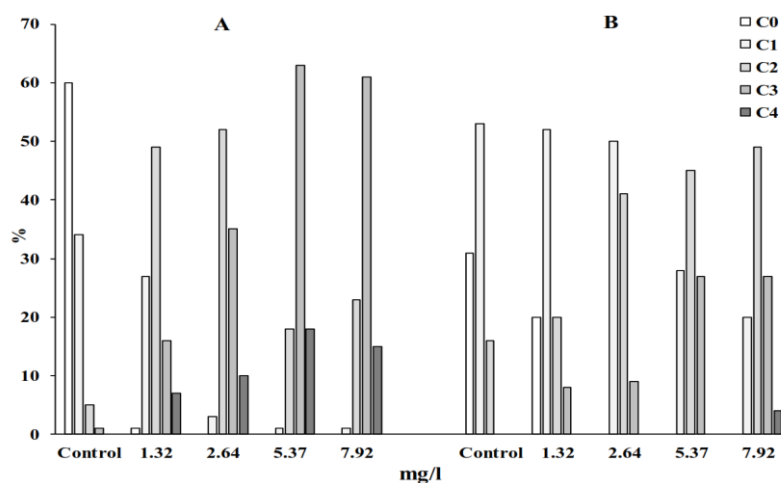


Рисунок 11.3 – Распределение комет по степени деструкции генома в спермиях (А) и яйцеклетках (В) морского ежа после воздействия различных концентраций водорастворимых нефтеуглеводородов

11.4 Пенополистирол индуцирует генотоксичность в клетках литоральных моллюсков

д.б.н. В.П. Челомин, к.б.н. Н.В. Довженко, к.б.н. В.В. Слободскова, А.А. Мазур, С.П. Кукла, к.б.н. А.Ф. Жуковская

Пенополистирол (ЭПС) является основным компонентом пластикового мусора в окружающей среде, включая прибрежно-береговые зоны. ЭПС широко используется в различных отраслях промышленности, включая рыбоводство и аквакультуру, что представляет серьезную потенциальную угрозу не только для культивируемых гидробионтов, но и для всех живых организмов, включая человека. В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по воздействию ЭПС (0,024 м²/л) на морских моллюсков *Mytilus trossulus* и *Tegula rustica*, типичных обитателей верхней литорали залива Петра Великого (Японское море), принадлежащих к разным систематическим группам и различающихся по типу питания. Результаты биохимического маркерного анализа показали развитие процессов окислительного стресса. Увеличение содержания малонового диальдегида относительно контроля зарегистрировано в пищеварительных железах обоих моллюсков. В клетках пищеварительных желез *M. trossulus* интегральная антиоксидантная активность (ИАА) снизилась более чем в 1,5 раза по сравнению с контролем. Изменение концентрации карбониллов белков у *M. trossulus* не зарегистрировано, тогда как у *T. rustica* наблюдалось увеличение в 1,5 раза. Воздействие EPS также привело к значительным повреждениям ДНК у исследованных моллюсков — уровень повреждений увеличился в 2,5 раза у *M. trossulus* и в 1,5 раза у *T. rustica* относительно контроля, что указывает на генотоксический потенциал фрагментов полистирола. (Chelomin V.P., Dovzhenko N.V., Slobodskova V.V., Mazur A.A., Kukla S.P., Zhukovskaya A.F. Expanded polystyrene-debris-induced genotoxic effect in littoral organisms // *Toxics*. – 2023. – Vol. 11(9). – Art. no. 781. DOI: 10.3390/toxics11090781).

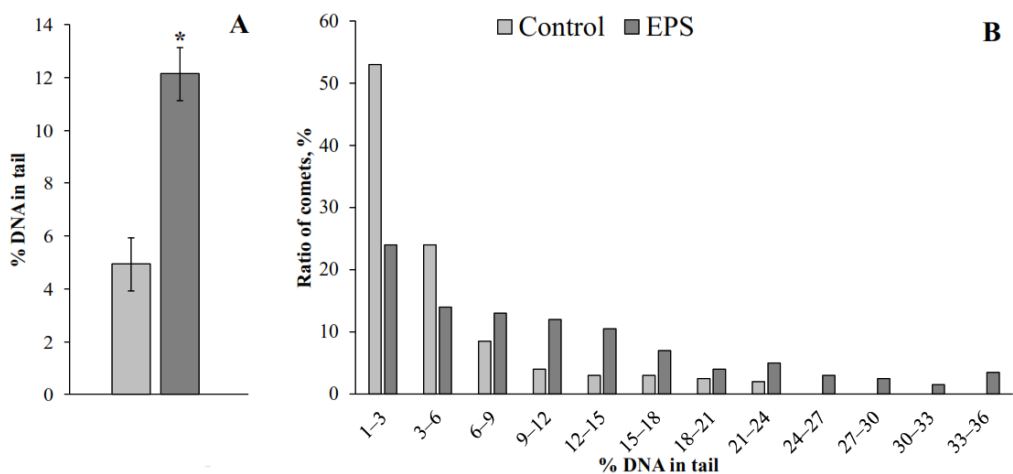


Рисунок 11.4 – Средний уровень повреждения ДНК (А) и распределение комет по степени деструкции генома (В) в клетках пищеварительной железы мидии после воздействия пенополистирола

11.5 Влияние водорастворимых углеводов дизельного топлива, сорбированных на фрагментах полиэтилена, на биохимические маркеры окислительного стресса у мидии *Mytilus trossulus*

к.б.н. Н.В. Довженко, д.б.н. В.П. Челомин, А.А. Мазур, к.б.н. В.В. Слободскова, к.б.н. А.А. Истомина, С.П. Кукла

Загрязнение мирового океана пластиковым мусором является одной из важнейших экологических проблем нашего времени. В то же время, активная сорбция пластиком высокотоксичных химических веществ, растворенных в воде, также представляет угрозу для морской среды и ее обитателей. В статье представлены результаты экспериментальных исследований свойств полиэтилена (ПЭ) как переносчика нефтяных углеводородов (РН) и его влияние на биохимические маркеры окислительного стресса в тканях тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*. Показано, что наличие в морской воде неиспользованных (чистых) фрагментов полиэтилена (ПЭ) и фрагментов ПЭ с водорастворимыми углеводородами дизельного топлива (ПЭ-ВУ-ДТ) вызывает развитие окислительного стресса у морского моллюска *Mytilus trossulus*. Наблюдались серьезные изменения в стабильности мембран лизосом клеток гемолимфы (LMS) и значительное увеличение фрагментации ДНК в клетках жабр и пищеварительной железы. Присутствие в воде фрагментов ПЭ-ВУ-ДТ вызывало повышение активности антиоксидантных ферментов: каталазы (КАТ) и глутатион-S-трансферазы (GST). Учитывая характер экспериментов, исключая проникновение фрагментов пластика в мидии, высказывается предположение, что окислительный стресс в мидиях был вызван углеводородами ДТ, десорбированными из пластика. (Dovzhenko N.V., Chelomin V.P., Mazur A.A., Slobodskova V.V., Istomina A.A., Kukla S.P. Biomarker Effects of Diesel Fuel Hydrocarbons Absorbed to PE-Plastic Debris on Mussel *Mytilus trossulus*// *Journal of Marine Science and Engineering*. – 2023. – Vol. 11(7). – Art. no. 1446. DOI: 10.3390/jmse11071446).

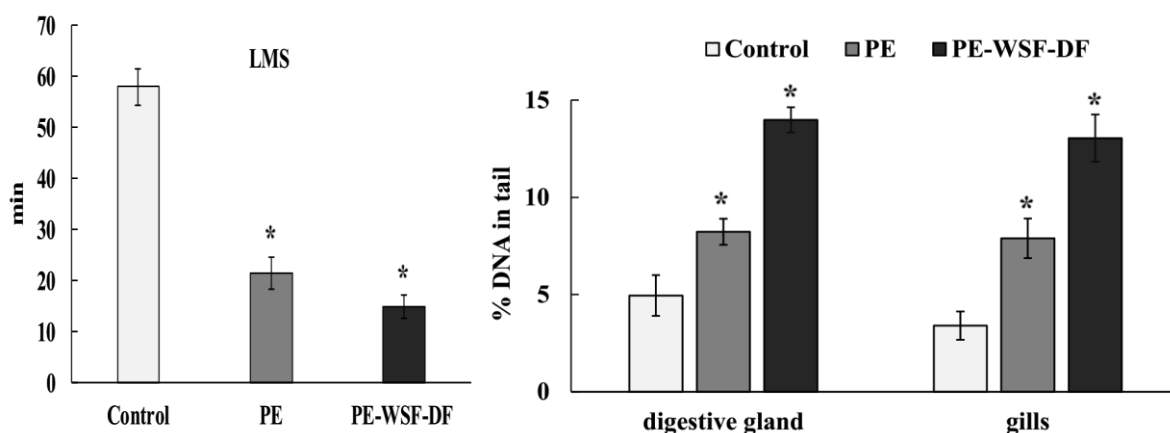


Рисунок 11.5 – Стабильность мембран лизосом гемоцитов (слева) и уровень деструкции генома в тканевых клетках мидии (справа) в присутствии чистых фрагментов полиэтилена (PE) и фрагментов PE, сорбирующих водорастворимые углеводороды ДТ (PE-WSF-DF)

11.6 Взаимосвязь между продолжительностью жизни вида с жирнокислотным составом липидов митохондрий

к.б.н. А.А. Истомина, к.б.н. А.Ф. Жуковская, д.б.н. В.П. Челомин

На примере представителей двух семейств морских двустворчатых моллюсков (Pectinidae и Mytilidae) показано, что липидный матрикс мембран митохондрий долгоживущих видов в меньшей степени чувствителен (предрасположены) к инициированному *in vitro* перекисному окислению по сравнению с средне- и короткоживущими видами. Высказывается предположение, что различия в продолжительности жизни связаны с особенностями жирнокислотного состава липидов мембран митохондрий. Общие черты взаимосвязи ЖК состава мембран митохондрий жабр с МПЖ видов выявляются только при сравнительном анализе моллюсков, имеющих общее происхождение (в пределах семейства). Реакция на индуцированный *in vitro* окислительный стресс также имеет связь с МПЖ видов, относящихся к одному семейству. Базовый уровень образования АФК и МДА в митохондриях жабр выше у долгоживущих моллюсков *S. grayanus* и *M. yessoensis* по сравнению с средне- и короткоживущими представителями соответствующих семейств, при этом мембраны митохондрий жабр этих видов более устойчивы к вызванному *in vitro* окислительному стрессу (низкий уровень АФК и МДА). Вероятно, что важным механизмом поддержания долгожительства у *S. grayanus* и *M. yessoensis* является особый ЖК состав мембран митохондрий, который характеризуется более низким соотношением НЖК/ПНЖК, а также n-3/n-6, и более высоким соотношением суммы ЖК с 2 и 3 связями и суммы ЖК с 4 и 6 связями, а также более высоким содержанием суммы НМРЖК по сравнению с средне- и короткоживущими видами соответствующего семейства. (Istomina A.A., Zhukovskaya A.F., Mazeika A.N., Barsova E.A., Chelomin V.P., Mazur M.A., Elovskaya O.A., Mazur A.A., Dovzhenko N.V., Fedorets Y.V. *The Relationship between Lifespan of Marine Bivalves and Their Fatty Acids of Mitochondria Lipids // Biology*. – 2023. – Vol. 12(6). – Art. no. 837. DOI: 10.3390/biology12060837).

11.7 Наночастицы SiO₂ индуцируют генотоксичность у морских беспозвоночных

С.П. Кукла, д.б.н. В.П. Челомин, А.А. Мазур, к.б.н. В.В. Слободскова

Объем производства наночастиц (НЧ), используемых в различных отраслях жизнедеятельности человека, неуклонно растет. Благодаря своим уникальным свойствам наночастицы диоксида кремния (НЧ SiO₂) получили широкое распространение в

промышленном производстве. Однако их экотоксикологическое воздействие на морскую биоту чрезвычайно слабо изучено. Чтобы подчеркнуть эту проблему, были проведены эксперименты с кратковременным воздействием НЧ SiO₂ на сперматозоиды песчаного морского ежа *Scaphechinus mirabilis* и 6-дневное воздействие на взрослых особей морского двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus*. Результаты показали, что в ходе экспериментов НЧ SiO₂ накапливались в пищеварительной железе моллюсков и усиливали процессы деструкции ядерной ДНК клеток (рисунок 11.7). Также воздействие всех исследованных концентраций наночастиц двуокиси кремния вызывали увеличение повреждения ДНК в половых клетках морского ежа, но не влияли на способность сперматозоидов к оплодотворению. Было обнаружено, что геном клеток (ДНК) является мишенью как при хроническом, так и остром воздействии НЧ SiO₂. (Kukla S.P., Chelomin V.P., Mazur A.A., Slobodskova V.V., Mazur M.A. *SiO₂ Nanoparticles Suspension Exposures with Marine Invertebrates: Genotoxicity Response // Water. – 2023. – Vol. 15(1). – Art. no. 162. DOI: 10.3390/w15010162*).

Показатели	Контрольные моллюски	Экспериментальные моллюски
Концентрация кремния (мкг/г сухого веса ткани)	н.о.	11,04 ± 0,3 *
Уровень повреждения ДНК (% ДНК в хвосте кометы)	7,41 ± 0,33	19,28 ± 0,86 *

Рисунок 11.7 – Содержание кремния и уровень повреждения ДНК в клетках пищеварительной железы контрольных и экспериментальных мидий (среднее ±станд. откл.), н.о. – не обнаружено.

*Отличие от контроля достоверно при $p < 0,05$

11.8 Характеристика морской биоты в водах залива Мучке (Татарский пролив)

к.б.н. Ю.В. Федорец, О.А. Еловская, к.б.н. А.А. Истомина

Впервые в осенний период проведен анализ видового состава фитопланктона и ихтиопланктона на портовой акватории залива Мучке (Татарский пролив). Рассмотрены видовой состав, особенности распределения и структура макрозообентоса. Плотность фитопланктона распределена по территории исследований равномерно. Плотность диатомей достигала 97% от общей плотности фитопланктона, а биомасса – 99%. Обнаружены микроводоросли *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, 1873 и *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin, 1964, виды, обитающие в загрязненных водах. Развитие фитопланктона в осенний период было активным, но пика цветения не наблюдалось. Ихтиопланктон в октябре 2017 г. представлен живыми яйцами *Limanda sakhalinensis* (Schmidt, 1904) (8 экз/м³), в сентябре 2018 г. – личинками *Hexagrammos stelleri* Tilesius, 1810 (0,003-0,056 экз/м³) и *H. октограммус* (Pallas, 1814) (0,01-0,077 экз/м³). На территории исследований зарегистрировано до 85 представителей макрозообентоса, в том числе 40 видов многощетинковых, 19 видов ракообразных, 16 видов моллюсков, 5 видов иглокожих и 5 видов других групп фауны. После дноуглубительных работ в пробах обнаружено снижение видового разнообразия фитопланктона, ихтиопланктона и макрозообентоса. (Fedorets Y., Elovskaya O., Istomina A., Kulbachnyi S., Kulbachnaya A., Chelomin V., Vasilyeva L. *State of marine biota in the water area of the Muchke Bay's Coal Terminal (the Tatar Strait) // E3S Web of Conferences AGRITECH-VIII. – 2023. – Vol. 390. – Art. no. 07037. DOI: 10.1051/e3sconf/202339007037*).

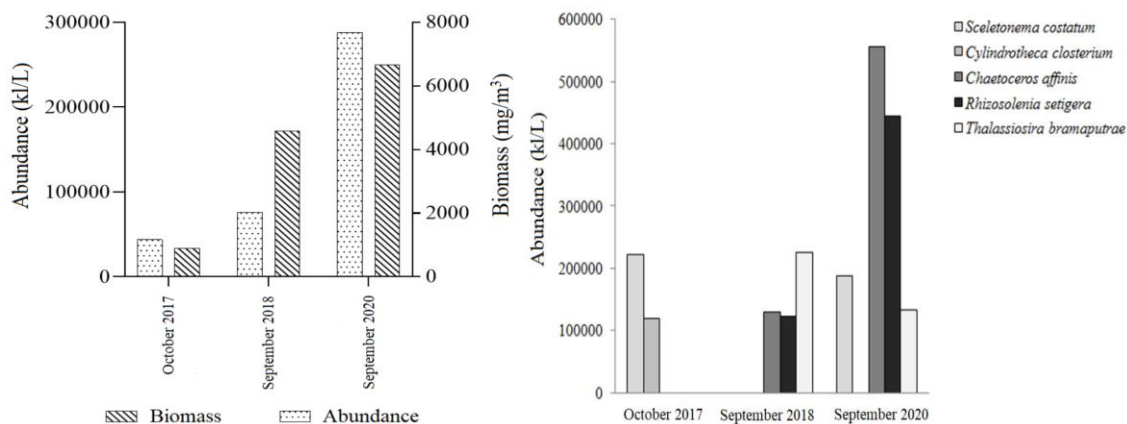


Рисунок 11.8 – Сравнительная характеристика фитопланктона в осенний период в исследуемом районе

11.9 Изотопы радия и гидрохимические характеристики как индикаторы взаимодействия поверхностных вод с грунтовыми водами в стратифицированном эстуарии реки Раздольная (Японское море) в период ледостава

к.г.н. П.Ю. Семкин, д.х.н. П.Я. Тищенко, к.х.н. Г.Ю. Павлова, Ю.А. Барабанищikov, к.г.н. П.П. Тищенко, Е.М. Шкирникова, М.Г. Швецова

Взаимодействие поверхностных и подземных вод имеет важное значение для экологии прибрежных бассейнов, влияя на гидрологические условия, режим кислорода и обмен углеродом и биогенными веществами. Это исследование демонстрирует динамическую связь между регионом проникновения морских вод и нижележащим водоносным горизонтом в эвтрофном эстуарии. Зимой эстуарий покрыт льдом и сток реки самый минимальный. В этот период лучше всего заметна реакция эстуария на разгрузку грунтовых вод. Примесь грунтовых вод была обнаружена в районе проникновения морских вод в эстуарий по высокой активности изотопов радия: $^{223}\text{Ra} - 4,80 \pm 0,42 \text{ dpm } 100 \text{ л}^{-1}$, $^{224}\text{Ra} - 55,37 \pm 1,1 \text{ dpm } 100 \text{ л}^{-1}$ и $^{228}\text{Ra} - 189,71 \pm 4,66 \text{ dpm } 100 \text{ л}^{-1}$. Температура грунтовых вод и речной воды составляла около $+4^\circ$ и 0°C соответственно; температура морской воды была около $-1,6^\circ\text{C}$, а в области взаимодействия поверхностных вод с грунтовыми водами температура повысилась до $+2,3^\circ\text{C}$. Примесь грунтовых вод сопровождается более низким уровнем концентрации кислорода на уровне 52 мкмоль/кг. При этом максимальная концентрация кислорода в исследуемом районе составляла 567 мкмоль/кг. В водах с высокой активностью изотопов радия наблюдалось максимальное парциальное давление $\text{CO}_2 - 4454 \text{ мккв}$, в то время как, в целом, в изучаемом районе в диапазоне 100-150 мкв. Взаимодействие поверхностных и грунтовых вод через бескислородные донные отложения может формировать локальные анаэробные зоны, несмотря на общее перенасыщение кислородом вод эстуария, а также вызывать локальную рециркуляцию биогенных веществ из донных отложений. (Semkin P., Tishchenko P., Charkin A., Pavlova G., Barabanshchikov Y., Leusov A., Tishchenko P., Shkirnikova E., Shvetsova M. Radium Isotopes and Hydrochemical Signatures of Surface Water-Groundwater Interaction in the Salt-Wedge Razdolnaya River Estuary (Sea of Japan) in the Ice-Covered Period // Water. – 2023. – Vol. 15(9). – Art. no. 1792. DOI: 10.3390/w15091792).

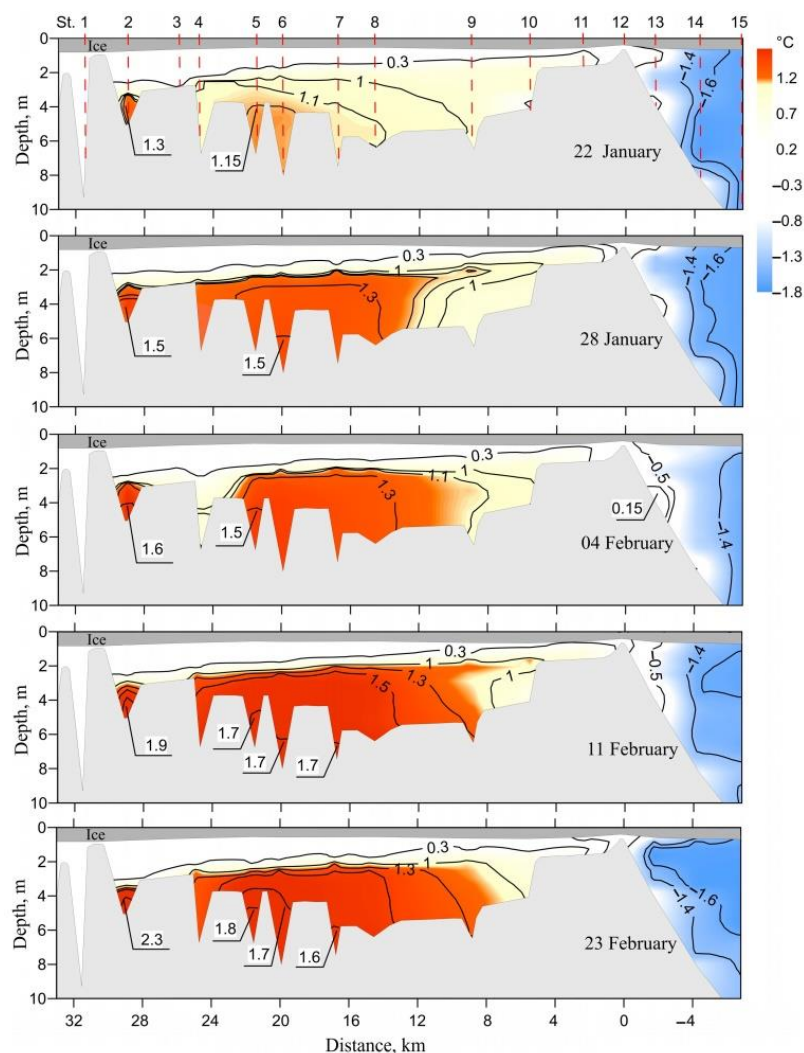


Рисунок 11.9 – Температура воды на разрезе в период с 22 января по 23 февраля 2022 г. Даты на рисунках указывают день зондирования. Расположение станций мониторинга показано пунктирными красными линиями на первом графике. Положительные значения по оси X – расстояние от устьевого бара реки (ст. 12) вверх по течению реки, отрицательные значения – направление в море

11.10 Сезонная изменчивость карбонатной системы реки Раздольная

д.х.н. П.Я. Тищенко, Т.А. Михайлик, к.х.н. Г.Ю. Павлова, Ю.А. Барабанщикова, к.г.н. П.Ю. Семкин

Проведены измерения рН, общей щелочности, гумусового вещества, хлорофилла-а воды р. Раздольная в течение 13 месяцев в 2013-2014 гг. на станции, расположенной у пос. Раздольное. Результаты расчета карбонатной системы речных вод показали, что большую часть года воды реки были источником CO_2 для атмосферы, годовой поток эмиссии CO_2 составлял ~25 тысяч тС/год. Химическое выветривание силикатных пород р. Раздольная приводит к изъятию атмосферного CO_2 . Среднегодовой экспорт атмосферного CO_2 в форме растворенного неорганического и органического углерода р. Раздольная в Амурский залив (Японское море) составлял 47 тысяч тС/год. Таким образом, экосистема р. Раздольная в исследуемый период была поглотителем CO_2 (>20 тысяч тС/год). Для периода 2003-2017 гг. наблюдалась тенденция к росту экспорта щелочности, растворенного неорганического и органического углерода р. Раздольная. (Тищенко П.Я., Михайлик Т.А., Павлова Г.Ю.,

Барабанщикова Ю.А., Семкин П.Ю. Сезонная изменчивость карбонатной системы реки Раздольной // *Водные ресурсы*. – 2023. – Т. 50, № 1. – С. 68-80. DOI: 10.31857/S0321059623010169; переводная версия Tishchenko P.Ya., Mikhaylik T.A., Pavlova G.Yu., Barabanshchikov Yu.A., Semkin P.Yu. Seasonal Variations in the Carbonate System of the Razdolnaya River // *Water Resources*. – 2023. – Vol. 50, No. 1. – P. 96-108. DOI: 10.1134/S0097807823010165).

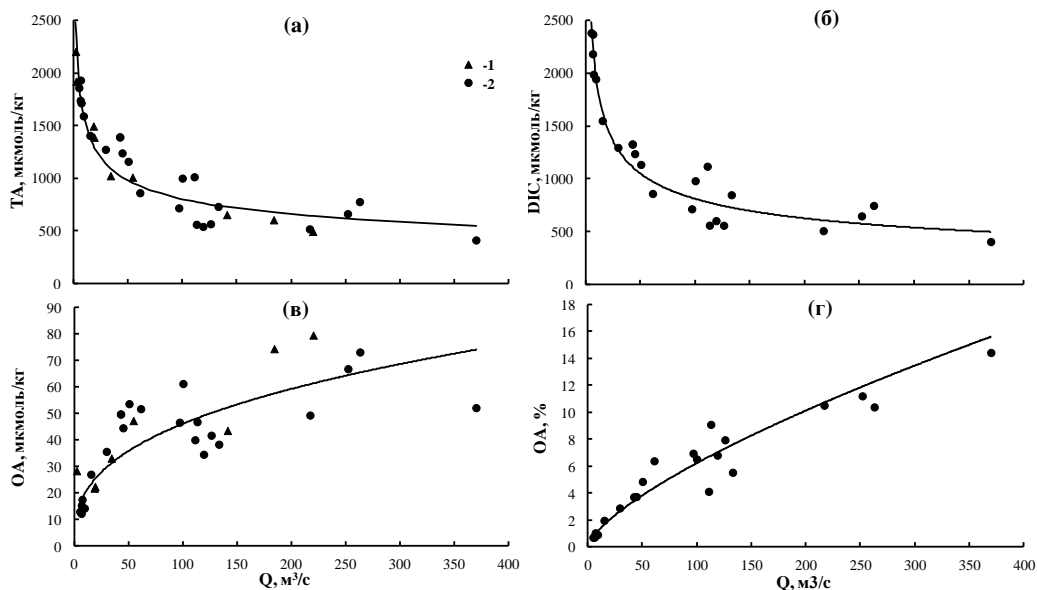


Рисунок 11.10 – Содержание ТА (а), DIC (б), OA (в) и процентного соотношения OA к ТА (г) в р. Раздольная в зависимости от расхода реки. 1 – результаты измерений 2008 г., 2 – результаты измерений 2013-2014 гг.

11.11 Первичная продукция фитопланктона в акватории Шантарского архипелага (Охотское море)

к.г.н. П.П. Тищенко, д.х.н. П.Я. Тищенко, к.г.н. П.Ю. Семкин, М.Г. Швецова

В июле 2016 г. проведены исследования в Удской губе и зал. Академии (Ульбанский залив и зал. Николая) Охотского моря. Первичную продукцию фитопланктона в фотическом слое рассчитывали по толщине эвфотического слоя, концентрации хлорофилла-а и ассимиляционному числу фитопланктона. Для расчета использовали представление световой кривой в модифицированной модели непрямоугольной гиперболы. Формирование первичной продукции происходило благодаря поставке биогенных веществ в фотический слой из нижележащих вод интенсивными приливными течениями в условиях слабой стратификации. Высокое содержание гумусовых веществ в Удской губе ограничивало развитие фитопланктона. Значения первичной продукции изменялись для Удской губы и зал. Академии в пределах 250-1000 и 1069-4268 мгС/(м²сут) соответственно. (Тищенко П.П., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Швецова М.Г. Первичная продукция фитопланктона в акватории Шантарского архипелага // *Биология моря*. – 2023. – Т. 49, № 1. – С. 56-65. DOI: 10.31857/S0134347523010096; переводная версия Tishchenko P.P., Tishchenko P.Ya., Semkin P.Yu., Shvetsova M.G. Phytoplankton Primary Production in the Coastal Water Surrounding Shantar Archipelago // *Russian Journal of Marine Biology*. – 2023. – Vol. 49, No. 1. – P. 47-55. DOI: 10.1134/S1063074023010091).

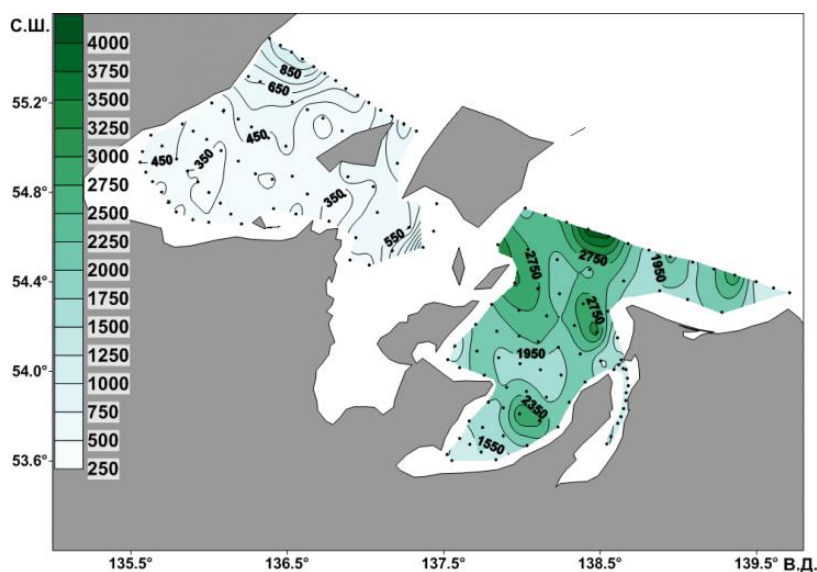


Рисунок 11.11 – Пространственное распределение первичной продукции фитопланктона (мгС/(м²сут)) в фотическом слое вод акватории Шантарского архипелага, 11-25 июля 2016 г.

11.12 Тяжелые металлы и органический углерод в донных осадках мелководных бухт залива Петра Великого (Японское море)

А.А. Рюмина, д.х.н. П.Я. Тищенко, Е.М. Шкирникова

Основной особенностью лабильных тяжелых металлов является их высокая способность к биоаккумуляции и биоассимиляции в природных средах. При высоких концентрациях они вызывают токсический эффект на живые организмы. Особенно ярко такие процессы наблюдаются в прибрежных мелководных зонах морских акваторий, наиболее сильно подверженных антропогенному воздействию. Изучены содержания тяжелых металлов, концентрации органического углерода и гранулометрический состав кернов донных осадков из трех мелководных бухт залива Петра Великого Японского моря, две из которых (бухта Воевода и Новгородская) имеют значительные площади, покрытые морской травой *Zostera marina* L. (зостера морская). Данные вертикального распределения тяжелых металлов и органического углерода в изученных кернах показали, что наибольшие содержания Zn и Cu (до 204 и 91 мг/кг соответственно) наблюдались в образцах из бухты Воевода, а наибольшие концентрации Mn и Pb (до 344 и 45 мг/кг соответственно) – в бухте Новгородской, где произрастают луга морской травы зостера морская. Наибольшее содержание Cr, Ni и Co (до 69, 31 и 13 мг/кг соответственно) отмечено в заливе Угловой, где морские травы практически отсутствуют. Помимо этого, в бухте Воевода обнаружена линейная зависимость между концентрацией Zn, Pb, Cu и Ni и содержанием органического углерода. (Рюмина А.А., Тищенко П.Я., Шкирникова Е.М. Тяжелые металлы и органический углерод в донных осадках мелководных бухт залива Петра Великого // *Геохимия*. – 2023. – Т. 68, № 7. – С. 709-719. DOI: 10.31857/S0016752523060080; переводная версия Ryumina A.A., Tishchenko P.Ya., Shkirnikova E.M. Heavy Metals and Organic Carbon in the Bottom Sediments of Shallow Bights of the Peter the Great Bay // *Geochemistry International*. – 2023. – Vol. 61, No. 7. – P. 724-734. DOI: 10.1134/S0016702923060083).

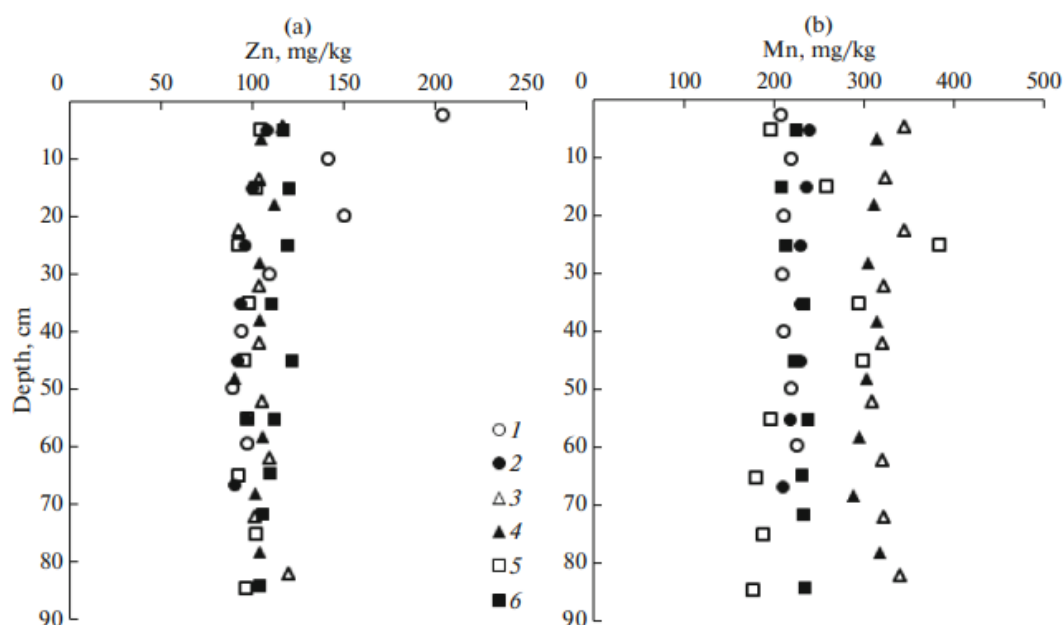


Рисунок 11.12 – Вертикальные профили содержания цинка (а) и марганца (б) в сухом осадке (мг/кг) в бухтах Воевода (1, 2) и Новгородская (3, 4), заливе Угловой (5, 6). Данные для фракции с размером частиц менее 0,2 мм

11.13 Фотосинтез: теория и эксперимент

д.б.н. В.И. Звалинский

Разработанный нами ранее подход для описания цепей сопряженных ферментативных реакций процесса фотосинтеза впервые позволил предложить строгую математическую модель непрямоугольной гиперболы, которая описывает зависимость скорости фотосинтеза от интенсивности света (I), концентрации CO_2 и взаимодействие этих двух факторов. Фундаментальными параметрами этой модели являются световая (IK) и углекислотная ($СК$) субстратные константы, а также кривизна гиперболы (γ), параметры сопряжения (rIP и rCP) и максимальная скорость фотосинтеза (P_m). Предложены специальные спрямляющие координаты, в которых все семейство гипербол имеет вид прямой линии. Главные параметры могут быть найдены только при построении экспериментальных данных в спрямляющих координатах. Предлагаемая модель непрямоугольной гиперболы применима как для описания процесса фотосинтеза у морских водорослей и высших растений, так и для поглощения витамина B12 водорослями, и зависимости скорости выедания пищи зоопланктоном и рыбой. (Звалинский В.И. Фотосинтез: теория и эксперимент // Физиология растений. – 2023. – Т. 70, № 1. – С 14-26. DOI: 10.31857/S0015330322600395; переводная версия Zvalinsky V.I. Photosynthesis: Theory and Experiment // Russian Journal of Plant Physiology. – 2023. – Vol. 70, No. 1. – P. 14-26. DOI: 10.1134/S1021443722700029).

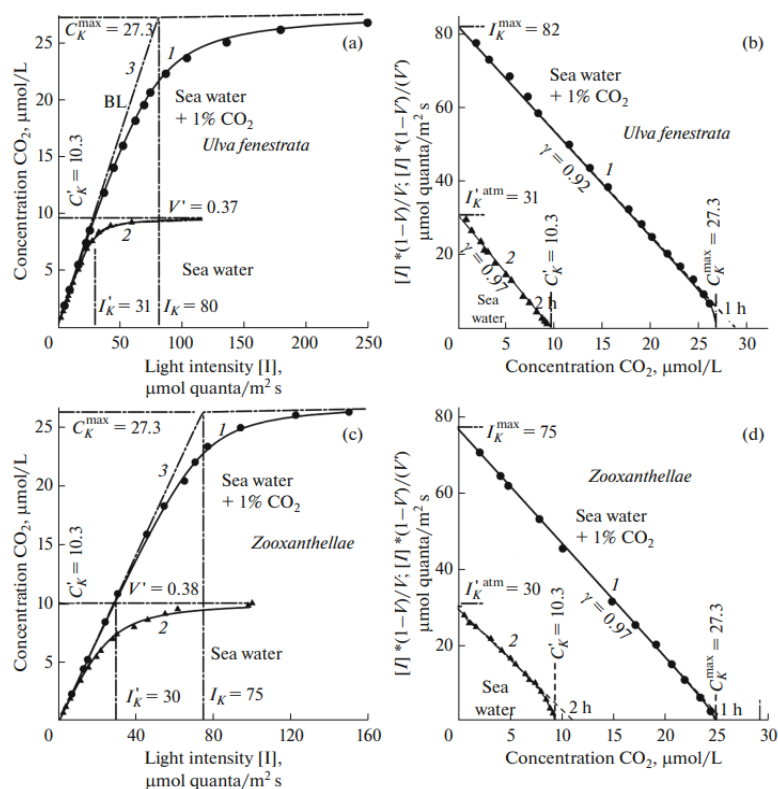


Рисунок 11.13 – Экспериментальные световые кривые процесса фотосинтеза *Ulva fenestrata* (а, б) и *Zooxanthellae* (в, г) в морской воде с равновесным содержанием CO₂ с атмосферой и насыщенной воздухом с CO₂: 1 – 1% CO₂, 2 – CO₂ атмосферы, 3 – ломаная Blackman

11.14 Содержание ртути в шерсти каланов (*Enhydra lutris*) с Командорских островов

к.б.н. С.Д. Рязанов, С.В. Фомин

Калан (*Enhydra lutris*) является ключевым видом регулятора прибрежных морских экосистем и индикатором их состояния. Этот вид животных находится под угрозой исчезновения и его российский подвид за последние годы претерпел катастрофическое снижение численности. Среди вероятных причин депрессии – влияние хищников, болезни, паразиты, пищевой стресс, а также загрязнение среды обитания. В задачи данного исследования входило: (1) установить имеют ли каланы Командорских островов опасные для здоровья концентрации ртути (Hg); (2) оценить различия в загрязнении Hg каланов в период высокой численности и депрессии популяции; (3) выявить возрастные и половые различия по содержанию Hg. Большинство каланов имели концентрации категории «вне риска» по влиянию Hg на здоровье и лишь некоторые взрослые особи имели концентрации категории «низкого риска». Различия по содержанию Hg в периоды низкой и высокой численности популяции были статистически не достоверны. Концентрации Hg в шерсти взрослых каланов были значительно выше, чем в шерсти щенков и молодых, а у самцов выше, чем у самок. Это исследование представляет первые данные по содержанию Hg в шерсти калана и первую оценку загрязнения Hg для популяции Командорских островов. (Ryazanov S.D., Kalinchuk V.V., Fomin S.V. Mercury content in the fur of sea otters (*Enhydra lutris*) from the Commander Islands // *Marine Pollution Bulletin*. – 2023. – Vol. 188. – Art. no. 114638. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.114638).

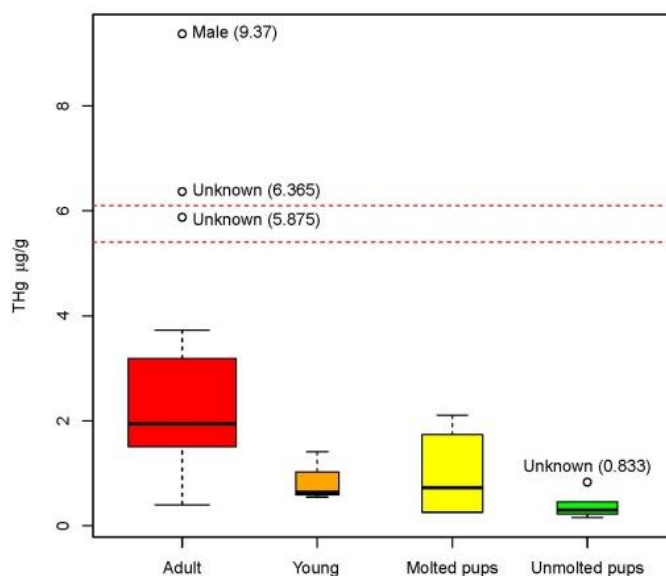


Рисунок 11.14 – Содержание ртути в шерсти каланов разных возрастных групп, павших на Командорские о-ва в 2003-2019 гг. Ящики с усами показывают квартили и разброс. Жирная черная линия отображает медиану. Ширина ящиков пропорциональна объему выборки. Полые точки показывают выбросы. Подписи к выбросам показывают пол животных и точные значения концентраций в круглых скобках. Красные пунктирные линии показывают пороги эффектов 5,4 и 6,1 $\mu\text{g/g d.w.}$

11.15 О сером дельфине (*Grampus griseus*) и *Xenobalanus globicipitis* в России

к.б.н. С.Д. Рязанов

Серый дельфин (*Grampus griseus*) – широко распространенный вид, обитающий в обоих полушариях. Информация о проникновении в российские воды крайне скудна, хотя в сопредельных водах этот вид обычен. В данной работе мы приводим новые данные по выбросам и делаем обзор встречаемости серого дельфина в России. В 2020 г. серый дельфин выбросился на мель в Приморском крае и погиб. Дельфин был самцом длиной 337 см, что превышает размеры всех известных сородичей в северо-западной части Тихого океана. Гистологический анализ показал обширный легочный фиброз. К хвостовому плавнику дельфина были прикреплены коронулиды *Xenobalanus globicipitis*, что, по-видимому, связано с состоянием здоровья дельфина. Сведения о присутствии *Xenobalanus* в России практически полностью отсутствуют в литературе. За всю историю наблюдений в российских водах серый дельфин встречался трижды у южных Курил и Командорских островов и один раз в Беринговом море. Случаи выбросов на берег или мель были отмечены у северных Курильских островов и в Приморском крае. Российские воды могут служить для эпизодических заходов, но не являются частью обычного ареала серого дельфина из-за океанологических условий региона. (Ryazanov S.D., Ryazanova T.V. *Risso's dolphin (Grampus griseus) in Russia with note on Xenobalanus globicipitis* // *Marine Biodiversity*. – 2023. – Vol. 53(6). – Art. no. 71. DOI: 10.1007/s12526-023-01378-5).

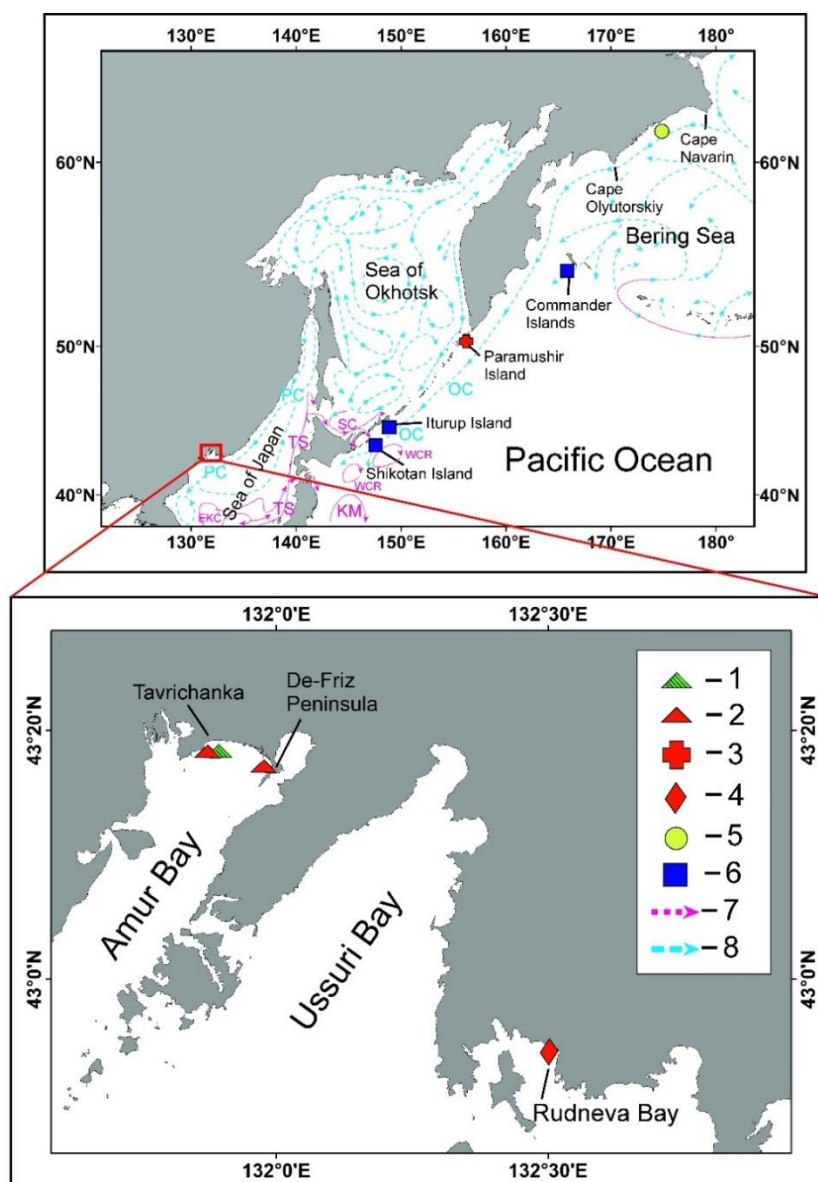


Рисунок 11.15 – Серый дельфин в России: 1 – встреча в 2020 г. перед выбрасыванием; 2 – места выбрасывания живьем в 2020 г.; 3 – выбросы мертвых особей в 2018 г. [по Корневу и др., 2019]; 4 – место выброса живьем в 2008 г. (например, <https://www.msk.kp.ru/daily/24133/352610/>); 5 – встречен в море в 1989 г. [по Калиниченко, 1990]; 6 – встречи в море в конце 1940-х – начале 1950-х гг. [Слепцов, 1955, 1961]; 7 и 8 – упрощенная генерализованная схема холодных и теплых течений и вихрей. РС – Приморское течение, ТС – Цусимское течение, ЕКС – Восточно-Корейское течение, SC – течение Соя, ОС – течение Оясио, WCR – теплые кольца Куроисио, KM – меандр Куроисио

11.16 Результаты первого спутникового мечения северных морских котиков (*Callorhinus ursinus*) на о. Тюлений, Охотское море

к.б.н. П.А. Пермяков, к.б.н. С.Д. Рязанов, к.б.н. А.М. Трухин

Проведено исследование нагульных миграций северного морского котика (*Callorhinus ursinus*) в Охотском море и на прилегающих акваториях. С этой целью в октябре 2018 г. на о. Тюлений спутниковыми метками помечены две взрослые самки и молодой самец северного морского котика. Продолжительность работы меток составила от 33 до 203 суток. Взрослые самки начали зимнюю миграцию в первой половине ноября; отслеженная часть их зимней

миграции происходила в Японском море, в которое самки проникли через пролив Лаперуза. Молодой самец покинул лежбище в середине октября, пересек Охотское море по широкой дуге в северо-западном направлении и обратно на юг, преодолев за это время несколько тысяч км (рисунок 11.16). Насколько характерно такое миграционное поведение для молодых северных морских котиков, может показать продолжение мечения животных методом спутниковой телеметрии. Берегов Японии самец достиг в конце ноября. Из Охотского моря самец проник через пролив Екатерины в Тихий океан, затем через Сангарский пролив перешел в Японское море. Зимний нагул молодого самца происходил в Японском море в прибрежных водах Японии. Спустя три месяца самец возвратился в тихоокеанские воды Японии, где продолжил нагуливаться у побережья Санрику (о. Хонсю) до момента прекращения работы спутниковой метки. (Permyakov P.A., Ryazanov S.D., Trukhin A.M., Lobanov V.B., Kim H.W., Choi S.-G. *First Satellite Tagging of the Northern Fur Seals (*Callorhinus ursinus*) on the Tyulenyi Island, the Sea of Okhotsk*// *Zoological Studies*. – 2023. – Vol. 62, No. 3. – Art. no. 15:62:e3. DOI: 10.6620/ZS.2023.62-03).

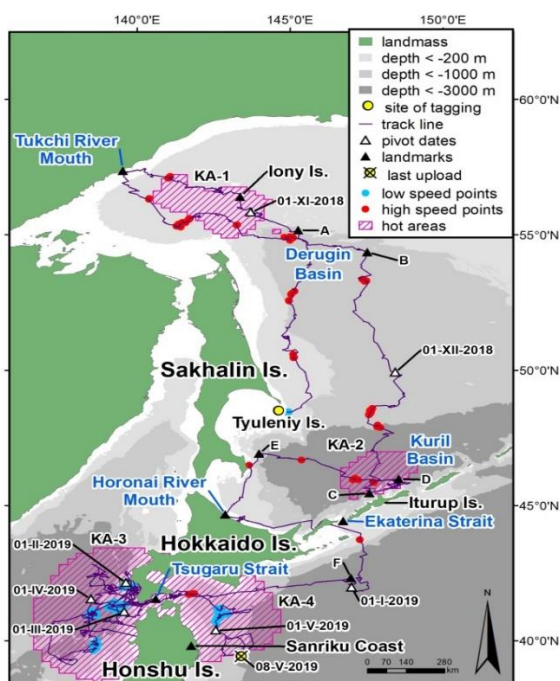


Рисунок 11.16 – Осенне-зимние переходы самца СМК № 55024. Опорные даты (pivot dates) – ближайшие к началу каждого месяца

11.17 Рост численности и перераспределение репродуктивной нагрузки между лежбищами в популяции ларги залива Петра Великого

к.б.н. Трухин А.М.

Проанализированы результаты нескольких учетов численности приплода в локальной популяции пятнистого тюленя или ларги, населяющей залив Петра Великого (Японское море). Ежегодная численность щенков ларги, размножающейся на островах архипелага Римского-Корсакова, превысила 1 тыс. особей. На ряде островов плотность размножающихся тюленей достигла биологического оптимума и численность приплода стабилизировалась. Продолжается устойчивый прирост численности детенышей на поздно вошедших в сферу репродукции местной популяции островах Большой Пелис и Стенина, репродуктивная нагрузка на которые из года в год увеличивается. Общее увеличение численности тюленей в

популяции, происходящее на протяжении последней четверти века, послужило стимулом к расселению ларги и образованию новых репродуктивных лежбищ как в акватории залива, так и за его пределами. (Трухин А.М. Рост численности и перераспределение репродуктивной нагрузки между лежбищами в популяции ларги залива Петра Великого // Региональные проблемы. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 45-51. DOI: 10.31433/2618-9593-2023-26-1-45-51).

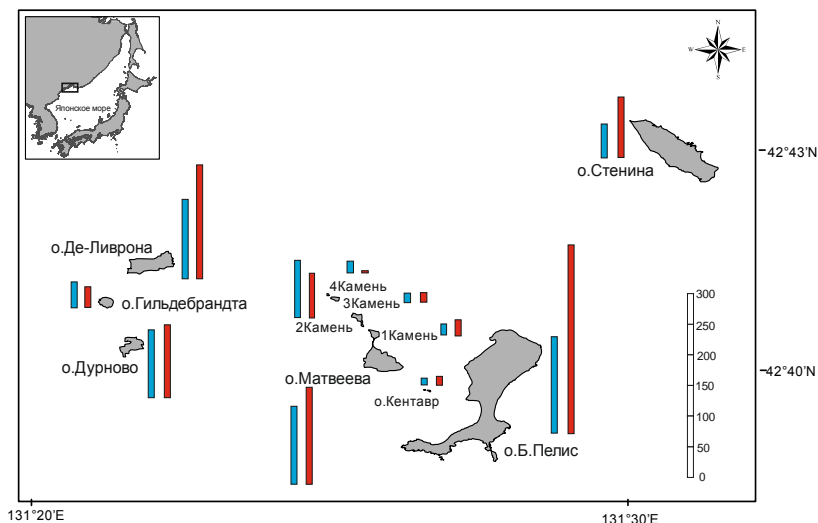


Рисунок 11.17 – Учетная численность и распределение приплода ларги на архипелаге Римского-Корсакова в 2017 и в 2022 г. и вклад отдельных островов в общую репродукцию популяции. Синие столбцы – 2017 г., красные столбцы – 2022 г. Справа внизу шкала численности

11.18 Обзор мировых находок эуконодонтовых животных

д.б.н. А.П. Касаткина

Впервые проведены полные описания и анализ морфологии семи наиболее сохранившихся отпечатков мягких тканей эуконодонтовых животных из мировых коллекций и установлены новые морфологические признаки эуконодонтовых животных, такие как Н-прикрепительный элемент, пищевой мешок, поперечная мускулатура, нервный плексус. (Гуравская Г.И., Касаткина А.П. Обзор мировых находок эуконодонтовых животных // Вестник ДВО РАН. – 2023. – № 5. – С. 127-143. DOI: 10.37102/0869-7698_2023_231_05_8).

11.19 Оценка антиоксидантной активности экстрактов из морских водорослей Японского моря *in vitro* и *in vivo*

к.б.н. С.Е. Фоменко, д.б.н. Н.Ф. Кушнерова, к.б.н. В.Г. Спрыгин, к.б.н. Е.С. Другова
к.б.н. Л.Н. Лесникова, В.Ю. Мерзляков

Проведено сравнительное исследование антиоксидантного потенциала водно-спиртовых экстрактов, выделенных из морских водорослей б. Алексеева, зал. Петра Великого Японского моря, относящихся к разным таксономическим группам: бурой водоросли – *Sargassum pallidum*, зеленой водоросли – *Ulva lactuca* и красной водоросли – *Ahnfeltia tobuchiensis*. Изучено влияние экстрактов на показатели антиоксидантной защиты печени и плазмы крови мышей на модели острого стресса. Показана более высокая антиоксидантная активность у экстракта *S. pallidum* за счет присутствия высокомолекулярных флоротаннинов, тогда как в экстрактах *A. tobuchiensis* и *U. lactuca* – низкомолекулярные полифенольные фракции. Морские водоросли *S. pallidum*, *U. lactuca* и *A. tobuchiensis* являются перспективным видом сырья для создания препаратов, способных повышать потенциал эндогенной системы

антиоксидантной защиты организма в условиях стресс-индуцированных расстройств. (Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Лесникова Л.Н., Мерзляков В.Ю. Оценка антиоксидантной активности экстрактов из морских водорослей Японского моря *in vitro* и *in vivo* // Морской биологический журнал – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 91-103. DOI: 10.21072/mbj.2023.08.2.06).

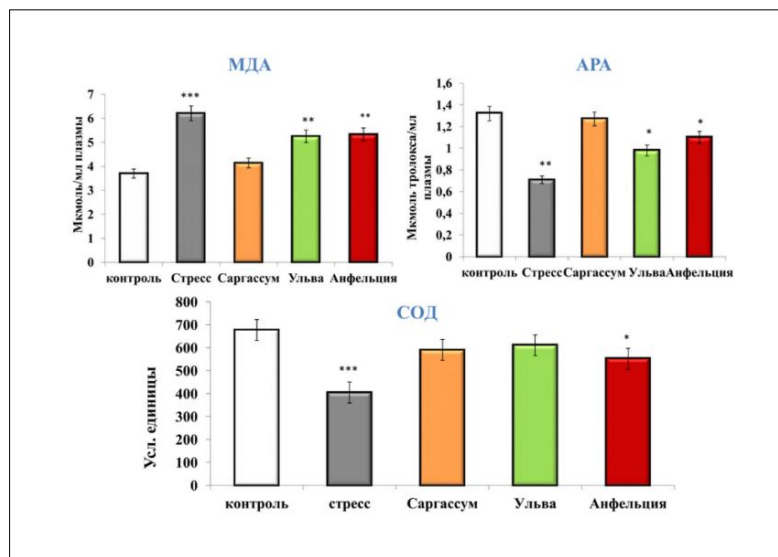


Рисунок 11.19 – Влияние экстрактов из морских водорослей на показатели системы антиоксидантной защиты мышей при стрессе

11.20 Исследование содержания полифенолов и антиоксидантной активности экстракта морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* L.

д.б.н. Н.Ф. Кушнерова, к.б.н. С.Е. Фоменко, к.б.н. В.Г. Спрыгин, к.б.н. Е.С. Другова
В.Ю. Мерзляков, к.б.н. Л.Н. Лесникова

Общее содержание полифенолов и флавоноидов в экстракте *U. lactuca* в 2 раза превышало их количество в экстракте элеутерококка. Уровень антирадикальной активности к $ABTS^+$ и алкил-пероксильным радикалам в экстракте *U. lactuca* был выше почти в 2 раза по сравнению с элеутерококком. Фармакологический эффект фенольного комплекса *U. lactuca* при стрессовом воздействии на крыс линии Вистар проявлялся в стабилизации состояния антиоксидантной защиты. Отмечалось снижение содержания малонового диальдегида, повышение уровня антирадикальной активности, восстановленного глутатиона и активности ферментов глутатионового звена в печени и плазме крови крыс. По эффективности экстракт ульвы не уступал препарату сравнения элеутерококка, а по способности восстанавливать активность антиоксидантных ферментов и показателей глутатионовой системы превосходил таковой. Фармакологический эффект фенольного комплекса *U. lactuca* обусловлен действием входящих в его состав флавоноидов, фенольных терпеноидов, фенольных кислот (гидроксibenзойная, гидроксикоричная, кумаровая, синаповая), обладающих выраженными антиоксидантными свойствами, что препятствует развитию процессов липопероксидации и оксидативного стресса. (Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Мерзляков В.Ю., Лесникова Л.Н. Исследование содержания полифенолов и антиоксидантной активности экстракта морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* L. // Химия растительного сырья. – 2023. – № 1. – С. 385-393. DOI: 10.14258/jcprtm.20230111742).

Биохимические показатели	<i>Ulva lactuca</i>	Элеутерококк
Полифенолы, мг-экв ГК/г сухого экстракта	16.2 ± 1.8	7.9 ± 0.3
Флавоноиды мг-экв Кв/г сухого экстракта	9.10 ± 1,87	4.6 ± 0.9
Антирадикальная активность к АВТС ⁺ , μМ тролокса/мг ПФ	0.32 ± 0.03	0.15 ± 0.03
Антирадикальная активность к алкил-пероксильным радикалам, μМ тролокса/ мг ПФ	0.15 ± 0.02	0.08 ± 0.02

Рисунок 11.20 – Содержание полифенолов и антирадикальная активность экстрактов из морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* и элеутерококка ($M \pm m$): ПФ – полифенолы, мг-экв ГК – миллиграмм-эквивалент галловой кислоты; мг-экв Кв - миллиграмм эквивалент кверцетина

Тема 12 «Изучение аномальных геофизических полей, как основы для исследования структуры, физических характеристик, геодинамики глубинных геосфер и прогнозирования сейсмогенных процессов в зоне дальневосточных морей и северо-западном секторе Тихого океана»

Научный руководитель – д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич
Регистрационный номер 121021500053-6

12.1 Плотностная неоднородность и напряженно-деформированное состояние геологической среды под действием гравитационных сил

д.ф.-м.н. Е.Б. Осипова

Выполнено исследование роли плотностной дифференциации и гравитационных сил в генерации напряженно-деформированного состояния геологической среды. Завершена разработка 3D-модели расчетов напряжений и деформаций, возникающих под действием гравитационных сил в условиях плотностной неоднородности геологической среды. Разработана технология расчета компонент указанных напряжений и тензоров деформаций, а также компонент возможных поступательных перемещений и поворотов. Модель апробирована на реальном сейсмогравиметрическом профиле, проходящем по линии Охотское море – о. Симушир – Курило-Камчатский желоб – Тихий океан. Для этого профиля были рассчитаны поля всех компонент, предусмотренных разработанной моделью. В восточной половине профиля и в поле градиентов интенсивности напряжений выявлены участки, устойчивые к деформациям. Геологическое пространство между такими участками подвержено интенсивным деформациям, которые могут привести к сейсмогенному состоянию (рисунок 12.1). Известные Симуширские землетрясения 2006-2007 гг. произошли в таких условиях. Разработанная модель может быть использована в прогнозе сейсмогенных событий. (Осипова Е.Б. Численная реконструкция напряженно-деформированного состояния в земной коре // Вычислительные технологии. – 2023. – Т. 28, № 5. – С. 15-32. DOI: 10.25743/ICT.2023.28.5.003).

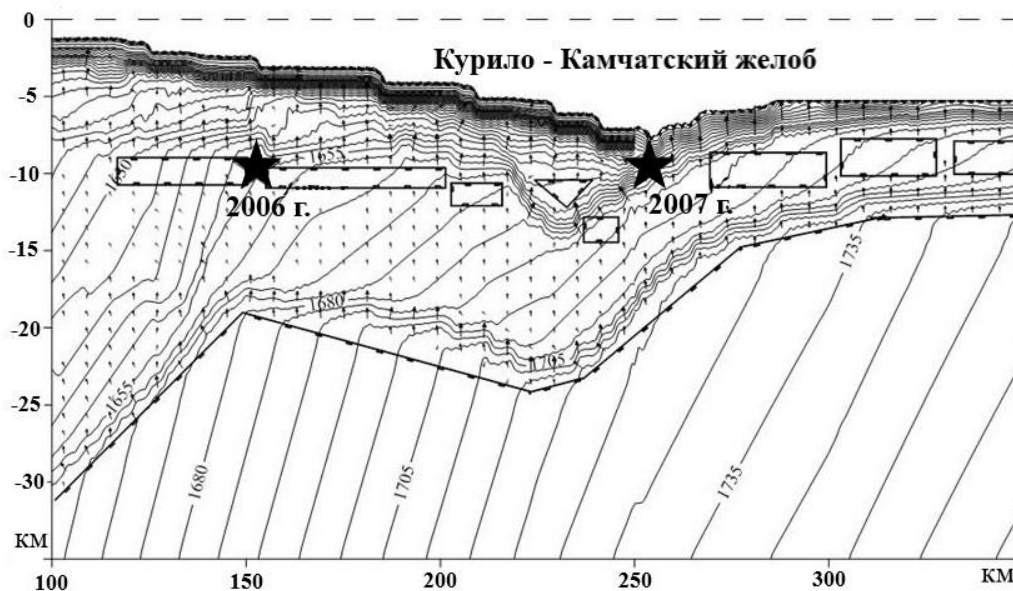


Рисунок 12.1 – Поле интенсивности напряжений и векторное поле градиентов интенсивности напряжений. Изолиниями показано поле интенсивности напряжений в ГПа, векторы обозначают поле градиентов интенсивности напряжений, прямоугольниками обозначены участки с минимальными градиентами интенсивности напряжений, звездочками – гипоцентры Симуширских землетрясений

12.2 Изучение вероятности подводных оползней на шельфе юго-восточного Вьетнама

д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич

В рамках сотрудничества с вьетнамскими учеными Института морской геологии и геофизики Вьетнамской Академии наук и технологий выполнена оценка вероятности возникновения подводных оползней на шельфе юго-восточного Вьетнама. Решение этой проблемы важно для сохранения подводных инженерных сооружений и экологии подводной и береговой природной среды не только для Вьетнама, но и других подобных районов за его пределами. Выполнен анализ существования тенденции скольжения пород по разломам, величины возможных относительных вертикальных и горизонтальных смещений в земной коре, существующего регионального поля напряжений в земной коре, вероятности землетрясений, вероятности реактивации системы разломов в сочетании с анализом углов наклона морского дна и поверхностей скольжения в осадочных отложениях и фундаменте. В результате выявлена большая территория с высокой вероятностью возникновения подводных оползней (рисунок 12.2). Выделенные здесь разломы имеют высокую вероятность реактивации и могут быть источниками землетрясений и подводных оползней. На остальной территории исследования вероятность возникновения подводных оползней прогнозируется как низкая. На основе полученной информации можно прогнозировать не только подводные оползни, но и другие геологические опасности в уязвимых зонах на континентальном шельфе и склоне. (*Tran Tuan Dung, Kulinich R.G., Nguyen Quang Minh, Tran Tuan Duong, Tran Trong Lap, Nguyen Ba Dai. Study of the Probability of Submarine Landslides in the Southeast Vietnamese Shelf// Russian Journal of Pacific Geology. – 2023. – Vol. 17, No. S1. – P. S11-S20. DOI: 10.1134/S1819714023070023*).

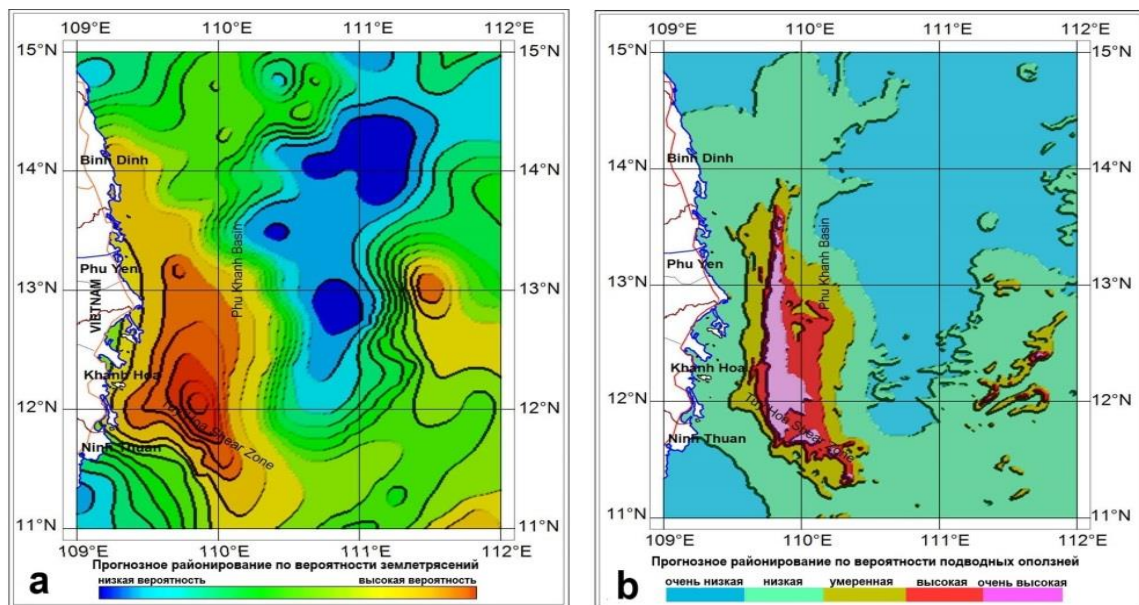


Рисунок 12.2 – Районирование исследуемого района по вероятности землетрясений в случае реактивации тектонических разломов (а) и по вероятности подводных оползней (б)

Тема 13 «Оценка характеристик изменчивости морской среды у побережья Камчатского полуострова с учетом крупномасштабных, региональных и локальных факторов, влияющих на состояние морских экосистем»

Научный руководитель – к.г.н. В.Б. Лобанов

Регистрационный номер 123081700005-5

13.1 Современные тенденции межгодовых изменений солёности у восточного побережья полуострова Камчатка и прилегающих акваторий западной части тихоокеанской субарктики

к.г.н. И.Д. Ростов

Проведенные исследования межгодовых изменений солёности в западной субарктике Тихого океана и водах, прилегающих к Камчатке, за последние 20 лет позволили выявить и охарактеризовать региональные пространственно-временные особенности ускоренных изменений солёности и солесодержания в толще вод верхних 1000 метров исследуемого района в условиях современной фазы потепления, сопровождающегося интенсификацией глобального и местных гидрологических циклов. Показано, что этот процесс характеризовался существенными различиями между отдельными слоями и участками акваторий. Дана оценка количественных характеристик отмеченных тенденций и их статистической значимости. В целом, по акватории прослеживается тенденция постепенного уменьшения средних величин солёности у поверхности и опреснение вод верхнего 200-метрового слоя. С увеличением глубины в пределах промежуточного и глубинного слоев пространственная структура трендов солесодержания полностью перестраивается. В среднем, по всей акватории наблюдается осолонение вод промежуточного слоя и распреснение глубинного слоев. При этом, на фоне роста теплосодержания толщи вод верхнего 1000-метрового слоя среднее по всему исследуемому району солесодержание вод этого слоя уменьшалось. (Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. Межгодовая изменчивость термических характеристик верхнего 1000-метрового слоя внетропической зоны северо-западной части Тихого океана на рубеже XX-XXI веков // *Морской гидрофизический журнал*. – 2023. – Т. 39, № 2. – С. 157-176. DOI: 10.29039/0233-7584-2023-2-157-176; переводная версия Rostov I.D., Dmitrieva E.V., Rudykh N.I. *Interannual Variability of Thermal Characteristics of the Upper 1000-Meter Layer in the Extratropical Zone of the Northwestern Part of the Pacific Ocean at the Turn of the XX-XXI Centuries* // *Physical Oceanography*. – 2023. – Vol. 30, No. 2. – P. 141-159. DOI: 10.29039/1573-160X-2023-2-141-159).

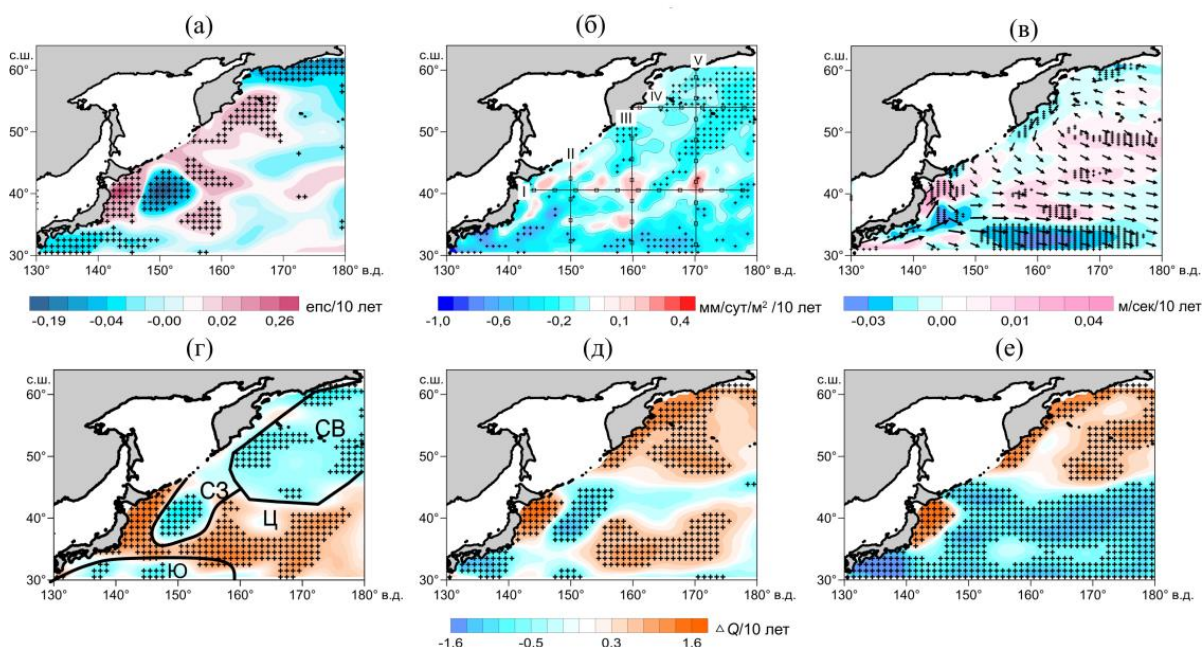


Рисунок 13.1 – Тренды среднегодовой солёности на горизонте 5 м (а), тренды среднегодовых величин разности испарение-осадки (б), течения (стрелки) и тренды скорости течений (выделены цветом) на горизонте 5 м по данным GODAS (в), тренды нормализованных величин солесодержания в слоях 5-200 м (г), 200-460 м (д) и 460-950 м (е) в 2000-2022 гг. Крестиками обозначены области, в которых оценки статистически значимы на уровне 95%. На части (б) рисунка показано расположение анализируемых разрезов, а на (г) – выделенных районов

13.2 Синоптическая динамика вод Восточно-Камчатского течения

к.г.н. В.Б. Лобанов

По результатам экспедиционных исследований на НИС «Профессор Гагаринский» на акватории Авачинского залива в период работ выявлено два вихревых образования синоптического масштаба диаметром около 90 км (антициклон) и 50 км (циклон). По результатам гидрологических измерений, включая глубоководные до дна (3150 м), показано, что движение вихрей контролируется донной топографией. Основная роль циклонического вихря заключается в подъеме обогащенных биогенными элементами глубинных вод у континентального склона залива. Установлено, что их выход, в первую очередь, осуществляется по подводным каньонам залива. Детальная съемка антициклонического вихря, сформировавшегося в Авачинском заливе, показала важную роль вихревых структур в адвекции прибрежных вод в океан и формировании благоприятных условий для цветения фитопланктона на прилегающих океанских акваториях, простирающихся до района северных Курильских островов. Полученные в результате экспедиции результаты позволяют сформулировать предварительную гипотезу о природе катастрофического по последствиям явления у берегов Камчатки – явление возникновения аномального цветения водорослей обусловлено сопряжением биогеохимических и гидрологических факторов: речного стока и подъема глубинных вод в заливе, вызванного прибрежным ветровым и динамическим апвеллингом в период максимального прогрева и эвтрофикации вод Субарктики Тихого океана, а также орографическими и топографическими особенностями Авачинского залива. (Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Семкин П.Ю., Лукьянова Н.Б., Цой В., Тищенко П.П., Алексеев И.Ф., Кукла С.П., Мазур А.А., Обрезкова М.С., Прушковская И.А., Сагалаев С.Г., Тибенко Е.Ю., Федоров М.С., Швецова М.Г., Юрцев А.Ю. Исследование абиотических факторов,

определяющих динамику морских экосистем и формирование аномальных условий в прибрежных водах Дальнего Востока, в 80-ом рейсе НИС «Профессор Гагаринский» // *Океанология*. – 2023. – Т. 63, № 6. – С. 1027-1030. DOI: 10.31857/S0030157423060084; переводная версия Lobanov V.B., Sergeev A.F., Semkin P.Y., Lukyanova N.B., Tsoy V., Tishchenko P.P., Alekseev I.F., Kukla S.P., Mazur A.A., Obrezkova M.S., Prushkovskaya I.A., Sagalaev S.G., Tibenko E.Y., Fedorov M.S., Shvetsova M.G., Yurtsev A.Y.. *Study of Abiotic Factors Controlling Marine Ecosystem Dynamics and Formation of Anomalous Conditions in the Coastal Waters of the Far East in 80th Cruise of the R/V Professor Gagarinskiy* // *Oceanology*. – 2023. – Vol. 63, No. 6. – P. 931-933. DOI: 10.1134/S0001437023060085).

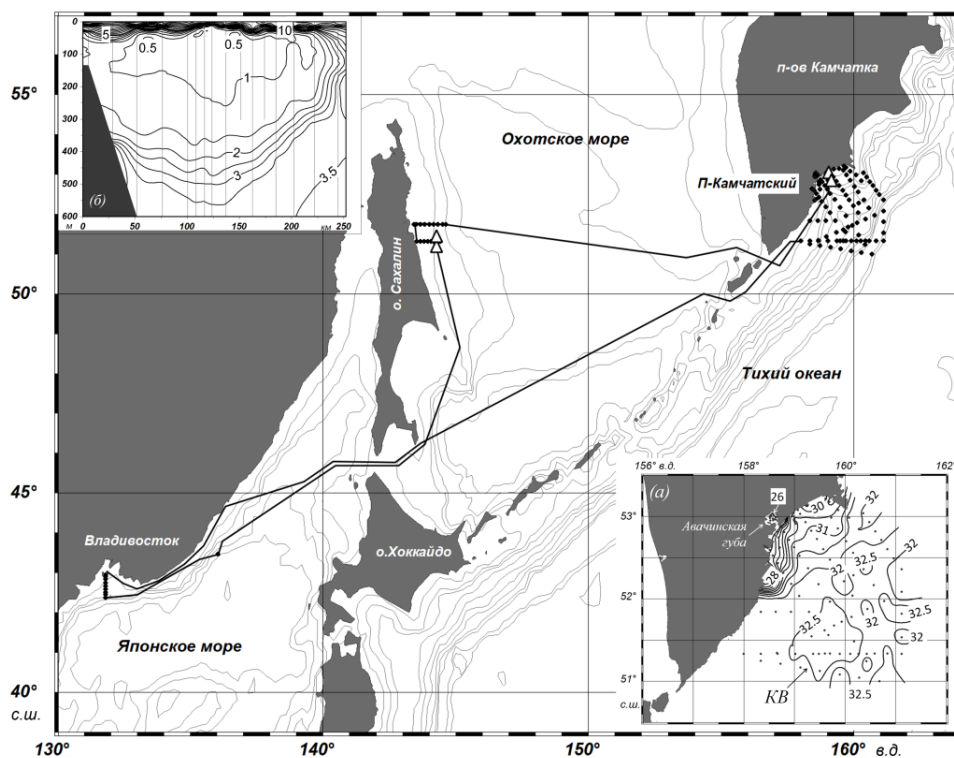


Рисунок 13.2 – Схема работ экспедиции ТОИ ДВО РАН на НИС «Профессор Гагаринский» (рейс № 80) в дальневосточных морях и северо-западной части Тихого океана в июне-июле 2022 г. Точками показано положение океанографических станций, треугольниками – положение АБС, изобаты в метрах. На врезках: распределение солёности (εps) в поверхностном слое в районе юго-восточной Камчатки (а); распределение температуры воды (°C) на разрезе через Камчатский вихрь (КВ) (б); положение станций СТД-зондирований показано тонкими вертикальными линиями

Тема 14 «Исследование и мониторинг климатически активных веществ, явлений и процессов в дальневосточных морях и их прибрежных зонах»

Научный руководитель – к.г.-м.н. Ю.А. Телегин

Регистрационный номер 122110700009-1

14.1 Анализ связи распределения газогеохимических аномалий с глубинным строением земной коры южной части Татарского трога

к.г.-м.н. Ю.А. Телегин

Исследовано распределение аномальных концентраций метана в воде и верхней части осадочного чехла над глубинными структурами южной части Татарского трога. Сопоставление с результатами структурно-плотностного и петромагнитного моделирования дало возможность выявить взаимосвязь между распределением аномальных концентраций газов и потенциально нефтегазоперспективными структурами, а также оценить глубинную тектонодинамику рифтообразующих структур центральной части Татарского трога и определить возможные пути поставки метана в верхнюю часть осадочного чехла и водную толщу. (Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Телегин Ю.А., Ли Н.С., Колпашчикова Т.Н., Цовбун Н.М. Глубинное строение земной коры южной части Татарского трога и распределение газогеохимических аномалий // Тихоокеанская геология. – 2023. – Т. 42, № 2. – С. 36-49. DOI: 10.30911/0207-4028-2023-42-2-36-49; переводная версия Proshkina Z.N., Valitov M.G., Telegin Yu.A., Lee N.S., Kolpashchikova T.N., Tsovbun N.M. The Deep Crustal Structure in the Southern Part of the Tatar Trough and the Distribution of Gas-Geochemical Anomalies // Russian Journal of Pacific Geology. – 2023. – Vol. 17, No. 2. – P. 134-146. DOI: 10.1134/S1819714023020057).

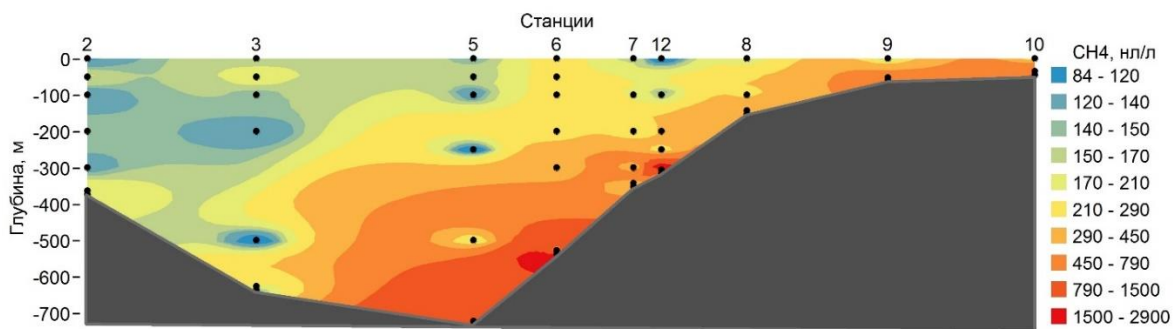


Рисунок 14.1 – Распределение метана по широтному газогеохимическому разрезу водной толщи, выполненному в рейсе № 85 на НИС «Академик М.А. Лаврентьев»

14.2 Проявление эффекта каббелинга-антикаббелинга при формировании галоклина в эстуариях

д.ф.-м.н. Т.Р. Кильматов

Обнаружен эффект каббелинга-антикаббелинга при формировании галоклина в эстуариях на примере р. Раздольная (Амурский залив, Японское море). Рассмотрен частный случай проявления нелинейности уравнения состояния морской воды при смешении вод разной солености в приложении к формированию галоклина в эстуариях. В зависимости от солености плотность образующейся смеси может быть выше (при низких значениях солености) либо ниже (при высокой солености) среднеарифметической плотности двух компонент, что в устойчиво стратифицированной по солености жидкости обуславливает эффект уплотнения при смешении (каббелинга) для вышележащих вод низкой солености и эффект разуплотнения при смешении (антикаббелинга) для нижележащих вод высокой солености. (Кильматов Т.Р.,

Рудых Н.И. Проявление эффекта каббеллинга-антикаббеллинга при формировании галоклина в эстуариях на примере р. Раздольной (Амурский залив, Японское море) // Известия ТИНРО. – 2023. – Т. 203, № 3. – С. 668-675. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-668-675).

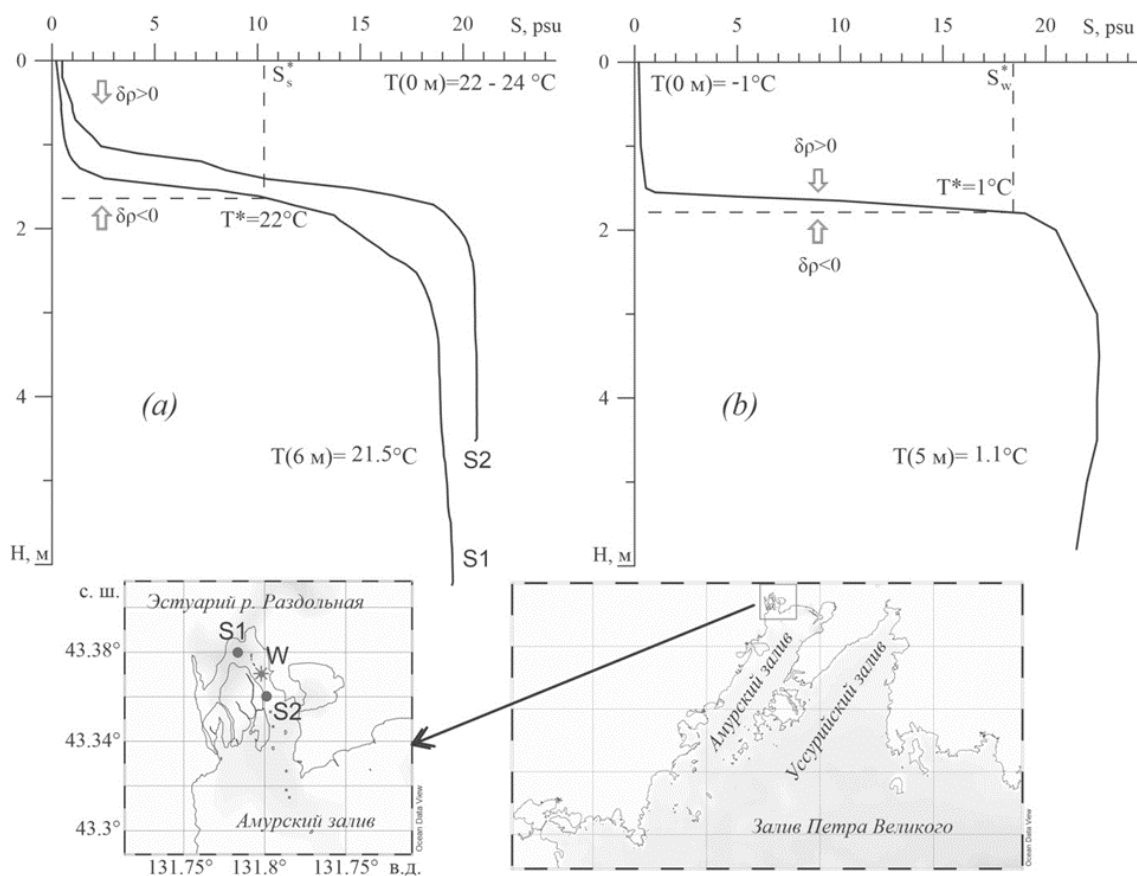


Рисунок 14.2 – Вертикальные профили солёности в эстуарии р. Раздольная в летний (а – 19.08.2007 г., точки S1 и S2, по наблюдениям НИС «Малахит») и зимний сезоны (б – 23.01.2014 г., точка W)

14.3 Исследование разномасштабных особенностей распределения гидрологических характеристик по данным, полученным в проливе Антарктика в 2022 г.

к.ф.-м.н. В.И. Пономарев

Выполнен анализ данных комплексных натурных измерений на дрейфовых станциях в проливе Антарктика. Определены основные особенности мезомасштабной циркуляции в пределах циклонического круговорота над глубокой впадиной южной части пролива. Совместный анализ полученных в антарктической экспедиции гидрооптических, гидрологических характеристик и спутниковых измерений в проливе Антарктика показал наличие системы чередующихся антициклонических и циклонических вихрей. Данные исследования необходимы для более точного прогноза миграции природных газов, растворенных или в виде газовых факелов, поступающих из различных источников в водную толщу. (Латушкин А.А., Пономарев В.И., Салюк П.А., Фрей Д.И., Липинская Н.А., Шкорба С.П. Распределение оптических и гидрологических характеристик в проливе Антарктика по данным измерений в январе 2022 года в 87-м рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» // Морской гидрофизический журнал. – 2023. – Т. 39, № 1. – С. 52-66. DOI: 10.29039/0233-7584-2023-1-52-66; переводная версия Latushkin A.A., Ponomarev V.I., Salyuk P.A., Frey D.I., Lipinskaya N.A., Shkorba S.P. Distribution of optical and hydrological characteristics in the Antarctic

Sound based on the measurements in January, 2022 in the 87 cruise of the R/C «Akademik Mstislav Keldysh» // *Physical Oceanography*. – 2023. – Vol. 30, No. 1. – P. 47-61. DOI: 10.22449/1573-160X-2023-1-47-61).

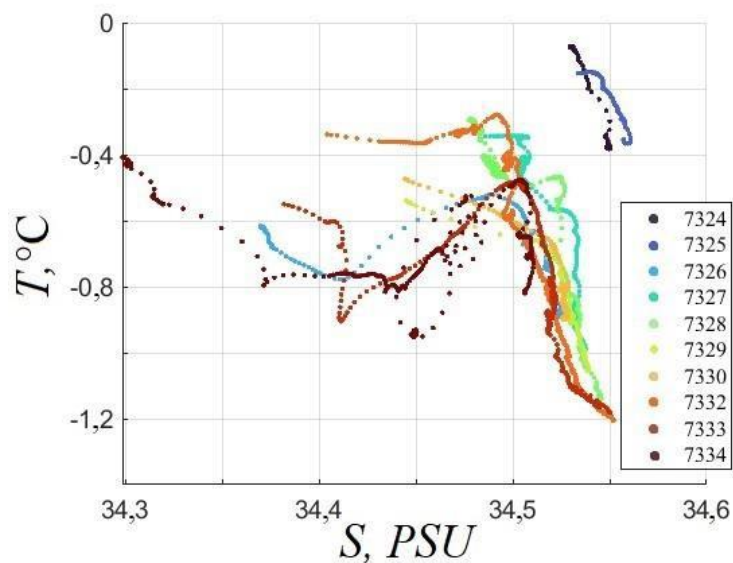


Рисунок 14.3 – T,S-диаграмма массива гидрологических данных, показывающая распространение трансформированной воды в верхнем слое восточной части пролива Антарктика, связанная с возможным влиянием системы мезомасштабных вихрей

**Тема 15 «Разработка системы климатического мониторинга
дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана на основе
мультиплатформенных наблюдений и оперативного гидродинамического
моделирования»**

Научный руководитель – академик РАН, д.ф.-м.н. Г.И. Долгих
Регистрационный номер 123072000039-5

15.1 Тестирование системы термометрического мониторинга для сложных переходных зон, включающих шельф в Японском море

д.ф.-м.н. Ю.Н. Моргунов, к.т.н. В.В. Безответных, к.ф.-м.н. А.В. Буренин, к.т.н. А.А. Голов, к.т.н. М.С. Лебедев, В.В. Разживин, С.С. Шкрамада

Разработана и экспериментально апробирована система термометрического мониторинга для сложных переходных зон, включающих шельф в Японском море. Полученные с использованием системы результаты масштабного натурального эксперимента на акватории Японского моря показали, что разработанные методические и технические решения обеспечивают надежную передачу и прием акустических сигналов в морской среде на дистанциях свыше 1000 км в условиях размещения излучателя передающего тракта на шельфе. Рассмотрена возможность создания системы долговременного мониторинга мезомасштабных гидрофизических процессов в Японском море как источника данных для моделей изменения климата региона. В последующем реализация мезомасштабной акустической термометрии позволит выявить и классифицировать долговременные, а также неустойчивые океанологические вихревые системы, оказывающие влияние на характеристики климата и биологическую продуктивность среды. (*Dolgikh G., Morgunov Y., Golov A., Bezotvetnykh V., Voytenko E., Lebedev M., Razzhivin V., Kaplunenko D., Tagiltsev A., Shkramada S. Pilot Acoustic Tomography Experiment in the Sea of Japan at 1073 km Distance // Journal of Marine Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11, No. 7. – Art. no. 1325. DOI: 10.3390/jmse11071325. Моргунов Ю.Н., Буренин А.В., Голов А.А., Лебедев М.С., Каплуненко Д.Д., Разживин В.В., Шкрамада С.С. Особенности гидроакустической дальнометрии на пересекающих вихревые структуры сверхдальних трассах // Подводные исследования и робототехника. – 2023. – № 1 (43). – С. 60-66. DOI: 10.37102/1992-4429_2023_43_01_06. Буренин А.В., Лебедев М.С., Разживин В.В., Шкрамада С.С., Моргунов Ю.Н. Экспериментальное тестирование вычислительной программы «RAY» для решения задач акустической дальнометрии на протяженных трассах, включающих шельф и глубокое море // Акустический журнал. – 2023. – Т. 69, № 5. – С. 509-514. DOI: 10.31857/S0320791922600421; переводная версия Burenin A.V., Lebedev M.S., Razzhivin V.V., Shkramada S.S., Morgunov Yu.N. Experimental Testing of the RAY Computational Program for Solving Acoustic Ranging Problems on Long Trajectories Including Shelves and Deep Seas // Acoustical Physics. – 2023. – Vol. 69, No. 5. – P. 599-603. DOI: 10.1134/S1063771023600778).*

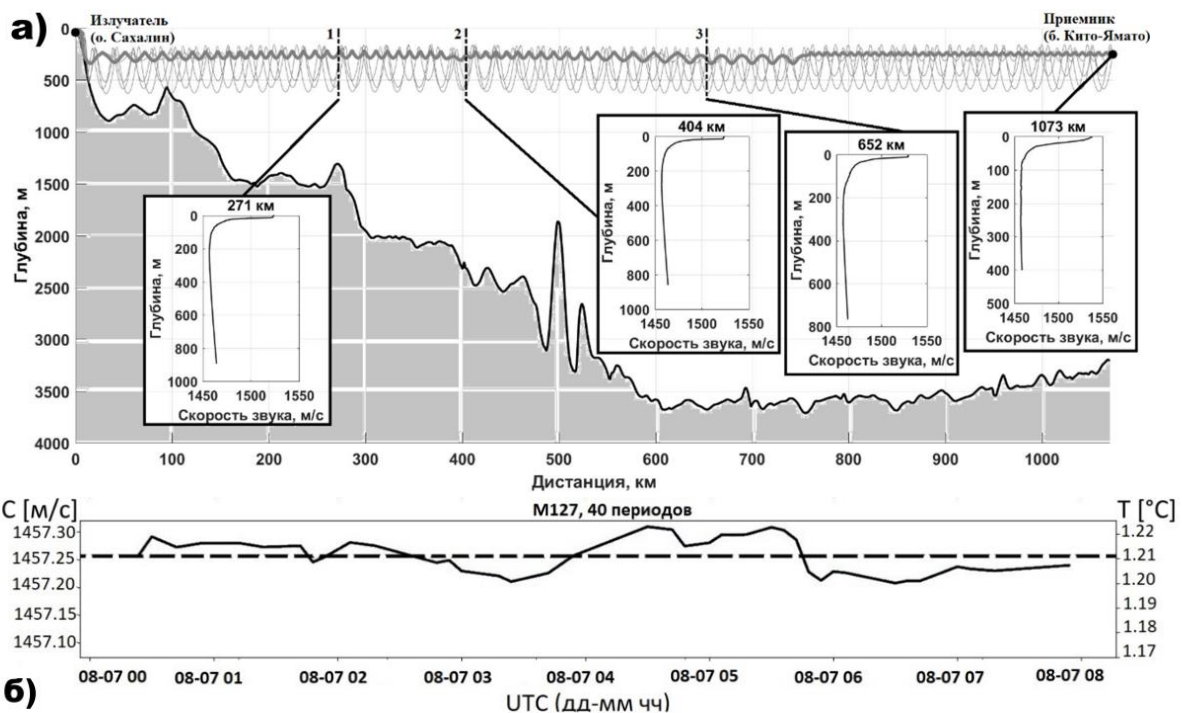


Рисунок 15.1 – Контрольные измерения СТД-зондом вертикальных профилей скорости звука вдоль трассы 1073 км в точках на удалении 271, 404 и 652 км (а); скорость звука и температура на оси ПЗК, рассчитанные по последнему приходу акустических сигналов (усреднение скользящим окном с размером 60 мин), их среднее значение по всем измерениям (прерывистая линия) (б)

Проекты Российского фонда фундаментальных исследований

Проект № 21-55-53015а «Импульсная эвтрофикация эстуариев и заливов в субарктических (Россия) и субтропических (Китай) водах. Сравнительное исследование». Руководитель – д.х.н. П.Я. Тищенко. 2021-2023 гг.

Проект № 20-55-12010 ННИОа «Источники и динамика эмиссии метана в двух разных Арктических окраинных морях». Руководитель – д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров. 2021-2023 гг.

Проекты Российского научного фонда

Соглашение № 23-77-10038 «Комплексная индикация газогеохимических полей и потоков природных газов о. Сахалин, прилегающего шельфа и склона на основе анализа геохимических, геологических и спутниковых данных». Руководитель – к.г.-м.н. Н.С. Сырбу. 2023-2026 гг.

Соглашение № 23-77-10001 «Эффект экстремальных приливов и материкового стока на потоки веществ и формирование «горячих биогеохимических точек» в Пенжинской губе и прилегающей акватории Охотского моря». Руководитель – к.г.н. П.Ю. Семкин. 2023-2026 гг.

Соглашение № 23-27-00361 «Токсичное влияние разноразмерного первичного пластика на морских беспозвоночных». Руководитель – к.б.н. Н.В. Довженко. 2023-2024 гг.

Соглашение № 23-27-00333 «Исследование мелкомасштабного турбулентного перемешивания в зоне интенсивной вентиляции вод Японского моря». Руководитель – к.ф.-м.н. Д.В. Степанов. 2023-2024 гг.

Соглашение № 23-27-00321 «Газонасыщенность донных осадков окраинных морей Евразии: распределение, влияние геологических факторов, особенности генезиса». Руководитель – к.г.-м.н. А.В. Яцук. 2023-2024 гг.

Соглашение № 23-27-00188 «Кластеризация примесей в океане: исследование влияния мезо- и субмезомасштабной динамики на перенос и кластеризацию примесей на основе анализа разномасштабных полей скорости». Руководитель – д.ф.-м.н. К.В. Кошель. 2023-2024 гг.

Соглашение № 23-27-00004 «Исследование железомарганцевых корок с вулканических построек Японского моря в связи с вулканизмом разного типа (к вопросу об источниках металлов в гидротермальном процессе)». Руководитель – к.г.-м.н. О.Н. Колесник. 2023-2024 гг.

Соглашение № 23-17-00068 «Лагранжевы фронты и вихри в дальневосточных морях России и в прилегающей части Тихого океана и их значение для биопродуктивности и рыбного промысла». Руководитель – д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН С.В. Пранц. 2023-2025 гг.

Соглашение № 22-27-20099 «Дистанционное зондирование, численное моделирование и лагранжев анализ переноса вод реки Туманная в рекреационные, природоохранные и рыбохозяйственные акватории Хасанского района Приморского края». Руководитель – к.ф.-м.н. П.А. Салюк. 2022-2023 гг.

Соглашение № 22-27-00678 «Микродеформации земной коры, вызванные морскими инфрагравитационными волнами по данным лазерно-интерференционных приборов». Руководитель – д.т.н. С.Г. Долгих. 2021-2023 гг.

Соглашение № 22-27-00469 «Геохимический состав современных донных отложений Северо-Востока Азии как показатель условий седиментации и источников поступления осадочного материала при антропогенном воздействии и глобальном потеплении». Руководитель – к.г.-м.н. В.В. Саттарова. 2021-2023 гг.

Соглашение № 22-22-20075 «Развитие методов оптической и акустической спектроскопии и их использование в задачах оперативного изучения карбоновых полигонов Японского моря». Руководитель – к.ф.-м.н. А.В. Буланов. 2022-2023 гг.

Соглашение № 22-22-00499 «Исследования нелинейных акустических свойств гетерофазных жидкостей и использование их для изучения морской воды с гетерогенными неоднородностями различного происхождения». Руководитель – д.ф.-м.н. В.А. Буланов. 2021-2023 гг.

Соглашение № 22-17-00121 «Возникновение, развитие и трансформация геосферных процессов инфразвукового диапазона». Руководитель – д.ф.-м.н., академик РАН Г.И. Долгих. 2022-2024 гг.

Соглашение № 22-17-00118 «Эволюция среды, климата и продуктивности восточной Арктики и северо-западной Пацифики в плейстоцене и голоцене; роль региона в углеродном цикле». Руководитель – д.г.-м.н. С.А. Горбаренко. 2022-2024 гг.

Соглашение № 22-11-00171 «Перспективные математические методы для моделирования распространения звука в океане и их приложения». Руководитель – к.ф.-м.н. С.Б. Козицкий. 2022-2024 гг.

Соглашение № 21-77-30001 «Потоки и генезис органического вещества в системе суша-шельф в Российской Арктике: климатическая роль деградации мерзлоты». Руководитель – д.г.-м.н., чл.-корр. РАН И.П. Семилетов. 2021-2024 гг.

Соглашение № 21-77-00028 «Эффект приливной накачки и вариаций водного режима на разгрузку грунтовых вод и потоки веществ в системе «поверхностный-подземный эстуарий» реки Раздольной (Амурский залив, Японское море)». Руководитель – к.г.н. П.Ю. Семкин. 2021-2023 гг.

Соглашение № 21-17-00081 «Изменчивость климата и ледовых условий восточноарктических морей РФ в последние тысячелетия: реконструкции по седиментационным записям, причины, периодичность и региональный прогноз». Руководитель – д.г.-м.н. А.С. Астахов. 2021-2023 гг.

Соглашение № 21-07-00027 «Динамика карбонатной системы и асидификация вод морей Восточной Арктики/Субарктики в условиях современного изменения климата». Руководитель – к.г.н. И.И. Пипко. 2021-2023 гг.

Соглашение № 19-17-00058-П «Влияние разгрузки субмаринных грунтовых вод на морские экосистемы в восточно-арктических морях России». Руководитель – к.г.-м.н. А.Н. Чаркин. 2022-2023 гг.

Соглашение № 18-77-10017-П «Геохимические индикаторы катастрофических природных и антропогенных явлений позднего голоцена в донных отложениях дальневосточных и восточно-арктических морей России». Руководитель – к.г.-м.н. К.И. Аксентов. 2021-2023 гг.

Книги

1. Основные результаты научно-исследовательских работ ТОИ ДВО РАН за 2022 г. / гл. ред. акад. РАН Г.И. Долгих. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2023. 148 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.poi.dvo.ru/ru/research_results.

2. От познания глубин к глубинам знания. К 50-летию Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН / гл. ред. акад. РАН Г.И. Долгих; отв. ред. д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич; ред.: к.т.н. О.С. Громашева, к.г.н. Г.А. Власова. Владивосток: ООО «Дальнаука», 2023. 304 с.

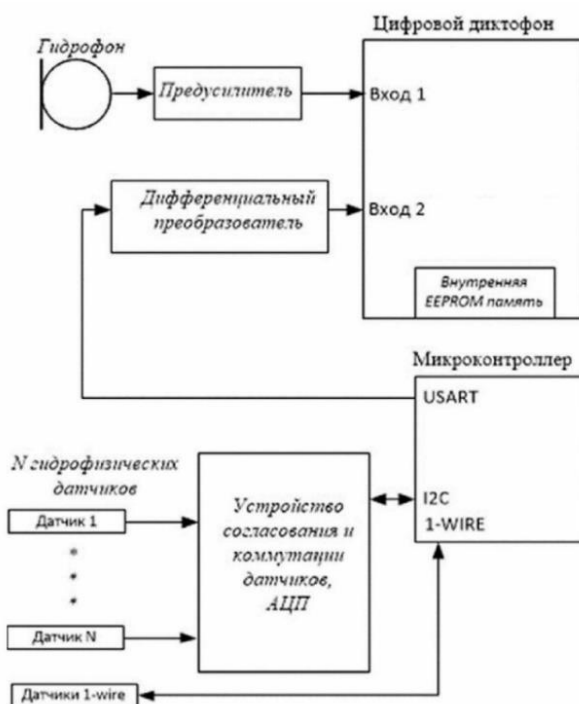
3. Физика геосфер: материалы докладов XIII Всероссийского симпозиума, 11-15 сентября 2023 г., г. Владивосток, Россия / председатель оргкомитета акад. РАН Г.И. Долгих. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2023. 408 с.

4. Океанологические исследования: материалы X конференции молодых ученых, 24-28 апреля 2023 г., г. Владивосток, Россия / Науч. комитет: акад. РАН Г.И. Долгих, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, д.ф.-м.н. Д.В. Макаров. Оргкомитет: к.г.-м.н. И.А. Прушковская. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2023. 215 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.poi.dvo.ru/sites/default/files/Documents/Conference/2023/KMU/results_2023.pdf.

Патенты

1. Автономный гидроакустический регистратор

Автономный гидроакустический регистратор предназначен для долговременной синхронной записи гидроакустических и гидрофизических данных под водой в диапазоне низких и средних звуковых частот и может использоваться как самостоятельно, так и в составе группы для формирования распределенной системы регистрации подводных шумов различной природы, биоакустических исследований, гидрофизических измерений. Технический результат: расширение функциональных возможностей автономного гидроакустического регистратора с цифровым диктофоном при одновременном упрощении конструкции и стоимости. В 2023 г. регистратор был использован для контроля подводных шумов автономного необитаемого подводного аппарата при различных маневрах и режимах работы движителей.

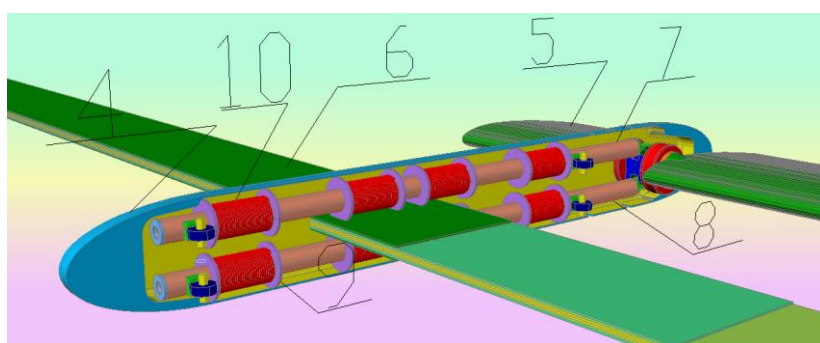


Структурная схема автономного гидроакустического регистратора, функционирующего в режиме записи акустического сигнала от одного акустического датчика, например, гидрофона на первый канал (вход 1), и записи гидрофизической информации на второй канал (вход 2) диктофона

Автономный гидроакустический регистратор: Пат. № 219977(U1) / Тагильцев А.А., Гончаров Р.А., Черанев М.Ю. – з. № 2023110996, заявл. 28.04.2023, зарег. и опубл. 17.08.2023, Бюл. № 23.

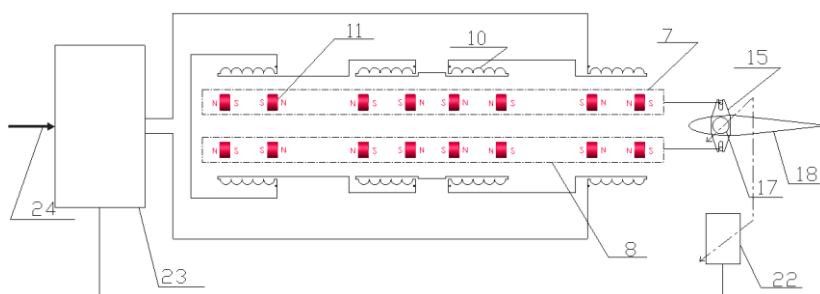
2. Система привода закрылков летательного аппарата

Система управления летательными аппаратами может быть использована в производстве различных типов беспилотных летательных аппаратов, например, предназначенных для зондирования морской среды и мониторинга состояния обширных акваторий. Система управления закрылками летательного аппарата включает магнитоэлектрический привод, выполненный в виде закрепленного на лопасти обтекаемого корпуса, снабженного установленными внутри двумя расположенными параллельно, одна над другой, группами электрических катушек, обмотки которых соединены последовательно и размещены на трубчатых каркасах. Реализация данного решения приводит к повышению надежности и снижению массы системы управления летательного аппарата, позволяет осуществить компенсацию взмаха лопастей несущего винта и возможность осуществить автоматическое управление без применения рулевых машин, а также возможность осуществления различных алгоритмов управления лопастями несущего винта и снижения аэродинамического сопротивления летательного аппарата.



Устройство магнито-электрического привода закрылка:

4 – корпус магнитоэлектрического привода закрылка,
5 – закрылок,
6 – лонжерон лопасти,
7 – верхняя полая тяга,
8 – нижняя полая тяга,
9 – трубчатый каркас электрической катушки,
10 – обмотка электрической катушки.

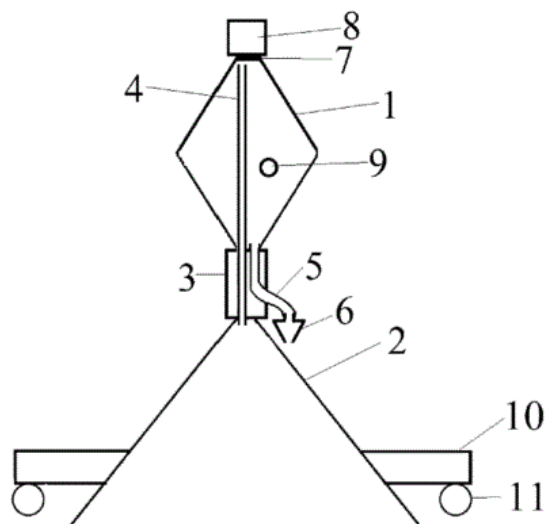


Блок-схема магнито-электрического привода:
11 – постоянный магнит,
15 – кулиса,
17 – ось закрылка,
18 – оболочка закрылка,
22 – датчик угла поворота закрылка,
23 – электронный блок,
24 – сигнал системы управления

Система привода закрылков летательного аппарата: Пат. № 2799167 С1 / Ковалев С.Н. – з. № 2022126280, заявл. 10.10.2022, зарег. и опубл. 04.07.3023, Бюл. № 19.

3. Стационарная потоковая камера для отбора газов на границе вода-атмосфера

Изобретение относится к области экспедиционного оборудования, предназначено для отбора газов, выделяемых с поверхности двух сред: земля-воздух, вода-атмосфера, и может быть использовано в газогеохимии, геохимии, гидрохимии, микробиологии, гидробиологии, геоэкологии при проведении мониторинговых исследований как на суше, так и на морских и пресноводных акваториях. Технический результат: создание автономной потоковой камеры для отбора газа на границе вода-атмосфера, снижение погрешности измерений. Предложенное устройство отличается своей универсальностью, простотой как использования, так и конструкции, полностью предотвращает контакт с внешней атмосферой, что является необходимым условием для отбора проб газа.



- 1 – верхняя камера для сбора газов,
- 2 – нижняя камера,
- 3 – резьбовой переходник,
- 4 – заборная воздушная трубка,
- 5 – сливная трубка,
- 6 – капельница с регулятором скорости,
- 7 – съемное герметичное эластичное уплотнение,
- 8 – крышка,
- 9 – пробка для сливной трубки 5,
- 10 – плавучее основание,
- 11 – крепежные кольца

Стационарная потоковая камера для отбора газов на границе вода-атмосфера: Пат. № 2798692 С1 / Холмогоров А.О. – з. № 2023107526, заявл. 29.03.2023, зарег. и опубл. 26.06.2023, Бюл. № 18.

4. Векторный автономный регистратор

Изобретение относится к измерительной технике и гидрофизике. Векторный автономный регистратор предназначен для измерения ряда параметров физических полей океана, а именно: гидроакустического поля, включая скалярное давление и вектор колебательной скорости, вектор скорости течения окружающей среды, температуры и давления окружающей среды. Технический результат: упрощение конструкции, повышение надежности устройства, расширение регистрируемых параметров.

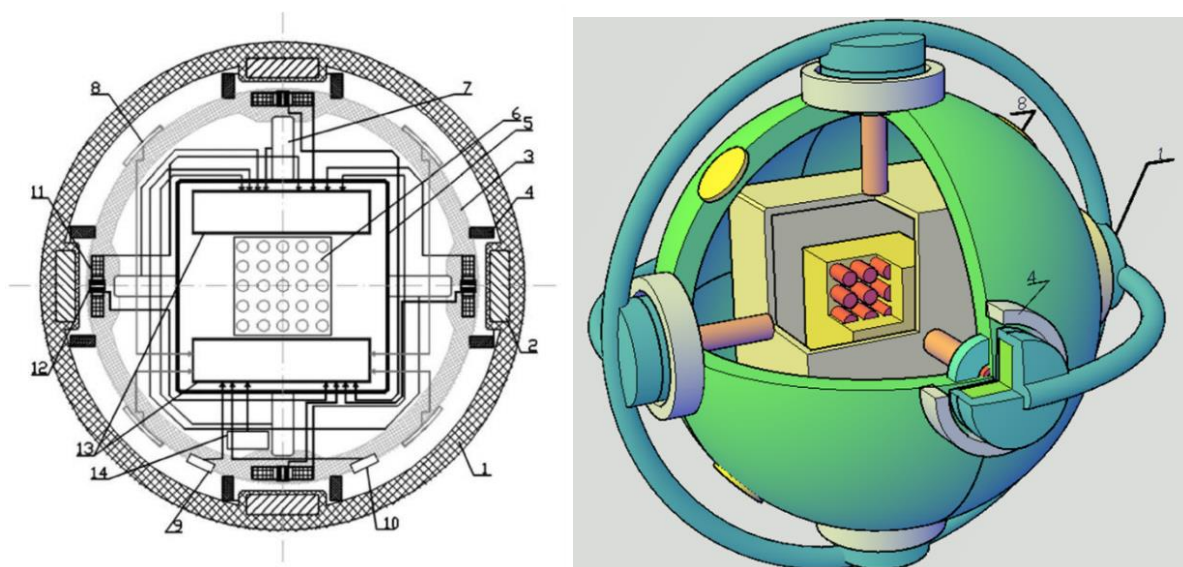
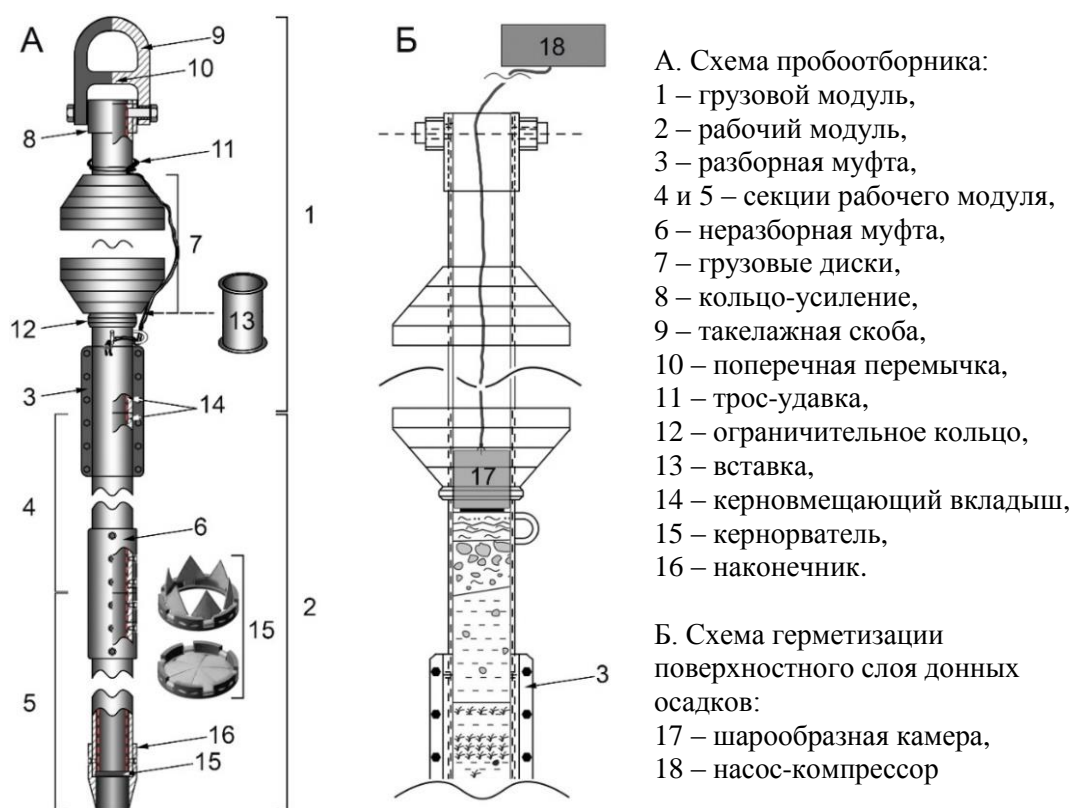


Схема и внешний вид векторного регистратора: 1 – каркас, 2 – сердечник из магнитомягкого материала, 3 – сферический корпус векторного регистратора, 4 – кольцевой эластичный арретирующий элемент, 5 – электронный блок, 6 – элементы питания (аккумуляторы), 7 – пьезоэлектрический датчик; 8 – гидрофон, 9 – датчик температуры, 10 – датчик давления, 11 – электрическая катушка системы удержания, 12 – высокочастотная электрическая катушка индукционного датчика положения, 13 – электромонтажные платы электронного блока, 14 – датчик магнитного поля

Векторный автономный регистратор: Пат. № 2799973 С1 / Ковалев С.Н. – з. № 2023111498, заявл. 04.05.2023, зарег. и опубл. 14.07.2023, Бюл. № 20.

5. Гравитационный пробоотборник и способ его использования

Гравитационный пробоотборник предназначен для отбора проб рыхлых донных осадков и может быть использован для получения геологического материала с различных водных глубин в целях изучения литологического состава, физико-химических и физико-механических свойств донных отложений, микрофаунистического и других видов анализов. Пробоотборник представляет собой модифицированную версию гравитационной грунтовой трубки и создан для более эффективного и качественного отбора кернов донных осадков в условиях моря и океана. Доработаны такие элементы конструкции как кернорватель, соединительные муфты секций, груз и такелажная скоба, удалены оголовье и запорная крышка. Технический результат: сохранение структуры накопления осадочного вещества при отборе проб рыхлых донных осадков с различных глубин моря в виде трубчатых колонок и оптимизации процесса подготовки и отбора длинномерных образцов вертикального среза морских осадочных пород. В результате сравнительного испытания показано, что модифицированная трубка отбирает на 30% более длинные керны, чем обычная, при этом нарушение поверхностного слоя осадков минимально.



Гравитационный пробоотборник и способ его использования: Пат. № 2795338 С1 / Колесник А.Н. – з. № 2022130923, заявл. 29.11.2022, зарег. и опубл. 02.05.2023, Бюл. № 13.

6. Многоэлементная модульная акустико-гидрофизическая измерительная система

Автономная вертикальная акустико-гидрофизическая измерительная система разработана для исследования влияния пространственно-временных неоднородностей поля скорости звука на распространение звука на шельфе, для исследования модовых структур низкочастотных звуковых полей и внутренних волн, а также может быть использована в качестве приемника в системах звукоподводной связи. Технический результат: повышение полноты и точности получаемой информации, расширение функциональных возможностей, повышение удобства эксплуатации и возможностей адаптации системы к условиям и задачам конкретного эксперимента, а также повышение ремонтпригодности системы в случае ее повреждений.

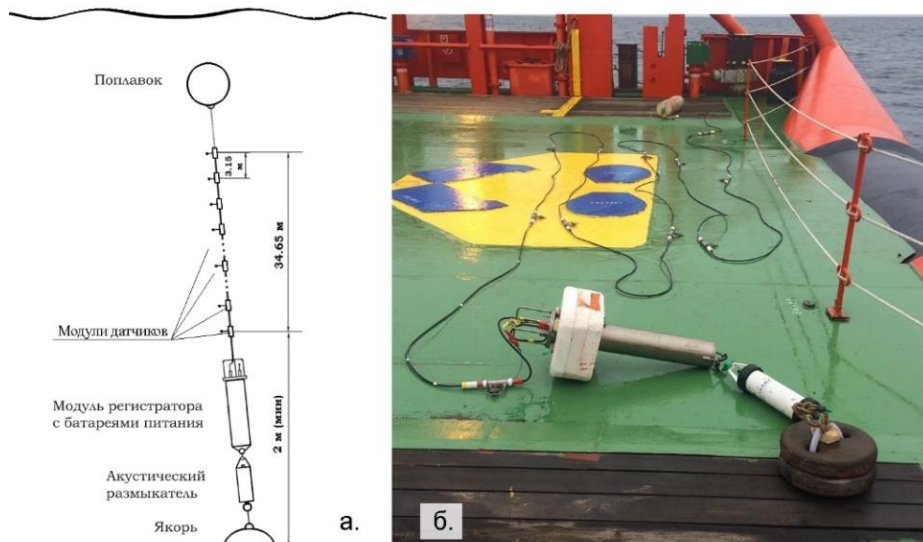
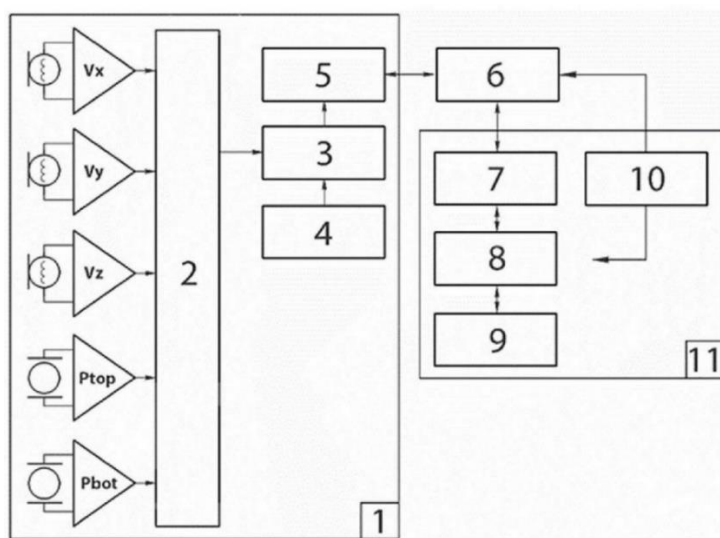


Схема постановки автономной вертикальной акустико-гидрофизической измерительной системы *Моллюск* в море (а) и ее фотография на борту судна перед постановкой (б)

Многоэлементная модульная акустико-гидрофизическая измерительная система: Пат. № 2794710 С1 / Ковзель Д.Г. – з. № 2022126279, заявл. 10.10.2022, зарег. и опубл. 24.04.2023, Бюл. № 12.

7. Акустическая автономная донная станция с комбинированным приемником

Акустическая автономная донная станция с комбинированным приемником предназначена для продолжительных стационарных измерений вариаций акустического давления и колебательной скорости в водоеме. Станция может быть использована для пассивного акустического мониторинга морских животных, оценки воздействия антропогенных шумов различного происхождения на морские организмы, изучения реакции морских организмов на определенные виды сигналов, например, с целью последующей разработки орудий интенсификации лова. Технический результат: увеличение длительности непрерывной автономной работы, проведение измерения и записи всех трех компонент колебательной скорости, повышение качества преобразования и записи сигналов.

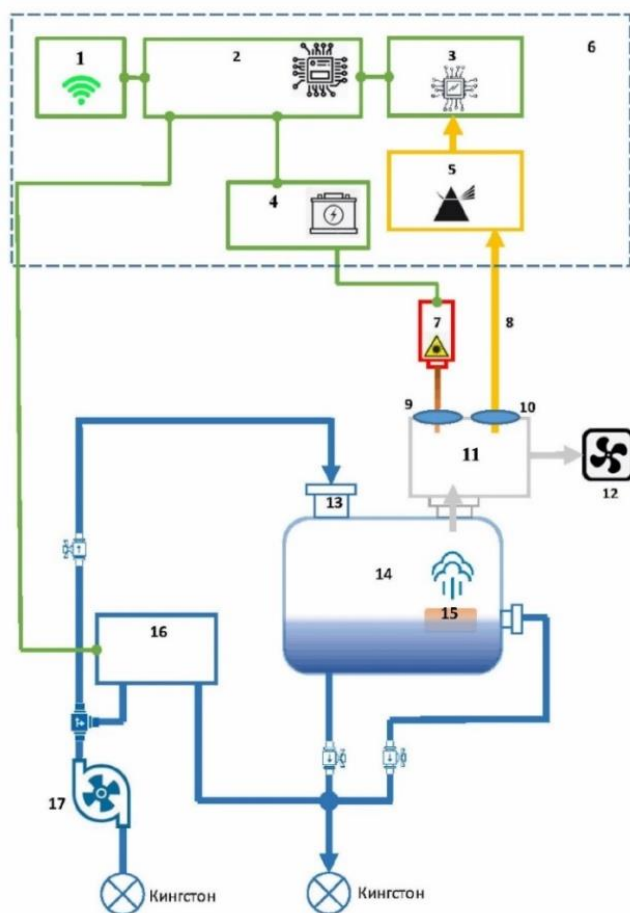


- 1 – герметичный корпус комбинированного приемника,
- V_x, V_y, V_z – приемники колебательной скорости по осям Ox, Oy, Oz ,
- P_{top}, P_{bot} – гидрофоны,
- 2 – многоканальный АЦП,
- 3 – контроллер комбинированного приемника,
- 4 – модуль ориентации,
- 5 и 7 – драйверы кабельной линии,
- 6 – кабель,
- 8 – регистратор,
- 9 – акустический модем,
- 10 – батареи электропитания станции,
- 11 – герметичный корпус регистратора

Акустическая автономная донная станция с комбинированным приемником: Пат. № 2794052 С1 / Ковзель Д.Г. – з. № 2022133571, заявл. 21.12.2022, зарег. и опубл. 11.04.2023, Бюл. № 11.

8. Автоматизированный спектрометр для исследования жидких сред

Автоматизированный спектрометр для анализа жидкостей может быть использован для автоматизированного анализа спектроскопических оптических параметров морской воды и оперативного измерения содержания химических веществ в жидких средах. Комплекс прошел апробацию и показал высокую эффективность в двух экспедициях: на НИС «Профессор Гагаринский» (рейсе № 81, Японское море, август 2022 г.) и «Академик Борис Петров» (рейс № 52, Атлантический океан и плум р. Амазонка, октябрь-декабрь 2022 г.). Апробация проведена как в рамках проточной методики непосредственно на ходу судна, так и на отдельных станциях для снятия информации по вертикальному распределению указанных параметров в различных районах Мирового океана. В рамках дальнейшей модернизации данный комплекс можно использовать для элементного анализа подводных объектов. Автономные обитаемые подводные аппараты, предназначенные для исследования океана, также могут быть оснащены данным комплексом.

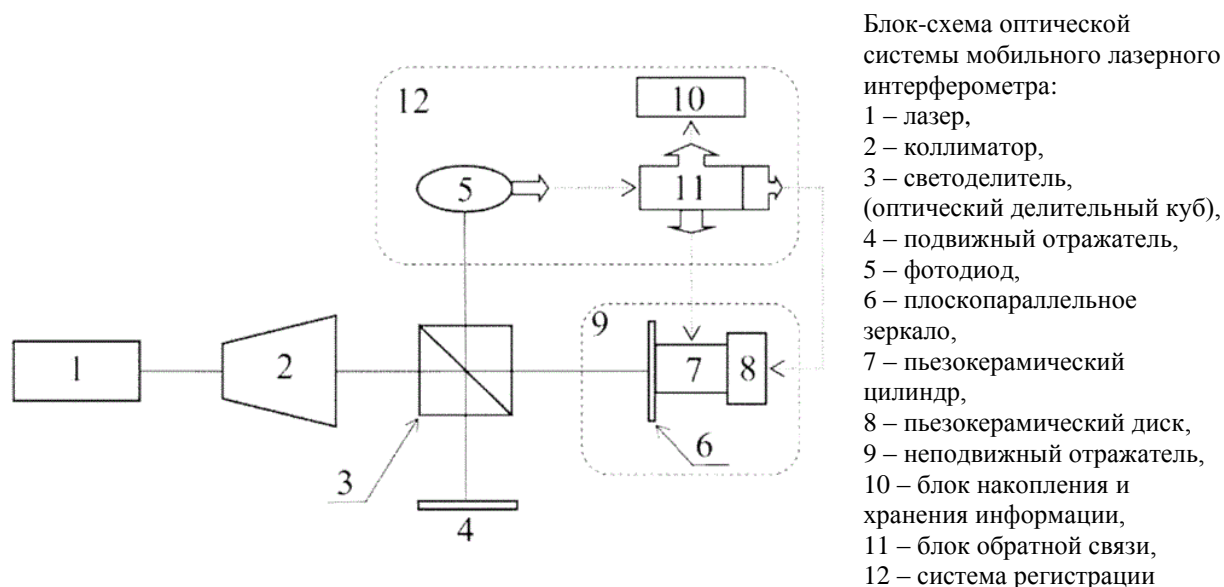


Один из возможных вариантов спектрометра, где
1 – WiFi антенна,
2 – микрокомпьютер,
3 – ПЗС матрица,
4 – LiPo аккумулятор,
5 – монохроматор,
6 – корпус,
7 – Nd:Yag лазер,
8 – оптоволоконно,
9 и 10 – фокусирующие линзы,
11 – измерительная кювета,
12 – система вентиляции,
13 – трубопровод подачи жидкости,
14 – проточная кювета,
15 – генератор мелкодисперсного аэрозоля,
16 – блок дополнительных датчиков,
17 – жидкостный насос

Автоматизированный спектрометр для исследования жидких сред: Пат. № 2803708 С1 / Буланов А.В., Крикун В.А. – з. № 2023109672, заявл. 14.04. 2023, зарег. и опубли. 19.09.2023, Бюл. № 26.

9. Мобильный лазерный интерферометр

Полезная модель относится к области геофизики и может быть использована для измерения микродеформаций земной коры и изучения пространственно-временной структуры сейсмоакустических полей широкого диапазона частот (0-1000 Гц). Технический результат: увеличение базы измерительного плеча, а вследствие и повышение чувствительности интерферометра при сохранении высокой точности измерения низкочастотных и сверхнизкочастотных вариаций микросмещений фонового уровня, легкость настройки и эксплуатационных характеристик.



Мобильный лазерный интерферометр: Пат. № 216568 (U1) / Долгих С.Г., Будрин С.С. – з. № 2022132480, заявл. 13.12.2022, зарег. и опубл. 14.02.2023, Бюл. № 5.

Базы данных

1. База данных «Атмохимические и метеорологические параметры приводного слоя атмосферы акваторий Амурского и Уссурийского заливов (Японское море), измеренные на НИС «Профессор Гагаринский» в рейсах № 84 и № 85 (01-31.12.2022)»: Свидетельство № 2023623106 / Яцук А.В., Бовсун М.А. – з. № 2023622851, заявл. 05.09.2023, зарег. и опубл. 13.09.2023, Бюл. № 9.

2. База данных «Климатически активные газы в приводном слое атмосферы залива Петра Великого (Японское море), измеренные за период с 21 октября по 30 ноября 2022 года»: Свидетельство № 2023620699 / Яцук А. В., Бовсун М.А. – з. № 2023620349, заявл. 22.02.2023, зарег. и опубл. 22.02.2023, Бюл. № 3.

3. База данных «Метеорологические и климатические параметры приводного слоя атмосферы залива Петра Великого (Японское море), измеренные за период с 21 октября по 30 ноября 2022 года»: Свидетельство № 2023620723 / Яцук А.В., Бовсун М.А., / з. № 2023620355, заявл. 14.02.2023, зарег. и опубл. 28.02.2023, Бюл. № 3.

4. База данных «Цифровая модель аномального магнитного поля «Краскинское городище»: Свидетельство № 2023620855 / Бессонова Е.А., Червинская И.В. – з. № 2023620517, заявл. 02.03.2023, зарег. и опубл. 13.03.2023, Бюл. № 3.

5. База данных «Цифровая модель аномального магнитного поля «Городище Кокшаровка-1»: Свидетельство № 2023620952 / Бессонова Е.А., Червинская И.В., Зверев С.А. – з. № 2023620585, заявл. 07.03.2023, зарег. и опубл. 21.03.2023, Бюл. № 4.

6. База данных «Структура современных геологических отложений на территории археологического памятника «Риал Альто» (по данным георадиолокации)»: Свидетельство № 2023621106 / Бессонова Е.А., Червинская И.В. – з. № 2023620791, заявл. 28.03.2023, зарег. и опубл. 05.04.2023, Бюл. № 4.

7. База данных «Цифровая модель аномального магнитного поля «Кондуйский городок»: Свидетельство № 2023621165 / Бессонова Е.А., Червинская И.В. – з. № 2023620794, заявл. 28.03.2023, зарег. и опубл. 11.04.2023, Бюл. № 4

8. База данных «База данных океанологических наблюдений залива Посьета Японского моря в период с 2007 по 2022 гг.»: Свидетельство № 2023622052 / Самченко А.Н., Пивоваров А.А., Кошелева А.В., Ярошук И.О. – з. № 2023621784, заявл. 13.06.2023, зарег. и опубл. 21.06.2023, Бюл. № 7.

9. База данных «Геоакустическая модель геологической среды залива Посыета Японского моря»: Свидетельство № 2023622075 / Самченко А.Н., Ярошук И.О. – з. № 2023621764, заявл. 13.06.2023, зарег. и опубл. 23.06.2023, Бюл. № 7.

10. База данных «База данных параметров (температура и соленость морской воды, глубина положения нижней границы) верхнего квазиоднородного слоя Берингова моря»: Свидетельство № 2023623185 / Лучин В.А. – з. № 2023622865, заявл. 07.09.2023, зарег. и опубл. 21.09.2023, Бюл. № 10.

11. База данных «Специализированная база данных параметров (температура и соленость морской воды, скорость звука и глубина положения оси) подводного звукового канала Японского моря»: Свидетельство № 2023623161 / Лучин В.А. – з. № 2023622867, заявл. 07.09.2023, зарег. и опубл. 19.09.2023, Бюл. № 9.

12. База данных «Таксономическое разнообразие культивируемых гетеротрофных микроорганизмов, способных к биопленкообразованию, выделенных из прибрежных вод бухты Алексева (Японское море)»: Свидетельство № 2023621131 / Пономарева А.Л., Еськова А.И., Сырбу Н.С., Легкодимов А.А., Григоров Р.А., Садунова А.В. – з. № 2023620813, заявл. 28.03.2023, зарег. и опубл. 07.04.2023, Бюл. № 4.

13. База данных «Комплексные метеорологические наблюдения на МЭС «Мыс Шульца» с марта по сентябрь 2023 года»: Свидетельство № 2023623537 / Степочкин И.Е. – з. № 2023622871, заявл. 07.09.2023, зарег. и опубл. 19.09.2023, Бюл. № 10.

Программы ЭВМ

1. Программа для ЭВМ Gas_mean_time. Временная обработка статистических данных газов при использовании газоанализаторов типа Picarro: Свидетельство № 2023669329 / Буланов А.В. – з. № 2023668467, заявл. 07.09.2023, зарег. и опубл. 13.09.2023, Бюл. № 9.

2. Программа для ЭВМ для расчета функции взаимной неопределенности и поиска максимумов (find_peaks_caf.m): Свидетельство № 2023619660 / Буренин А.В. – з. № 2023618009, заявл. 27.04.2023, зарег. и опубл. 15.05.2023, Бюл. № 5.

3. Программа для ЭВМ для расчета и визуализации трехмерных t-z-x диаграмм в лучевом приближении (ray_interface.m): Свидетельство № 2023668784 / Буренин А.В. – з. № 2023666424, заявл. 08.08.2023, зарег. и опубл. 04.09.2023, Бюл. № 9.

4. Программа для ЭВМ для оперативного поиска опасных гео и гидродинамических явлений в массиве данных деформационных процессов верхнего слоя земной коры шельфовой области залива Петра Великого (Японское море): Свидетельство № 2023616498 / Долгих С.Г., Будрин С.С. – з. № 2023615498, заявл. 21.03.2023, зарег. и опубл. 28.03.2023, Бюл. № 4.

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ
ЗА 2023 ГОД**

