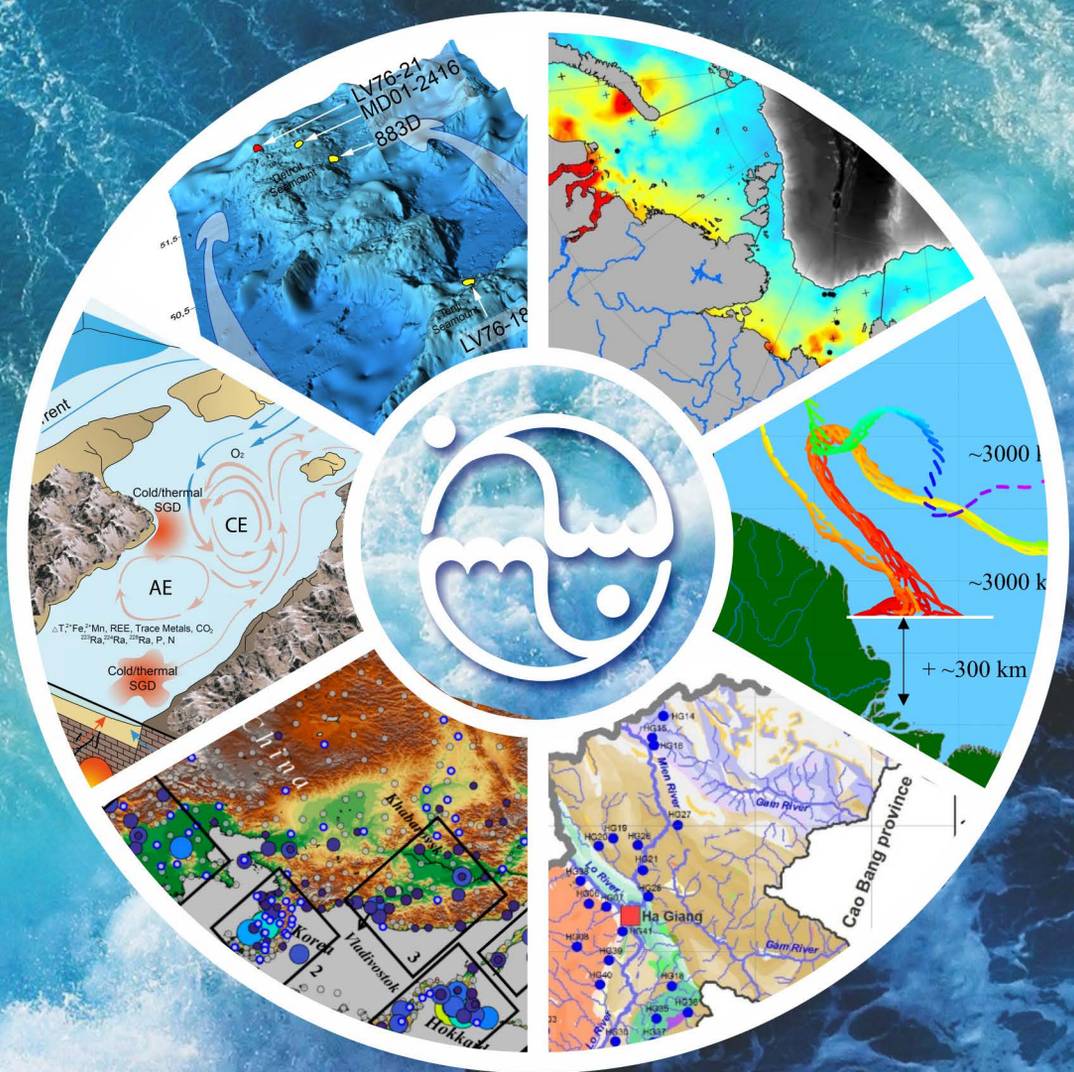
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук



Основные результаты научно-исследовательских работ за 2024 г.

Владивосток
2025

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

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЗА 2024 г.

Владивосток
2025

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.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*
к.г.н. *Н.В. Шлык*

Основные результаты научно-исследовательских работ за 2024 г. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2025. – 95 с.

ВВЕДЕНИЕ

В отчетном 2024 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 2024 год, и на плановый период 2025 и 2026 годов, утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации 16 октября 2024 г.

В 2024 году Институт выполнял научно-исследовательские работы по 36 темам, 15 из которых закончены в отчетном периоде, в том числе по 17 темам государственного задания, 18 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: Манульчевым Д.С. защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Методика моделирования антропогенных акустических сигналов на шельфе на основе экспериментальных измерений», Новосёловой Ю.В. защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук «Тысячелетние изменения климата и растительности Япономорского региона в позднем плейстоцене и голоцене на основе палинологического анализа морских донных осадков», Холмогоровым А.О. защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук «Перенос растворенного метана течениями в некоторых районах Мирового океана».

На 31 декабря 2024 года в аспирантуре Института обучались 26 человек, один соискатель. В 2024 г. в аспирантуру зачислены 12 человек, в том числе 3 – по научной специальности 1.3.7. Акустика, 9 – по научной специальности 1.6.17. Океанология. Два аспиранта окончили обучение с представлением научно-квалификационной работы (диссертации), успешно прошли государственную итоговую аттестацию, получили дипломы об окончании аспирантуры по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» и трудоустроены в Институте.

В Институте продолжены научные исследования в рамках созданных международных лабораторий и центров: совместная Вьетнамо-Российская лаборатория по морским наукам (ЛаМоНТ) (ТОИ ДВО РАН – Институт морской геологии и геофизики Вьетнамской академии наук и технологий (ИМГГ ВАНТ), СРВ); Российско-корейский центр морских и информационных технологий (ТОИ ДВО РАН – Институт науки и технологий, г. Кванджу, Республика Корея); совместная российско-японская лаборатория по изучению окружающей среды (ТОИ ДВО РАН – Аспирантура естественных и технических наук Университета Каназавы, Япония); совместный научно-исследовательский Центр по изучению океана и климата (СНИЦ) (ТОИ ДВО РАН – I-й Институт океанографии Государственного Управления по исследованию океана КНР (ПИО ГУИО КНР)); Российско-Китайский Инновационный Центр экологического мониторинга океанических и полярных зон (ТОИ ДВО РАН – Институт Океанографического Приборостроения Шаньдунской академии наук, КНР); совместный Российско-

Вьетнамский центр морских исследований и технологий (ТОИ ДВО РАН – Институт морской геологии и геофизики Вьетнамской академии наук и технологий, СРВ).

В 2024 г. Институтом проведены 10 морских экспедиций:

- на НИС «Академик Борис Петров», рейс № 59 – арктические моря России;
- на НИС «Профессор Гагаринский» – 5 экспедиций:
  - рейс № 87 – Охотское и Японское моря;
  - рейс № 88 – Японское, Охотское моря и северо-западная часть Тихого океана;
  - рейс № 89 – Японское море;
  - рейс № 90 – Залив Петра Великого, Уссурийский залив, бухта Витязь;
  - рейс № 91 – Залив Петра Великого, Японское море;
- на НИС «Академик Опарин» 4 экспедиции:
  - рейс № 71 – Японское, Охотское моря и северо-западная часть Тихого океана;
  - рейс № 72 и яхта «Светлана» – Японское море, бухта Витязь;
  - рейс № 74 – Охотское море, Пенжинская губа и Восточный Сахалин;
  - рейс № 75 – Японское, Охотское моря и северо-западная часть Тихого океана.

На 31 декабря 2024 года численность сотрудников Института составляла 502 человека, из них 196 – научных сотрудников, в том числе 1 академик РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 35 докторов наук, 121 кандидат наук. В Институте работают 43 научных сотрудника в возрасте до 39 лет.

Структура научных подразделений Института включает 8 отделов, 33 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 гидрологических процессов и климата – 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. Ярощук И.О.
2/3 Лаборатория акустической океанографии – к.ф.-м.н. 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., 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. 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 – к.г.н. Семкин П.Ю.
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 томографиии – 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. Карнаух В.Н.
7/3 Сектор геолого-геофизического обеспечения – Крайников Г.А.
7/4 Лаборатория морской микропалеонтологии – к.г.-м.н. Обрезкова М.С.
7/5 Лаборатория седиментологии и стратиграфии – д.г.-м.н. 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. Пермяков М.С.
9/3 Лаборатория физических методов исследования океана – к.ф.-м.н., доцент Буланов А.В.
9/4 Лаборатория спутниковой океанологии и лазерного зондирования – к.ф.-м.н., доцент Салюк П.А.

В 2024 году сотрудниками Института опубликовано: 2 монографии, 217 статей, в том числе 129 в отечественных и 88 в зарубежных изданиях, охраняемых объектов интеллектуальной собственности, зарегистрированных на территории Российской Федерации – 32, в том числе патентов на изобретения – 7, свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ – 7, баз данных – 18. В базах данных содержатся сведения по статьям: в Web of Science – 154, в Scopus – 171, в Белом списке – 184, в списке ВАК – 209, в ядре РИНЦ – 189.

В настоящем издании представлены основные результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ТОИ ДВО РАН в 2024 г. Представленные результаты характеризуют современное состояние исследований по основным направлениям деятельности Института.

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ, ДОСТИГНУТЫХ ЗА ОТЧЕТНЫЙ ПЕРИОД 2024 ГОДА

1. Важнейшие результаты исследований ТОИ ДВО РАН в 2024 г.

1. Изучены динамические характеристики нелинейных внутренних волн (НВВ) в прибрежной зоне Японского моря на основе наблюдений температуры и течений за последние 12 лет. Установлены частоты появления событий, определены направления движения пакетов сильно НВВ и описаны типовые структуры НВВ в различные сезоны года. Изучены два типа сильно нелинейных волн – «одиночный» и «ондулярный» боры, за фронтом которых может происходить или отсутствовать сильное вертикальное перемешивание воды. Исследована пространственная трансформация ондулярного бора при движении его над шельфом. Для численного моделирования сильно НВВ были разработаны математические модели, основанные на приближении мелкой воды во втором порядке. Была показана возможность пространственно-временной реконструкции внутренних нелинейных структур между термогирляндами на основе получаемых экспериментальных данных и предложенных математических моделей. По данным одной термогирлянды удается реконструировать и течения воды, вызванные движением внутренних волн. (ТОИ ДВО РАН совместно с ИГиЛ СО РАН). Д.ф.-м.н. Ярощук И.О.

Yaroshchuk I.O., Liapidevskii V.Yu., Dolgikh G.I., Kosheleva A.V., Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Khrapchenkov F.F., Gulin O.E., Korotchenko R.A. Observation and modeling of nonlinear internal waves on the shelf of the Sea of Japan // Journal of Marine Science and Engineering. – 2024. – Vol. 12, Iss. 8. – Art. no. 1301. DOI: 10.3390/jmse12081301. (WoS Q1, IF 2.9; Scopus Q2).

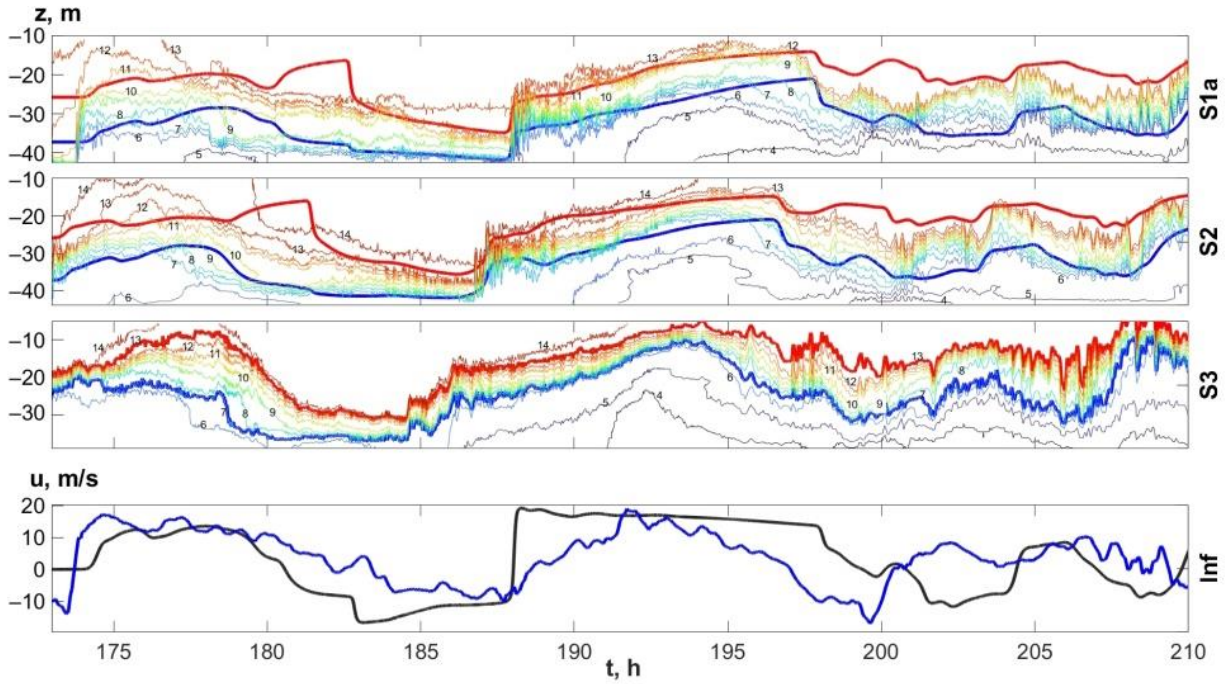


Рисунок 1 – Реконструкция 37 часов осеннего эксперимента 2022 г., расчеты по трехслойной модели. Номера рисунков сверху вниз: (1) моделирование S3→S1a и измеренная температура на станции *S*1a, изотермы здесь и далее через 1°C; (2) моделирование *S*3→*S*2 и измеренная температура на станции *S*2; (3) зарегистрированная температура на станции S3, синяя и красные жирные линии – усредненные по интервалу времени 10 min изотермы 7° и 13°C, используемые в качестве условий на левой границе расчетной области; (4) черная линия – расчетная скорость u_3 в нижнем слое, синяя линия – значение скорости течения в направлении (*S*3, *S*1a), измеренное придонным logger Infinity-EM

2. С помощью междисциплинарного подхода и специально разработанного для данных исследований робототехнического комплекса *Smart Fish* была решена 40-летняя загадка «арктического оазиса» в Чаунской губе Восточно-Сибирского моря. Причиной возникновения данного оазиса стали подводные гидротермальные источники, поставляющие в акваторию губы тепло, минеральные вещества, растворенные металлы, а также биогены, столь необходимые для поддержания жизни теплолюбивых и процветающих биоценозов. Полученные геомагнитные данные подтвердили выводы относительно гидротермального генезиса субмаринных подземных вод: так оказалось, что в местах их разгрузки достаточно близко к поверхности дна подходит вулканогенная интрузия, а на глубине 5-50 км имеются признаки наличия расплавленной магмы. Данное обстоятельство, вероятно, способствовало формированию конвективной циркуляции морских вод в осадочной толще, которые, поступая из мест питания на шельфе Восточно-Сибирского моря, нагреваются и поднимаются на поверхность в Чаунской губе. Роль субмаринных гидротерм в поставке дополнительного тепла в губу была подтверждена расчетами баланса тепла. (ТОИ ДВО РАН совместно с ИО РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, ЗИН РАН и ДВГИ ДВО РАН). К.г.-м.н. Чаркин А.Н.

Charkin A.N., Kosobokova K.N., Ershova E.A., Syomin V.L., Kolbasova G.D., Semkin P.Yu., Leusov A.E., Dudarev O.V., Gulenko T.A., Yaroshchuk E.I., Startsev A.M., Fayman P.A., Krasikov V.A., Zverev S.A., Bessonova E.A., Ulyantsev A.S., Elovsky E.V., Yurikova D.A., Kobyakov K.A., Zimina O.L., Gerasimova A.V., Tishchenko P.P., Didov A.A. A unique warm-water oasis in the Siberian Arctic's Chaun Bay sustained by hydrothermal groundwater discharge // Communications Earth & Environment. – 2024. – Vol. 5. – Art. no. 393. DOI: 10.1038/s43247-024-01529-x. (WoS Q1, IF 7.9; Scopus Q1).

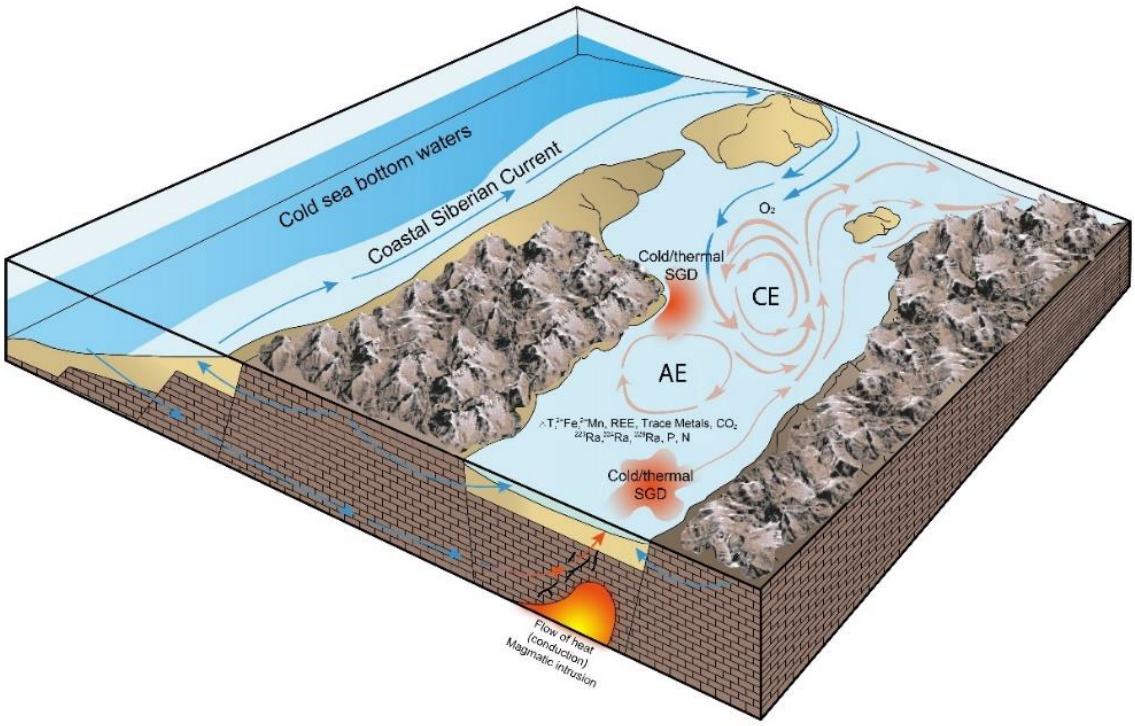


Рисунок 2 – Блок-схема механизма формирования Чаунского рефу́гиума

3. На основе анализа индикаторов продуктивности, литологии, радиоуглеродных дат и изотопного состава кислорода планктонных и бентосных фораминифер осадков керна LV76-21 севера Императорских гор и аналогичных опубликованных данных трех близлежащих кернов была установлена пространственная изменчивость влияния североатлантических глубинных вод (NADW) в формировании нижних циркумполярных глубинных вод (LCDW) в глубоководной вентиляции северной Пацифики при изменениях климата за последние 43 тысячи лет. Вклад NADW в вентиляцию вод западного склона подводной горы Детройт увеличивался во время межледниковья и продолжительных интерстадиалов Дансгаарда-Ошгера (ДО). Однако глубинные воды восточного склона возвышенностей постоянно вентилировались LCDW с низким вкладом NADW (рисунок 3, А). По различиям комплексов кремнистого микропланктона (включающих пять новых видов радиолярий) на юге Императорского хребта установлена граница, разделяющая холодноводную и тепловодную биоту по 38° с.ш. В прошлом веке эта граница была установлена от 30° до 37° с.ш., следовательно, прослежена ее миграция на север, что, вероятно, связано с глобальным потеплением последних десятилетий (рисунок 3, Б). (ТОИ ДВО РАН совместно с ННЦМБ ДВО РАН, ДВГИ ДВО РАН, ИГМ СО РАН, ПИО МПР КНР). Д.г.-м.н. Горбаренко С.А., к.г.-м.н. Василенко Л.Н.

Gorbarenko S.A., Shi X., Bosin A.A., Liu Ya., Vasilenko Yu.P., Yanchenko E.A., Derkachev A.N., Kirichenko I.S., Artemova A.V., Velivetskaya T.A., Psheneva O.Yu. Millennial-scale changes in the environment, ice conditions, and deep-water ventilation at the Detroit-Tenji Seamounts, Northwest Pacific, over the last 43 kyr // Quaternary Science Reviews. – 2024. – Vol. 325. – Art. no. 108472. DOI: 10.1016/j.quascirev.2023.108472. (WoS Q1, IF 4.0; Scopus Q1).

Vasilenko L.N, Tsoy I.B., Dautova T.N. Siliceous microfossil assemblages in the southern Emperor Seamount Chain surface sediments and their biogeographical and paleoceanographical implication // // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2024. – Vol. 218. – Art. no. 105433. DOI: 10.1016/j.dsr2.2024.105433. (WoS Q2, IF 3.0; Scopus Q1).

Vasilenko L.N., Khmel D.S. New Radiolarian Species of the Genus Carpocanium Ehrenberg, 1847, emend. nov. in the Surface Sediments of the Emperor Seamount Chain, Pacific Ocean // Paleontological Journal. – 2024. – Vol. 58, No. 6. – P. 619-629. DOI: 10.1134/S0031030124600938. (WoS Q4, IF 0.6; Scopus Q3).

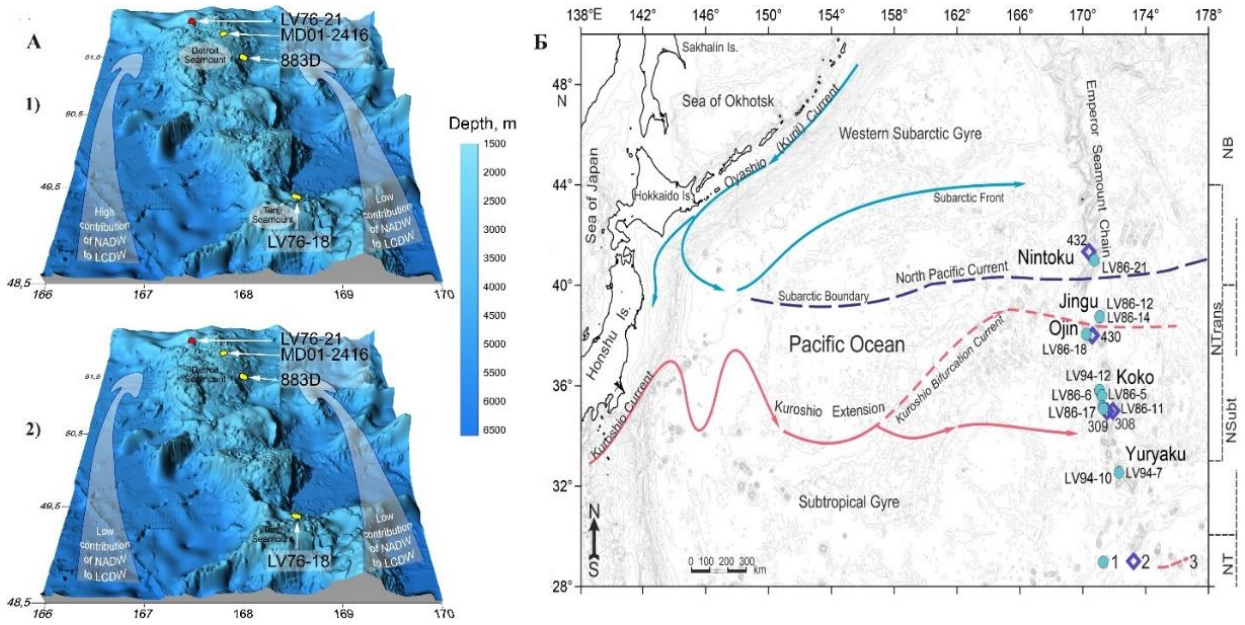


Рисунок 3 – (А) Пространственная изменчивость вклада NADW в LCDW в вентиляции глубинных вод западного и восточного склонов северной части Императорских гор при изменениях климата за последние 43 тысячи лет: 1) во время межледниковья и продолжительных ДО интерстадиалов; 2) во время последнего оледенения. (Б) Карта Тихого океана со схемой поверхностных течений и изученными станциями на южных гайотах Императорского хребта

4. Экспериментально показано, что при попадании микрочастиц искусственных полимеров в живые организмы, риски развития процессов окислительного стресса зависят не только от их концентрации, но и обусловлены уровнем физико-химической деградации полимера. Предлагается новый механизм биологической активности (токсичности) искусственных полимеров, состаренных в природных условиях (рисунок 4). В основе предлагаемого механизма лежит вероятность переноса свободно-радикальных реакций с поверхностных полимерных цепей на биологические структуры, посредником которого являются «вторичные» активные формы кислорода – АФК ($^1O_2$, O_2-*, *OH, H_2O_2). В целом, полученные результаты дают основание утверждать, что по мере старения (со временем) токсический потенциал находящегося в биосфере пластика увеличивается, а, следовательно, нарастает и угроза живым организмам. Д.б.н. Челомин В.П.

Chelomin V.P., Slobodskova V.V., Dovzhenko N.V., Mazur A.A., Kukla S.P. Photoaging Elevated the Genotoxicity of Polystyrene Microplastics to Marine Mussel Mytilus trossulus (Gould, 1850) // International Journal of Molecular Sciences. – 2024. – Vol. 25, Iss. 11. – Art. no. 5740. DOI: 10.3390/ijms25115740. (WoS Q1, IF 5.6; Scopus Q1).

Chelomin V.P., Istomina A.A., Mazur A.A., Slobodskova V.V., Zhukovskaya A.F., Dovzhenko N.V. New Insights into the Mechanisms of Toxicity of Aging Microplastics // Toxics. – 2024. – Vol. 12, Iss. 10. – Art.no. 726. DOI: 10.3390/toxics12100726. (WoS Q1, IF 4.6; Scopus Q2).

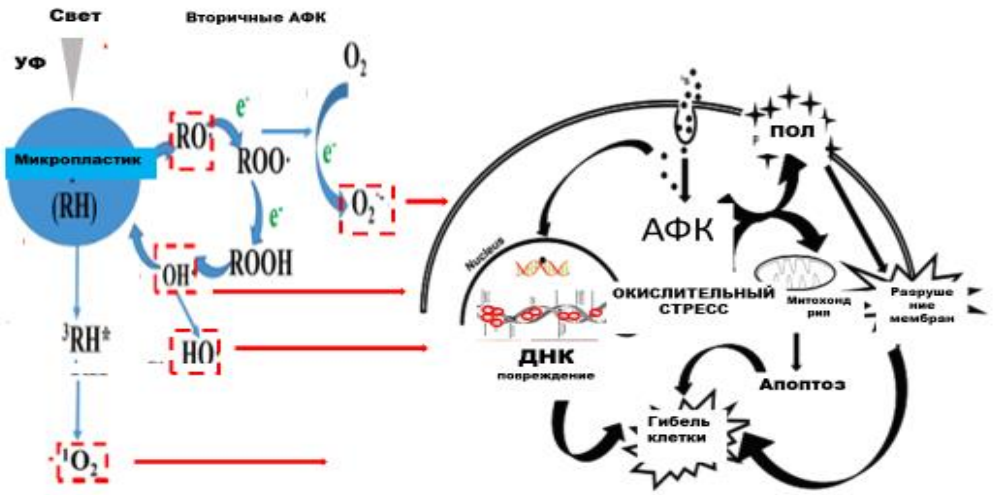


Рисунок 4 – Схема образования «вторичных» АФК и индукция окислительного стресса

5. Изучены особенности спутниковых мультиугловых, мультиспектральных поляризационных оптических измерений над оптически сложными водами Бохайского залива Желтого моря. Выявлены характерные особенности для различных состояний морской атмосферы (облачность, дымка, атмосферная пыль) и определены случаи значимого влияния подстилающей водной поверхности с большим содержанием взвешенных веществ в водной толще на регистрируемые спутником сигналы. В работе введено понятие поляриметрических псевдоцветных изображений, позволяющих более избирательно обнаруживать перенос пыли в атмосфере по сравнению со стандартными фотометрическими измерениями. Результаты позволяют улучшить алгоритмы детектирования пыли в атмосфере с применением спутниковых мультиугловых, мультиспектральных поляризационных оптических радиометров нового поколения (SPEXone, 3MI, MAIA), которые начинают свою работу с 2024-2025 гг. (ТОИ ДВО РАН совместно с ДВФУ, ИАПУ ДВО РАН). К.ф.-м.н. Салюк П.А.

Salyuk P.A., Stepochkin I.E., Shmirko K.A., Golik I.A. Using satellite multi-angle polarization measurements to characterize atmospheric aerosol above Bohai bay // Advances in Space Research. – 2024. – Vol. 73, No. 1. – P. 514-522. DOI: 10.1016/j.asr.2023.10.007. (WoS Q1, IF 2.6; Scopus Q1).

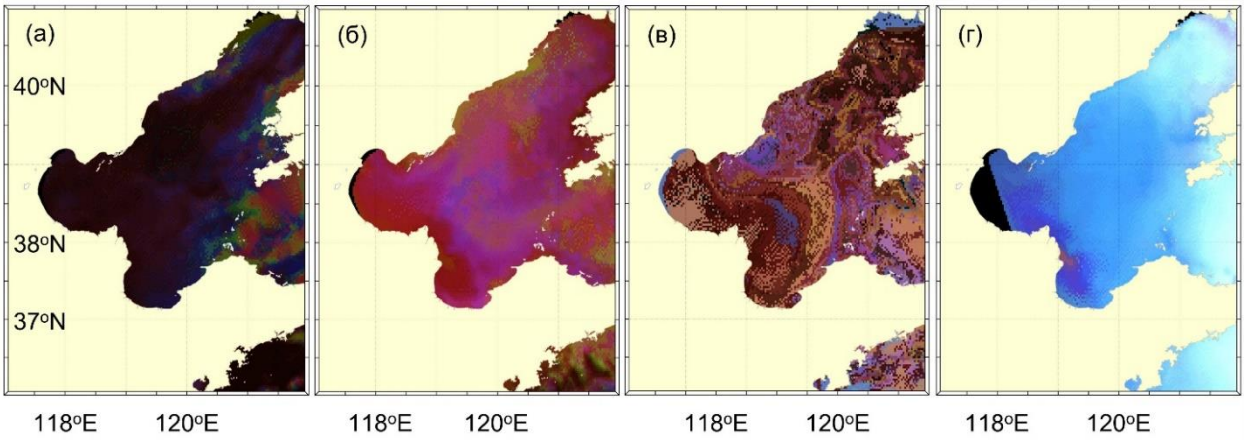


Рисунок 5 – Спутниковые поляриметрические псевдоцветные изображения, построенные при различных состояниях атмосферы: (а) облачность (25.02.2008 г.), (б) ясная атмосфера (26.02.2008 г.), (в) пылевая буря (01.03.2008 г.), (г) дымка (05.03.2008 г.). Красный канал (R) – степень поляризации излучения на длине волны 490 нм при фазовом угле 90°, $P_{490}(90°)$; зеленый канал (G) – тоже на 670 нм, $P_{670}(90°)$; синий канал (B) – тоже на 865 нм, $P_{865}(90°)$

2. Результаты исследований ТОИ ДВО РАН в 2024 г., получившие высокую оценку

1. Предложен новый лагранжев метод оценки состава вод разных типов в бассейнах и вихревых ядрах. Составлен каталог всех мезомасштабных антициклонических и циклонических вихрей в Курильской котловине Охотского моря в период 1993-2021 гг., обнаруженных с помощью автоматического алгоритма детектирования вихрей. Найдены районы наиболее частой встречаемости вихрей. Рассчитаны посуточно их кинематические характеристики, состав вод в их ядрах и показано, что подавляющее большинство вихрей имеют большой параметр нелинейности, указывая на то, что эти структуры переносят воду вместе с ее свойствами, в отличие от низкочастотных волн Россби. Обнаружены районы наиболее частой встречаемости прифронтовых вихрей в Японском море в период 1993-2021 гг. Проведен лагранжев анализ и оценка состава вод в ядре вихря с судовой съемкой в 2004 г. Результаты моделирования соответствуют данным судовых съемок, спутниковым наблюдениям, данным профилирующих буев и дрифтеров. Показано, что определенные физические механизмы способствуют концентрации пищевых ресурсов на лагранжевых фронтах вокруг вихрей, обеспечивая благоприятные условия для рыбного промысла. Член-корр. РАН, д.ф.-м.н. Пранц С.В.

Udalov A.A., Budyansky M.V., Prants S.V., Didov A.A. Census and Properties of Mesoscale Eddies in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea // Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. – 2024. – Vol. 212. – Art. no. 104374. DOI: 10.1016/j.dsr.2024.1043743. (WoS Q2, IF 2.4; Scopus Q1).

Prants S.V. Fisheries at Lagrangian fronts // Fisheries Research. – 2024. – V. 279. – Art. no. 107125. DOI: 10.1016/j.fishres.2024.107125. (WoS Q2, IF 2.4; Scopus Q1).

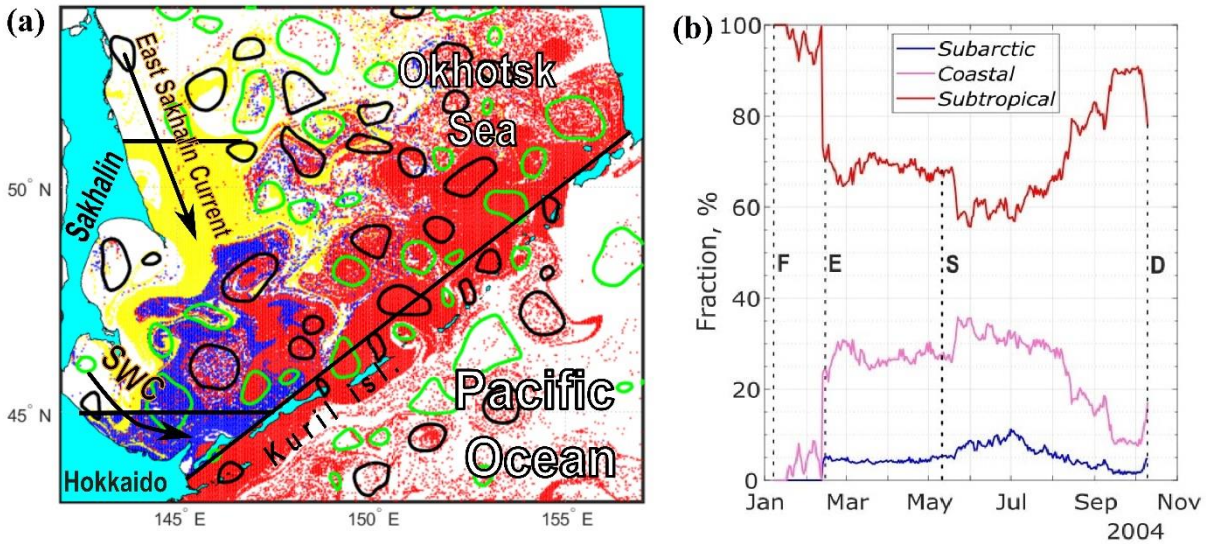


Рисунок 6 – (a) Пространственное распределение водных масс в Охотском море и прилегающей части Тихого океана на 27 декабря 2021 г. по данным альтиметрии. Красный цвет – субарктическая тихоокеанская вода (вошедшая в море через диагональный сегмент в течение 2021 г.); желтый – вода Восточно-Сахалинского течения (пересекла зональный сегмент); синий – трансформированная субтропическая вода течения Соя (SWC, пересекла южный зональный сегмент). Показаны контуры антициклонов (черные) и циклонов (зеленые) на эту дату, обнаруженных с помощью алгоритма отслеживания вихрей. (b) Изменчивость процентного состава субтропических (красные), субарктических (синие) и прибрежных (розовые) вод в ядре прифронтового вихря в северо-западной части Японского моря за время его жизни со съемкой в 2004 г. F – рождение, E – захват прибрежной воды и расщепление, S – съемка, D – распад

2. Выявлены особенности формирования импульсного отклика волновода после воздействия мощного тайфуна «KHANUN», прошедшего через исследуемую акваторию в Японском море. Отсутствие придонного звукового канала на шельфе (обычно формируемого в летние месяцы) из-за перемешивания воды привело к тому, что структура импульсных характеристик волновода на всех глубинах представляет собой пачку импульсов длительностью 0,5 секунды с максимальным по амплитуде импульсом, расположенном ближе к середине. При этом, звуковое поле в глубоком море, возбуждаемое источником на шельфе, не обнаруживает выраженных зон тени. Глубины от 69 до 1000 м засвечены равномерно, что позволяет обеспечивать устойчивый прием сигналов в любом слое между этими горизонтами. Зафиксировано, что времена приема и эффективные скорости распространения максимальных импульсов приблизительно одинаковы на всех глубинах и могут применяться для решения задач позиционирования автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) при их функционировании на глубинах до 1000 м. Уникальность и важность для практики результатов, полученных с применением сценария реального позиционирования группы макетов АНПА на глубинах до 1000 м, предполагает проведение дальнейших расширенных исследований. Д.ф.-м.н. Моргунов Ю.Н.

Morgunov Yu. N., Golov A.A. Propagation features of pseudorandom pulse signals from an extended shelf into the deep sea upon reception at different depths // Doklady Earth Sciences. – 2024. – Vol. 518, No. 2. – P. 1743-1746. DOI: 10.1134/S1028334X24602815. (WoS Q4, IF 0.9; Scopus Q3).

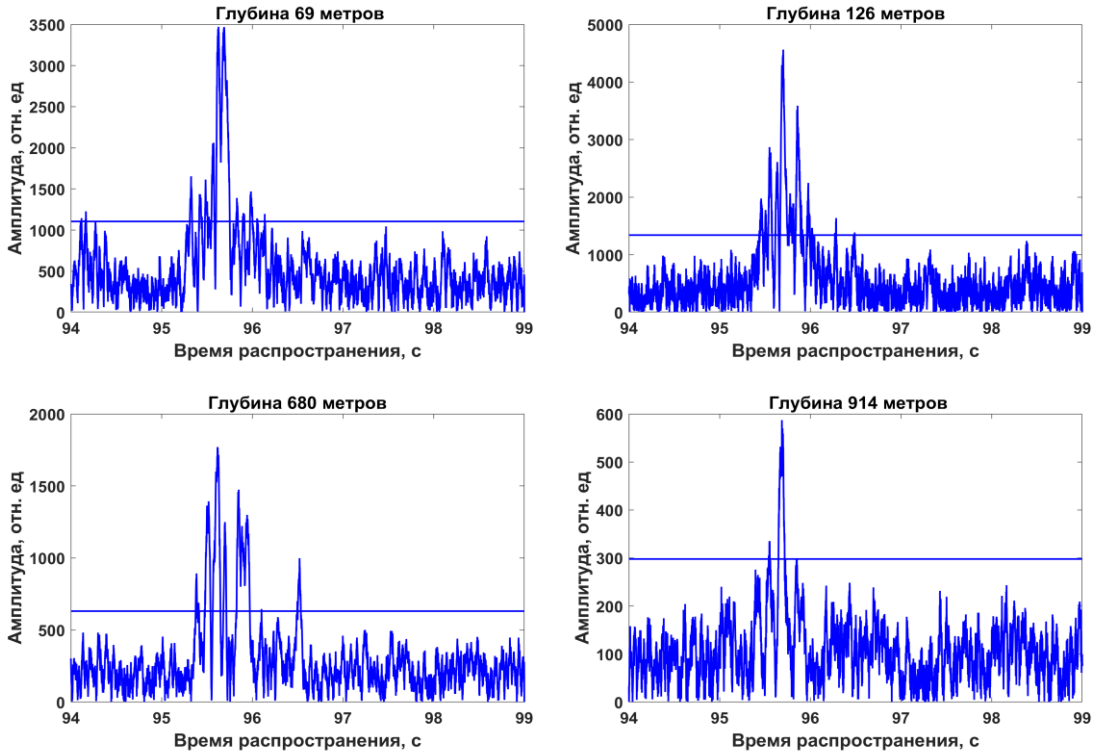


Рисунок 7 – Импульсные характеристики волновода, полученные на горизонтах 69, 126, 680, 914 м. Горизонтальная линия – уровень корреляционного шума в ортогональном канале

3. Проведены измерения концентрации растворенного метана в водной толще над гайотами Коко и Джингу (Императорский хребет, Тихий океан). Установлено, что концентрации метана в подповерхностном слое (10-300 м) над вершинами обоих гайотов (3,9-6,5 нмоль/л для Коко и 3,8-6 нмоль/л для Джингу) превосходят концентрации метана, ранее зафиксированные для северо-восточной части Тихого океана. Рассчитанные величины потока метана над вершинами Коко (8,37 ммоль $м^{-2}$ $день^{-1}$) и Джингу (2,8 ммоль $м^{-2}$ $день^{-1}$) значительно превышают величины потока метана для открытого океана. Предполагается, что подводные горы за счет своего влияния на окружающую среду («seamount effect» или феномен подводной горы) могут способствовать поддержанию оптимальных условий для биогенеза метана в водной толще. Принимая во внимание, что ранее подводные горы и гайоты никогда не рассматривались в качестве районов, вносящих весомый вклад в глобальную эмиссию метана, наши данные могут быть использованы для уточнения и пересмотра глобального бюджета метана в атмосфере и гидросфере Земли. К.х.н. Полоник Н.С.

Polonik N.S., Legkodimov A.A. Methane distribution above the Emperor Seamount chain // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2024. – Vol. 218. – Art.no. 105431. DOI: 10.1016/j.dsr2.2024.105431. (WoS Q2, IF 3.0; Scopus Q1).

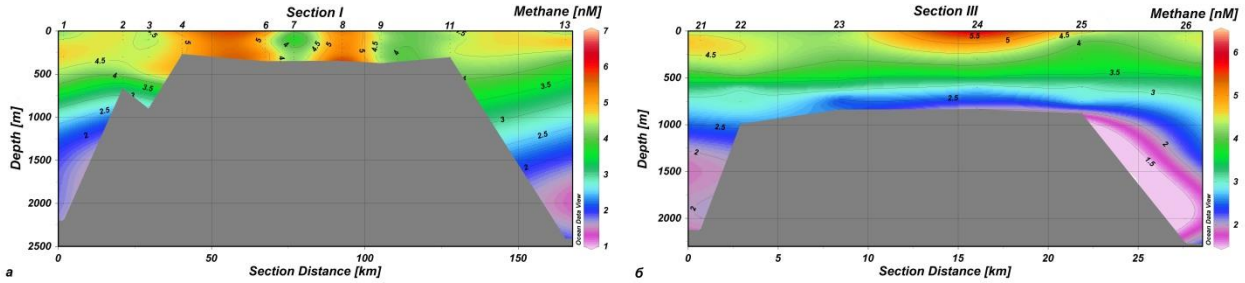


Рисунок 8 – Распределение метана в водной толще над гайотами Коко (а) и Джингу (б)

4. В результате обработки данных лазерного измерителя вариаций давления гидросферы, установленного на шельфе Японского моря, были выявлены нелинейные гидрофизические возмущения. Анализ натурных данных морского волнения в диапазоне периодов от 1 до 10 мин показал увеличение амплитуды при регистрации возмущения. Сразу после возмущения амплитуда морского волнения резко падает до своего первоначального значения. Данный процесс можно характеризовать как «выброс» энергии инфрагравитационного морского волнения при его движении по шельфу убывающей глубины и взаимодействия с ветровым волнением. Наибольшее проявление нелинейных гидрофизических возмущений было во время прохождения над местом установки прибора локального вихря. Именно этот вихрь способствовал увеличению амплитуды ветрового волнения и последующего его взаимодействия с волнением больших периодов и последующего «выброса» энергии в виде нелинейного гидрофизического возмущения. Д.т.н. Долгих С.Г., д.ф.-м.н. Пелиновский Е.Н.

Dolgikh S., Budrin S., Pelinovsky E., Antonov V. Nonlinear Hydrophysical Disturbance Infragravity Sea Waves // Geosciences. – 2024. – Vol. 14(11). – Art. no. 283. DOI: 10.3390/geosciences14110283. (WoS, IF 2.7; Scopus Q1).

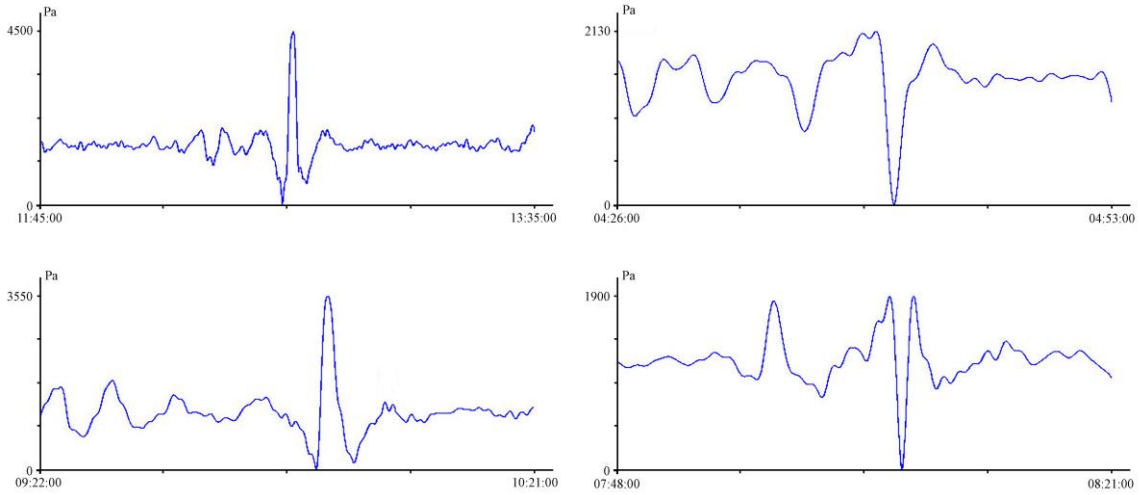


Рисунок 9 – Отфильтрованные фрагменты записей лазерного измерителя вариаций давления гидросферы за сентябрь 2022 г.

5. В исследовании проведена комплексная индикация геоэкологического состояния прибрежных районов Вьетнама и привьетнамского шельфа на основе геохимических, литохимических, гидрохимических и геоморфологических исследований. Проведенные исследования позволяют выработать рекомендации по снижению антропогенной нагрузки на водную среду и экосистему как для конкретных исследуемых районов Вьетнама, так и для других прибрежных районов Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода и дальневосточных морей. Выполненные исследования соответствуют современным задачам актуальных научно-технологических направлений Российской Федерации, народнохозяйственных программ СРВ и положениям межправительственного соглашения в аспектах научного сотрудничества между Россией и Вьетнамом. Результаты получены в рамках Совместной Российско-Вьетнамской лаборатории по морским геонаукам и технологиям (в связи с успешным развитием пролонгирована на 2021-2030 гг.). (ТОИ ДВО РАН совместно с ИМГГ ВАНТ, ИГВ ВАНТ, СРВ). К.г.-м.н. Сырбу Н.С.

Anh Tuan Tran, Luong Duc Le, Shakirov R.B., Syrbu N.S., Dung Thi Pham,Dang Thanh Pham, Lien Thi Nguyen, Qua Xuan Nguyen, Thu Thi Nguyen, Hai Dinh Vu, Ly Hoang Vu, Lee N.S., Venikova A.L. Geochemistry of Stream Waters of the Lo River Catchment, Ha Giang Province (Northern Vietnam) // Lithology and Mineral Resources. – 2024. – Vol. 59, No. 3. – P. 340-356. DOI: 10.1134/S0024490224700494. (WoS Q4, IF 0.8; Scopus Q3).

Nguyen Bach Thao, Shakirov R.B., Syrbu N.S., Tran Vu Long, Trinh Hoai Thu, Dao Duc Bang, Tran Quang Tuan, Duong Thi Thanh Thuy, Kieu Thi Van Anh, Vu Thu Hien, Lee N.S. Study on Aquifer Contamination by Heavy Metals Using Finite Element Modeling with Freundlich Parameters in Traditional Metal Recycling Craft Village in Bac Ninh Province, Vietnam // Russian Journal of Pacific Geology. – 2024. – Vol. 18, No. 4. – P. 452-466. DOI: 10.1134/S1819714024700155. (WoS Q4, IF 0.8; Scopus Q3).

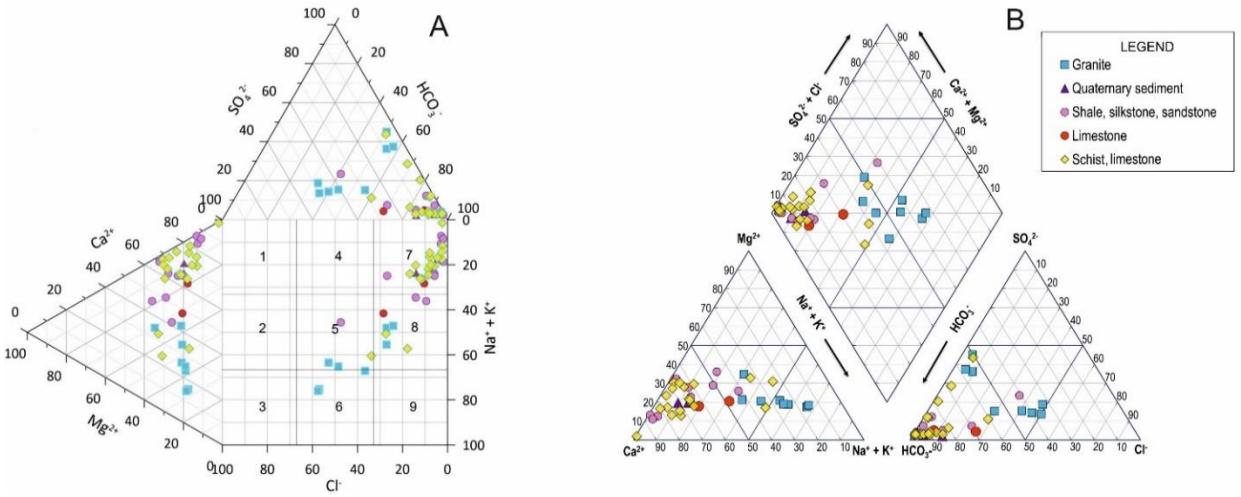


Рисунок 10 – Гидрохимические характеристики водосборного бассейна реки Ло, Северный Вьетнам: А – диаграмма Дурова для стока; В – диаграмма Пайпера для проб воды

6. Получены новые данные по глубинному строению западного шельфа о. Сахалин и центральной части Южно-Татарского бассейна на основе структурно-плотностного моделирования. Впервые было выявлено блоковое строение и оценен вещественный состав фундамента западного шельфа о. Сахалин (рисунок 11), дифференциация состава которого тесно связана с формирующими процессами в Татарском троге. Выявленные особенности глубинного строения могут быть использованы при решении задач, связанных с формированием и эволюцией как самого Татарского трога, так и примыкающей территории, включающей структуры континентальной суши и о. Сахалин. Кроме того, полученные данные по тектонике могут быть использованы для геодинамических исследований, в том числе при прогнозировании сейсмоопасных событий в районе юго-западного Сахалина. В прикладном плане знание глубинной структуры может быть полезным при геологическом обосновании поисковых признаков глубокозалегающих полезных ископаемых. К.г.-м.н. Прошкина З.Н.

Proshkina Z.N., Valitov M.G., Sigeev I.A. Structural-density model of the Earth's crust within the Sakhalin Western shelf and its geological interpretation // Russian Journal of Pacific geology. – 2024. – Vol. 18. – № 4. – P. 373-382. DOI: 10.1134/S1819714024700106. (WoS Q4, IF 0.8; Scopus Q3).

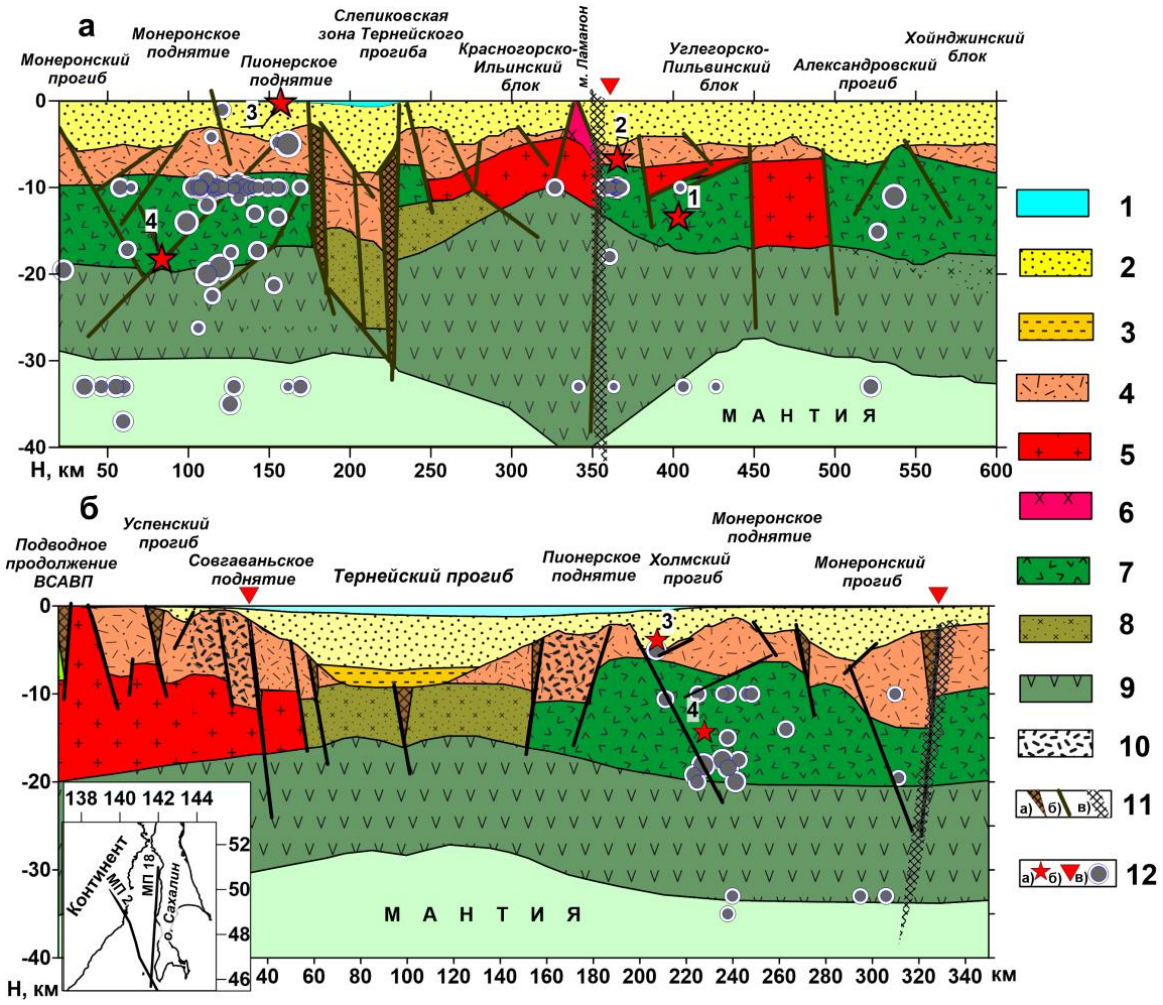


Рисунок 11 – 1 – водный слой; 2 – осадочный слой; 3 – уплотненные осадки; 4 – вулканогенно-осадочный слой; 5 – «гранито-метаморфический» слой; 6 – субвулканическое образование Орловского комплекса; 7 – фундамент вулканогенной природы; 8 – слой редуцированной сиалической коры; 9 – базальтовый слой; 10 – разуплотненные блоки; 11 – разломы: а) по данным моделирования, б) предполагаемые на границах блоков, в) шовная зона между Евразийской и Охотоморской литосферными плитами; 12 – проекции гипоцентров землетрясений на модельный профиль: а) коровых (цифры рядом: 1 – Лесогорско-Углегорское землетрясение 15 марта 1924 г., M=6.8, H=10 км; 2 – Углегорское землетрясение 5 августа 2000 г., M=6.8, H=10 км; 3 – Невельское землетрясение 2 августа 2007 г., M=6.2; H=5 км; 4 – Монеронское землетрясение 5 сентября 1971 г., M=7.3; H=18 км), б) эпицентры глубокофокусных, в) удаленных от модельного профиля на расстояние до 25 км с M≥3

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

Тема 1 «Изучение природы линейного и нелинейного взаимодействия геосферных полей переходных зон Мирового океана и их последствий»

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

Регистрационный номер 124022100074-9

1.1 Изучение авторегрессионных процессов систем «атмосфера-земная кора», «атмосфера-океан», «океан-земная кора», их амплитудно-частотных характеристик и механизмов возбуждения

д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Долгих Г.И., д.т.н. Долгих С.Г., к.ф.-м.н. Овчаренко В.В., к.ф.-м.н. Чупин В.А.

Создан аппаратно-программный комплекс газо-деформационного мониторинга, состоящий из стационарных лазерных деформографов и лазерного нанобарографа, стационарного газоанализатора и метеостанции, установленных на м. Шульца Японского моря, а также мобильного судового комплекса, состоящего из газоанализатора и метеостанции, установленных на научно-исследовательском судне. При проведении пробных методических измерений на данных системах выявлены общие закономерности в динамике парниковых газов и деформации земной коры. Наблюдения показали, что изменения происходят в рамках суточных и полусуточных циклов приливов, а также в более высокочастотном диапазоне, обусловленном атмосферными волновыми процессами и, возможно, отдельными тонами собственных колебаний Земли. *(Dolgikh G., Bovsun M., Dolgikh S., Stepochkin I., Chupin V., Yatsuk A. Hard- and Software Controlled Complex for Gas-Strain Monitoring of Transition Zones // Sensors. — 2024. — Vol. 24, Iss. 8. — Art.no. 2602. DOI: 10.3390/s24082602).*

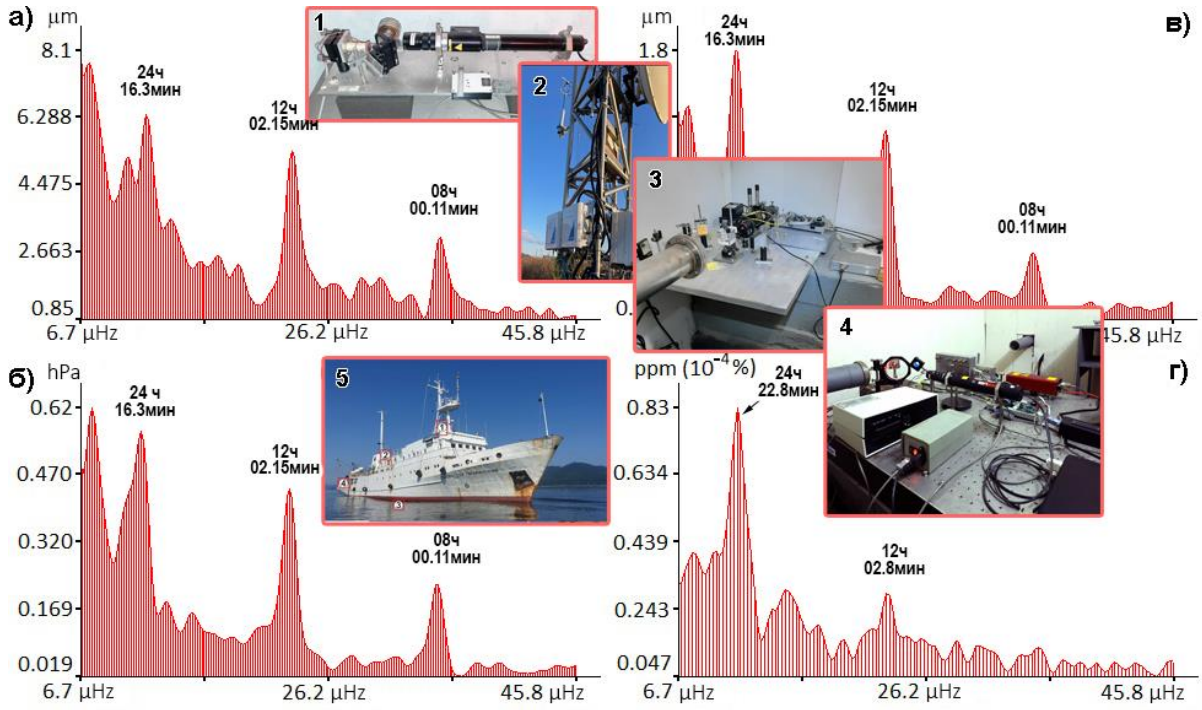


Рисунок 1.1 – Спектры, полученные при обработке данных: а) 52.5-метровый лазерный деформограф, б) 17.5-метровый лазерный деформограф, в) лазерный нанобарограф, г) газоанализатора (концентрация CO_2). Элементы аппаратно-программного комплекса: 1) лазерный нанобарограф, 2) газоанализатор CO_2/H_2O, 3) 17,5-метровый лазерный деформограф, 4) 52,5-метровый лазерный деформограф, 5) мобильная судовая измерительная система на базе НИС «Профессор Гагаринский»

1.2 Влияние атмосферных возмущений, вызванных вулканической активностью, на морскую поверхность

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

При обработке спутниковых данных полного электронного содержания на трассе между спутниками ГЛОНАСС, GPS и наземными приемными станциями, расположенными в Приморском крае России, выделены возмущения электронного слоя с периодами в пределах от 5 мин до 45 мин, вызванные собственными колебаниями области атмосферы в результате извержения вулкана. Выделенные колебания, воздействуют на морскую поверхность и вызывают в водной среде колебания с периодами в пределах от 5 мин до 40 мин. Исследование возмущений, воздействующих на морскую поверхность, позволяет более глубоко понять процессы, происходящие в атмосфере и океане, включая волновые явления и взаимодействие между различными слоями атмосферы и океана. *(Долгих Г.И., Болсуновский М.А. Нагружающее воздействие атмосферы на гидросферу // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2024. — Т. 516, № 2. — С. 640-648. DOI: 10.31857/S2686739724060172. (RSCI, БС2). Переводная версия: Dolgikh G.I., Bolsunovskii M.A. Loading Effect of the Atmosphere on the Hydrosphere // Doklady Earth Sciences. — 2024. — Vol. 516, Iss. 2. — P. 1042-1049. DOI: 10.1134/S1028334X24601445).*

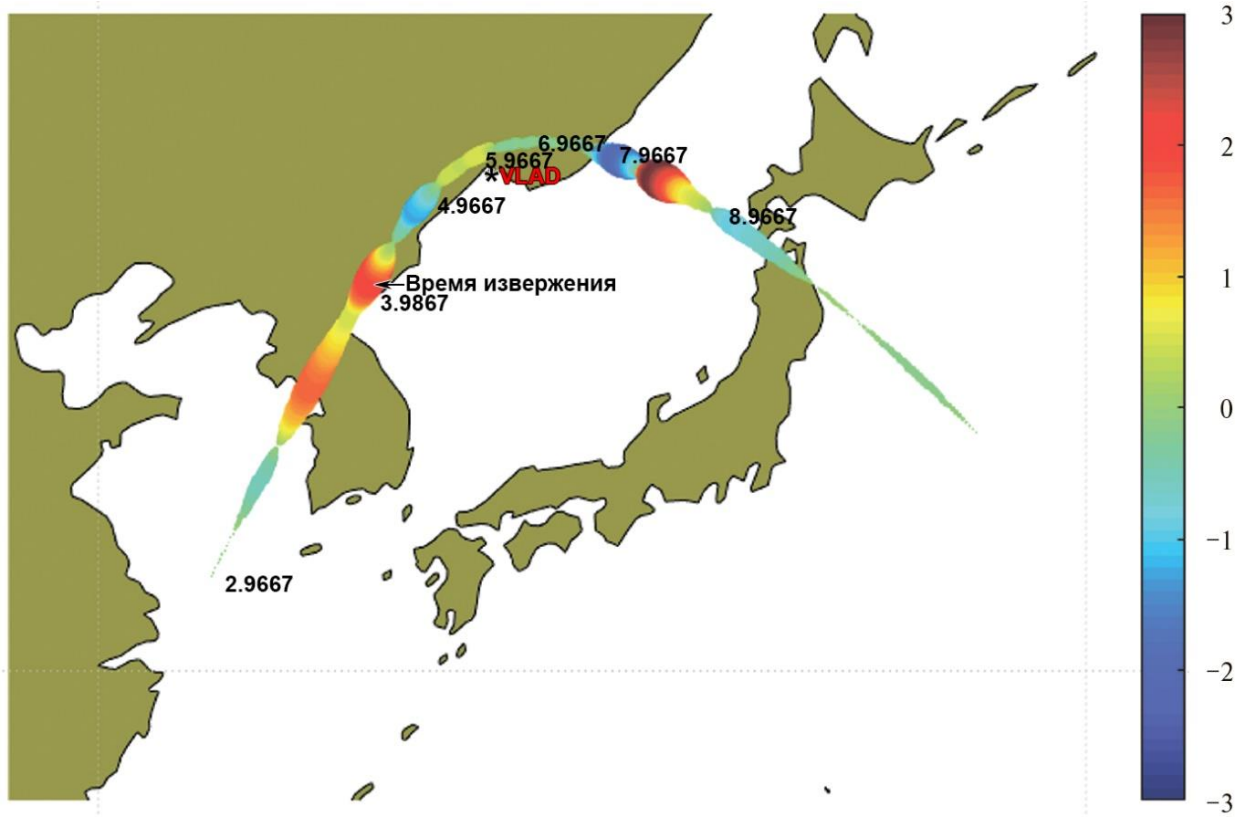


Рисунок 1.2 – Трек станции VLAD-G26: положение станций, время отчетов (UTC) и вариации полного электронного содержания (цветовая шкала)

1.3 Определение основных характеристик и местоположения источников акустического излучения

к.ф.-м.н. Чупин В.А., д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Долгих Г.И., д.т.н. Долгих С.Г., Пивоваров А.А., к.г.н. Самченко А.Н., к.ф.-м.н. Швырев А.Н., к.т.н. Яковенко С.В., д.ф.-м.н. Ярощук И.О.

Энергия сигнала движущегося гидроакустического источника излучения преобразуется в прибрежной зоне в сейсмоакустические колебания, регистрируемые береговым двухкоординатным лазерным деформографом. Пространственное положение измерительных компонент лазерного деформографа позволяет локализовать перемещение источника в акватории на основании исследования вариаций амплитуды регистрируемого сигнала. По результатам анализа вариаций амплитуды зарегистрированного сигнала на разнонаправленных компонентах лазерного деформографа получены результаты пеленгации источника низкочастотного гидроакустического излучения, при этом ошибка определения направления на гидроакустический источник составила от 0,2 % до 10,5 %. *(Чупин В.А., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Пивоваров А.А., Самченко А.Н. Швырев А.Н., Яковенко С.В., Ярощук И.О. Регистрация и локализация гидроакустического источника береговым измерительным комплексом // Подводные исследования и робототехника. — 2024. — № 2(48). — С. 4-11. DOI: 10.37102/1992-4429_2024_48_02_01*).

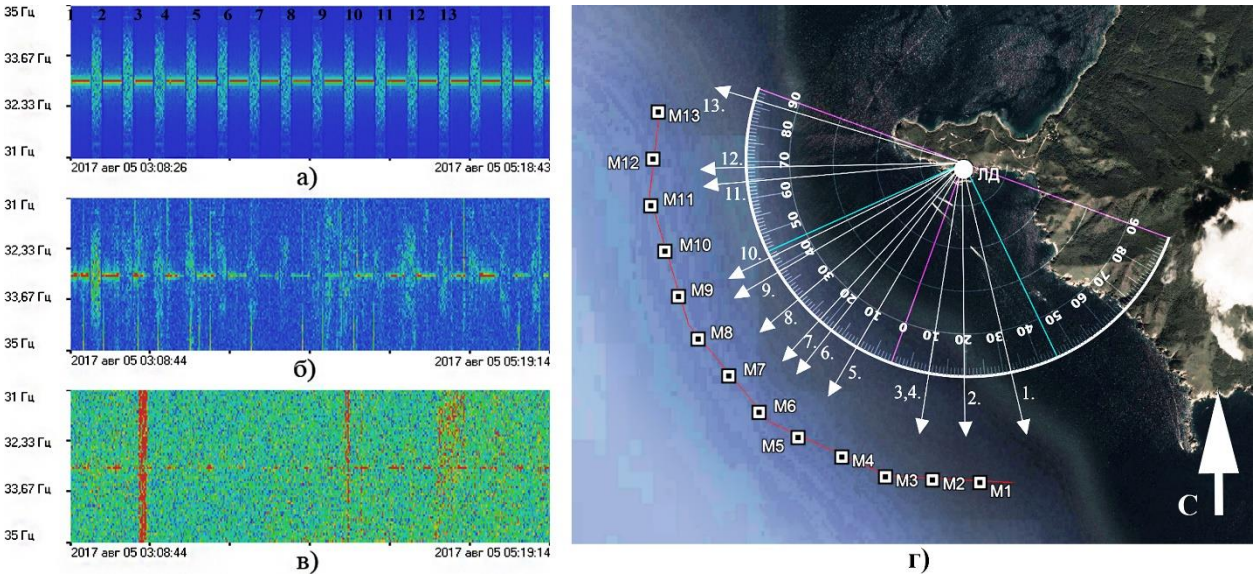


Рисунок 1.3 – Динамические спектрограммы движущегося гидроакустического излучателя: а) гидрофон; б) 52,5-м лазерный деформограф; в) 17,5-м лазерный деформограф; г) результат пеленгации движущегося источника излучения

1.4 Исследование субнаносекундных процессов в кавитационных пузырьках

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

Метод счета одиночных фотонов с временной корреляцией впервые применен для определения длительности вспышек атомов Na, Li, K, Rb при многопузырьковой сонолюминесценции водных растворов их хлоридов. Длительность вспышек варьировалась от 5 до 40 нс для различных металлов, вырастая вдвое при увеличении массы атома в 12 раз и/или уменьшении энергии возбуждения атома на треть. В узком спектральном интервале, включающем центральную часть линии, длительность вспышек вдвое превышала длительность высвечивания в широком интервале длин волн, охватывающем всю уширенную линию металла, что согласуется с предложенной нами моделью формы линии.

Обнаружена также зависимость длительности вспышек атомов металлов от концентрации раствора и от присутствия в растворе поверхностно-активных веществ. Полученные результаты существенны для понимания как природы сонолюминесценции металлов, так и динамики кавитационных пузырьков. *(Казачек М.В., Гордейчук Т.В. Особенности сонолюминесценции атомарного натрия в процессе пузырькового коллапса в кавитационном облаке методом время-корреляционного счета одиночных фотонов // Акустический журнал. — 2024. — Т. 70, № 4. — С. 499-506. DOI: 10.31857/S0320791924040052. Переводная версия: Kazachek M.V., Gordeychuk T.V. Atomic Sodium Sonoluminescence Features during Bubble Collapse in a Cavitation Cloud by Time-Correlated Single Photon Counting // Acoustical Physics. — 2024. — Vol. 70, Iss. 4. — P. 619-625. DOI: 10.1134/S1063771024601778; Казачек М.В., Гордейчук Т.В. Определение длительности высвечивания щелочных металлов при многопузырьковой сонолюминесценции водных растворов их солей методом счета одиночных фотонов с временной корреляцией // Оптика и спектроскопия. — 2024. — Т. 132, № 11. — С. 1181-1188. DOI: 10.61011/OS.2024.11.59508.7195-24).*

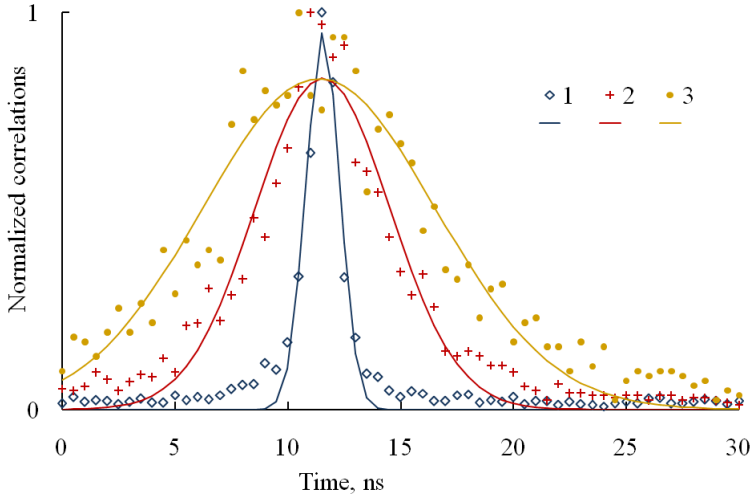


Рисунок 1.4 – Нормированные спектры фотонных корреляций (точки) и их гауссовых аппроксимаций (кривые), полученные при сонолюминесценции 3 М раствора NaCl в диапазонах: 250-400 нм (1, континуум); 650-800 нм (2, включает всю линию Na); 585-595 нм (3, включает центральную часть линии Na). Длительность вспышек 1.7, 7.1, 12.2 нс соответственно

1.5 Количественная оценка пузырькового метана, достигающего приводных слоев атмосферы в Арктике

к.т.н. Черных Д.В., к.ф.-м.н. Саломатин А.С., Доманюк А.В.

На примере обширной области пузырьковой разгрузки метана, обнаруженной в море Лаптевых (рисунок 1.5, а), показано, что с глубины 72 м до приводных слоев атмосферы транспортируется до 9 т метана в год. Впервые для количественной оценки потока метана в лабораторных условиях были смоделированы цепочки всплывающих пузырьков, характерные для исследуемого района. Интенсивность всплывающих в районе работ пузырьков была определена с помощью подводной видеокамеры и достигала 110 мл·мин$^{-1}$ (рисунок 1.5, б). Показано, что скорость всплытия пузырьков в цепочке на 30 и более процентов превышает скорость одиночно всплывающего пузырька (рисунок 1.5, в). *(Черных Д.В., Космач Д.А., Шахова Н.Е., Саломатин А.С., Салюк А.Н., Доманюк А.В., Спивак Э.А., Гершелис Е.В., Дударев О.В., Красиков В.А., Ананьев Р.А., Семилетов И.П. Количественная оценка пузырькового метана, достигающего приводных слоев атмосферы в Арктике // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 12. – С. 184–197. DOI: 10.18799/24131830/2024/12/4788).*

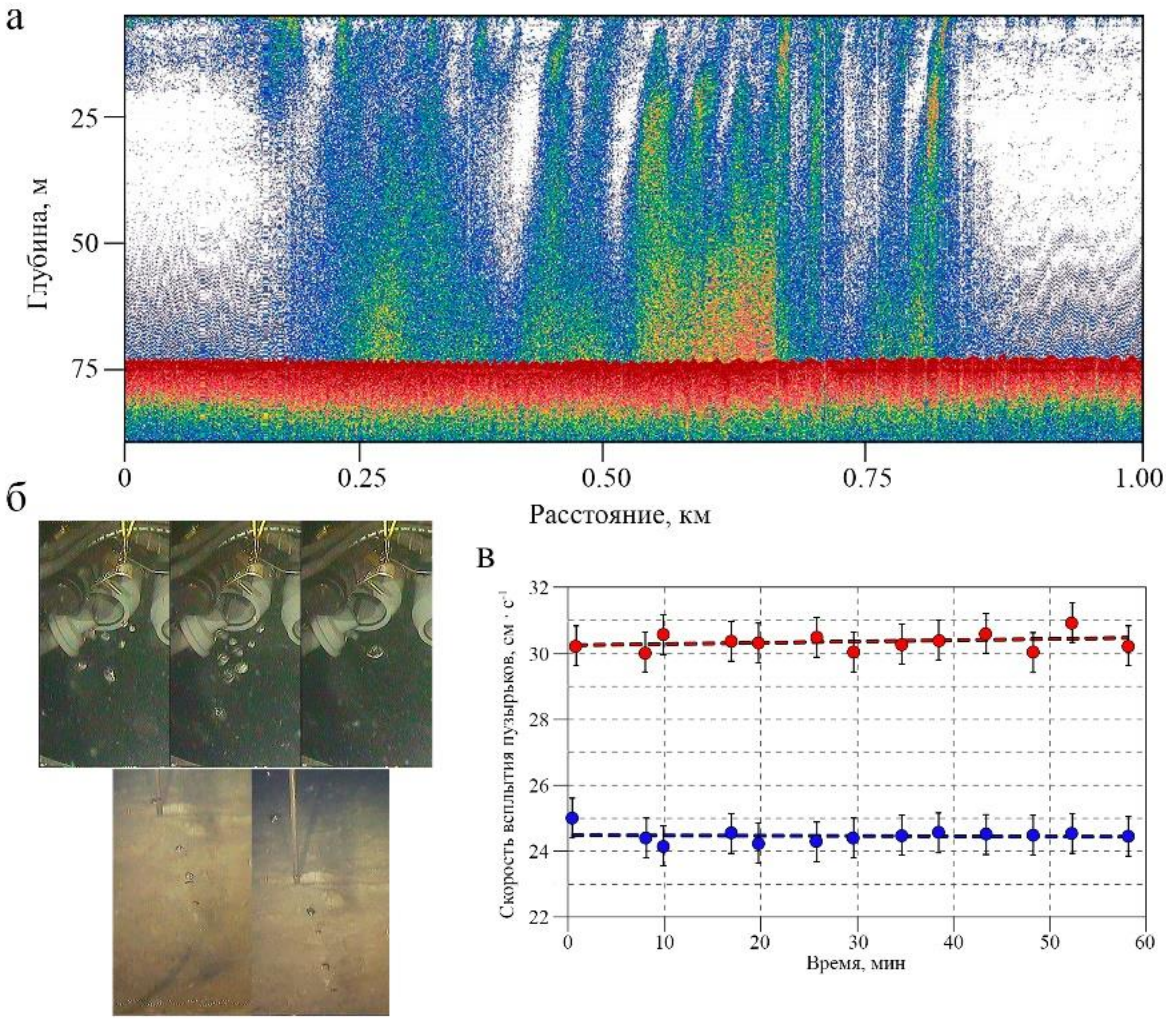


Рисунок 1.5 – Эхограмма газового факела, в границах которого были получены видеозаписи цепочек всплывающих пузырьков (а); фрагменты видеозаписи всплывающих из морского дна пузырьков (б); графики зависимости скорости всплытия цепочек пузырьков от времени наблюдения. Синяя линия ~40 мл·м$^{-1}$, красная линия ~110 мл·мин$^{-1}$ (в)

Тема 2 «Разработка методологии исследования сложных акустических систем и сред»

Научный руководитель – д.т.н. Моргунов Ю.Н.

Регистрационный номер 124022100075-6

2.1 Оценка доплеровского смещения сложными сигналами в гидроакустическом волноводе

к.ф.-м.н. Буренин А.В., Диденко В.В.

В работе представлена методика оценки доплеровского смещения частоты зондирующего сигнала, которая базируется на применении сигнального пакета, состоящего из идентичных сигналов с «хорошими» автокорреляционными свойствами, и операции «свертки» принятого сигнала с самим собой на приемнике. Предложенная методика позволяет использовать преимущества сигналов типа М-последовательности (высокое разрешение по времени, увеличение отношения сигнал/шум, низкий уровень боковых лепестков) в прикладных задачах гидроакустики (динамической акустической томографии океана, измерении характеристик течений, звукоподводной связи), в которых источник и/или приемник перемещаются в акватории. Результаты проведенных экспериментальных исследований в условиях мелкого моря при наличии высокого уровня шумовых и импульсных помех показали возможность оценки доплеровского смещения частоты с помощью составного сигнального пакета, состоящего из сложных сигналов с «хорошими» автокорреляционными свойствами. Сопоставление с другими акустическими подходами подтвердило корректность и работоспособность предложенной в работе методики. (*Буренин А.В., Диденко В.В. Оценка доплеровского смещения сложными сигналами в гидроакустическом волноводе // Подводные исследования и робототехника. — 2024. — № 1 (47). — С. 19-30. DOI: 10.37102/1992-4429_2024_47_01_02*).

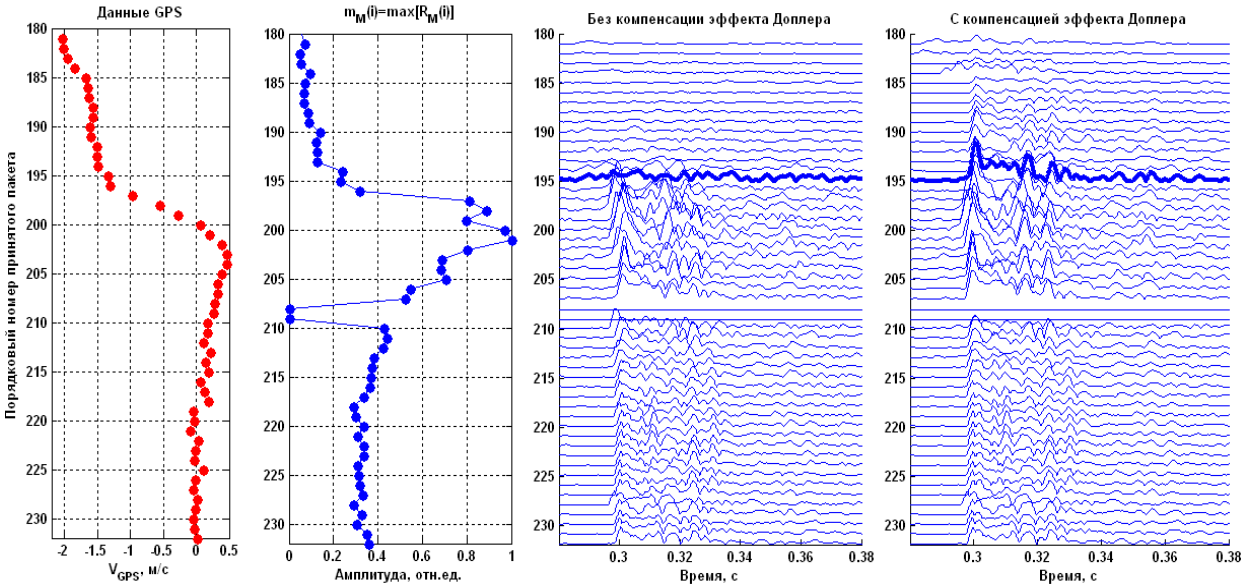


Рисунок 2.1 – Результаты экспериментальной проверки границы (порогового значения) коррелированности принятого и излученного сигнала: а – изменение относительной скорости источник–приемник; б – изменение максимальных значений отдельных реализаций принятого сигнала; в – изменение импульсной характеристики канала без компенсации эффекта Доплера; г – изменение импульсной характеристики канала с компенсацией эффекта Доплера

2.2 Изучение фундаментальных основ акустического зондирования и разработка новых методов акустической диагностики высокого разрешения неоднородностей толщи океана

д.ф.-м.н. Буланов В.А., к.ф.-м.н. Корсков И.В., Стороженко А.В.

Установлена взаимосвязь эффективных акустических параметров (поглощения, рассеяния, дисперсии скорости звука, порогов акустической кавитации, параметра акустической нелинейности) и распределения пузырьков в деятельном слое океана. Полученные новые данные о поглощении звука, распределении параметра акустической нелинейности и кавитационной прочности на различных глубинах, совмещенные с исследованиями функции распределения пузырьков по размерам в морской воде, включая пузырьковые облака в верхнем слое моря, генерируемые ветровыми волнами, использованы для изучения тонкой интерференционной структуры акустических полей и их зависимость от частоты звука. *(Bulanov A.V., Sosedko E.V., Bulanov V.A., Korskov I.V. Cavitation Strength, Acoustic Nonlinearity, and Gas Bubble Distribution in Water // Fluids. — 2024. — Vol. 9, Iss. 1. — Art.no. 3. DOI: 10.3390/fluids9010003; Буланов В.А. Микроструктура, кавитационная прочность и нелинейность морской воды // Подводные исследования и робототехника. — 2024. — № 4(50). — С. 40-54. DOI: 10.37102/1992-4429_2024_50_04_05; Буланов, В.А. Акустическая диагностика газовых пузырьков и эффективные параметры жидкости с пузырьками // Акустический журнал. — 2024. — Т. 70, № S5. — С. 62.; Буланов В.А., Корсков И.В., Стороженко А.В. Рассеяние звука и изменчивость структуры верхнего слоя в Японском и Охотском морях // Подводные исследования и робототехника. — 2024. — № 3 (49). — С. 83-96. DOI: 10.37102/1992-4429_2024_49_03_08).*

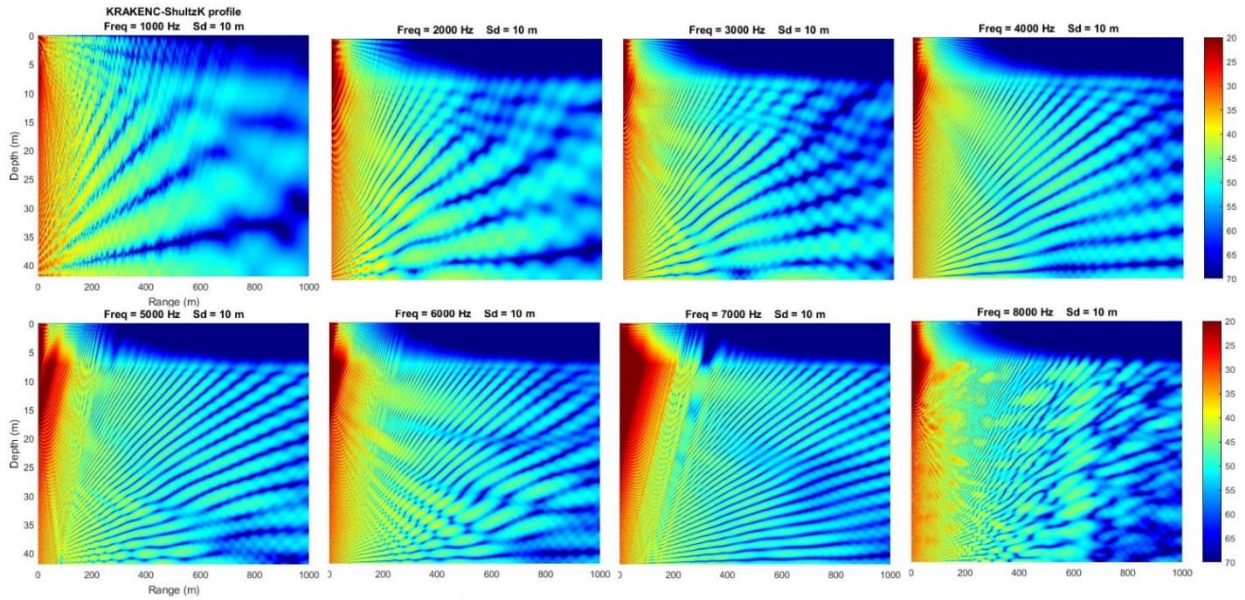


Рисунок 2.2 – Структура акустического поля в мелком море глубиной 42 м с различными частотами от 1 до 8 кГц, излучатель на глубине 10 метров с приповерхностным слоем пузырьков толщиной 7 м при объемной концентрации пузырьков 10^{-7}

2.3 Разработка технических и методических решений для акустической диагностики и мониторинга состояния респираторной системы человека в экстремальных условиях, в том числе у водолазов и космонавтов. Разработка технологии мониторинга дыхательной системы водолазов в подводном дыхательном снаряжении

к.т.н. Костив А.Е., к.м.н. Малаева В.В.

Разработана технология мониторинга дыхательной системы водолазов в подводном дыхательном снаряжении открытого цикла дыхания. Сущность технологии заключается в использовании акустического метода, который предоставляет возможность вести контроль за состоянием водолаза под водой на основе одного из основных физиологических параметров дыхания при погружении под воду – минутного объема дыхания без вмешательства в конструкцию дыхательного аппарата. Объективный контроль за самочувствием под водой по физиологическим показателям водолаза представляет организационные и технические трудности. Потому разработка новой технологии объективного контроля за физиологическими показателями водолаза в процессе погружения является важной для повышения безопасности спусков и актуальной задачей. Технология может быть реализована на любом дыхательном оборудовании, использующим сжатую дыхательную смесь и поступающую в дыхательные пути через редуктор высокого давления на каждый вдох. *(Пат. № 2817491 C1 Рос. Федерация. Акустический метод определения минутного объема дыхания водолаза под водой: № 2023129699: заявл. 16.11.2023: зарег. и опубл. 16.04.2024 / Костив А.Е. Бюл. № 11.; Костив А.Е. Определение минутного объема дыхания водолаза по шумам под водой // Акустический журнал. — 2024. — Т. 70, № S5. — С. 51-52.).*

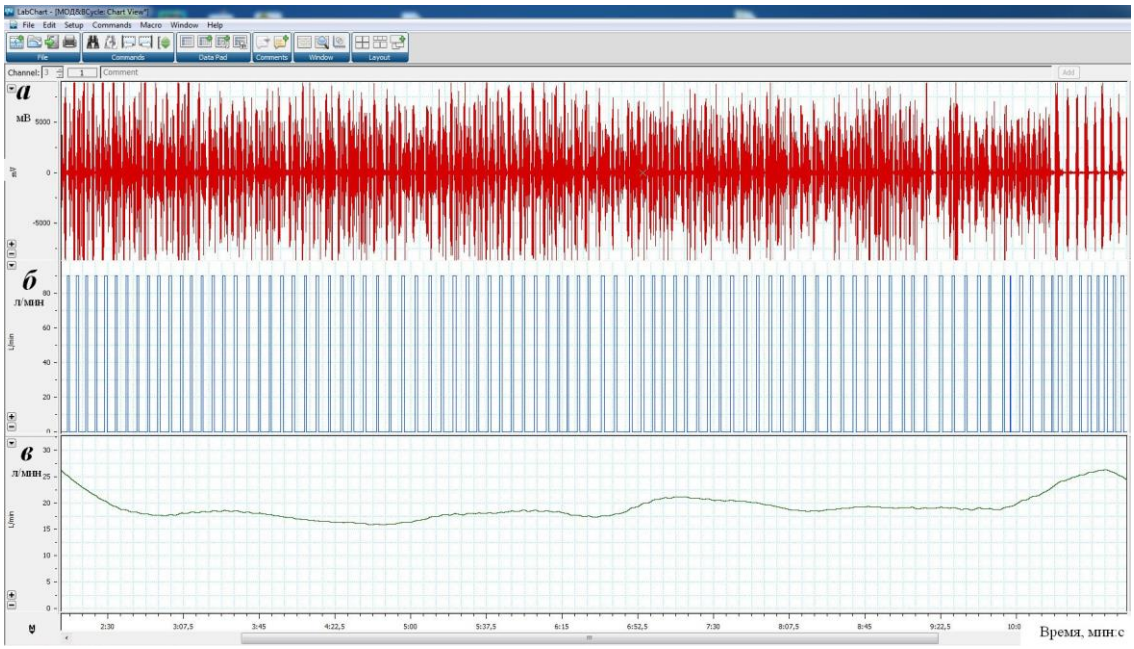


Рисунок 2.3 – Динамика минутного объема дыхания водолаза. а) Шумы дыхания, б) график подачи дыхательной смеси водолазу, в) минутный объем дыхания в динамике, л/мин

Тема 3 «Палеоокеанология морей северо-востока России, Северного Ледовитого и Тихого океанов, современное и мезозойско-кайнозойское осадкообразование, магматизм и рудообразование»

Научные руководители: д.г.-м.н. Горбаренко С.А., к.г.-м.н. Артемова А.В.

Регистрационный номер 124022100084-8

3.1 Реконструкция столетних похолоданий климата в эпоху голоцена: синтезированные изменения температуры, хронология и факторы воздействия в Северном полушарии

д.г.-м.н. Горбаренко С.А., к.г.н. Босин А.А., к.г.н. Василенко Ю.П., к.г.-м.н. Артемова А.В., к.г.-м.н. Янченко Е.А.

Для установления хронологии и причин климатических событий столетнего масштаба в голоцене на основе 10 точно датированных записей изменений климата в Северном полушарии был построен стек температурных изменений. На основе стека были идентифицированы наиболее выраженные Столетние Похолодания в Голоцене в Северном полушарии. Чтобы понять происхождение установленных Столетних Похолоданий в Голоцене, было проведено их сравнение с потенциальными факторами, влияющими на климат: суммарное солнечное излучение, эксплозивная вулканическая активность, замедление Атлантической Меридиональной Опрокидывающейся Циркуляции, колебания внутритропической зоны конвергенции и изменчивость Эль-Ниньо/Южное колебание. Выявлено, что Столетние Похолодания были индуцированы различными внешними и внутренними факторами климатической системы и их суперпозицией. *(Gorbarenko S., Xuefa Shi, Yanguang Liu, Bosin A., Vasilenko Yu., Artemova A., Yanchenko E., Jianjun Zou, Zhengquan Yao, Kirichenko I. Reconstructing Holocene Centennial Cooling Events: Synthesized Temperature Changes, Chronology, and Forcing in the Northern Hemisphere // Frontiers in Earth Science. — 2024. — Vol. 12. Art. 1415180. DOI: 10.3389/feart.2024.1415180).*

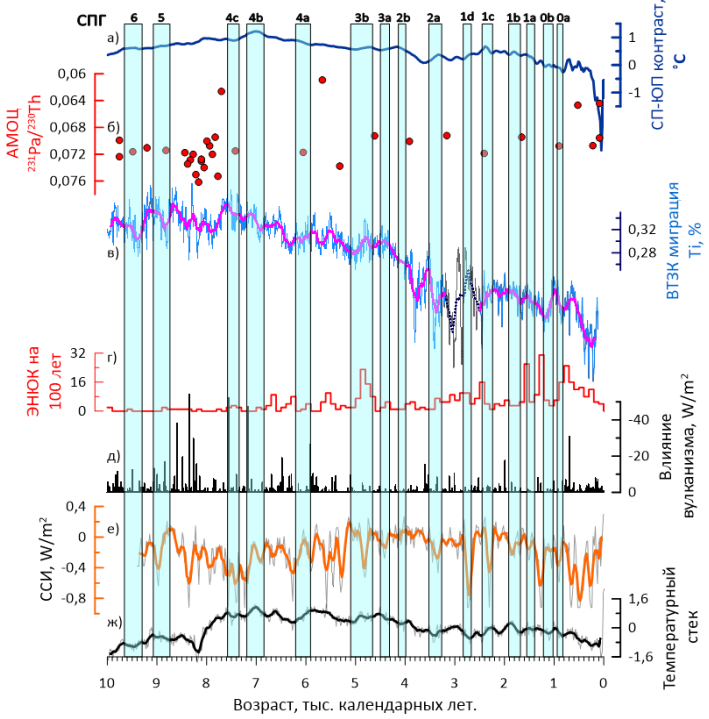


Рисунок 3.1 – Влияние внутренних и внешних факторов на Столетние Похолодания климата в Голоцене (СПГ) в Северном полушарии: а) изменения контраста температур между северным и южным полушариями ((Marcott et al., 2013); б) изменения Атлантической Меридиональной Опрокидывающейся Циркуляции (АМОЦ) (Hoffmann et al., 2018); в) изменения

положения внутритропической зоны конвергенции (Haug et al., 2001;. г) изменения активности ЭНЮК (Conroy et al. (2008). д)- эксплозивная вулканическая активность (Sigl, et al., 2015); е) суммарное солнечное излучение (ССИ) (Steinhilber et al. (2012); ж) стек температурных изменений в СП. Вертикальные голубые бары означают полученные наиболее выраженные Столетние Похолодания климата в голоцене

3.2 Периодичность и прогноз изменений ледовитости и температуры воздуха Восточно-Сибирского моря на основе природных периодических процессов, проявленных в химическом составе голоценовых отложений

д.г.-м.н. Астахов А.С.

Изучена периодичность изменения ледовитости и температуры воздуха шельфа Восточно-Сибирского моря. Установлено преобладающее влияние в изменении климата региона орбитально обусловленных вариаций солнечной инсоляции, определивший общий тренд на похолодание, и Арктической осцилляции, наиболее характерной периодичностью которой является «цикл Бонда» 1.3-1.7 тыс. лет. С использованием выявленных тренда и субпериодичностей построены эмпирические прогнозные модели, отображающие «естественный сценарий» динамики температуры воздуха и ледовитости в ближайшие столетия. Исходя из результатов прогнозных построений, в будущем длительность безледного периода так же, как и температура приповерхностного воздуха, будут иметь тенденцию к возрастанию. Этот результат объясняет более высокие темпы современного потепления в Арктике по сравнению с общепланетарным. В Арктике предполагаемое антропогенное увеличение температуры воздуха за техногенный период накладывается на «природное» потепление, основной причиной которого является атмосферные процессы в высоких широтах, характеризуемые Североатлантической и Арктической осцилляциями. *(Dong J., Shi X., Dai H., Lu Zh., Liu X., Astakhov A.S., Hu L., Yang G., Vasilenko Yu., Bosin A., Gao J., Liu Ya., Zou J., Yao Zh., Li A. Arctic sea ice loss warmed the temperate East Asian winter in the mid-Holocene // Communications Earth & Environment. — 2024. — Vol. 5, Iss. 1. — Art.no. 401. DOI: 10.1038/s43247-024-01559-5. Бабич В.В., Астахов А.С. Прогноз природных вариаций температуры воздуха и ледовитости шельфа Восточно-Сибирского моря на ближайшие столетия // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2024. — Т. 514, № 1. — С. 146-153. DOI: 10.31857/S2686739724010179).*

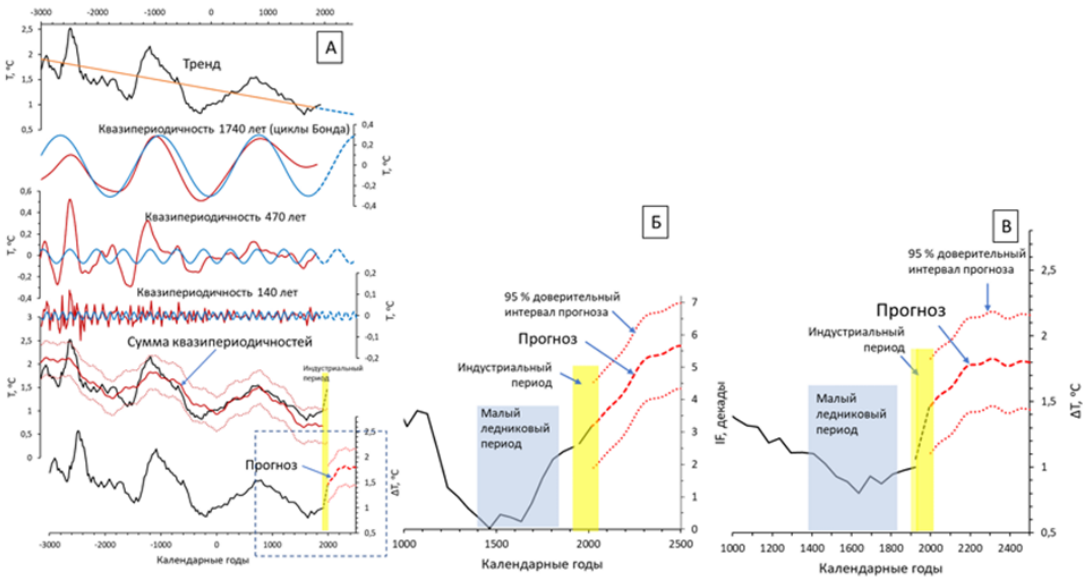


Рисунок 3.2 — Спектральный анализ реконструированной среднегодовой температуры воздуха (ΔT) (А, В-фрагмент) и среднедесятилетней продолжительности безледного периода (Б фрагмент) для последних 5000 лет, и прогноз на ближайшие 500 лет для шельфа Восточно-Сибирского моря

3.3 Антропогенное загрязнение благородными металлами современных диатомовых илов Чукотского моря

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

Изучено распределение золота, серебра и платиноидов (Pd, Pt, Ir) в донных осадках юго-западной части Чукотского моря. Установлено значительное обогащение этими элементами относительно их кларка в земной коре позднеголоценовых отложений в целом и концентрирование в поверхностном слое. При изучении распределения благородных металлов в слое осадков, накопившемся за последние десятилетия, установлено повсеместное или локальное обогащение их относительно содержаний в позднеголоценовых отложений золотом, платиной и палладием. Содержания золота в современных осадках относительно дотехногенных увеличились почти в три раза (от 16.6 до 36.6 мг/т), а палладия - в шесть раз (от 1.8 до 10.5 мг/т). Локализация ореолов их распространения и анализ литолого-геохимических особенностей осадков указывает на поступление металлов из золоторудных месторождений, разрабатываемых в последние десятилетия на побережье Чукотки. Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной степени извлечения из этих руд золота и наличии примеси платиноидов, которые сейчас не используются. *(Астахова Н.В., Колесник О.Н., Астахов А.С., Ши С., Ху Л., Алаторцев А.В. Благородные металлы в голоценовых отложениях Чукотского моря // Геология и геофизика. — 2024. — Т. 65(5). — С. 710-726. DOI: 10.15372/GiG2023174. Астахов А.С., Астахова Н.В., Ким Д.В., Крутикова В.О. Благородные металлы в современных диатомовых илах Чукотского моря: признаки техногенного обогащения // Доклады Академии наук: Науки о земле. — 2024. — Т. 518 — № 9. — С. 45-56. DOI: 10.1134/S1028334X24602463).*

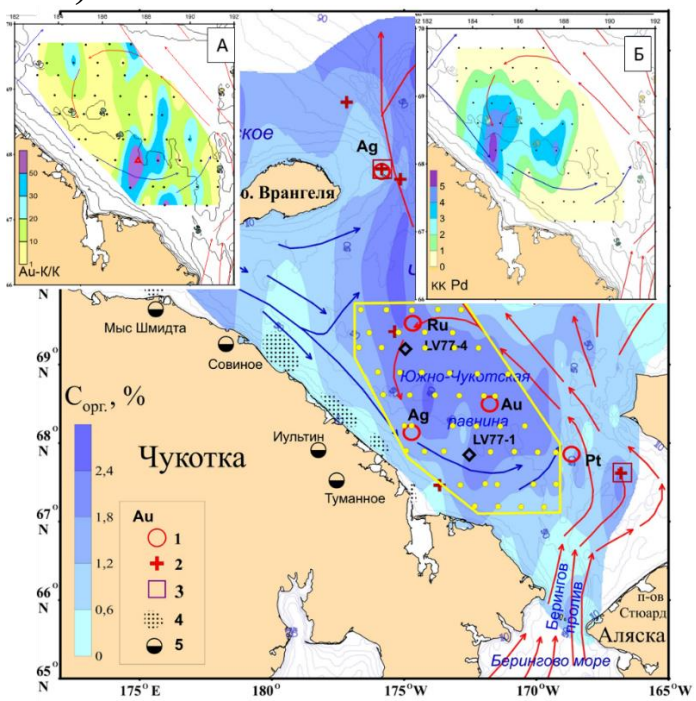


Рисунок 3.3 – Содержание органического углерода в поверхностных осадках Чукотского моря, элементы океанологических условий, геохимические аномалии и минералогические проявления благородных металлов, местоположение района детальных исследований: 1 – геохимические аномалии благородных металлов в донных осадках; 2–3 – минералогические находки самородных металлов: 2 – золота, 3 – платины; 4 – участки шельфа с выявленной россыпной золотоносностью; 5 – основные районы разработки россыпных и рудных месторождений золота и полиметаллов (Иультин) в прибрежной зоне Чукотки. Красными и синими стрелками показано распространение тихоокеанских вод и вод Сибирского прибрежного течения соответственно. На врезках распределение коэффициента концентрирования (КК) благородных металлов в поверхностном слое осадков: А – золото; Б – палладий

3.4 Роль субарктической зоны Тихого океана в поставке и поглощении климатически активных парниковых газов за последние 550 000 лет

д.г.-м.н. Горбаренко С.А., к.г.н. Босин А.А., к.г.н. Василенко Ю.П., к.г.-м.н. Янченко Е.А., к.г.-м.н. Артемова А.В., Пшенева О.Ю., к.г.н. Новоселова Ю.В.

На основе реконструированных записей продуктивности и апвеллинга, в сочетании с имитациями переходной климатической модели, были изучены механизмы, связанные с парниковыми газами и протяженностью ледяного покрова, лежащие в основе климатических изменений в орбитальных временных масштабах. Было показано, что субарктическая часть Тихого океана играет решающую роль в регулировании изменений концентрации CO_2 в атмосфере, поскольку с усилением глобального потепления ожидаемое смещение северо-западных ветров к полюсам еще больше усилит скорость апвеллинга в субарктической части Тихого океана. Это, в свою очередь, приведет к выбросу большего количества CO_2 в атмосферу и еще больше ускорит глобальное потепление за счет положительной обратной связи. (*Yao Z., Shi X., Yin Q., Jaccard S., Liu Y., Guo Z., Gorbarenko S.A., Wang K., Chen T., Wu Z., Nan Q., Zou J., Wang H., Cui J., Wang A., Yang G., Zhu A., Bosin A., Vasilenko Yu., Yu Y. Ice sheet and precession controlled subarctic Pacific productivity and upwelling over the last 550,000 years // Nature Communications. — 2024. — Vol. 15, Iss. 1. — Art.no. 3489. DOI: 10.1038/s41467-024-47871-8).*

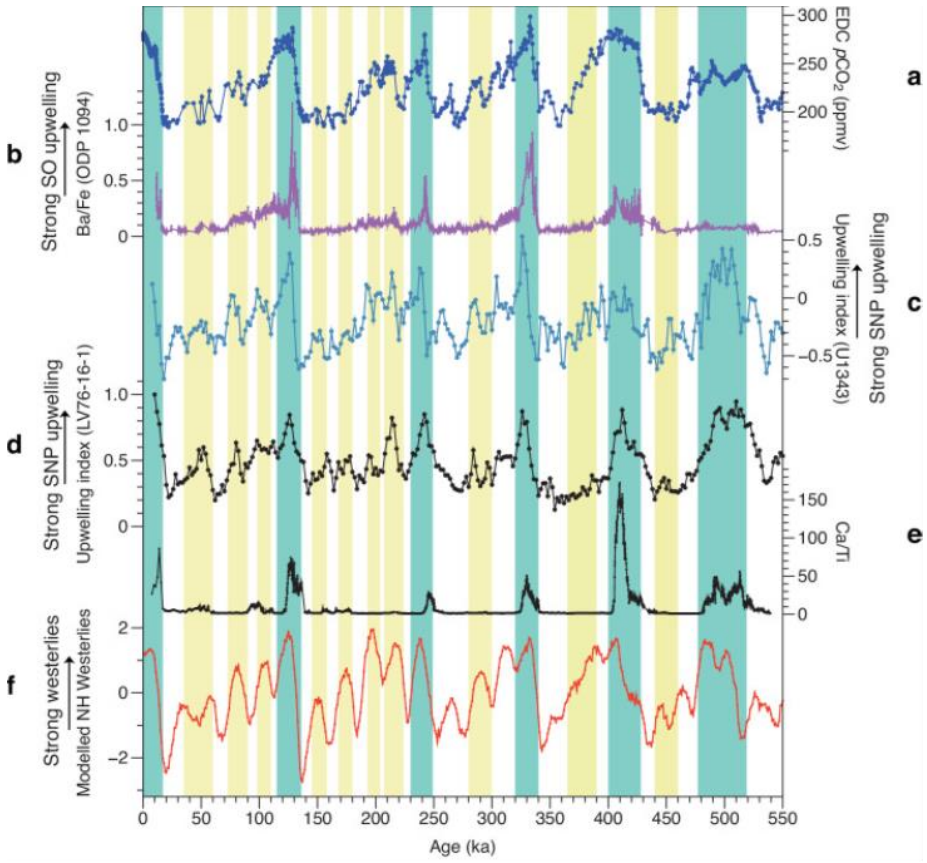


Рисунок 3.4 – Экологические косвенные показатели осадка керна LV76-16-1 и сравнение с глобальными и региональными климатическими косвенными показателями.
a) Концентрации CO_2 в атмосфере (pCO_2) из записей Антарктики; b) осадочный Ba/Fe из ODP Site 1094 как косвенный показатель продуктивности и апвеллинга в антарктической зоне Южного океана; c) индекс апвеллинга IODP Site U134314; d) индекс апвеллинга ядра LV76-16-1; e) рентгеновская флуоресценция (XRF) для сканирования отношения Ca/Ti ядра LV76-16-1; f) смоделированные среднегодовые северо-тихоокеанские западные ветры (35°N-55°N, 120°E-240°E, нормализованные) при 500 гПа. Синие столбцы представляют самый сильный апвеллинг, который соответствует каждому крупному ледниковому окончанию. Желтые столбцы обозначают умеренный апвеллинг

3.5 Осадконакопление, геохимия и диатомовый состав глубоководных осадков Курило-Камчатского желоба, северо-западная часть Тихого океана

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

Впервые в глубоководных донных отложениях, отобранных на глубине около 9500 м в Курило-Камчатском желобе, изучены гранулометрический и химический составы, содержание общего органического углерода и изотопного состава углерода $\delta^{13}C$. Установлено, что изученные донные осадки характеризуются высоким содержанием показателей биопродуктивности и химических элементов (Fe, Ca и Cu), что соответствует периоду повышенного поступления питательных веществ, стимулирующего продукцию диатомовых водорослей. На основе изучения химических показателей и особенностей использования питательных веществ фитопланктоном был отмечен период вспышки продуктивности диатомовых водорослей из-за попадания вулканического пепла в осадок в период 1860-1883 гг. Новые данные дополняют существующую информацию этой области, а также позволяют связать абиотические условия с продуктивностью. (*Sattarova V.V., Artemova A.V., Aksentov K.I., Mariash A.A., Melgunov M.S., Kirichenko I.S. Chemical and diatom compositions of dating deep-sea sediment core of the Kuril-Kamchatka Trench, northwestern Pacific // Regional Studies in Marine Science.— 2024. — Vol. 78. — Art.no. 103742. DOI: 10.1016/j.rsma.2024.103742).*

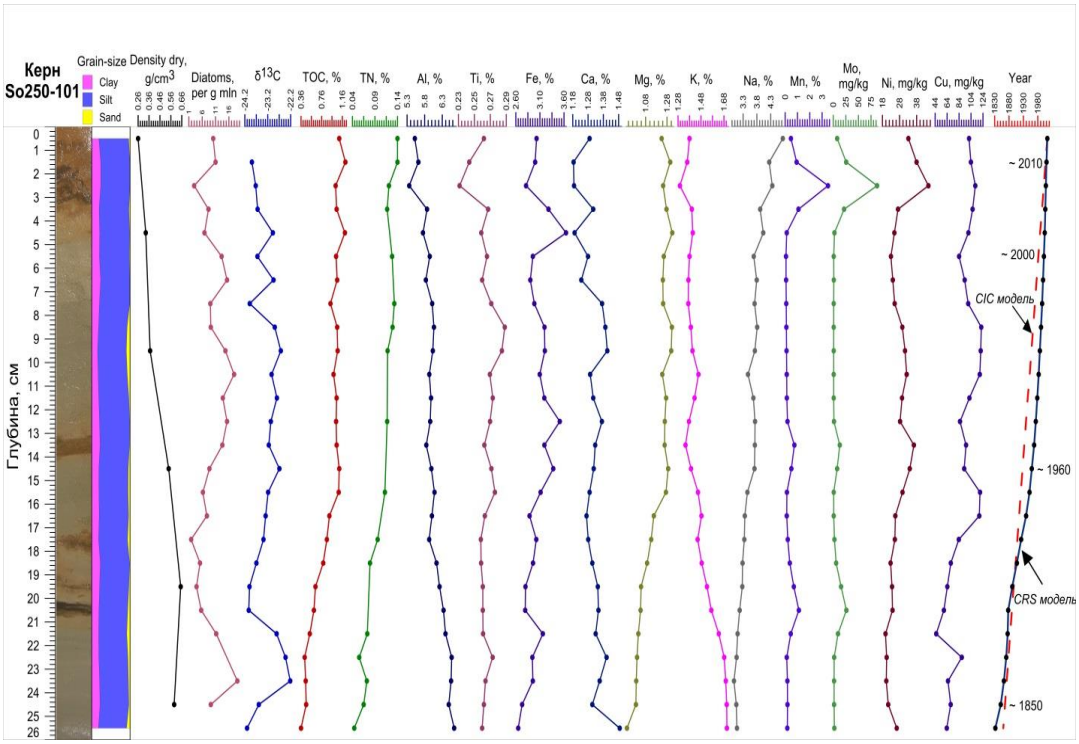


Рисунок 3.5 – Основные параметры вещественного состава керна So250-101

Тема 4 «Геология и геохимия природных газов, газогеохимические индикаторы геологических процессов и полезных ископаемых Мирового океана»

Научный руководитель – д.г.-м.н., доцент Шакиров Р.Б.

Регистрационный номер 124022100076-3

4.1 Исследование геохимических аномалий углеводородных газов донных осадков геоструктур Лаптево-Сибироморской переходной зоны Восточно-Арктического шельфа

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

В работе представлены данные газогеохимических исследований донных осадков Лаптево-Сибироморской зоны. Концентрации метана до 8.3047 $см^3$/кг и суммы его гомологов – до 0.0260 $см^3$/кг указывают на формирование геохимических аномалий, превышающих критерии аномальности для осадков арктического шельфа в 166 и 26 раз (рисунок 4.1). Установленные изотопно-геохимические показатели свидетельствуют о доминировании в осадках эпигенетических углеводородных газов. 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 УВГ. *(Гресов А.И., Яцук А.В. Геохимические аномалии углеводородных газов донных осадков геоструктур Лаптево-Сибироморской переходной зоны Восточно-Арктического шельфа // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. — 2024. — Т. 514, № 2. — С. 322-327. DOI: 10.31857/S2686739724020164).*

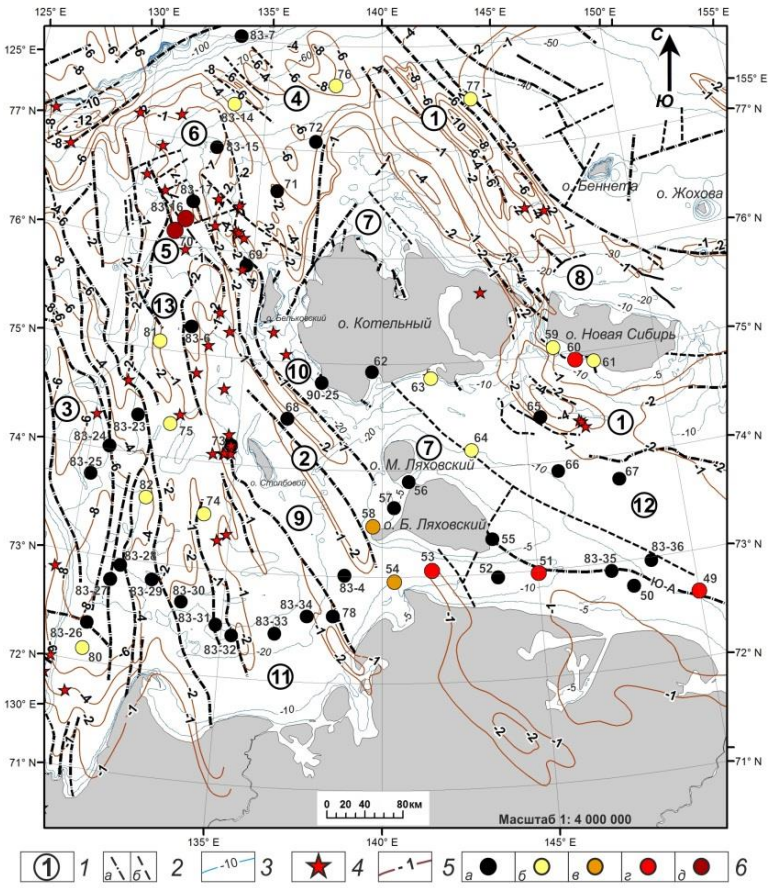


Рисунок 4.1 – Структурно-тектоническая карта ЛСЗ: 1 – геоструктуры первого порядка; 2 – тектонические нарушения; 3 – изобаты, м; 4 – эпицентры землетрясений; 5 – изогипсы мощности осадочного чехла, км; 6 – концентрации УВГ в осадках: <0.05 (а), 0.05-0.25 (б), 0.25-0.50 (в), 0.50-1.00 (г) и >1.00 $см^3$/кг (д)

4.2 Нефтегазоносность осадочных бассейнов Восточно-Арктического шельфа

д.г.-м.н. Гресов А.И.

В результате изотопно-газогеохимических исследований в донных осадках ЛСЗ установлено 12 газогенетических групп УВГ различных газоматеринских источников, в том числе угольных, газовых и предполагаемых залежей конденсатного и нефтяного ряда. Установлено, что донные отложения на площадях развития нефтегазовых, газонефтяных и нефтяных залежей характеризуются максимальными средними концентрациями ΣC_2-C_5 – 0.0186, 0.02627 и 0.02818 $см^3$/кг соответственно. Исследованиями оконтурены перспективные и прогнозные нефтяные, газонефтяные и нефтяные залежи. Наиболее высокими перспективами нефтегазоносности в пределах Лаптево-Сибироморской структурной зоны характеризуются площади северных частей Новосибирского, Анисинского и Омолойского осадочных бассейнов (рисунок 4.2). Применение изотопно-газогеохимических исследований в целях выявления залежей углеводородного сырья на слабоизученных территориях является информативным и относительно малозатратным поисково-разведочным методом. *(Гресов А.И. Газогеохимические признаки нефтегазоносности осадочных бассейнов и геоструктур Лаптево-Сибироморской зоны Восточно-Арктического шельфа // Геология нефти и газа. — 2024. — № 5. — С. 105-116. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-5-105-116).*

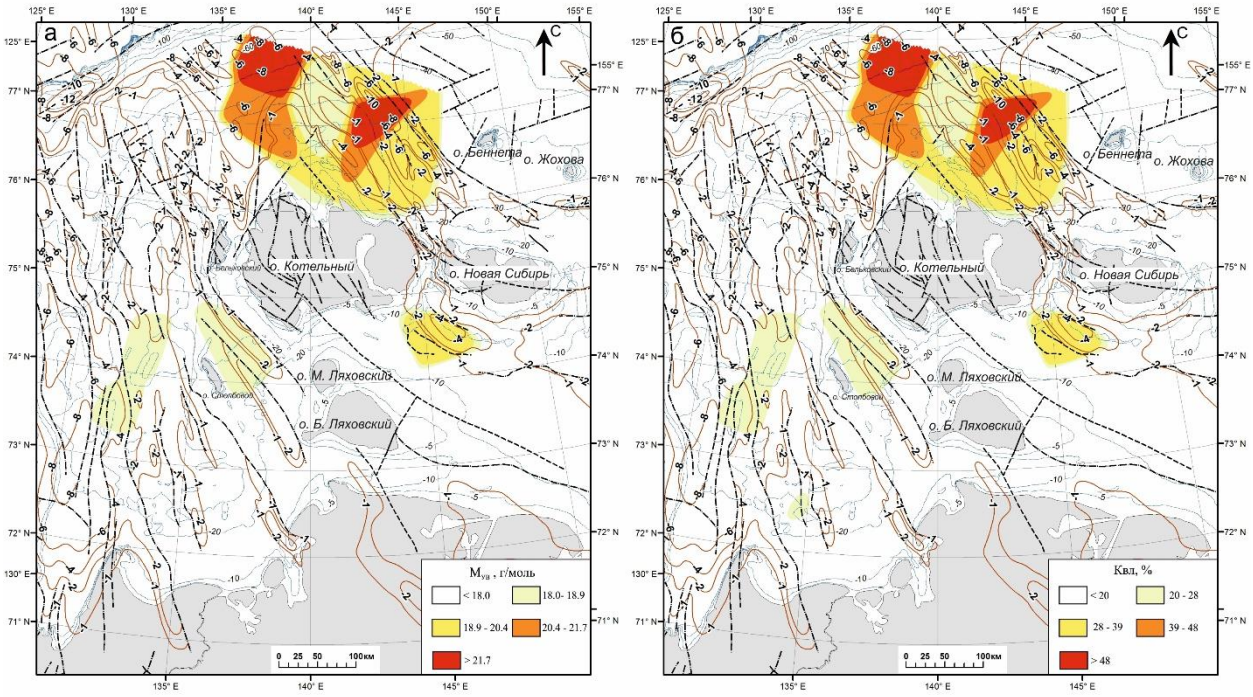


Рисунок 4.2 – Схематическая карта распределения прогнозных перспективных конденсатных, нефтегазовых, газонефтяных и нефтяных залежей Лаптево-Сибироморской геоструктурной зоны по данным газогеохимических показателей $M_{УВ}$ (а) и Квл (б) донных отложений

4.3 Газогеохимические исследования акватории внешнего шельфа залива Петра Великого Японского моря в осенне-зимний сезон

к.г.-м.н. Яцук А.В., д.г.-м.н., доцент Шакиров Р.Б., Максеев Д.С., Югай И.Г., Лифанский Е.В., Жердев П.Д., Швалов Д.А.

По материалам экспедиции на НИС «Профессор Гагаринский» (рейс № 83) исследовано современное состояние газогеохимических и литогеохимических полей в донных отложениях и водной толще, проведены суточные морские станции атмохимического, гидрологического и метеорологического мониторинга в условиях мелководного шельфа; выполнены площадные попутные атмохимические, газогеохимические, океанологические и метеорологические измерения для изучения процессов газообмена в системе вода-атмосфера в районе внешней акватории залива Петра Великого. В районе Гамовского каньона (внешний шельф залива Посьета) выполнены детальные гидроакустические исследования подводных газопроявлений (рисунок 4.3), в результате которых уточнено их современное положение. Всего было обнаружено около 113 газопроявлений различной формы и интенсивности на глубинах 100-150 м. В заливе Посьета обнаружено аномальное газогеохимическое поле метана (концентрации метана свыше 40 нмоль/л при фоновых концентрациях 4-6 нмоль/л) в придонных водных горизонтах сипового поля. Данный район нуждается в постановке дальнейших детальных комплексных исследований, в том числе и в глубоководной части, перспективной для поиска морских газогидратов и других форм минеральных ресурсов. *(Яцук А.В., Бовсун М.А., Шакиров Р.Б., Стороженко А.В., Калинчук В.В., Максеев Д.С., Югай И.Г., Лифанский Е.В., Жердев П.Д., Григоров Р.А., Швалов Д.А., Аксентов К.И., Лазарюк А.Ю., Ярощук Е.И. Газогеохимические исследования внешней акватории залива Петра Великого (Японское море) в 83-м рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Гагаринский» // Океанология. — 2024. — Т. 64, № 4. — С. 728-730. DOI: 10.31857/S0030157424040167. Переводная версия: Yatsuk A.V., Bovsun M.A., Shakirov R.B., Storozhenko A.V., Kalinchuk V.V., Makseev D.S., Yugai I.G., Lifansky E.V., Zherdev P.D., Grigorov R.A., Shvalov D.A., Aksentov K.I., Lazaryuk A.Y., Yaroshchuk E.I. Gas-geochemical studies of the outer water area of Peter the Great Bay (Sea of Japan) on the r/v Professor Gagarinskiy, Cruise 83 // Oceanology. — 2024. — V. 64, Iss. 4. — P. 641-643. DOI: 10.1134/S0001437024700310).*

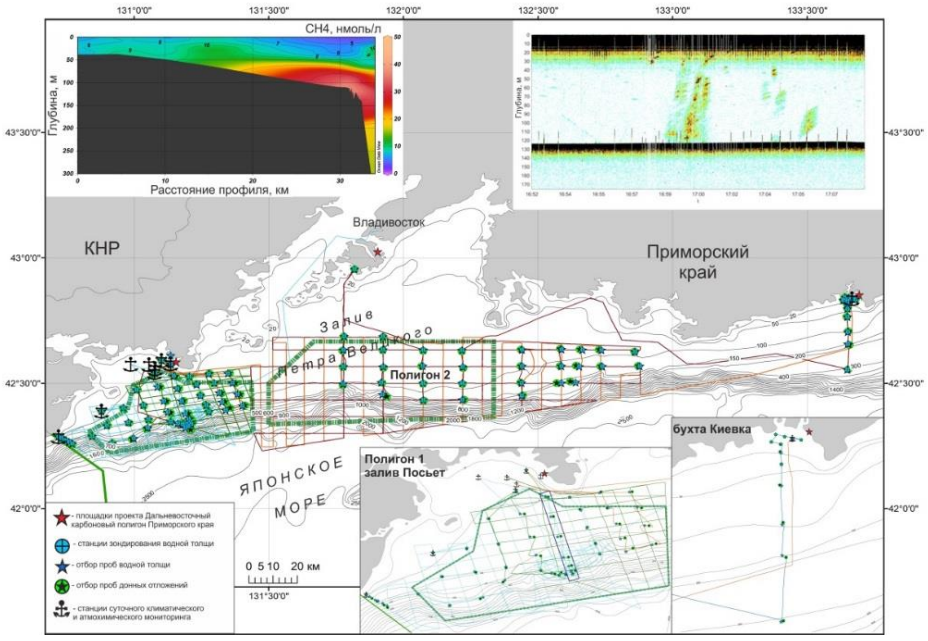


Рисунок 4.3 – Расположение основных полигонов исследований в рейсе № 83 НИС «Профессор Гагаринский», 20 октября – 30 ноября 2022 г. На врезках примеры индикации газовых факелов (справа) и распределения метана (в нмоль/л) по профилю в заливе Посьета

Тема 5 «Комплексное использование методов дистанционного зондирования Земли, а также наземных и подводных измерительных систем в исследованиях морских погодных образований, гидродинамические и биогеохимических процессов в верхнем слое океана и морей»

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Салюк П.А.

Регистрационный номер 124022100080-0

5.1 Региональный биооптический алгоритм OC4-AP для оценки концентрации хлорофилла-а из спутниковых данных по спектральному цвету моря в водах вокруг Антарктического полуострова

к.ф.-м.н. Салюк П.А., к.г.н. Штрайхерт Е.А., к.ф.-м.н. Липинская Н.А., Горбов М.А.

Проанализированы особенности работы эмпирических биооптических алгоритмов в морских водах вокруг Антарктического полуострова на основе сравнения калиброванных данных судового проточного измерительного комплекса и спутниковых данных спектрорадиометра OLCI со спутников Sentinel-3A и Sentinel-3B в период антарктического лета в январе-феврале 2020 и 2022 г. Показано, что стандартный биооптический алгоритм OC4 существенно занижает спутниковые оценки концентрации хлорофилла-а (Хл-а) от ~1,5 до ~9 раз (в среднем в ~3,1 раза). Известный региональный алгоритм OC4-SO обеспечивает приемлемые ошибки оценки концентрации Хл-а и может быть использован для исследований, связанных с анализом концентрации Хл-а в водах вокруг Антарктического полуострова. Разработанный в данной работе новый региональный алгоритм OC4-AP имеет значительно меньшую ошибку по сравнению с известным стандартным и региональным алгоритмами. Он может быть использован в случае, если необходимо получить дистанционную оценку концентрации Хл-а, максимально приближенную к накопленному мировому опыту определения этой величины стандартными экстрактными методами: спектрофотометрическим и флуориметрическим. *(Салюк П.А., Глуховец Д.И., Майор А.Ю., Моисеева Н.А., Штрайхерт Е.А., Латушкин А.А., Липинская Н.А., Голик И.А., Мошаров С.А., Горбов М.И. Особенности работы эмпирических биооптических алгоритмов для оценки концентрации хлорофилла «а» из спутниковых данных по цвету моря в водах вокруг Антарктического полуострова // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. — 2024. — Т. 17, № 3. — С. 102-114. DOI: 10.59887/2073-6673.2024.17(3)-9).*

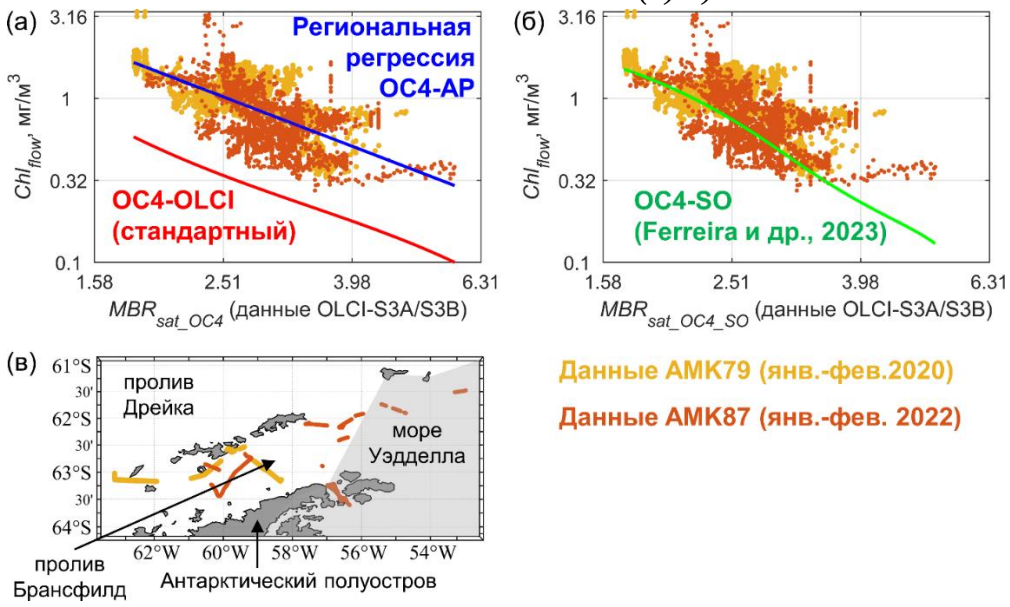


Рисунок 5.1 – Сравнение судовых измерений концентрации хл-а (Chl_{flow}) и спутниковых измерений максимального значения индекса цвета (*MBR*): (а) для стандартного алгоритма OC4 и региональной версии OC4-AP; (б) для известного регионального алгоритма OC4-SO; (в) карта с местоположением квази-синхронных судовых и спутниковых измерений.

5.2 Мультисенсорные спутниковые измерения и современные реанализы высокого разрешения в исследованиях экстремальных погодных явлений над прибрежными районами дальневосточных морей

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

Разработаны региональные алгоритмы обнаружения замерзающих осадков на Дальнем Востоке (рисунок 5.2) на основе данных реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды ERA5 и стандартных метеонаблюдений за 20 холодных сезонов (сентябрь-май 2004-2024 гг.). Предложенные диагностические алгоритмы основаны на вертикальных атмосферных профилях температуры и влажности и характеристиках приземного слоя воздуха. Для повышения точности классификации применен метод мажоритарного голосования (Majority Voting Ensemble), объединяющий результаты классификации нескольких моделей. Результаты показали, что предложенные алгоритмы: (1) превзошли оригинальный метод Финского метеорологического института и стандартные оценки типов осадков ERA5 по ключевым метрикам точности; (2) продемонстрировали высокую корреляцию с метеорологическими наблюдениями межгодовой изменчивости замерзающих осадков в континентальных регионах, хотя их эффективность снижалась в некоторых прибрежных и островных зонах. Разработанные алгоритмы подтвердили свою пригодность для оперативного мониторинга и климатических исследований замерзающих осадков в регионе. (*Pichugin M., Gurvich I., Baranyuk A., Kuleshov V., Elena Khazanova E. Development of a Diagnostic Algorithm for Detecting Freezing Precipitation from ERA5 Dataset: An Adjustment to the Far East // Climate. — 2024. — 12. — Art. No.* 224. *DOI: 10.3390/cli12120224).*

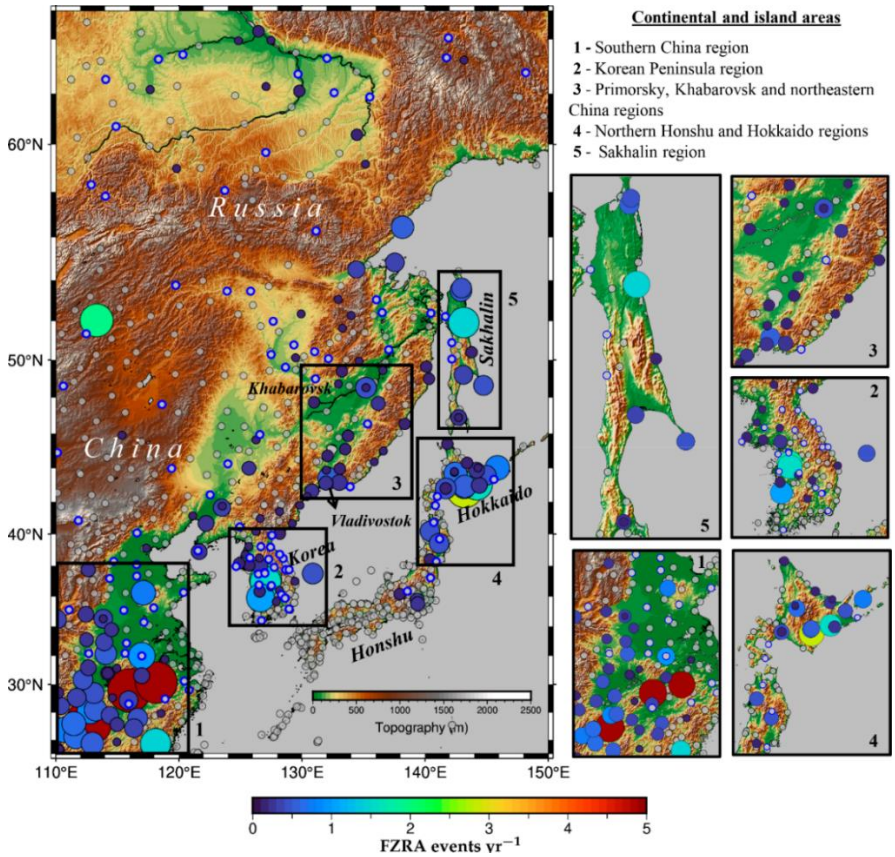


Рисунок 5.2 – Пространственное распределение средней повторяемости случаев замерзающих осадков (FZRA) за 20 холодных сезонов (сентябрь-май) 2004-2024 гг. по данным метеорологических наблюдений (обозначены серыми или цветными кругами)

5.3 Метод оценки глубины обнаружения гидродинамических структур в данных надводного дистанционного зондирования в видимом спектральном диапазоне

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

Представлен метод для оценки максимальной глубины проявления гидродинамических структур в данных дистанционного зондирования моря в видимом спектральном диапазоне на примере апвеллинга, внутренних волн и субмезомасштабных вихрей. Разработан соответствующий алгоритм, который позволяет выполнять идентификацию структур, связанных с изменениями вертикальной стратификации оптически-активных компонентов морской воды, а также определять толщу приповерхностного слоя моря, в которой возможно дистанционно обнаружить рассматриваемые структуры. Полученные результаты позволяют значительно улучшить интерпретацию дистанционных спектральных данных о цвете моря, что способствует большей эффективности мониторинга и прогнозирования изменений в морских экосистемах, а также имеет важное значение для охраны морской среды, устойчивого управления рыбным хозяйством и марикультурами. (*Lipinskaya N. A., Salyuk P. A. Estimating Detection Depth of Hydrodynamic Structures in Water through Above-Surface Optical Information Analysis // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. — 2024. — Vol. 88, No. 6. — P. 991-995. DOI 10.1134/S1062873824706962).*

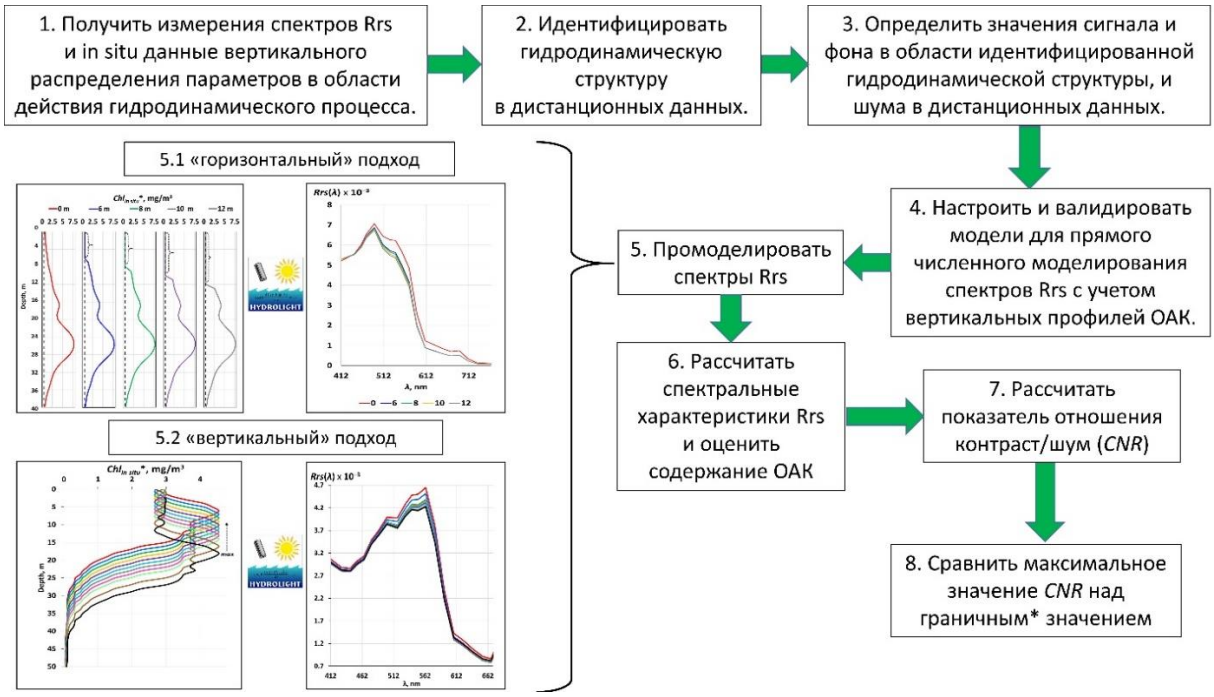


Рисунок 5.3 – Блок-схема алгоритма для определения максимальной глубины гидродинамического процесса

5.4 Результаты анализа продукционных характеристик фито- и бактериопланктона на Трансатлантическом разрезе в декабре 2019 – январе 2020 г.

к.б.н. Захарков С.П., к.г.н. Штрайхерт Е.А., Шамбарова Ю.А.

Получен массив подспутниковых данных, включающий продукционные характеристики фито- и бактериопланктона на Трансатлантическом разрезе (79 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», декабрь 2019 – январь 2020 г.). Первичная продукция в эвфотической зоне в сутки составила 0,8-34,2 мгС/м^3 при среднем значении 8,9 мгС/м^3. Концентрация хлорофилла-а (Хл) варьировала от 0,01 мг/м^3 в районе SASTG (южно-

Атлантический субтропический антициклонический круговорот) до 0,59 мг/м^3 в районе NASTG (северо-Атлантический субтропический антициклонический круговорот). Суточное ассимиляционное число изменялось в поверхностных пробах от 7,2 до 260,1 мгС/мгХл в сутки. Интегральная первичная продукция варьировала от 258 до 765 мгС/м^2. Бактериальная продукция в поверхностных горизонтах в сутки варьировала от 0,04 до 16,1 мгС/м^3 со средним значением 3,7 мгС/м^3, максимальные значения наблюдались в течении Ломоносова с максимумом на глубине 160 м. Бактериальная продукция в столбе воды изменялась от 23,2 мгС/м^2 до 6182,7 мгС/м^2. Полученный массив данных может быть использован для усовершенствования алгоритмов биогеографического районирования и разработки спутниковых биооптических алгоритмов по оценке продукции в морских водах. *(Zakharkov S.P., Shtraikhert E.A., Shambarova Yu.V. Production Characteristics of Phyto- and Bacterioplankton on the Transatlantic Transect (December 2019–January 2020) // Oceanology. — 2024. — Vol. 64, No. 6. — P. 857–868. DOI: 10.1134/S0001437024700565).*

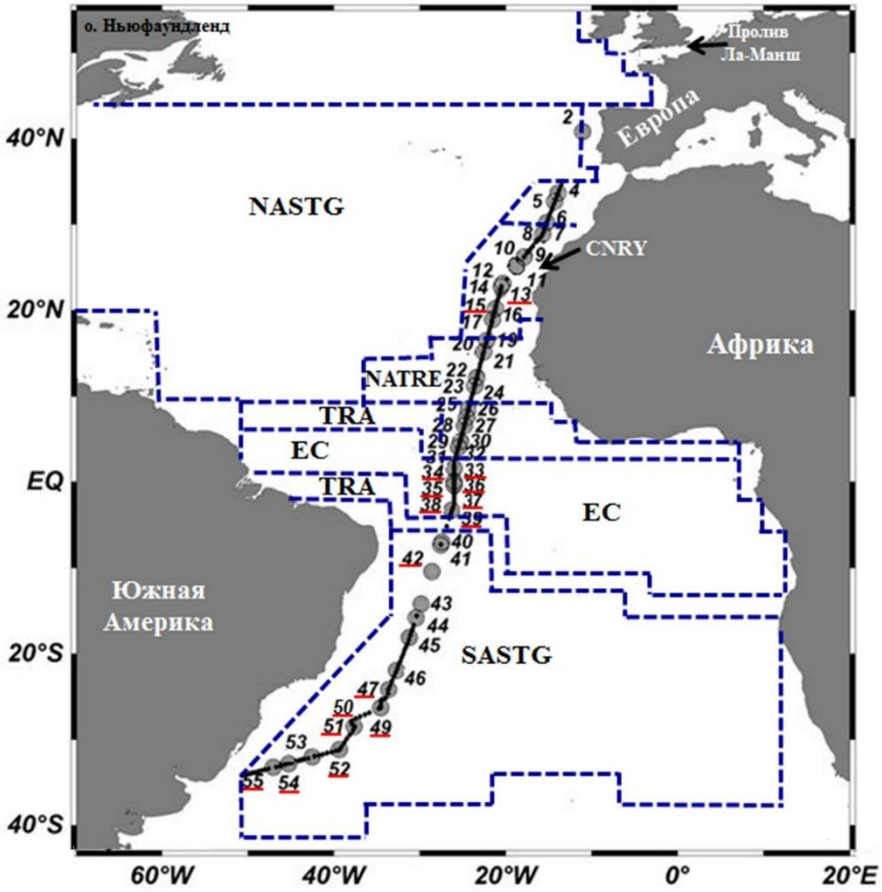


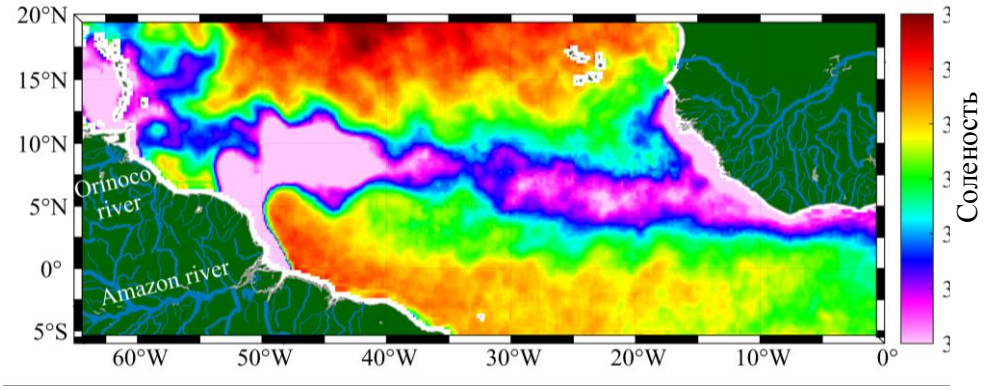
Рисунок 5.4 – Маршрут НИС «Академик Мстислав Келдыш» по Трансатлантическому разрезу и биогеографическое районирование исследуемого региона

5.5 Изучение дальнего переноса речных вод южной Америки в северо-западной части тропической Атлантики

к.ф.-м.н. Салюк П.А.

Использованы результаты чувствительных судовых методов измерений, мультисенсорного спутникового зондирования, а также численных методов гидродинамического моделирования и лагранжева анализа для изучения дальнего переноса (более 1000 км) речных вод южной Америки в северо-западной части тропической Атлантики. С помощью совместного анализа, в котором различные методы валидированы друг на друга, получено подтверждение нахождения вод р. Амазонка в открытой части Атлантического океана, которые преодолели расстояние около 3000 км за примерно 60 и 75 дней. Разработанные технологии исследований могут быть применены в любых других районах Мирового океана, где происходит значительное поступление речных вод. *(Morozov E.G., Frey D.I., Salyuk P.A., Budyansky M.V. Amazon river plume in the western tropical north Atlantic // Journal of Marine Science and Engineering. — 2024. — Vol. 12, Iss. 6. — Art. No. 851. DOI: 10.3390/jmse12060851).*

(а)



(б)

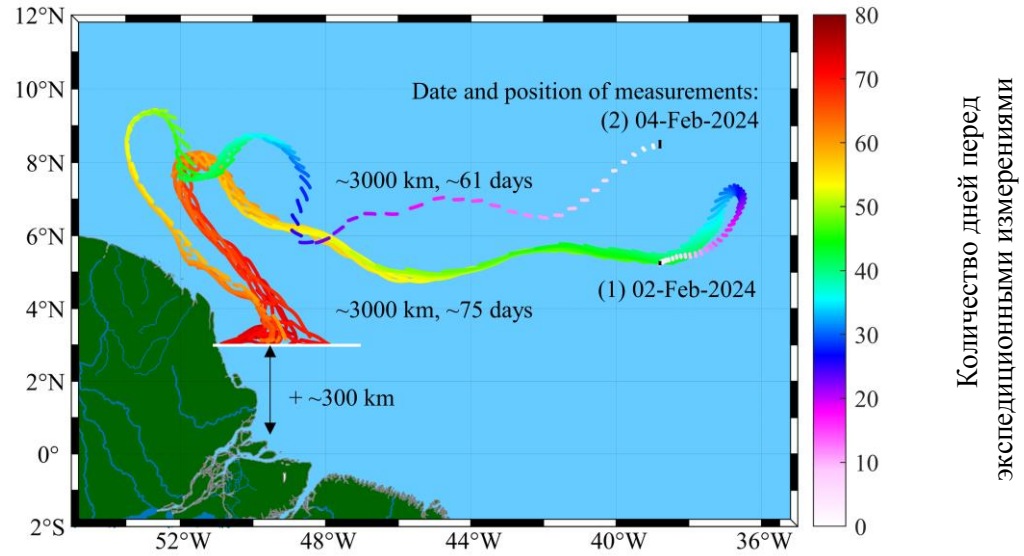


Рисунок 5.5 – (а) Карта усредненных спутниковых оценок солености поверхности моря, полученная на основе измерений SMAP за октябрь 2023 г. (оценочный период начала движения лагранжевых частиц); (б) результаты лагранжева анализа в поле течений, полученных из реанализа GLORYS12V1 по распространению пассивных трассеров в обратном направлении от разрезов (1) и (2), в которых были обнаружены первичные гидрологические и гидрооптические признаки присутствия речных вод

Тема 6 «Исследование структуры и динамики вод Мирового океана в условиях современных климатических изменений»

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

Регистрационный номер 124022100079-4

6.1 Особенности структуры и динамики вод северной половины Японского моря в осенне-зимний период

Сергеев А.Ф., к.г.н. Лобанов В.Б., к.т.н., доцент Горячев В.А.

На основе данных экспедиционных наблюдений и спутниковой информации проанализированы особенности структуры и динамики вод в зоне крупномасштабного циклонического круговорота (КЦК) в северной половине Японского моря, где на спутниковых ИК-изображениях ежегодно в осенне-зимний период наиболее отчетливо проявляются две области пониженных температур, разделенных затоком теплых цусимских вод со стороны Японии. Расположение данных термических структур совпадает с расположением малого западного и северного циклонических круговоротов (ЗЦК и СЦК), неразрывно связанных с глубинным апвеллингом. В осенне-зимние периоды 2019-2021 гг. установлено, что глубинный апвеллинг в северо-западной части Японского моря распространяется от дна до поверхностного слоя, фокусируясь вдоль осевой линии, проходящей через возвышенность Первенец и хребты Берсенева и Васильковского в районе 42° с.ш. между 132° и 135.5° в.д. ЗЦК, расположенный в западной части КЦК в области рассматриваемого глубинного апвеллинга, является крупным топографическим вихрем. В северной части КЦК глубинный апвеллинг приурочен к континентальному склону, там же располагается и СЦК. Предполагается, что в осенне-зимний период взаимодействие антициклонов, формирующих вихревые пояса, с циклоническими круговоротами, приводит к усилению глубинной циркуляции. Особенность изменчивости скорости глубинных течений – увеличение от октября к марту, вероятно, обусловлена характером развития вертикальной и поперечной горизонтальной циркуляции в системе циклонические круговороты – вихревые пояса в результате интенсификации глубинного апвеллинга при усилении ветров северных румбов в зимний период. (*Сергеев А.Ф., Лобанов В.Б., Горячев В.А., Шлык Н.В., Марьина Е.Н., Лукьянова Н.Б., Горин И.И., Цой В., Зверев С.А., Юрцев А.Ю., Прушковская И.А., Ладыченко С.Ю. Особенности структуры и динамики вод в северной половине Японского моря в осенне-зимний период по данным спутниковых и судовых наблюдений // Исследование Земли из космоса. — 2024. — № 3. — С. 59-77. DOI: 10.31857/S0205961424030053. Переводная версия: Sergeev A.F., Lobanov V.B., Goryachev V.A., Shlyk N.V., Maryina E.N., Lukyanova N.B., Gorin I.I., Tsoy V., Zverev S.A., Yurtsev A.Yu., Prushkovskaya I.A., Ladychenko S.Yu. Features of the Structure and Dynamics of Waters in the Northern Half of the Sea of Japan in the Autumn-Winter Period According to Satellite and Ship Observations // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. — 2024. — Vol. 60, Iss. 9. — P. 1060-1074. DOI: 10.1134/S0001433824701020).*

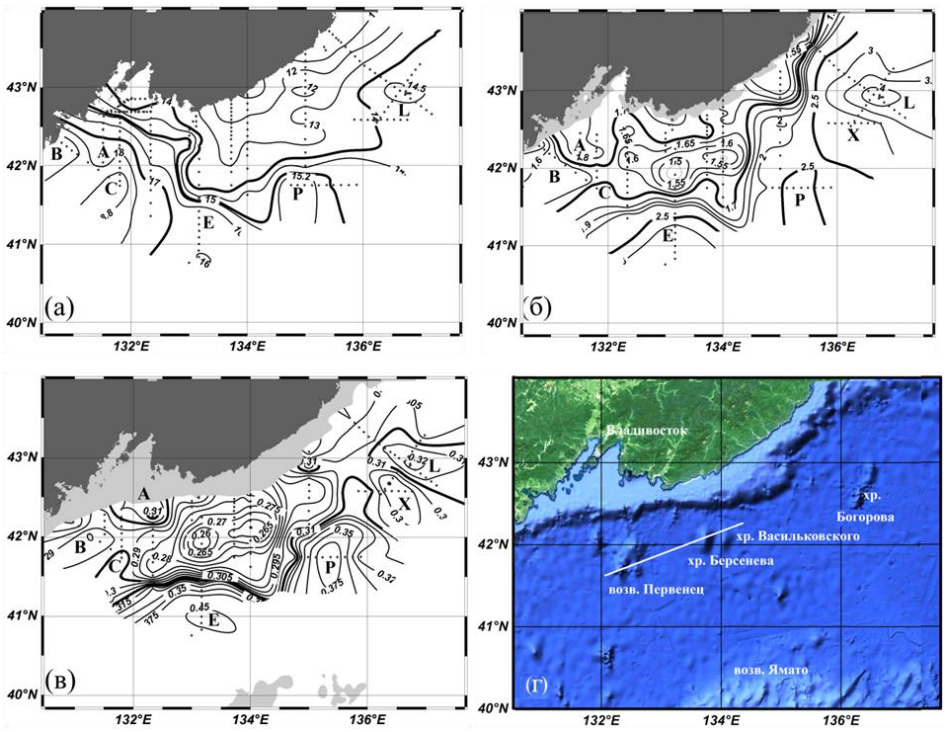


Рисунок 6.1 – Распределение потенциальной температуры воды в октябре 2019 г. на поверхности (а) и горизонтах 100 м (б) и 1000 м (в); рельеф дна района работ (г). Белая линия, проходящая через возвышенность Первенец и хребты Берсенева и Васильковского, совпадает с осевой линией области максимального подъема глубинных вод, выделяемой по минимальным значениям температуры на рисунках (б) и (в). Точки – местоположение станций. Латинскими буквами на рисунках (а), (б) и (в) обозначены вихревые образования

6.2 Квазиинерционные колебания термоклина в октябре 2022 г. на шельфе юго-западной части залива Петра Великого Японского моря (по данным термогирлянд)

к.т.н. Трусенкова О.О., к.г.н. Дубина В.А.

На основе ЭОФ и вейвлет-анализа данных четырех термогирлянд, установленных на полигоне ТОИ ДВО РАН, оценены временные масштабы изменений вертикальной стратификации вод в юго-западной части залива Петра Великого Японского моря. Эти изменения были связаны с подъемом и опусканием термоклина и проявлялись в согласованных колебаниях температуры и ее вертикального градиента, описываемых старшей ЭОФ модой. В первой половине октября наиболее интенсивными оказались квазиинерционные колебания, что можно объяснить усилением ветра в это время. Также зарегистрированы полусуточные и двухсуточные колебания термоклина - последние можно объяснить нелинейным взаимодействием квазиинерционных и полусуточных колебаний. Колебания термоклина имели одинаковый характер на всех станциях, но период квазиинерционных колебаний увеличивался при приближении к берегу, что можно объяснить антициклонической относительной завихренностью в правой части мезомасштабной грибовидной структуры, зарегистрированной на инфракрасном изображении со спутника Landsat-9. На основе взаимных вейвлет-спектров оценены скорости переноса температурных аномалий по направлению уменьшения глубины: 0,44-0,55 и 0,95-1,11 м/с на квазиинерционном и полусуточном масштабах соответственно. Дана интерпретация колебаний термоклина как результата прохождения внутренних волн, приходящих от открытого моря или генерирующихся над склоном к югу от залива Петра Великого. *(Trusenkova O., Yaroshchuk I., Kosheleva A., Samchenko A., Pivovarov A., Dubina V. Near-Inertial Oscillations of Thermocline in the Shelf Area off Vladivostok, the Sea of Japan, from*

a Set of Thermostrings // Journal of Marine Science and Engineering — 2024. — Vol. 12. — No. 12. — Art.no. 2263. DOI: 10.3390/jmse12122263).

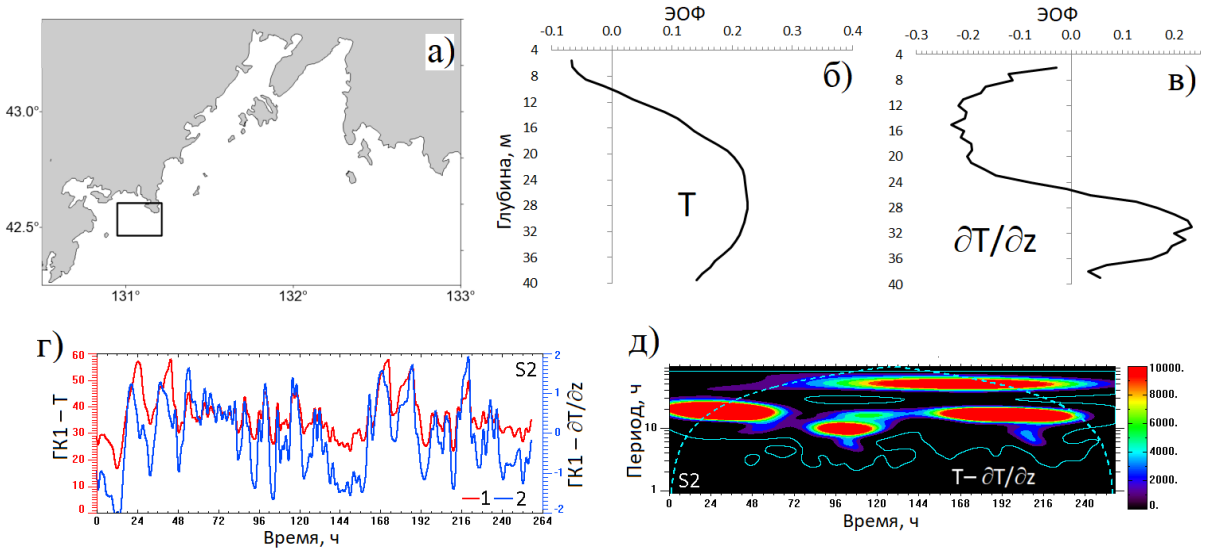


Рисунок 6.2 – Расположение полигона в заливе Петра Великого (прямоугольник) (а); ЭОФ 1 по температуре (T) (б) и градиенту температуры (∂T/∂z) (в) для одной из станций полигона; главные компоненты моды 1 по температуре (°C, кривая 1, левая ось ординат) и ее вертикальному градиенту (°C/м, кривая 2 правая ось ординат) для той же станции (г) и их взаимный вейвлет-спектр (д)

6.3 Современные тенденции межгодовой изменчивости солености южной внетропической части Тихого океана и Японского моря

к.г.н. Ростов И.Д., к.т.н. Дмитриева Е.В.

По данным климатических массивов NOAA и ECMWF исследованы тенденции, региональные особенности и количественные характеристики межгодовой изменчивости поля солености различных районов Тихого океана и Японского моря за последние два десятилетия в условиях интенсификации гидрологического цикла в контексте современного глобального потепления. Полученные результаты позволили выделить обособленные районы с различными условиями формирования крупномасштабных аномалий солености, солесодержания толщи вод верхнего 1000-метрового слоя и охарактеризовать их трехмерную структуру. Выявлены влияющие факторы и причинно-следственные связи наблюдаемых изменений с крупномасштабными и региональными процессами в океане и атмосфере и даны оценки их статистической значимости в условиях продолжающегося потепления и интенсификации гидрологического цикла. (*Ростов И.Д., Дмитриева Е.В. Тенденции межгодовой изменчивости поля солености верхнего 1000-метрового слоя северо-восточной части Тихого океана в условиях современного глобального потепления // Морской гидрофизический журнал. — 2024. — Т. 40, № 3. — С. 386-401. Переводная версия: Rostov, I.D. and Dmitrieva, E.V. Trends in the Interannual Variability of Salinity Field in the Upper 1000-Meter Layer of the Northeastern Pacific Ocean under Conditions of Modern Global Warming // Physical Oceanography. — 2024. — Vol. 31, Iss. 3. — P. 350-363.).*

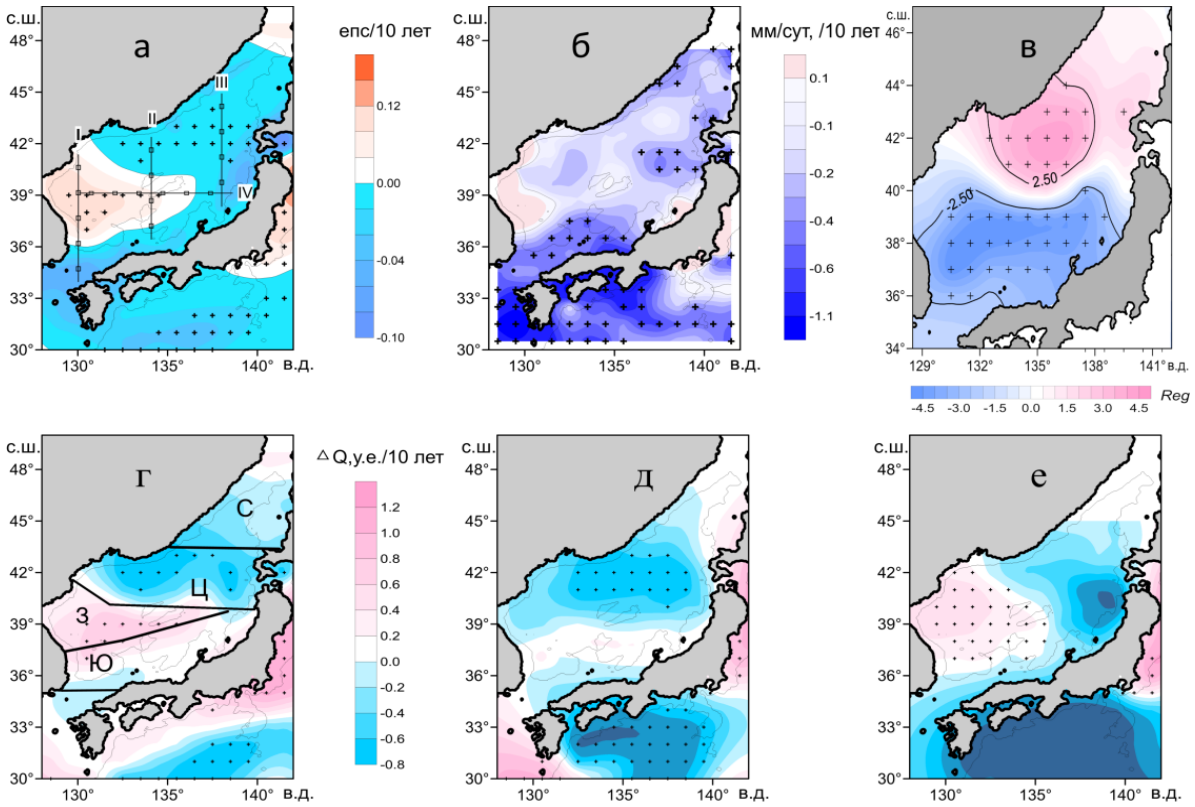


Рисунок 6.3 – Тренды среднегодовой солености на горизонте 5 м (*а*), тренды среднегодовых величин разности испарение-осадки (E-P) (*б*), коэффициенты регрессии колебаний солесодержания (Qs) верхнего слоя 5-105 м и расхода в Корейском проливе (*в*), тренды нормализованных величин Qs в слоях 5-105 м (*г*), 105-460 м (*д*) и 460-950 м (*е*) в 2000-2021 гг. Крестиками обозначены узлы сетки, в которых оценки статистически значимы на уровне 95%

6.4 Влияние тайфуна «Хиннамнор» (сентябрь 2022 г.) на прибрежный апвеллинг в северо-западной части Японского моря

к.г.н. Жабин И.А.

По данным спутниковых и метеорологических наблюдений рассмотрено влияние тайфуна «Хиннамнор» (сентябрь 2022 г.) на зону прибрежного апвеллинга в северо-западной части Японского моря. Под влиянием тайфуна произошел отрыв вод апвеллинга от побережья и наблюдалось резкое понижение температуры в струйных течениях системы приморского апвеллинга. Усиление ветра привело к формированию новой зоны в Татарском проливе. *(Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Дубина В.А., Таранова С.Н. Влияние тайфуна «Хиннамор» (сентябрь 2022 г.) на прибрежный апвеллинг в северо-западной части Японского моря по данным спутниковых наблюдений // Исследование Земли из космоса. — 2024. — № 6. — С. 3-16. DOI: 10.31857/S0205961424060018).*

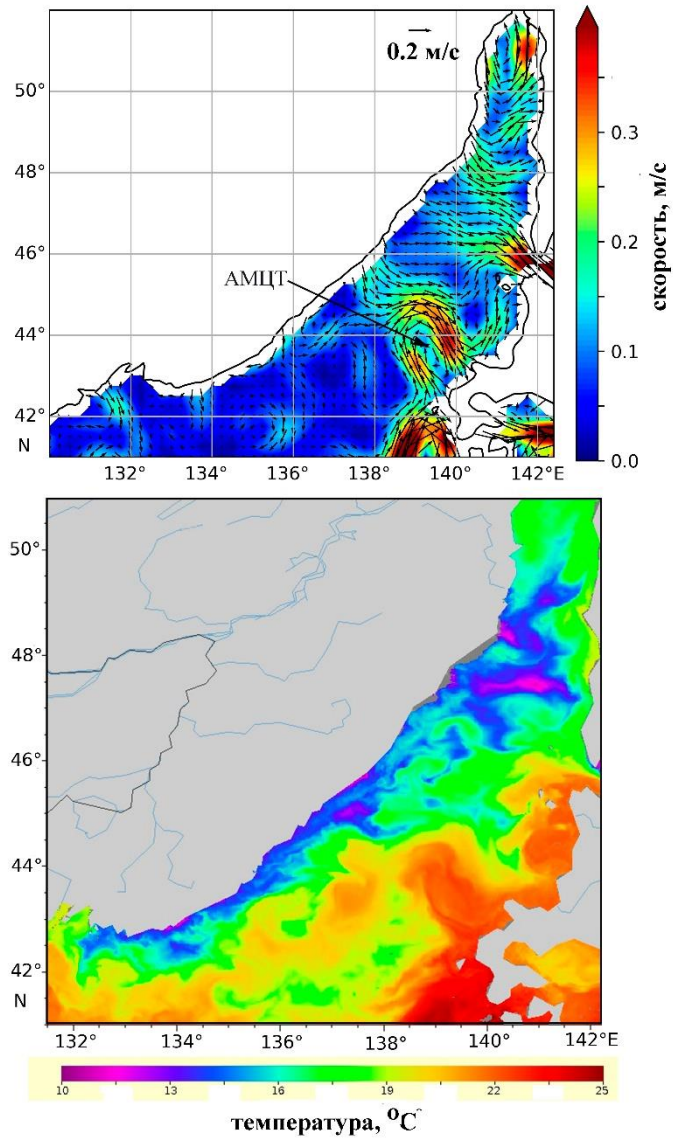


Рисунок 6.4 – Распределение скоростей суммарных геострофических и ветровых течений в поверхностном слое, полученное 07.09.2022 г. (а), и распределение поверхностной температуры 08.09.2022 г. (б). Условные обозначения: АМЦТ – антициклонический меандр Цусимского течения, А1 – антициклонический вихрь в районе Татарского пролива

6.5 Пространственная изменчивость параметров верхней границы зоны стабильности гидратов метана в водной толще Охотского моря

д.г.н. Лучин В.А., к.г.н. Петрова Е.А.

На основе всей доступной океанологической информации (131 286 станций, выполненных с 1929 по 2020 гг.) впервые для Охотского моря представлены закономерности пространственного распределения параметров верхней границы зоны стабильности гидратов метана (температуры воды, солености, глубины залегания верхней границы в водной толще). Выделена акватория, где в толще вод отсутствуют термобарические условия для формирования и существования гидратов метана. Знание глубины залегания верхней границы зоны стабильности газовых гидратов необходимо для решения ряда задач по моделированию динамики пузырьков газа в воде и реакции газогидратов на климатические изменения, а также в рамках планирования экспедиционных работ. *(Шакиров Р.Б., Лучин В.А., Петрова Е.А. Пространственная*

изменчивость параметров верхней границы зоны стабильности гидратов метана в водной толще Охотского моря // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2024. – Т. 517, № 1. – С. 153-159. DOI: 10.31857/S2686739724070169. Переводная версия: Shakirov R.B., Luchin V.A., Petrova E.A. Spatial variability of the methane hydrate stability zone's upper boundary parameters in the water column of the Sea of Okhotsk // Doklady Earth Sciences. – 2024. – Vol. 517, No 1. – P. 1234-1239. DOI: 10.1134/S1028334X24601901).

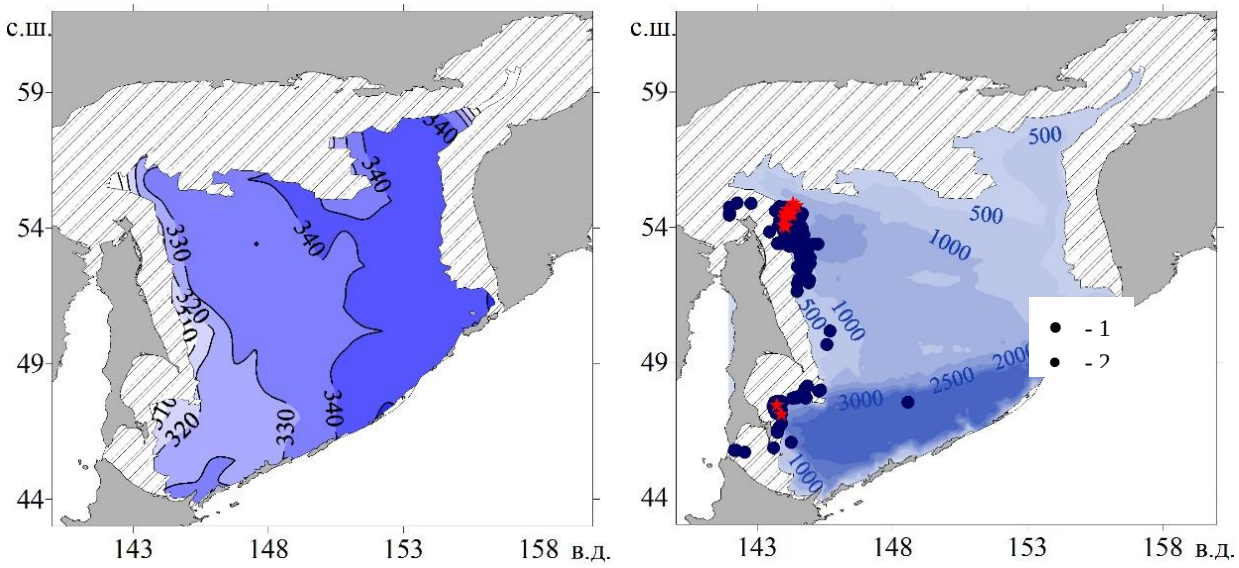


Рисунок 6.5 – Пространственное распределение средних годовых значений глубины (м) положения верхней границы зоны стабильности гидратов метана в Охотском море (а) и известные места скопления газогидратов (1), подтвержденные прямыми методами, и «факелов» метана (2) (б). Заштрихована акватория, где в толще вод отсутствуют благоприятные термобарические условия для формирования и существования газовых гидратов

6.6 Формирование крупных термических аномалий на западном и восточном шельфах о. Сахалин

к.г.н. Мороз В.В.

По данным наблюдений на прибрежных гидрометеорологических станциях Росгидромета за период 1980-2021 гг. проведена оценка межгодовой изменчивости состояния термического режима вод на акватории западного и восточного шельфов острова Сахалин с мая по август. Показано, что в теплый период года при преимущественной тенденции роста отсутствуют значимые тренды во временных рядах температуры воды. Определена частота появления крупных аномалий состояния термического режима на западном и восточном шельфах острова. Выявлено, что частота отрицательных аномалий превышает частоту появления положительных. Показано, что механизмы формирования крупных аномалий обусловлены аномальными изменениями развития и распространения региональных центров действия атмосферы (охотского антициклона, летней дальневосточной депрессии, северо-тихоокеанской ветви гавайского антициклона), их локальным воздействием. Показаны причинно-следственные связи. Результаты исследований могут быть применены в промысловой океанографии, использованы в прогностических моделях. *(Шатилина Т.А., Мороз В.В., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. Формирование крупных аномалий термического состояния вод на западном и восточном шельфах острова Сахалин // Морской гидрофизический журнал. — 2024. — Т. 40, № 1. — С. 37-50. Переводная версия: Shatilina, T.A., Moroz, V.V., Tsitsiashvili G.Sh., Radchenkova T.V. Formation of Large Anomalies in the Thermal Conditions of Waters on the Western and Eastern Shelf of the Sakhalin Island // Physical Oceanography. — 2024. — Vol. 31, Iss. 1. — P. 33-45. ISSN 1573-160X).*

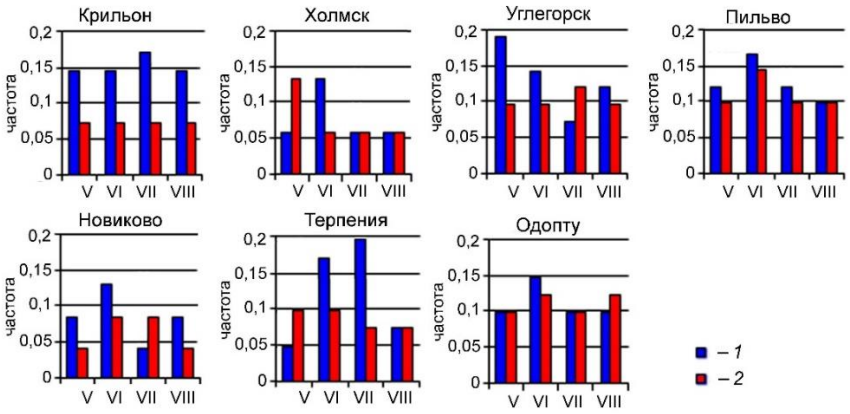


Рисунок 6.6 – Частота появления крупных аномалий температуры воды на ГМС острова Сахалин в мае-августе 1980-2021 гг.: *1* – частота отрицательных аномалий, *2* – частота положительных аномалий

6.7 Особенности температурного режима побережья Приморского края

к.г.н., доцент Л.А. Гайко

В продолжение изучения температурного фона вдоль морского побережья Приморья по данным регулярных инструментальных наблюдений на пяти гидрометеорологических станциях проведено исследование разномасштабной пространственно-временной изменчивости температуры воды и воздуха с целью выявления термических особенностей в различных пунктах исследуемого района. Проанализирован как весь период инструментальных наблюдений (например, на ГМС Владивосток с 1881 по 2022 г.), так и отдельные периоды на других ГМС (1931-2020; 1970-2012; 1960-2020 гг.). С помощью тренд-анализа, а также на основании анализа климатических норм, было отмечено, что за все рассмотренные периоды происходит рост температуры воды и воздуха, но с различной скоростью. Полученные сравнительные оценки всех климатических норм по последовательным периодам ВМО (1901-1930; 1931-1960; 1961-1990; 1991-2020) показали, что величина норм увеличивается и соответственно повышается общий температурный фон данного района. Но не все так однозначно. При сравнении между собой температуры за 2021 и 2022 г., уже «вышедших» за пределы новой климатической нормы (1991-2020 гг.), на всех пяти ГМС более теплым оказался 2021 г., что показывает, что температурный режим побережья от года к году находится под воздействием не только радиационных, но и адвективных факторов. (*Гайко Л.А. Особенности температурного фона вдоль побережья Приморского края в 2021-2022 годах в аспекте климатических норм // Восточно-Европейский научный журнал = Eastern European Scientific Journal = WSCHODNIOEUROPEJSKIE CZASOPISMO NAUKOWE. — 2024. — Iss. 1 (98). — P. 6-11. DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2024.1.98.434).*

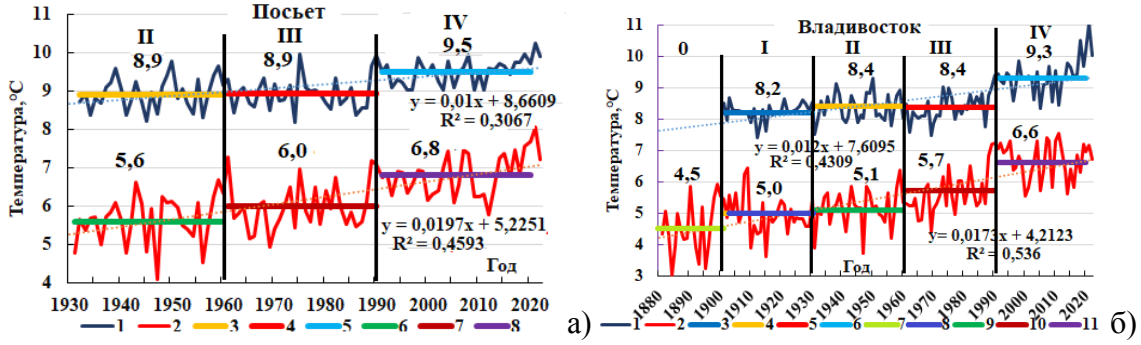


Рисунок 6.7 – Среднегодовая температура воды (1) и воздуха (2), их линейные тренды и климатические нормы за периоды: I (1901-1930 гг.); II (1931-1960 гг.); III (1961-1990 гг.); IV (1991-2020 гг.) на ГМС Посьет (а) и ГМС Владивосток (б)

Тема 7 «Моделирование и анализ разномасштабных динамических процессов и распространения звука в океане»

Научный руководитель – д.ф.-м.н., проф., чл.-корр. РАН Пранц С.В.

Регистрационный номер 124022100072-5

7.1 Прифронтовые вихри в северо-западной части Японского моря

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

С помощью автоматического алгоритма детектирования вихрей обнаружен регион в северо-западной части Японского моря к северу от Субполярного фронта, где регулярно формируются и циркулируют мезомасштабные вихри. Антициклонический вихрь, вертикально вытянутый до дна с многослойной структурой ядра и экстремальными значениями температуры и солености, был изучен в этом регионе во время рейса НИС *«Академик М.А. Лаврентьев»* в мае 2004 г. Лагранжев анализ вихря показал, что он имел продолжительность жизни девять месяцев, а его размер достигал 120 км. Данные CTD-зондирования были использованы для изучения термохалинных особенностей и вертикальной структуры вихря. Вихрь имел многослойное ядро с различными термохалинными характеристиками и возник в результате отщепления от зональной прифронтальной струи. Эволюция вихря, происхождение воды внутри ядра вихря и «возраст» воды внутри ядра были проанализированы с помощью лагранжевых индикаторов движения воды в альтиметрическом поле скорости. Инспектируя ежедневно вычисленные лагранжевы карты, были задокументировали основные события в эволюции вихря, включая его формирование, расщепления, слияния с др. вихрями, захват и высвобождение воды, эрозию и распад. Все эти наблюдения были проверены с помощью инфракрасных спутниковых снимков. (*Budyansky M., Ladychenko S., Lobanov V., Prants S., Udalov A. Evolution and Structure of a Mesoscale Anticyclonic Eddy in the Northwestern Japan Sea and Its Exchange with Surrounding Waters: In Situ Observations and Lagrangian Analysis // Ocean Dynamics. — 2024. — Vol. 74, Iss. 11-12. — P. 901-917. DOI: 10.1007/s10236-024-01631-w).*

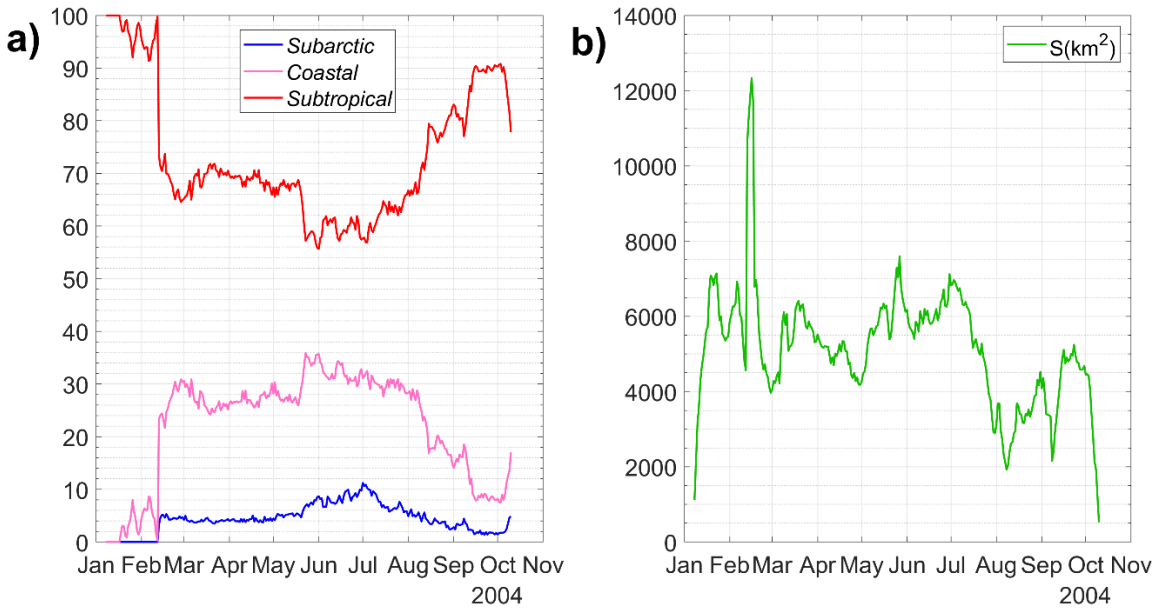


Рисунок 7.1 – а) Изменчивость процентного состава субтропических (красные), субарктических (синие) и прибрежных (розовые) вод в ядре прифронтового вихря в северо-западной части Японского моря со съемкой в 2004 г. б) Площадь поверхностного ядра вихря в течение его жизни. Вертикальные пунктирные линии показывают основные события в течение жизни вихря: F – рождение, E – захват прибрежной воды и расщепление, S – съемка, D – распад

7.2 Лагранжев анализ вихрей зоны Бенгельского апвеллинга

к.ф.-*м.н. Будянский М.В., Удалов А.А.*

Данные альтиметрии, реанализа GLORYS12V1 и атласа META3.2 DT были использованы для исследования вихрей зоны Бенгельского апвеллинга. Объединяя эти три набора данных, было изучено распространение мезомасштабных вихрей, образующихся в зоне апвеллинга, и промоделирована адвекция частиц из этой зоны. Для изучения вихрей, образующихся в зоне апвеллинга, применялся лагранжев анализ и алгоритм детектирования вихрей AMEDA. Разнообразные применяемые методы позволили отслеживать движение элементов восходящей жидкости в зоне Бенгельского апвеллинга. Были изучены траектории циклонов и антициклонов из зоны апвеллинга по мере их адвекции на запад, вычислялись изменения в количестве частиц апвеллингового происхождения в этих вихрях. Обнаружены различия в расположении ячеек апвеллинга в циклонах и антициклонах. Показано, что среди мезомасштабных вихрей, образующихся в зоне апвеллинга, преобладают циклоны. Для лагранжевых частиц апвеллингового происхождения было определено время перемещения из зоны апвеллинга от 1 до 365 дней на расстояния до 500 км для циклонов и 300 км для антициклонов. Обнаружено, что циклоны являются более устойчивыми структурами, с более длительным сроком жизни и с большим пройденным расстоянием по сравнению с антициклонами. Мы считаем, что это отличительная черта вихрей с апвеллинговым происхождением по сравнению с другими мезомасштабными вихрями в этой области. Наконец, было проанализировано изменение свойств воды внутри вихрей после того, как они покидают зону апвеллинга, и показано значительное обновление вихревых ядер через 1-2 месяца. (*Belonenko T., Budyansky M., Akhtyamova A., Udalov A. Investigation of the Benguela upwelling eddies using Lagrangian modeling methods // Ocean Dynamics. — 2024. — Vol. 74, Iss. 5. — P. 373-390. DOI: 10.1007/s10236-024-01609-8).*

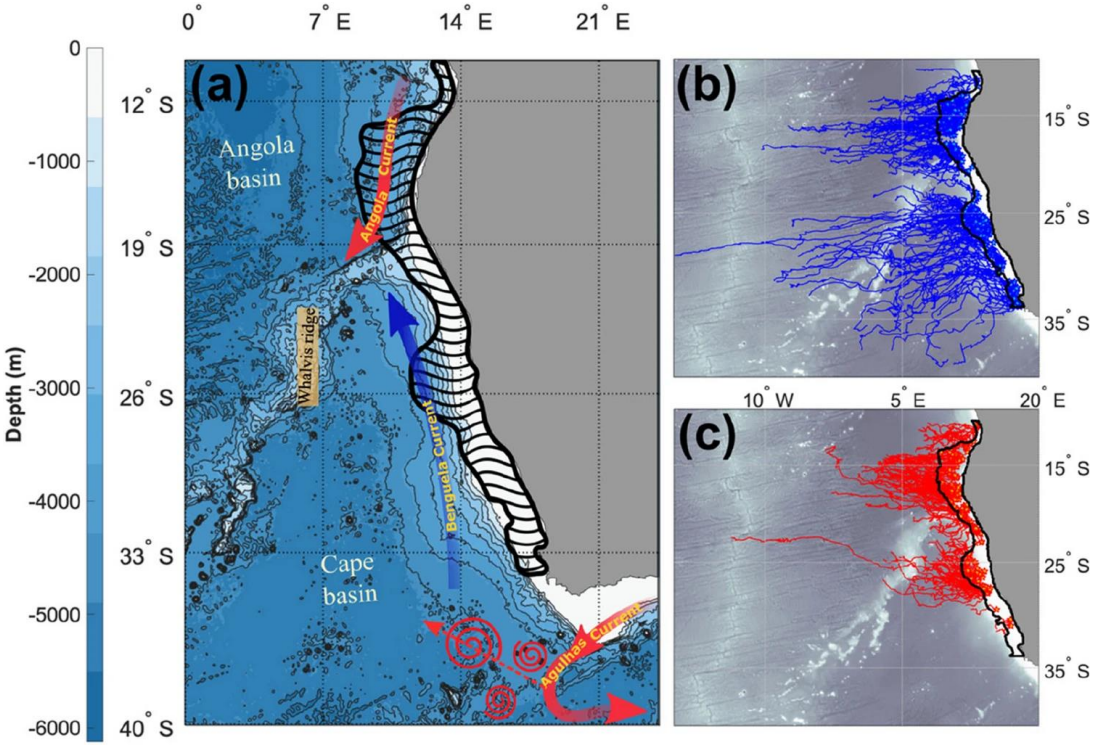


Рисунок 7.2.1 – (a) Зона Бенгельского апвеллинга по данным реанализа GLORYS12V1, усредненным за 1993-2020 гг. Показаны траектории циклонов (b) и антициклонов (c), образовавшихся в зоне апвеллинга, по данным атласа META3.2 в 1993-2021 гг.

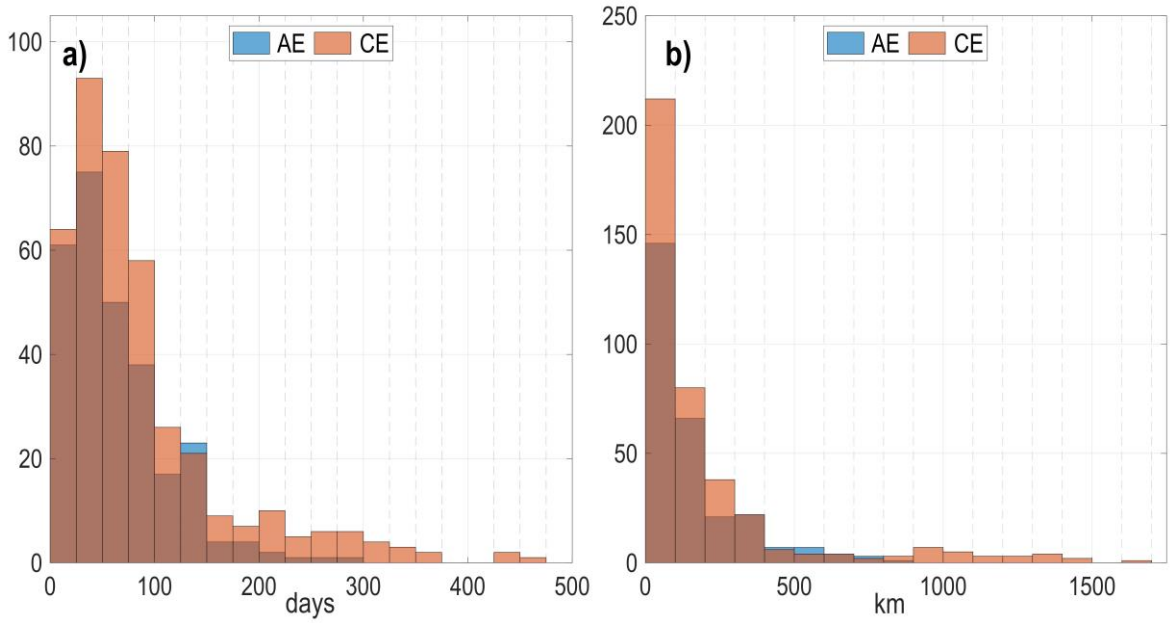


Рисунок 7.2.2 – Гистограммы распределения мезомасштабных вихрей, сформировавшихся в зоне апвеклинга, по времени жизни и смещению, полученные с использованием алгоритма детектирования вихрей AMEDA на основе данных альтиметрии AVISO за период 2010-2020 гг. Темно-коричневый цвет указывает на наложение синего и коричневого цветов

7.3. Анализ параметрического возбуждения нелинейных внутренних волн в неглубоких заливах и бухтах дальневосточных морей (на примере залива Посьета Японского моря)

д.ф.-м.н. Новотрясов В.В.

Высокочастотные внутренние волны и сейшевые колебания – два характерных волновых процесса в неглубоких заливах и бухтах окраинных морей. В отчете проанализирован слабо изученный механизм генерации внутренних волн конечной амплитуды посредством параметрического резонанса, вызванного сейшевыми колебаниями уровня морского бассейна с открытым входом. Обладая конечной амплитудой, внутренние волны выступают главным поставщиком энергии при формировании пикноклина, придонного и приповерхностного погранслоев. На примере залива Посьета в рамках теории параметрического резонанса было установлено, что под воздействием волнового течения, вызванного сейшевыми колебаниями, происходит модуляция горизонтальной компоненты скорости орбитального движения внутренней волны. С использованием натурных данных было установлено, что отношении $u_0/c_{ph} << 1$, где u_0 – скорость баротропного течения, c_{ph} – фазовая скорость внутренней волны, т.е. в заливе реализуется достаточное условие параметрического возбуждения внутренних волн в нулевой зоне параметрического резонанса. Таким образом, на примере залива Посьета было установлено, что в заливах и бухтах окраинных морей возможно возбуждение внутренних волн конечной амплитуды в первой зоне параметрического резонанса с частотами сейшевых колебаний их уровня. *(Новотрясов В.В. Возбуждение внутренних волн в не глубоком морском бассейне с открытым входом в условиях параметрического резонанса // Морской гидрофизический журнал. — 2024. — Т. 40, № 5(239). — С. 690-705. Переводная версия: Novotryasov V.V. Excitation of Internal Waves in a Shallow Sea Basin with an Open Inlet under Conditions of Parametric Resonance // Physical Oceanography. — 2024. — Vol. 31, Iss. 5. — P. 647-661).*

7.4 Разработка новых методов флюидоакустики, направленных на манипулирование и диагностику природных дисперсных систем (морских осадков, скоплений планктона, подводных газовых сипов)

д.ф.-м.н. Максимов А.О.

Получены аналитические выражения для описания рэлеевского рассеяния звуковой волны на сфере, расположенной вблизи плоской непроницаемой границы. Эффект взаимодействия частицы с границей проявляется наиболее сильно, когда она располагается на расстоянии, сравнимом с ее размерами. Сопоставление с численными расчетами подтверждает результаты аналитического подхода. Доминирующим возмущением в длинноволновом приближении являются дипольные колебания частицы вдоль границы раздела. Анализ, основанный на применении непрерывных групп Ли обеспечивает систематический учет симметрий, присущих проблеме нелинейной динамики пузырька в поле гармонического сигнала при наличии случайной составляющей. Нарушенная симметрия трансляции во времени восстанавливается в условиях, когда период внешнего воздействия велик по сравнению с временным масштабом собственных колебаний пузырька, что позволяет получить аналитическое решение задачи вблизи порога Блейка. *(Максимов А.О. Особенности рэлеевского рассеяния на частице, расположенной вблизи межфазной поверхности // Акустический журнал. — 2024. — Т. 70, № 1. — С. 3-10. DOI: 10.31857/S0320791924010015; Maksimov A. Rayleigh scattering from a sphere located near a planar rigid boundary // Journal of Theoretical and Computational Acoustics. – 2024. – V. 32. No. 3. – Art. no.2450002. DOI:10.1142/S2591728524500026; Maksimov A.O. Symmetry of the stochastic Rayleigh equation and features of bubble dynamics near the Blake threshold // Communication in nonlinear science and numerical simulations. — 2024. — V. 133. — Art. no. 107975. DOI: 10.1016/j.cnsns.2024. 107975).*

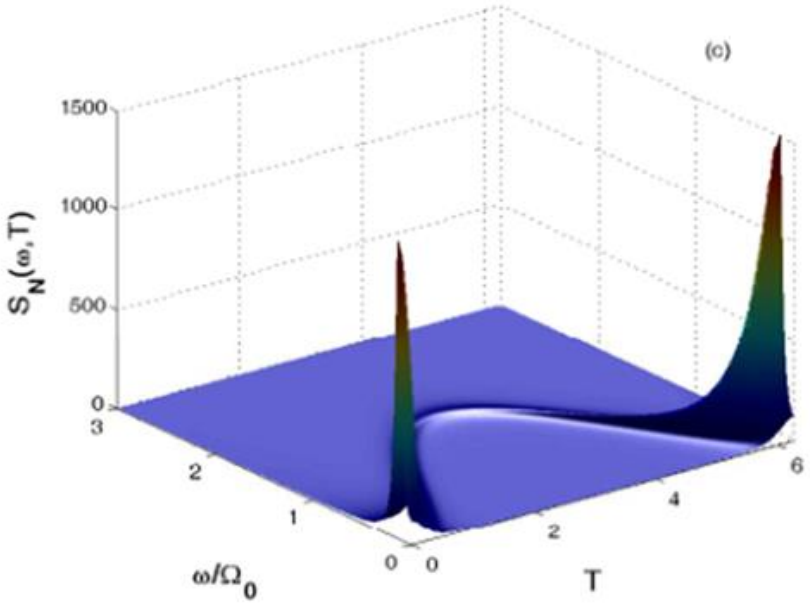


Рисунок 7.4 – Нормированная спектральная плотность стохастической составляющей колебаний пузырька, S_N, как функция безразмерной частоты $\omega/\ \Omega_0$ и медленного времени $T = \omega_p t$

7.5 Анализ гидробиологических и гидрооптических характеристик в субмезомасштабных вихрях в заливе Петра Великого с помощью одновременных *in-situ* и дистанционных измерений

Сорокин М.А., к.ф.-м.н. Гудименко А.И., Тыщенко А.Г., д.ф.-м.н. Петров П.С.

Предложена новая параметризация поля скорости звука в Японском море в присутствии синоптического вихря. Предложена параметризация фонового профиля скорости звука на его периферии, после чего исследовано возмущение поля скорости звука, связанного непосредственном с вихрем. Предложенная параметризация фонового профиля скорости звука, сводящая задачу расчета собственных функций к задаче для уравнения Шредингера с потенциалом Морса, позволила получить в явном виде решение задачи Штурма-Лиувилля для акустических мод. Проанализированы границы применимости теории возмущений акустических мод для данной параметризации фонового профиля скорости звука при наличии синоптического вихря. Результаты исследования могут быть использованы при разработке моделей распространения звука в океане, а также для повышения точности гидроакустических навигационных систем большой дальности. *(Sorokin M., Gudimenko A., Luchin V., Tyschenko A., Petrov P. The parameterization of the sound speed profile in the Sea of Japan and its perturbation caused by a synoptic eddy // Journal of Marine Science and Engineering. — 2024. — Vol. 12, Iss. 12. — Art.no. 2207. DOI: 10.3390/jmse12122207).*

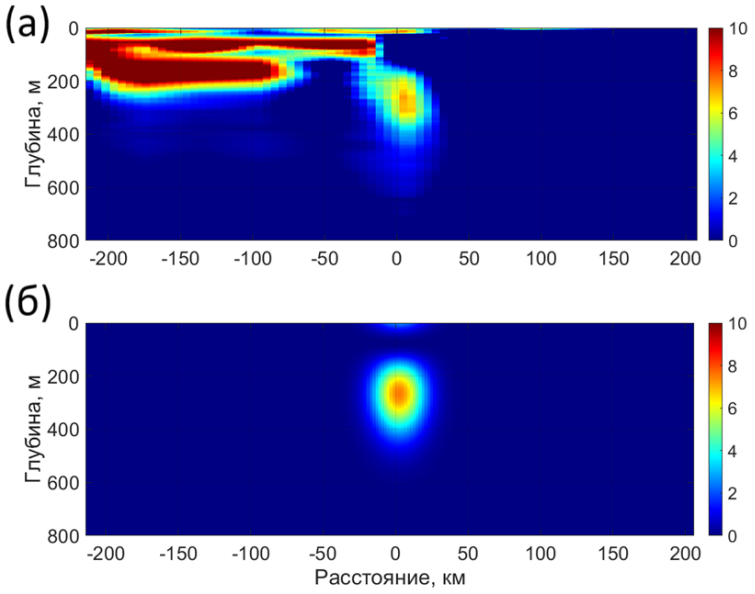


Рисунок 7.5 – Зависимость возмущения поля скорости звука от глубины z и расстояния от центра вихря по горизонтали зонального разреза вихря для натурного эксперименте (а) и для модельной параметризации (б)

7.6 Метод моделирования пропагатора акустического поля в случайно-неоднородном подводном звуковом канале с помощью стохастических модовых уравнений в векторной форме

д.ф.-м.н. Макаров Д.В.

Рассмотрена задача о распространении звука в случайно-неоднородном подводном звуковом канале. Пропагатор акустического поля известен как эффективное средство исследования физики распространения вдоль отдельного сегмента подводного звукового канала, включая анализ рассеяния звука на неоднородностях. Кроме того, пропагатор является характеристикой, которая может быть измерена в эксперименте, что делает его эффективным средством для реконструкции среды по акустическим данным. Вместе с тем,

применимость ранее разработанных методов моделирования пропагатора с помощью теории случайных матриц ограничена случаем низких частот, от 200 Гц и ниже, который дает возможность использовать теорию модовых возмущений. Чтобы моделировать пропагатор на более высоких частотах, нами был разработан метод, основанный на решении стохастических модовых уравнений в векторной форме. Данный метод позволяет существенно повысить точность моделирования и, в то же время, не требует значительных вычислительных ресурсов. В качестве примера рассмотрен акустический волновод в мелком море со случайной неровностью дна.

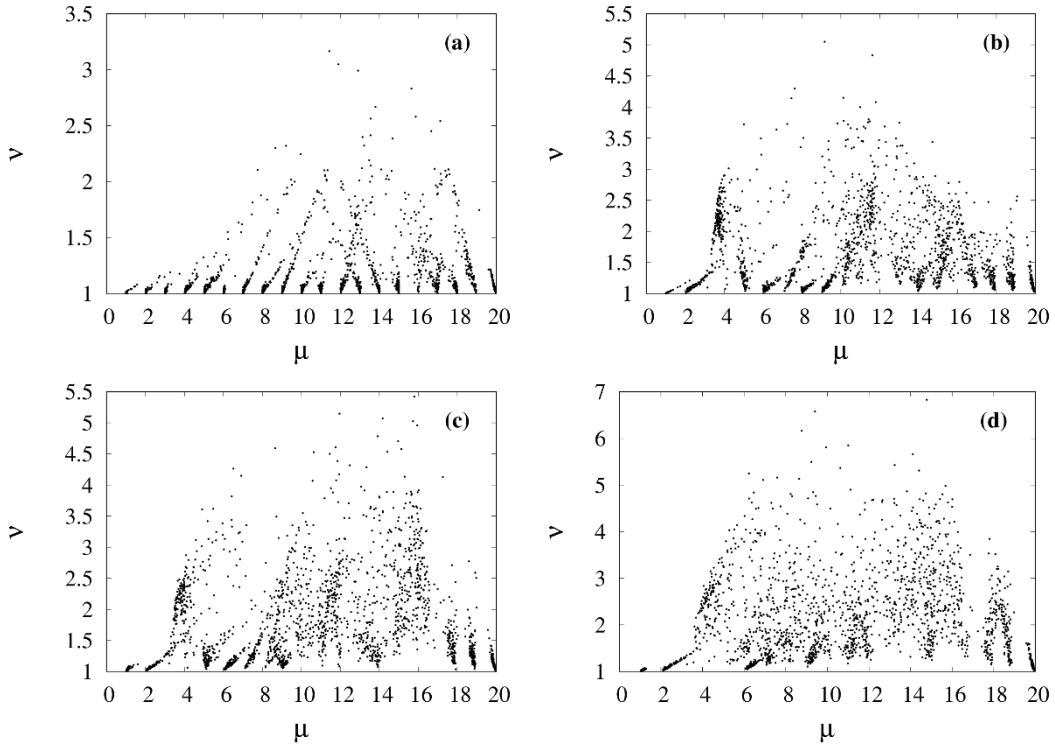


Рисунок 7.6 – Распределение собственных функций пропагатора акустического поля в плоскости параметров μ (характеризует номера мод, наиболее соответствующих собственной функции) и ν (характеризует число мод, дающих эффективный вклад в собственную функцию) для модели мелководного волновода со случайной неровностью дна. Длина волноводного сегмента: 1 км (a), 5 км (b), 10 км (c) и 20 км (d)

7.7 Динамические симметрии и сжатые состояния света

д.ф.-м.н., проф., чл.-корр. РАН Пранц. С.В.

Получено точное решение для дисперсии квадратурной составляющей напряженности электрического поля в случае квадратичного параметрического процесса с динамической симметрией SU (1,1). Показано, что распад моды поля в этих процессах может оказывать сильное влияние на сжатое состояние света. Соответствующую дисперсию можно уменьшить, уменьшив число фотонов и/или коэффициент затухания моды. Условие сжатия в нелинейном оптическом процессе четвертой степени с гамильтонианом с приближенной динамической симметрией в первом порядке малости по параметру нелинейности найдены, используя тот же алгоритм, что и в случае SU (1,1). Получено аналитическое решение для среднеквадратического отклонения напряженности поля в случае параметрического процесса четвертой степени с приближенной динамической симметрией. (*Prants S.V. Dynamical Symmetry and Generation of Squeezed States of Light // Journal of Russian Laser Research. — 2024. — Vol. 45, No. 2. — P. 155-161. DOI: 10.1007/s10946-024-10198-2).*

Тема 8 «Исследование изменений процессов транспорта и трансформации вещества и энергии в системе суша-моря Северной Евразии в условиях современных изменений в криосфере»

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

Регистрационный номер 124022100083-1

8.1 Перенос и биогеохимический цикл терригенного органического углерода на Сибирской континентальной окраине

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

Установлена значительная трансформация наземного органического углерода (terrOC), происходящая во время его латеральной миграции от береговой линии к подножью материкового склона, куда terrOC транспортируется ледовым разносом, волновыми и турбидными потоками. Молекулярные проксииндикаторы указывают на снижение концентрации terrOC от берега к кромке шельфа вследствие его деградации (до биогенных элементов и окисление до CO_2) и увеличения вклада морского компонента органического углерода. *(Martens J., Tesi T., Rusakov V., Semiletov I., Dudarev O., Gustafsson Ö. Off-Shelf Transport and Biogeochemical Cycling of Terrestrial Organic Carbon Along the East Siberian Continental Margin // Global Biogeochemical Cycles. — 2024. — Vol. 38, Iss. 9. — Art.no. e2024GB008104. DOI: 10.1029/2024GB008104).*

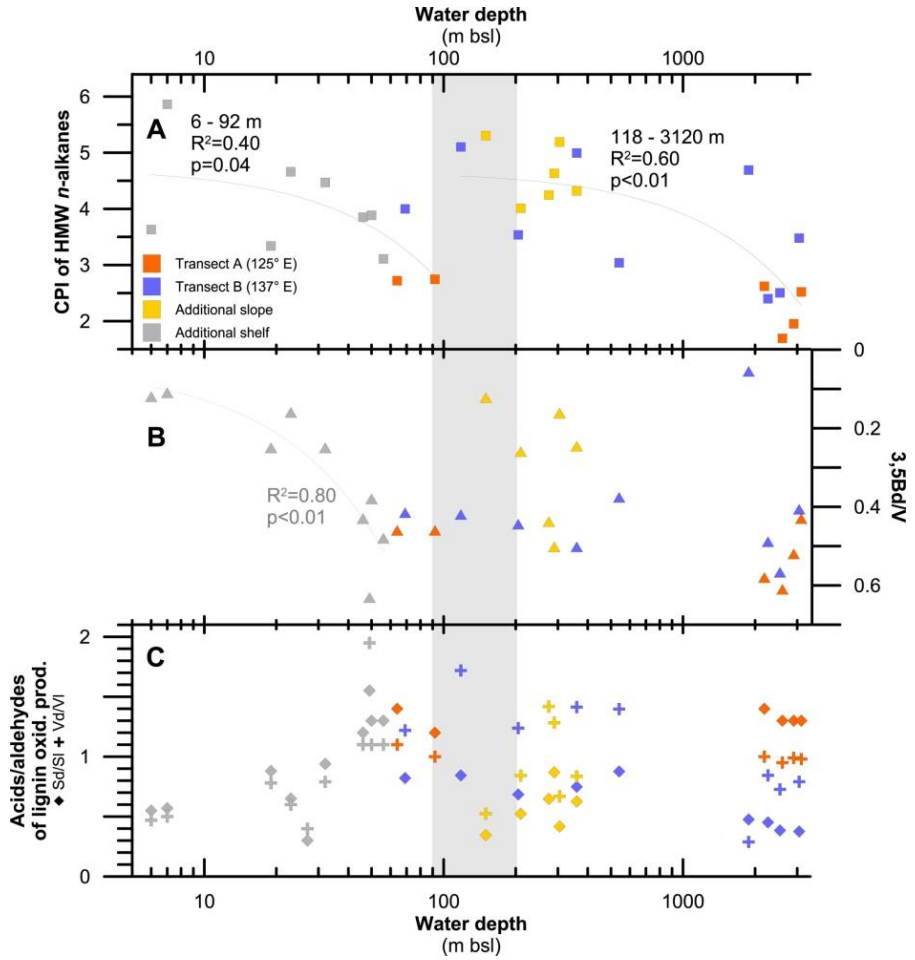


Рисунок 8.1 – Биомаркеры-прокси, указывающие на деградацию terrOC в зависимости от глубины. A – индексы предпочтения углерода (CPI) для высокомолекулярных (HMW) н-алканов; B – отношение 3,5-дигидроксибензойной кислоты к ванилилфенолам (3,5-Bd/V); C – отношения кислот к альдегидам лигновых фенолов, включая отношения сирингиловой кислоты (Sd) к альдегиду (Al), а также ванилиновой кислоты (Vd) к альдегиду (Vl)

8.2 Роль молодого терригенного органического углерода многолетней мерзлоты в дегляциальном повышении концентрации атмосферного метана

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

Исследована крупномасштабная ремобилизация наземного органического углерода на шельфе моря Лаптевых в позднечетвертичное время. Резкие потепления климата в период ~11,7-18 тыс. лет сопровождались существенным повышением концентрации атмосферного метана. Примерно 2600 лет назад произошло усиление ремобилизации наземного органического углерода, поставляемого из сибирского водосбора, не испытывавшего ранее теплой деградации. Такая активизация обусловлена увеличением глубины сезонного протаивания многолетней мерзлоты на фоне потепления, и сопровождалась повышением концентрации биогенного CH_4 за счет деградации такого наземного органического углерода. *(Sabino M., Gustafsson Ö., Wild B., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Ingrosso G., Tesi T. Feedbacks From Young Permafrost Carbon Remobilization to the Deglacial Methane Rise // Global Biogeochemical Cycles. — 2024. — Vol. 38, Iss. 10. — Art.no. e2024GB008164. DOI: 10.1029/2024GB008164).*

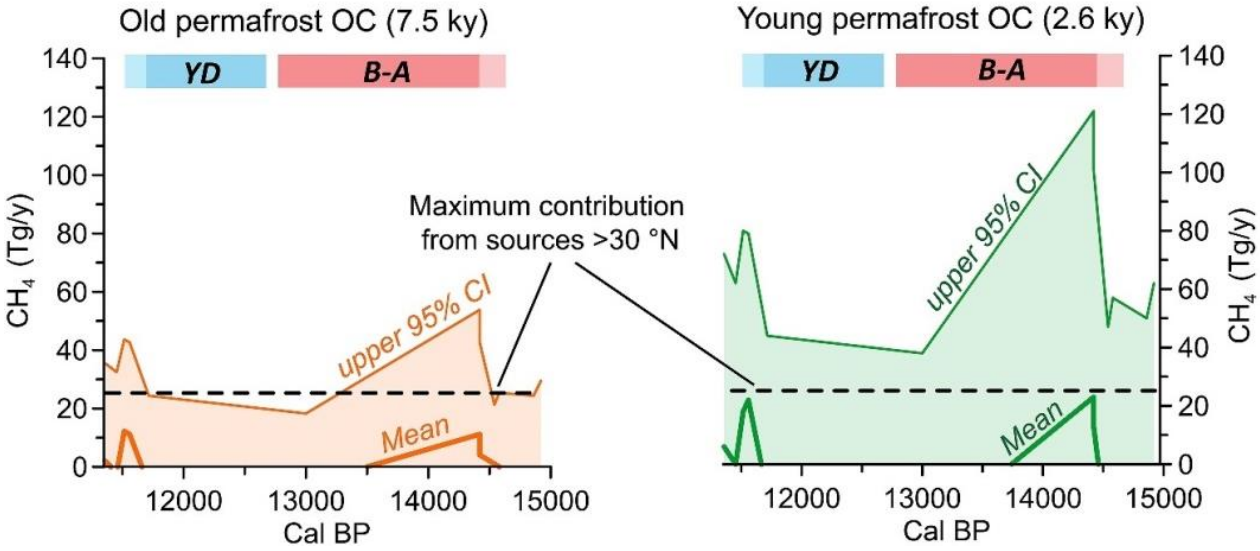


Рисунок 8.2 – Выбросы метана из слоя многолетней мерзлоты, подвергающегося многократному циклу протаивания/промерзания (слева), и не испытывавшего ранее тепловой деградации (справа)

8.3 Потоки кремния на арктическом шельфе России

д.г.н., чл.-корр. РАН Семилетов И.П.

Обнаружена положительная связь между аморфным кремнеземом донных осадков и содержанием органического вещества на арктическом шельфе. Темпы захоронения кремния в донных осадках арктического шельфа оценены ~70 Гмоль Si/год, это эквивалентно 4,5% всего его стока в Северный Ледовитый океан. Ежегодно донные осадки арктического шельфа перерабатывают примерно в два раза больше кремнекислоты (680 Гмоль Si), чем поставляется с речным стоком (340-500 Гмоль Si). Кремний из Северного Ледовитого океана экспортируется в Северную Атлантику – высокопродуктивную акваторию Мирового океана. *(Ray N.E., Martens J., Ajmar M., Tesi T., Yakushev E., Gangnus I., Strauss J., Schirrmeister L., Semiletov I., Wild B. The Role of Coastal Yedoma Deposits and Continental Shelf Sediments in the Arctic Ocean Silicon Cycle // Global Biogeochemical Cycles. — 2024. — Vol. 38, Iss. 1. — Art.no. e2023GB007746. DOI: 10.1029/2023GB007746).*

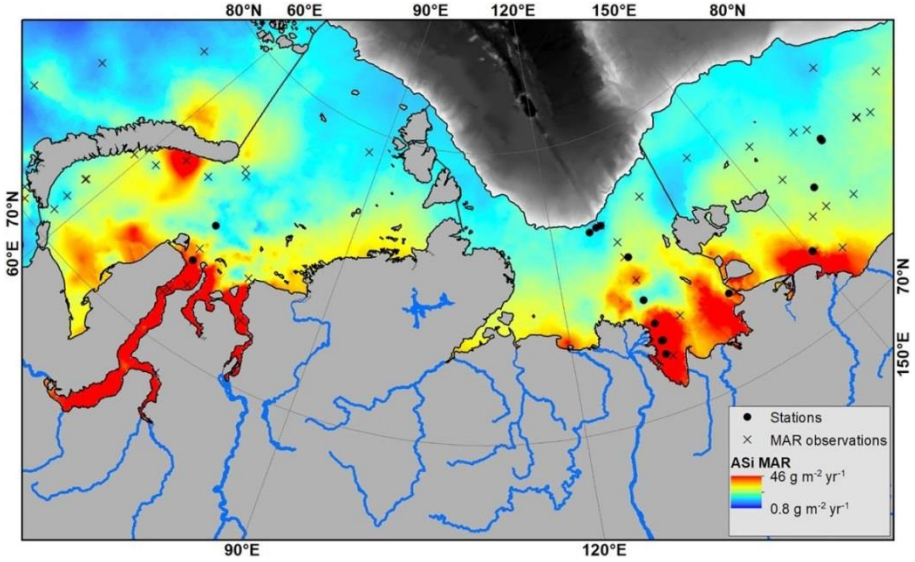


Рисунок 8.3 – Потоки аморфного кремния в поверхностных донных осадках шельфа морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского

Тема 9 «Геохимические трассеры океанологических процессов и явлений в окраинных морях Востока Азии»

Научный руководитель – к.г.-м.н. Чаркин А.Н.

Регистрационный номер 124022100081-7

9.1 Ртуть и соотношение стабильных изотопов азота в шерсти морского зайца (Erignathus barbatus nauticus) Охотского моря

к.г.н. Калинчук В.В.

Исследование содержания ртути и соотношения стабильных изотопов азота в шерсти морского зайца (Erignathus barbatus nauticus) Охотского моря. Было изучено состояние загрязнения ртутью морских зайцев (Erignathus barbatus nauticus) из северо-западной части Охотского моря. В этом исследовании были собраны образцы шерсти у 40 морских зайцев, добытых в регионе в период с августа по октябрь 2021 года. Общая концентрация ртути (THg) в образцах находилась в широком диапазоне от 137 до 1885 нг/г (медиана 407 нг/г). Существенных различий в концентрации THg между самцами и самками тюленей обнаружено не было, различия наблюдались между молодыми и потенциально зрелыми особями. Соотношение стабильных изотопов азота не отличалось между молодыми и взрослыми особями. Более высокие концентрации THg у молодых особей были, вероятно, связаны с различиями в рационе питания тюленей и/или изменениями в местах добычи пищи на ювенильной стадии, что, вероятно, способствует различиям в THg из-за большей сезонной миграции в прибрежные места обитания. Примечательно, что уровни THg у морских зайцев из северо-западной части Охотского моря были ниже по сравнению с другими видами ластоногих в северной части Тихого океана. Эти результаты, представляющие собой первый набор данных для этого вида ластоногих в российском сегменте его ареала, способствуют пониманию воздействия ртути на популяцию млекопитающих Охотского моря. *(Trukhin A., Kalinchuk V., Rumiantseva O., Zolotukhin S. Mercury and stable nitrogen isotope ratios in the hair of bearded seals (Erignathus barbatus nauticus) from the Sea of Okhotsk // Environmental Science and Pollution Research. — 2024. — Vol. 31, Iss. 45. — P. 56645-56659. DOI: 10.1007/s11356-024-34677-w).*

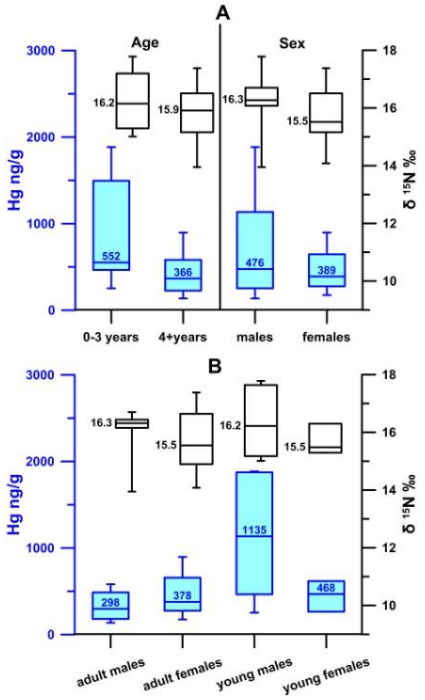


Рисунок 9.1 – Концентрации THg (в нг/г) и значения δ15N в шерсти тюленей разного пола и возраста (A) и в возрастных классах по полу (B). Горизонтальные линии в полях обозначают 25-й, медианный и 75-й процентили. Верхние и нижние усы обозначают максимальные и минимальные значения

9.2 Особенности формирования подводного оазиса в Чаунской губе Сибирской Арктики

к.г.-м.н. Чаркин А.Н., Ярощук Е.И., Гуленко Т.А., Леусов А.Э., Старцев А.М.

С помощью робототехнического комплекса Smart Fish и геохимических трассеров решена 40-летняя загадка теплолюбивых биоценозов в Чаунской губе Восточно-Сибирского моря. Было установлено, что причиной возникновения и существования не типичных для Сибирской Арктики морских экосистем является разгрузка термальных субмаринных подземных вод. Подземные воды поставляют в залив тепло, биогены и микроэлементы и тем самым поддерживают большое биоразнообразие и высокую плотность поселений. Были обнаружены новые теплолюбивые виды, не типичные для данного района Арктики. Данные обстоятельства также отразились и на составе органического вещества в донных осадках Чаунской губы. За счет высокой первичной продукции в донных осадках губы преобладала органика автохтонного генезиса. Проведены исследования содержания ртути в организмах млекопитающих дальневосточных морей России. *(Charkin A.N., Kosobokova K.N., Ershova E.A., Syomin V.L., Kolbasova G.D., Semkin P.Yu., Leusov A.E., Dudarev O.V., Gulenko T.A., Yaroshchuk E.I., Startsev A.M., Fayman P.A., Krasikov V.A., Zverev S.A., Bessonova E.A., Ulyantsev A.S., Elovsky E.V., Yurikova D.A., Kobyakov K.A., Zimina O.L., Alexandra V., Gerasimova A.V., Tishchenko P.P., Didov A.A. A unique warm–water oasis in the Siberian Arctic's Chaun Bay sustained by hydrothermal groundwater discharge // Communications Earth & Environment. — 2024. — Vol. 5, Iss. 1. — Art.no. 393. DOI: 10.1038/s43247-024-01529-x).*

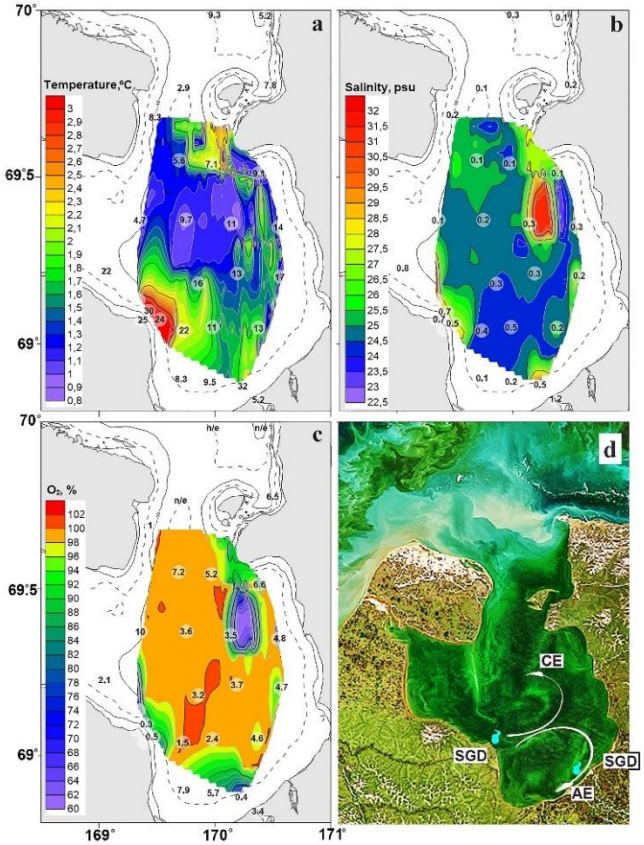


Рисунок 9.2 – Пространственное распределение гидрологических параметров на глубине 8 метров, измеренных с помощью буксируемой роботизированной системы «Smart Fish» и спутникового снимка Чаунской губы: a – температура, b – соленость, c – растворенный кислород, d – спутниковый снимок Чаунской губы в июле 2020 г. (снимок MODIS/Aqua, полученный 20 июля 2020 г. с сайта https://worldview.earthdata.nasa.gov). На снимке показаны циклонические (CE) и антициклонические (AE) вихри (отмечены белыми стрелками), также обнаруженные нашей гидрологической съемкой в октябре 2020 г. Синие точки показывают место выхода холодных/термальных СПВ. Цифры в прозрачных кругах указывают в нижнем горизонте (a) активность $ex^{224}Ra$ (dpm 100 L-1), (b) отношение активностей $^{224}Ra/^{228}Ra$ и (c) «возраст радия» (дни)

9.3 Гранулометрический состав и органическое вещество донных осадков Чаунской губы (Восточно-Сибирское море)

к.г.-м.н. Чаркин А.Н., Ярощук Е.И.

В данной работе мы впервые показываем пространственную выдержанность Сорг для донных осадков исследуемого района. Сорг концентрируется преимущественно в центральной части Чаунской губы. Вдоль береговой зоны и на внутреннем шельфе Восточно-Сибирское моря концентрации Сорг снижаются. В центральной, юго-западной частях и в районе пролива Певек были зафиксированы повышенные значения OI, что указывает на возможный вклад слабоокисленного Сорг. Сопоставление ряда индексов показало, что состав Сорг определяется путем усиления вклада первичной продуктивности Чаунских вод, а также поступлением терригенного Сорг в результате береговой эрозии и незначительного речного стока. Таким образом, все вышеперечисленные факторы формируют особую биогеохимическую акваторию в Чаунской губе, где отсутствует крупный речной сток, а полузамкнутый аккумулятивный седиментационный бассейн, отделенный от Восточно-Сибирское моря островом Айон, слабое циркуляционное течение и наличие разгрузки субмаринных подземных вод гидротермального генезиса благоприятно воздействуют на усиление первичной биопродуктивности Чаунских вод. *(Ульянцев А.С., Стрельцова Е.А., Чаркин А.Н. Гранулометрические характеристики поверхностных донных осадков Чаунской губы // Океанология. — 2024. — Т. 64, № 3. — С. 509-525. DOI: 10.31857/S0030157424030117; Полтавская Н.А., Гершелис Е.В., Чаркин А.Н., Ярощук Е.А., Гусева Н.В., Семилетов И.П. Органическое вещество донных осадков Чаунской губы (Восточно-Сибирское море): результаты пиролитического анализа по методу Rock-Eval // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2024. — Т. 335, № 1. — С. 148-161. DOI: 10.18799/24131830/2024/1/4415).*

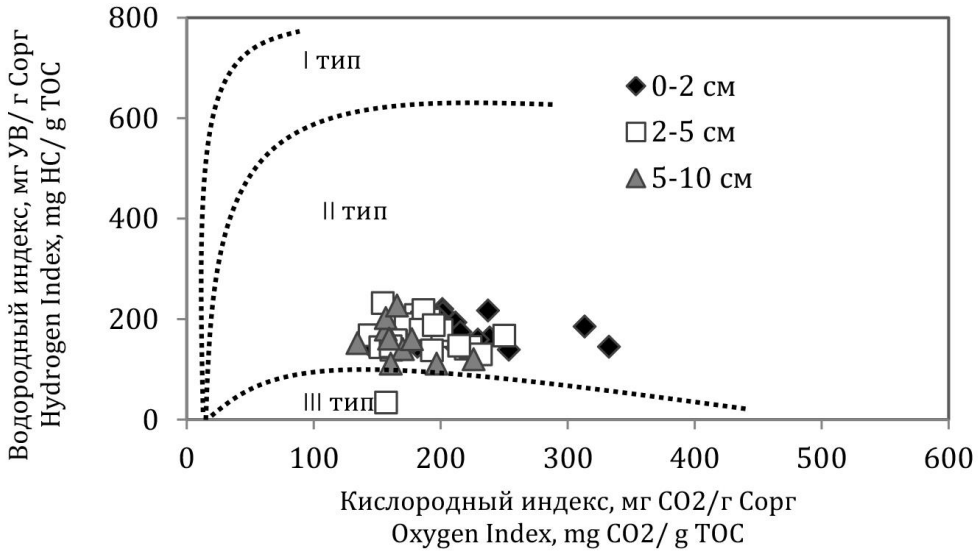


Рисунок 9.3 – Модифицированная диаграмма Ван-Кревелена для поверхностных осадков Чаунской губы (Восточно-Сибирское море)

Тема 10 «Комплексные исследования состояния природной среды и минеральных ресурсов Мирового океана на основе геохимических, геологических и геомикробиологических индикаторов»

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

Регистрационный номер 124022100078-7

10.1 Геохимия речных вод водосбора реки Ло провинции Хазянг (северный Вьетнам)

к.г.-м.н. Сырбу Н.С., Ли Н.С.

Исследованы геохимические параметры речной воды водосбора реки Ло провинции Хазянг (северный Вьетнам) в засушливый сезон – pH, концентрации основных катионов и анионов, микроэлементов. В водосборном бассейне реки Ло уровень pH речной воды варьируется от умеренно кислого до щелочного, причем большинство из них относится к категории щелочных. Значения TDS варьируются в широком диапазоне от от 17.4 до 284.9 мг/л, при среднем значении TDS 132.4 ± 94.2 мг/л. Существует четкое распределение TDS в речной воде, причем очень низкие значения наблюдаются в водосборе гранитного комплекса, а более высокие – в других литологических единицах. Распределение типов воды тесно связано с геологическими условиями. Основной реакцией в водной системе является растворение карбонатных минералов, таких как кальцит и доломит, а также мелкомасштабные процессы перемешивания и катионного обмена. Сравнительные результаты показали, что воды реки в целом пригодны для повседневной деятельности местного населения, при этом в нескольких конкретных местах вода из ручья требует очистки. Проведенные исследования позволяют выработать рекомендации по снижению антропогенной нагрузки на водную среду и экосистему как для конкретных исследуемых районов Вьетнама, так и для прибрежных районов азиатско-тихоокеанского побережья. *(Anh Tuan Tran, Luong Duc Le, Shakirov R.B., Syrbu N.S., Dung Thi Pham, Dang Thanh Pham, Lien Thi Nguyen, Qua Xuan Nguyen, Thu Thi Nguyen, Hai Dinh Vu, Ly Hoang Vu, Lee N.S., Venikova A.L. Geochemistry of Stream Waters of the Lo River Catchment, Ha Giang Province (Northern Vietnam) // Lithology and Mineral Resources. — 2024. — Vol. 59, Iss. 3. — P. 340-356. DOI: 10.1134/S0024490224700494).*

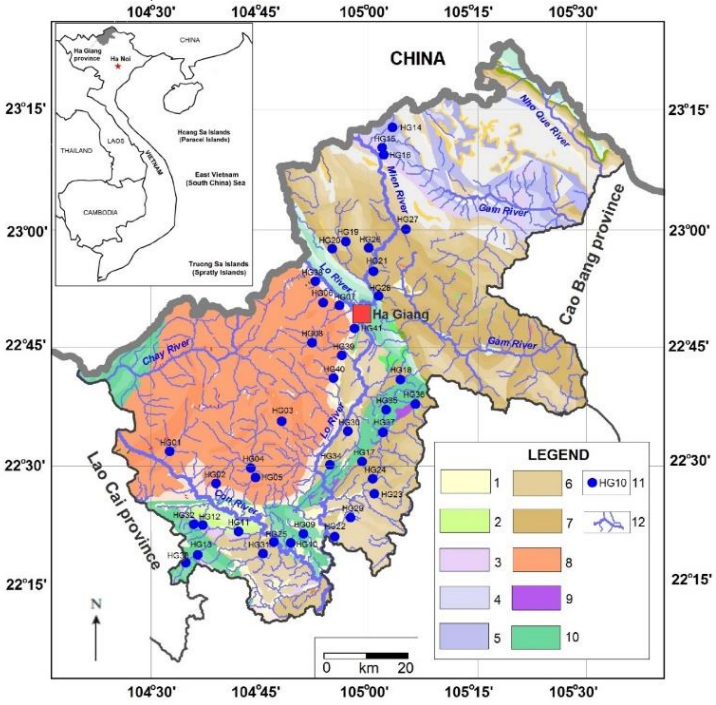


Рисунок 10.1 – Карта распределения литологических единиц, мест отбора проб воды и разного стока рек водосбора реки Ло: 1 – четвертичные отложения; 2 – меловые конгломераты, песчаники и алевриты формации Бан Ханг; 3 – триасовые сланцы и песчаники формации Лан

Панг; 4 – триасовые песчаники и сланцы формации Сонг Хиен; 5 – триасовые сланцы, алевриты, песчаники формации Сонг Хиен; 6 – девонские известняки и сланцы формации Миа Ле; 7 – девонские глинистые сланцы формации Пиа Фыонг; 8 – девонские биотитовые граниты комплекса Сонг Чай; 9 – протерозойские дуниты и гарцбургиты комплекса Нам Бут; 10 – кембрийские мраморы, известняки и сланцы формации Ха Жанг; 11 – место отбора проб; 12 – ручей и река

10.2 Исследование загрязнения водоносного горизонта тяжелыми металлами с использованием математического моделирования по методу конечных элементов

к.г.-м.н. Сырбу Н.С., Ли Н.С.

Выполнена оценка загрязнения подземных вод тяжелыми металлами в деревне ремесленников по переработке железа Чау Кхе (северный Вьетнам), где наблюдается высокое содержание тяжелых металлов в почве и отложениях. Результаты компьютерного моделирования переноса тяжелых металлов с использованием параметров изотермы Фрейндлиха показывают количественное распределение тяжелых металлов по глубине и времени. Из-за относительно невысоких концентраций Ni и Cd, но значительно превышающих допустимые пределы, в речных отложениях и низкой константы адсорбции Фрейндлиха перенос тяжелых металлов в голоценовом водоносном горизонте происходит очень быстро. Водоносный горизонт приходит к равновесному состоянию примерно через 2-2.5 года, в то время как для тяжелого металла Zn этот срок составляет около 4 лет, а поскольку способность водоносного горизонта к адсорбции тяжелых металлов (таких как Pb) значительно выше – то около 27 лет. Учитывая высокие концентраций тяжелых металлов в почвах и отложениях, а также результаты моделирования, были даны рекомендации по управлению качеством подземных вод. Результаты применимы для других районов, подверженных загрязнению тяжелыми металлами как на территории Вьетнама, так и РФ. *(Nguyen Bach Thao, Shakirov R.B., Syrbu N.S., Tran Vu Long, Trinh Hoai Thu, Dao Duc Bang, Duong Thi Thanh Thuy, Kieu Thi Van Anh, Vu Thu Hien, Lee N.S. Study on aquifer contamination by heavy metals using finite element modeling with Freundlich parameters in traditional metal recycling craft village in Bac Ninh province, Vietnam // Russian Journal of Pacific Geology. — 2024. — Vol. 18, Iss. 4. — P. 452–466. DOI: 10.1134/S1819714024700155).*

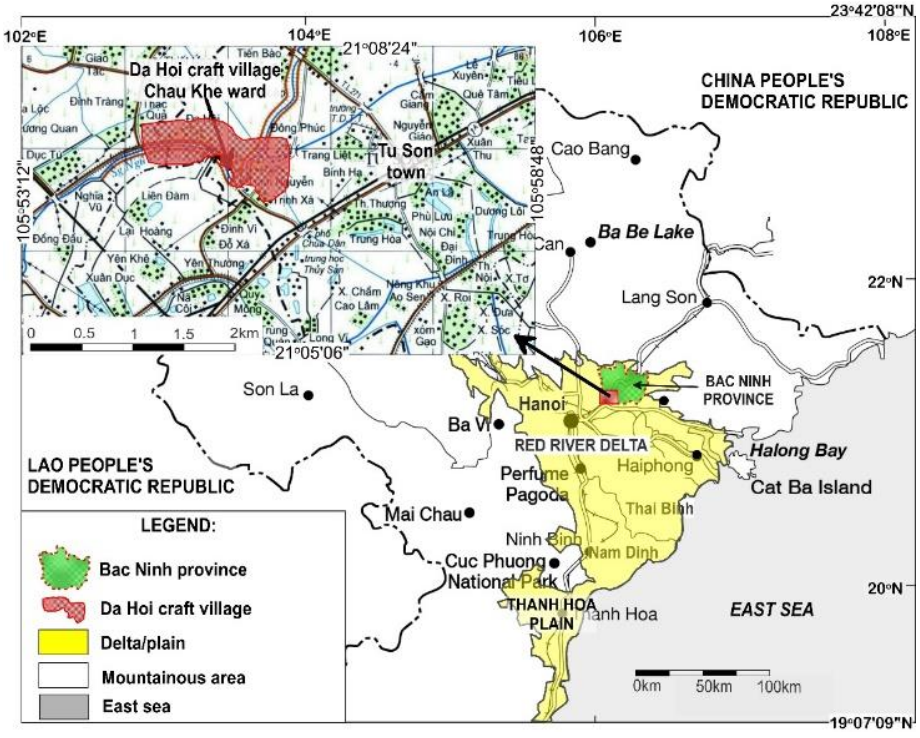


Рисунок 10.2 – Карта исследуемой территории, северный Вьетнам

10.3 Оценка пополнения запасов подземных вод методом кумулятивного оттока осадков для вьетнамской дельты реки Меконг

Н.С. Ли

Проведено исследование пополнения грунтовых вод через инфильтрацию осадков с использованием пересмотренного метода кумулятивного оттока осадков (CRD) для уровней грунтовых вод, полученных в контрольных скважинах в дельте Меконга. Метод CRD, изначально разработанный для засушливой и полузасушливой Южной Африки, был доказано применим к Северному и Южному Вьетнаму (настоящее исследование) с тропическим климатом. Применимость метода CRD для глубоких водоносных горизонтов оценена с помощью закона Дарси, описывающего вертикальный межводоносный поток, который определяется разницей в уровне воды верхних и нижних водоносных горизонтов с промежуточным полупроницаемым слоем, имеющим определенную гидравлическую проводимость, и результатами настоящего исследования. Исследование показывает, что смоделированные CRD уровни грунтовых вод всех четырех четвертичных водоносных горизонтов в исследуемой области имеют тесную корреляцию с ежемесячным количеством осадков, что означает, что предшествующее ежемесячное количество осадков приводит к колебанию уровня воды в конце месяца. Метод доказал свою эффективность и может быть применен к засушливым районам РФ. *(Trinh Hoai Thu, Shakirov R.B., Nguyen Van Hoang, Tran Thi Thuy Huong, Nguyen The Chuyen, Lee N.S., Maltceva E.V., Venikova A.L. Estimation of groundwater recharge using the cumulative rainfall departure method for Bac Lieu province, Mekong Delta, Vietnam // Геосистемы переходных зон – Geosystems of Transition Zones. — 2024. — Vol. 8, Iss. 4. — P. 367–380. DOI: 10.30730/gtrz.2024.8.4.367-380).*

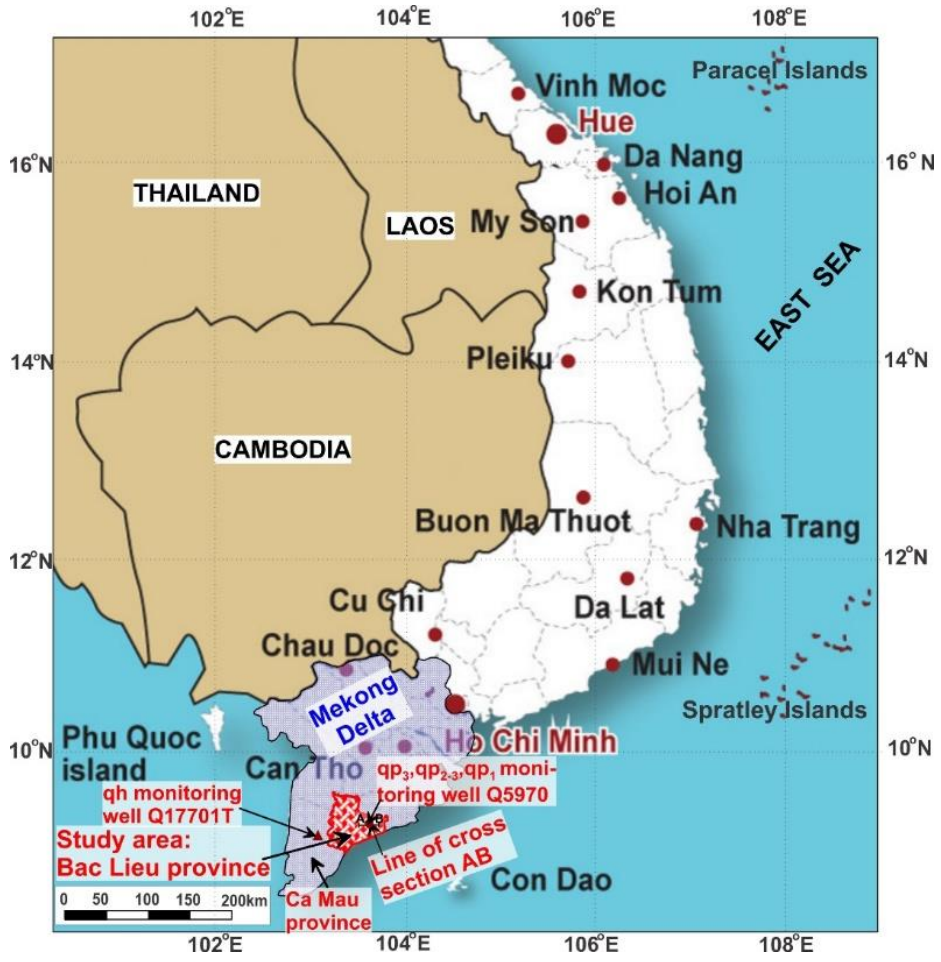


Рисунок 10.3 – Карта Южного Вьетнама с указанием района исследования

Тема 11 «Экологические и биогеохимические процессы в экосистемах дальневосточных морей»

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

Регистрационный номер 124022100077-0

11.1 Биодеградация искусственных полимеров (пластика) в пищеварительной системе морских фитоядных беспозвоночных (in vitro эксперименты)

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

На основе оригинального подхода впервые продемонстрирована способность представителей фитоядных морских беспозвоночных (двустворчатый моллюск *Mizuhopecten yessoensis*, морская звезда *Patiria pectinifera* и морской еж Strongylocentrorus nudus) ускорять биодеградацию искусственных полимеров, таких как полипропилен (PP) и полиэтилен (PE). Показано, что в пищеварительной системе фитоядных морских беспозвоночных, в частности в пищеварительной железе, присутствуют ферменты, способные разрушать искусственные полимеры PP и PE. По данным ИК спектроскопии (рисунок) в образцах PP и PE в результате воздействия комплекса пищеварительных ферментов этих животных появляются функциональные группы (C=O, C-O-R, C-OH и C=C), свидетельствующие об инициации и ускорении процессов окислительной деструкции полимерных цепей, что можно рассматривать в качестве первого этапа процесса биодеградации. С экологической точки зрения, полученные результаты дают основание для пересмотра характера взаимоотношений морских беспозвоночных с загрязняющим морскую среду микропластиком. *(Chelomin V.P., Istomina A.A., Mazur A.A., Zhukovskaya A.F. Biodegradation of polypropylene by filter-feeding marine scallop Mizuhopecten yessoensis: infrared spectroscopy evidence // Frontiers in Marine Science. — 2024. — Vol. 11. — Art.no. 1362231. DOI: 10.3389/fmars.2024.1362231). Istomina A., Chelomin V., Mazur A., Zhukovskaya A., Karpenko A., Mazur M. Biodegradation of polyethylene in digestive gland homogenates of marine invertebrates // PeerJ. — 2024. — Vol. 12. — Art.no. e17041. DOI: 10.7717/peerj.17041).*

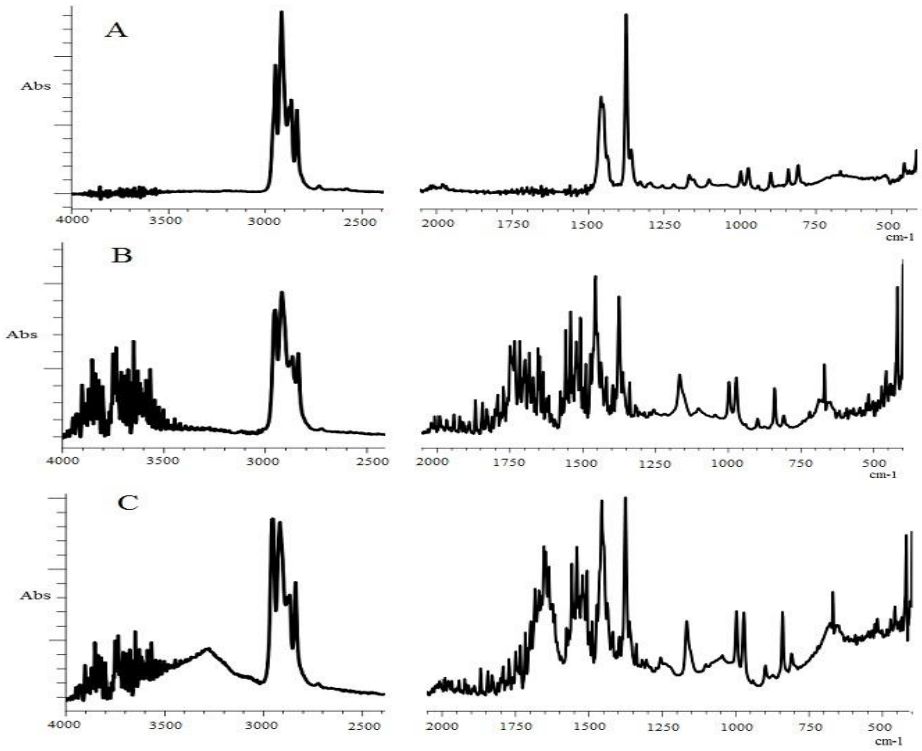


Рисунок 11.1 – ИК спектрограммы «свежих» фрагментов полипропилена (A) и после обработки пищеварительными ферментами пищеварительной железы (B) и кристаллического стебелька (C) моллюска *M. yessoensis*

11.2 Соотношение ртути и стабильных изотопов азота в волосяном покрове морского зайца (*Erignathus barbatus nauticus*) Охотского моря

к.б.н. Трухин А.М.

Выполнен анализ содержания ртути (THg) и стабильных изотопов азота (δ15N) в тюленях *E. barbatus* с целью определения уровня трофических связей животных разных половозрастных категорий. Отсутствовали статистически значимые различия концентраций THg между самцами и самками, но у молодых животных данные показатели оказались выше, чем у взрослых. Одновременно не было обнаружено существенных различий между значениями δ15N в образцах молодых и взрослых, что указывает на то, что они находятся на одинаковом трофическом уровне. В то же время, наблюдалась значимая положительная взаимосвязь между значениями THg и δ15N у молодых животных. Это свидетельствует о сходном рационе разновозрастных тюленей в местах, где тюлени обитают в весенний период, когда наступает сезон размножения и линьки морских зайцев. Вместе с тем, существенные различия в уровне концентрации ртути говорят о том, что в течение репродуктивного периода в границах обитания популяции происходит достаточно строгая пространственная дифференциация молодых и половозрелых особей, что способствует снижению уровня внутривидовой трофической конкуренции между разновозрастными тюленями. (*Trukhin A., Kalinchuk V., Rumiantseva O., Zolotukhin S. Mercury and stable nitrogen isotope ratios in the hair of bearded seals (Erignathus barbatus nauticus) from the Sea of Okhotsk // Environmental Science and Pollution Research. — 2024. — Vol. 31, Iss. 45. — P. 56645-56659. DOI: 10.1007/s11356-024-34677-w*).

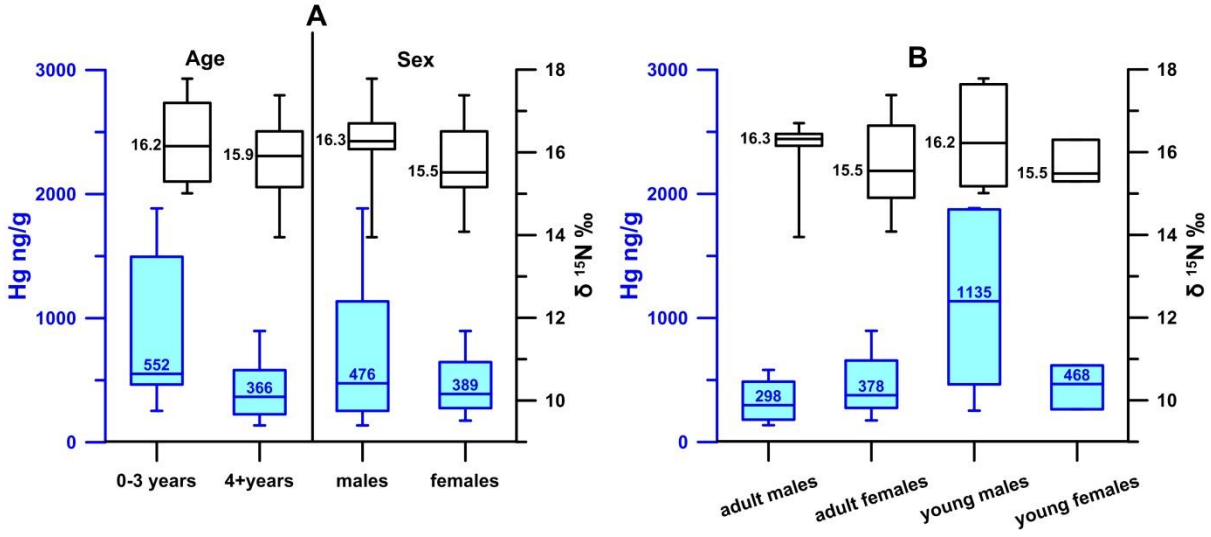


Рисунок 11.2 – Концентрации THg (в нг/г массы тела) и значения δ15N в волосяном покрове тюленей разного пола и возраста (А) и в возрастных группах разнополых тюленей (Б). Горизонтальные линии в ячейках обозначают 25-й, медианный и 75-й процентили. Верхняя и нижняя границы указывают на максимальное и минимальное значения

11.3 Результаты трансектных наблюдений за морскими млекопитающими в Татарском проливе и на переходах в сопредельных акваториях осенью 2018 г.

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

В октябре 2018 года на трансектах и переходах в южной части Татарского пролива и на переходах в Японском море и через пролив Лаперуза был проведен судовой учет морских млекопитающих. Ранее подобные исследования в осенний период в этом районе не выполняли. Всего было встречено 5 видов китообразных (в т.ч. белокрылая морская свинья, обыкновенная морская свинья, дельфин белобочка, косатка, малый полосатик) и 2 вида ластоногих (сивуч и северный морской котик). Исследование показало слабую заселенность района морскими млекопитающими в осеннее время. (*Пермяков П.А., Рязанов С.Д. Результаты трансектных наблюдений за морскими млекопитающими в Татарском проливе и на переходах в сопредельных акваториях осенью 2018 г. // Биология моря. — 2024. — Т. 50, № 3. — С. 239-244. DOI: 10.31857/S0134347524030064. Переводная версия: Permyakov P.A., Ryazanov S.D. Results of Transect Observations of Marine Mammals in the Tatar Strait and During Passages within Adjacent Water Areas in the Fall of 2018 // Russian Journal of Marine Biology. – 2024.–.V. 50(3). – P. 164-168. DOI: 10.1134/S106307402470010X*).

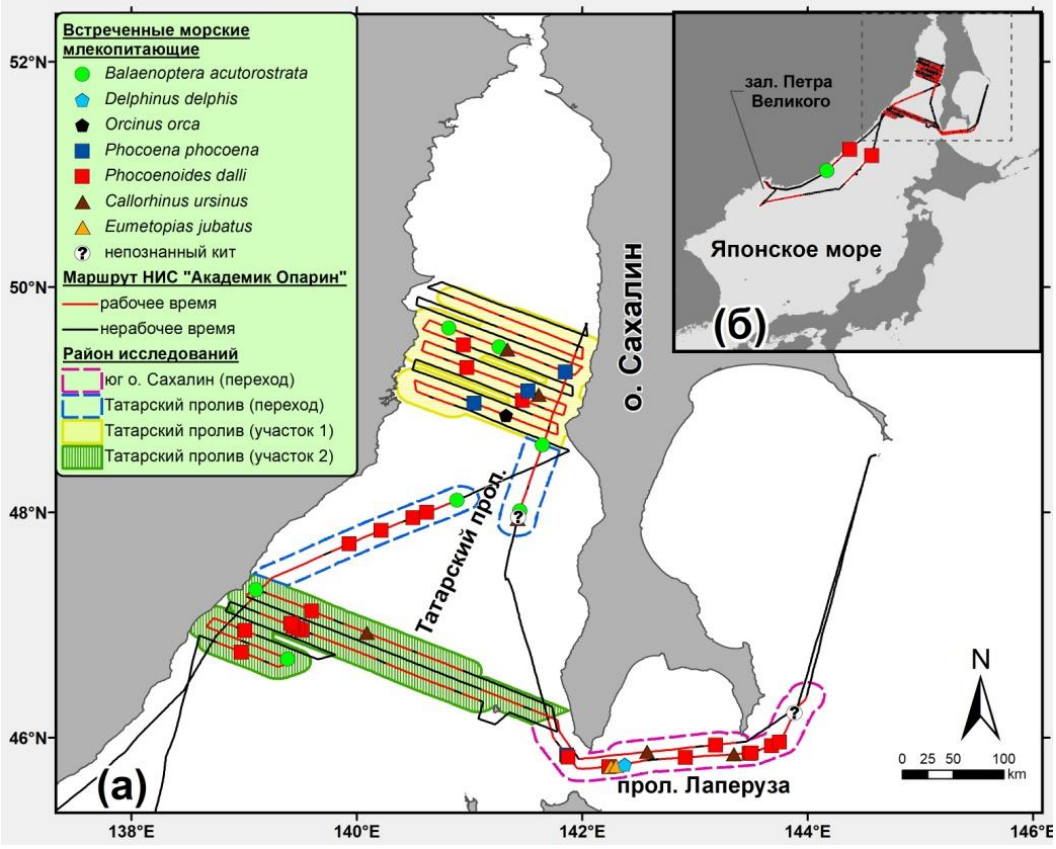


Рисунок 11.3 – Карта наблюдений за морскими млекопитающими во время 55-й комплексной экспедиции НИС «Академик Опарин»: (а) – в Татарском проливе и проливе Лаперуза; (б) – на переходах в Японском море

11.4 Новые данные общей организации конодонтов

д.б.н. Касаткина А.П.

Проведены исследования морфологических особенностей конодонтов, двух экологически близких групп морских животных. Конодонты представляют собой два типа: протоконодонты (это древние отпечатки + современные живые щетинкочелюстные (Щ)) и предположительно вымершие Эуконодонты (ЭУ)). Новые исследования ранее опубликованных фотографий отпечатков позволяют предполагать, что возможно, основной причиной исчезновения некогда многочисленной группы, в отличии от многочисленных сохранившихся живых протоконодонтовых животных [Щ], вероятно, заключаются в строении полового аппарата и стратегии размножения: с разными способами их нереста и оплодотворения особей. (*Kasatkina A.P., Guravskaya G.I. New Data on the General Organization of Conodonts: Euconodont Animals in Imprints from the Paleozoic of South Africa // Paleontological Journal. — 2024. — Vol. 58, Iss. 12. — P. 1462-1467. DOI: 10.1134/S0031030124601282).*

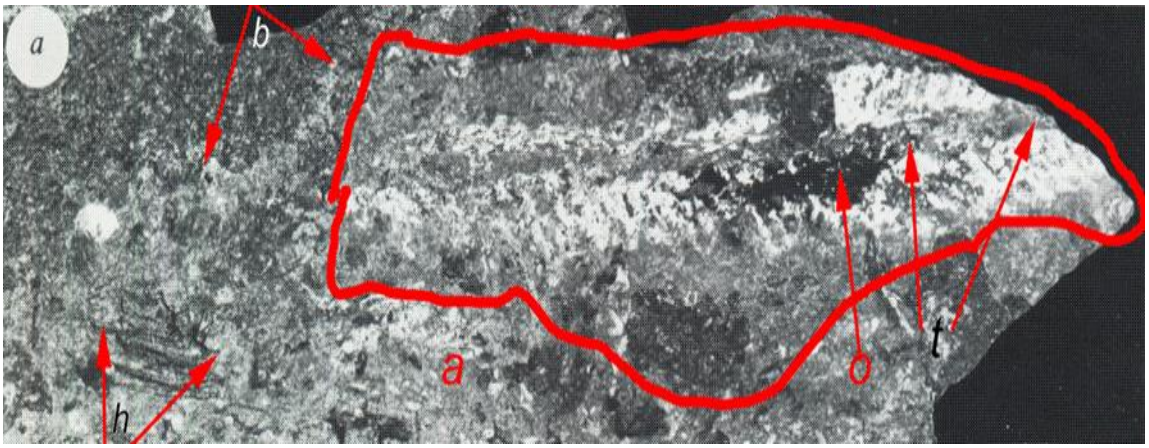


Рисунок 11.4 – Отпечаток нерестилища ЭУ (фото) по S. E. Gabbott, R.J. Aldridge, J.N. Theron (1995). На нерестилище присутствуют несколько отпечатков ЭУ: *a* – взрослая созревшая самка в период размножения (яичник – o; хвостовой отдел – t); b – молодой экземпляр, h – зубные элементы разложившегося крупного экземпляра

11.5 Новый вид щетинкочелюстных *Sagitta dimitryi sp. nov. (Chaetognatha, Sagittoidea*) из Охотского моря

д.б.н. Касаткина А.П., Васильева Л.Е.

Сравнительный анализ морфологических особенностей обнаруженного вида показал, что отсутствие дивертикул кишки сближает *Sagitta dimitryi sp. nov.* с ископаемыми и с некоторыми современными видами. Появление в эволюции нового органа (дивертикул), предположительно, произошло в результате возникновения возможности животных питаться более крупной добычей. По общей морфологии род *Sagitta s. str.* наиболее близок к роду Parasagitta. Тем не менее, генетические исследования показали обособленность этих двух родов. По расположению плавников и промежутку между ганглием и передними плавниками, по расположению семенных пузырьков, а также по наличию промежутка между задними и передними плавниками, отсутствию альвеолярной ткани и наличию выпуклостей мерцательной петли на уровне туловищно-головной перегородки *S. dimitryi sp. nov.* является самостоятельным, новым для науки видом. Этот вид хорошо отличим от видов рода Sagitta, что отражено в таблице «Ключ для определения видов и подвидов Sagitta s. str. мировой фауны». *(Касаткина А.П., Васильева Л.Е. Новый вид щетинкочелюстных Sagitta dimitryi sp. nov. (Chaetognatha, Sagittoidea) из Охотского моря (Северо-Западный Сахалин) // Морской биологический журнал – Marine Biological Journal. — 2024. — Т. 9, № 3. — С. 34-43. DOI: 10.21072/mbj.2024.09.3.04).*

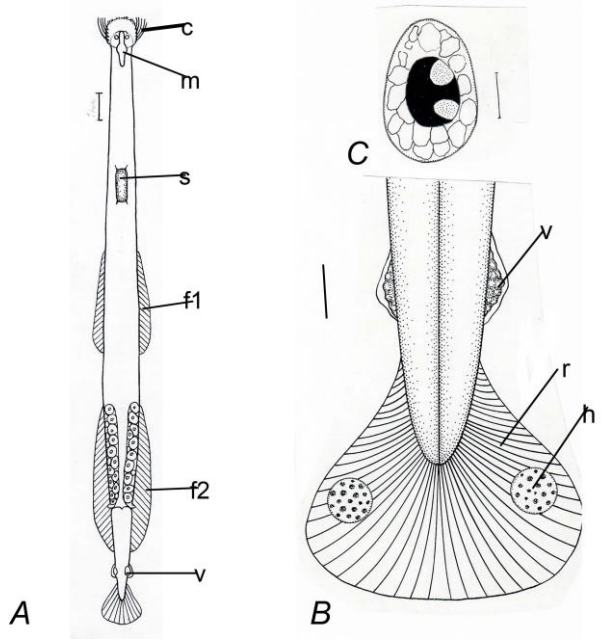


Рисунок 11.5 – Общий вид *Sagitta dimitryi* Kassatkina & Vasileva sp. nov.
A: c – щетинки; f1 – передний плавник; f2 – задний плавник; f – хвостовой плавник; m – мерцательная петля; s – брюшной ганглий; v — семенной пузырек. B – задняя часть экземпляра: h – сенсорно-локомоторный орган; r – лучи; v – семенной пузырек. C – глаз.
Шкала: 1 мм (A); 0,5 мм (B); 0,1 мм (C)

11.6 Лосось как основа функционирования экосистемы залива Академии (Охотское море). Возможные угрозы ее деградации

д.х.н. Тищенко П.Я., к.г.н. Семкин П.Ю., к.г.н. Тищенко П.П., Анохина Р.С., Барабанщиков Ю.А., Рюмина А.А., Сагалаев С.Г., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., к.б.н. Уланова О.А.

Установлено, что в осенний сезон (сентябрь) концентрации общего азота и общего фосфора в эстуариях рек Ульбан и Сыран были выше в 1,5-2 раза, чем в летний (июль) сезон. В сентябре 2022 г. в кутовой части Ульбанского залива наблюдалось превышение содержания общего фосфора и общего азота над фоном примерно на 2,5 и 15 мкмоль/л соответственно, что согласуется с результатами наблюдений, выполненных нами в сентябре 2020 г. Повышенные концентрации общего фосфора и общего азота в осенний сезон в сравнении с летним обусловлены минерализацией экскрементов млекопитающих (белухами, косатками, тюленями), питающимися идущим на нерест лососем, минерализацией туш погибшего после нереста лосося и минерализацией экскрементов. Аномалии концентраций биогенных веществ, особенности жизненных циклов лососей (девятимесячное созревание личинок, сроки ската мальков, превращение мальков в стайных пелагических рыбок, их быстрый рост), олиготрофный характер залива и результаты наблюдений за Гренландскими китами утверждают нас в мысли, что дополнительным источников пищи для Гренландских китов является молодь лосося. Устойчивость экосистемы зал. Академии определяется устойчивостью популяций приходящих на нерест горбуши и кеты. *(Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Рогинская М.О., Анохина Р.С., Барабанщиков Ю.А., Рюмина А.А., Сагалаев С.Г., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Уланова О.А. Лосось как основа функционирования экосистемы залива Академии (Охотское море). Возможные угрозы ее деградации // Вестник ДВО РАН. — 2024. — № 2. — С. 90-106. DOI: 10.31857/S0869769824020098).*

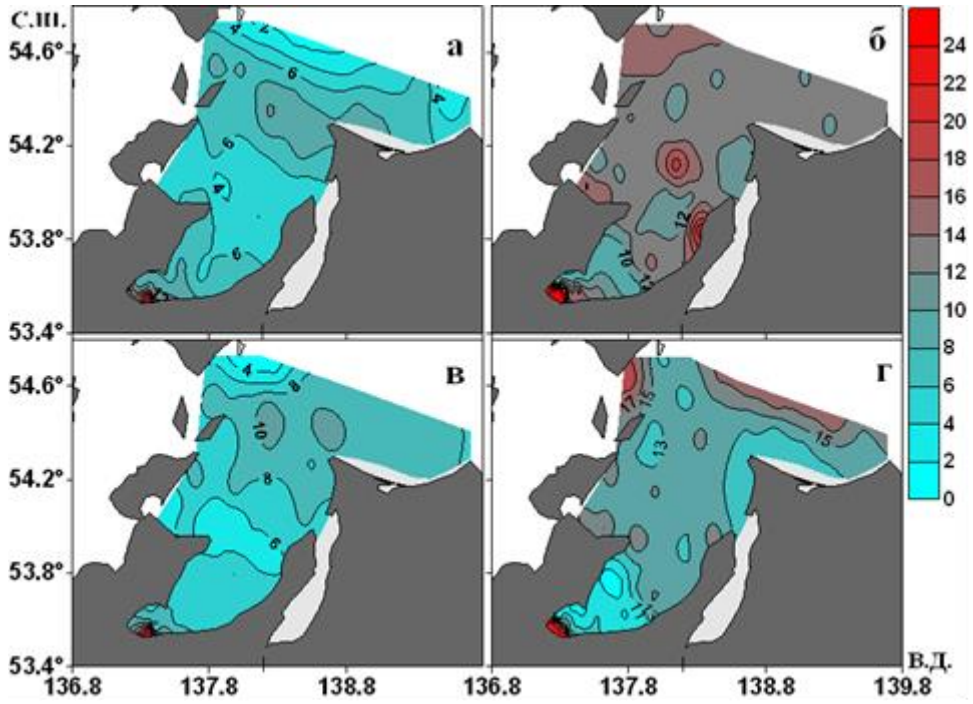


Рисунок 11.6 – Распределение концентрации Ntot (мкмоль/л) в зал. Академии в июле 2016 г. (а, в) и сентябре 2022 г. (б, г) в поверхностном (а, б) и придонном (в, г) слоях воды

11.7 Карбонатная система Пенжинской губы и залива Шелихова Охотского моря в период экстремальных приливов летом

к.г.н. Семкин П.Ю., Байгубеков К.Р., Барабанщиков Ю.А., Колтунов А.М., Сагалаев С.Г., к.б.н. Уланова О.А., к.г.н. Тищенко П.П., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., д.х.н. Тищенко П.Я.

Понимание факторов, контролирующих параметры карбонатной системы, является важной целью из-за сложных взаимодействий между гидрофизическими и химико-биологическими условиями в прибрежных бассейнах. Результаты представляют состояние карбонатной системы в Пенжинской губе и прилегающих к ней водах – заливе Шелихова в июле 2023 года во время сизигийных приливов с высотой 13 м. Этот уникальный динамический бассейн длиной около 800 км изучался в течение 17 дней. В течение этого периода вся водная толща Пенжинской губы до глубины около 60 м и поверхностный слой воды залива Шелихова были недонасыщены CO_2 по отношению к атмосфере. Для объяснения этого представлены данные по растворенному кислороду, питательным веществам в минеральной и органической форме, гуминовым веществам, хлорофиллу а и толщине фотического слоя для всего исследуемого бассейна совместно с гидрологическими данными. Результаты суточных наблюдений за карбонатной системой на стационарных якорных станциях характеризуют два контрастных региона Пенжинской губы: один, который был более подвержен материковому стоку, имел соленость в диапазоне 8,0-21,3 psu в течение приливного цикла; второй имел меньшие колебания солености в диапазоне 31,6-32,9 psu в течение приливного цикла. В этом исследовании подчеркивается важность биологических процессов и материкового стока для изменчивости параметров карбонатной системы и потоков CO_2 на границе вода/атмосфера с экстремальными приливными условиями в экосистеме, которая практически не затронута деятельностью человека. *(Semkin P.Yu., Baigubekov K.R., Barabanshchikov Y.A., Gorin S.L., Koltunov A.M., Sagalaev S.G., Ulanova O.A., Tishchenko P.P., Shvetsova M.G., Shkirnikova E.M., Tishchenko P.Ya., Zhang J. The Carbonate System of Penzhina Bay and the Shelikhov Gulf in the Sea of Okhotsk during Extreme Tides in Summer // Journal of Marine Science and Engineering. — 2024. — Vol. 12, Iss. 3. — Art.no. 517. DOI: 10.3390/jmse12030517).*

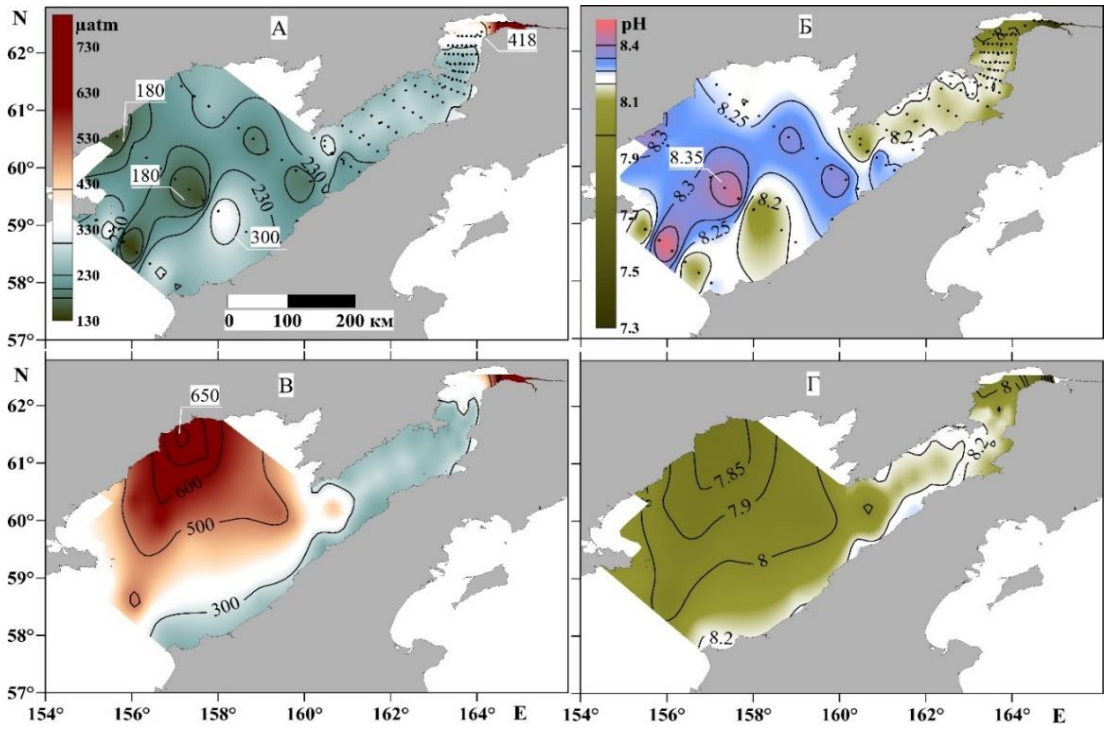


Рисунок 11.7 – pCO_2 (левые панели) и pH (правые панели) в поверхностном слое воды (А, Б) и в придонном слое воды (В, Г)

11.8 Содержание тяжелых металлов в морской траве Zostera marina Linnaeus, 1753 в бухте Воевода (Амурский залив, Японское море)

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

В работе были проанализированы концентрации тяжелых металлов в живых и отмерших листьях, стеблях, корневищах и корнях морской травы Zostera marina Linnaeus, 1753. Металлы по концентрации располагались в ряду Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd. Обнаружена разница в содержании Fe, Pb, Ni и Cd в живых и отмерших листьях. Рассчитан фактор обогащения донных осадков тяжелыми металлами из отмерших листьев, который изменялся в ряду Cu > Pb > Zn > Ni > Mn. В этом же ряду изменялся показатель произведения растворимости [-lg(nP)] сульфидов перечисленных металлов. (*Рюмина А.А., Тищенко П.Я., Шкирникова Е.М., Барабанщиков Ю.А. Содержание тяжелых металлов в морской траве Zostera marina Linnaeus, 1753 в бухте Воевода (Амурский залив, Японское море) // Биология моря. — 2024. — Т. 50, № 3. — С. 229-238. DOI: 10.31857/S0134347524030055). Переводная версия: Ryumina A.A., Tishchenko P.Ya., Shkirnikova E.M., Barabanshchikov Yu.A. Heavy Metal Content in the Seagrass Zostera marina Linnaeus, 1753 in Voevoda Bay (Amur Bay, Sea of Japan) // Russian Journal of Marine Biology. — 2024. — Т. 50, № 3. — С. 156-163. DOI: 10.1134/S1063074024700093).*

Таблица 11.8 – Содержание ТМ (в мкг/г сух. массы) и органического углерода (в %) в разных органах ZM и в поверхностном слое донных осадков, показатель произведения растворимости сульфидов металлов и фактор обогащения донных осадков (Fi) ТМ для отмерших листьев

	Металлы							$C_{орг}$	*n*
	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd		
Живые листья	101±10	285±3	22.3±1.1	3.0±0.1	2.0±0.5	1.6±0.1	1.2±0.3	35.03	5
Отмершие листья	742±1	245±4	22.7±1.2	3.1±0.03	4.1±0.2	3.2±0.2	0.4±0.2	33.23	3
Стебли	70±4	7.5±0.3	41.3±0.5	4.1±0.8	1.5±0.5	0.8±0.1	0.5±0.1	32.25	5
Корневища	119±2	2.3±0.1	18.0±0.5	1.9±0.6	2.3±0.1	0.7±0.3	0.3±0.1	29.89	4
Корни	500±20	32.8±0.1	38.4±1.7	4.1±0.6	4.3±0.4	1.4±0.1	0.5±0.1	34.43	2
Донные осадки	-	208±3	204±4	91±2	37±2	27±1.5	-	6.01	3
- lg[ПР(MeS)]	18.43	15.15	23.35	37.5	28.45	20.52	28.44		
F_i	-	4.69	49.67	163.12	50.01	46.12	-		

Примечание – Указаны средние значения содержания ТМ и стандартное отклонение от среднего, n – количество проб в выборке.

11.9 Липидкоррегирующее и антиоксидантное действие липидного комплекса из морской красной водоросли *Ahnfeltia Tobuchiensis* в условиях высокожировой диеты

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

Исследовано влияние липидного комплекса, выделенного из таллома морской красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* (ЛКА), на биохимические показатели крови и печени крыс при высокожировой диете. Показано, что применение ЛКА оказывало выраженный липидкоррегирующий и антиоксидантный эффект, который превосходил таковой у препарата сравнения «Омега 3-6-9» по способности восстанавливать показатели липидного обмена, соотношения липопротеиновых фракций и эндогенной системы антиоксидантной защиты, препятствовать развитию жирового гепатоза. Липидкоррегирующий и антиоксидантный эффект ЛКА обусловлен действием полиненасыщенных жирных кислот семейства n-3, в частности эйкозапентаеновой кислоты, входящих в структуру фосфолипидов и гликолипидов морского происхождения и которые составляют основную часть исследуемого липидного комплекса. *(Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф., Фоменко Е.С., Другова Е.С., Лесникова Л.Н., Мерзляков В.Ю. Липидкоррегирующее и антиоксидантное действие липидного комплекса из морской красной водоросли Ahnfeltia Tobuchiensis в условиях высокожировой диеты // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. — 2024. — № 1. — С. 25-35. DOI: 10.31857/S1026347024010035. Переводная версия: Sprygin V.G., Kushnerova N.F., Fomenko S.E., Drugova E.S., Lesnikova L.N., Merzlyakov V.Yu. Lipid-correcting and antioxidant effects of the lipid complex from the red marine algae Ahnfeltia tobuchiensis under the conditions of a High-fat diet // Biology Bulletin. — 2024. — Vol. 51, Iss. 1. — P. 37-46. DOI: 10.1134/S1062359023601982).*

Таблица 11.9 – Влияние липидного комплекса из *A. tobuchiensis* и препарата Омега-3 на показатели антиоксидантной системы в плазме крови и печени крыс в условиях высокожировой диеты (ВЖД) (M±m)

Показатели	1 группа Контроль	2 группа ВЖД	3 группа ВЖД + анфельция	4 группа ВЖД + Омега-3
Малоновыйдиальдегид (нмоль/мл) плазмы	3,48±0,03	6,91±0,09[3]	4,38±0,03[3,в]	4,65±0,073[3,в,***]
Антирадикальная активность (мкмоль/мл плазмы)	0,260±0,015	0,219±0,008[1]	0,277±0,010[в]	0,245±0,007[а,*]
Супероксиддисмутаза (ед. активности/мг белка)	659±25	312±14[3]	642±26[в]	619±16[в]
Восстановленныйглутатион (мкмоль/г печени)	6,24±0,13	3,66±0,17[3]	5,96±0,23[3,в]	4,94±0,26[3,в]
Глутаионредуктаза (нмоль/мин/мл плазмы)	20,23±0,48	17,28±0,43[3]	20,21±0,39[в]	18,85±0,37[1,а,*]
ГП (нмоль/мин/мл плазмы)	623±20	734±19[2]	643±21[а]	573±16[в,*]
Примечание: различия статистически достоверны при [1,а,*] - p<0,05; [2,б,**] - p<0,01; [3,в,***] - p<0,001. Цифры – сравнение с контролем, буквы – сравнение со 2-й группой, звездочки – сравнение с 3-й группой. ВЖД – высокожировая диета				

11.10 Влияние липидного экстракта из морской зеленой водоросли *Codium fragile* (Suringar) Hariot 1889 на метаболические реакции при остром стрессе

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

Исследовано действие липидного экстракта, выделенного из морской зеленой водоросли *Codium fragile* (Suringar) Hariot (кодиум ломкий) на биохимические показатели печени и крови мышей при остром стрессе (фиксация за дорсальную шейную складку). Фармакологический эффект липидного экстракта *C. fragile* проявлялся в восстановлении показателей липидного и углеводного обмена, а также нормализации параметров антиоксидантной защиты организма в условиях стресса. Биологическая активность липидного экстракта *C. fragile*, вероятно, обусловлена действием входящих в его состав полиненасыщенных жирных кислот семейства ω -3 и ω -6. Липидный экстракт *C. fragile* не уступал эталонному препарату Омега-3 в восстановлении метаболических реакций организма, вызванных стресс-воздействием, однако проявлял более высокую антиоксидантную активность. *(Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Лесникова Л.Н., Мерзляков В.Ю. Влияние липидного экстракта из морской зеленой водоросли Codium fragile (Suringar) Hariot 1889 на метаболические реакции при остром стрессе // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. — 2024. — № 2. — С. 161-171. DOI: 10.31857/S1026347024020015; Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г. Эффективность применения липидного экстракта морской зеленой водоросли Codium fragile (Suringar) Hariot для репарации мембран эритроцитов мышей при стрессовом воздействии // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2024. Т. 60, № 1. С. 73-84. DOI: 10.31857/S0044452924010067). Переводная версия: Fomenko S.E., Kushnerova N.F., Sprygin V.G. Marine green alga Codium fragile lipid extract promotes erythrocyte membrane repair in stress-exposed mice // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. — 2024. — Vol. 60, Iss. 1. — P. 72-83. DOI: 10.1134/S002209302401006X;*

Таблица 11.10 – Влияние липидного экстракта кодиума и Омега-3 на содержание нейтральных липидов в печени мышей при стрессе (M±m)

Нейтральные липиды	1 группа Контроль	2 группа Стресс	3 групп Стресс+ Кодиум	4 группа Стресс + Омега-3
Холестерин	15,44±0,67	17,48±0,50*	15,04±0,27^{3}	15,74±0,15^{1}
Свободные жирные кислоты	15,86±0,26	13,95±0,36***	15,70±0,18^{3}	14,82±0,08
Триацилглицерины	20,85±0,47	24,02±0,64***	21,08±0,16^{2}	20,76±0,36^{2}
Эфиры жирных кислот	15,89±0,51	14,05±0,65	14,16±0,33	14,47±0,19
Эфиры холестерина	16,04±0,55	16,84±0,78	17,39±0,33*	17,74±0,38*
Остаточная фракция	15,92±0,26	13,66±0,79	16,63±0,21	16,47±0,23
Примечание: изменения статистически достоверны: * - p<0,05; ** - p<0,01; *** - p<0,001 – при сравнении с контролем. ^{1}- p<0,05; ^{2} - p<0,01; ^{3}- p<0,001 – при сравнении со 2-й группой (стресс)				

11.11 Оценка фармакологической эффективности липидного экстракта из туники морского гидробионта *Halocynthia aurantrium* (Pallas, 1774)

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

Введение липидного экстракта асцидии (3 группа) и препарата сравнения Омега-3 (4 группа) лабораторным животным (крысы) сопровождалось тенденцией к снятию состояния дислипидемии, но степень нормализующего эффекта различалась. При введении липидного экстракта асцидии количество общих липидов в плазме крови снизилось на 29% ($p<0,001$), а при введении Омега-3 – на 20% ($p<0,01$). Значение общих фосфолипидов возросло в среднем на 29% ($p<0,001$) (3 группа) и на 24% ($p<0,05$) (4 группа). Уровень холестерина снизился на 28% ($p<0,001$) и 20% ($p<0,001$) соответственно, что обусловило снижение величины соотношения ХС/ФЛ на 44% ($p<0,001$) при введении липидного экстракта асцидии и на 35% ($p<0,001$) при введении Омега-3. Эффективность липидного экстракта асцидии в наших экспериментах на животных имела преимущества перед коммерческим препаратом Омега-3. (*Кушнерова Н.Ф., Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г., Момот Т.В., Другова Е.С., Лесникова Л.Н., Мерзляков В.Ю. Оценка фармакологической эффективности липидного экстракта из туники морского гидробионта Halocynthia aurantrium (Pallas, 1774) // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. — 2024. — № 4. — С. 441-450. DOI: 10.31857/S1026347024040022. Переводная версия: Kushnerova N.F., Fomenko S.E., Sprygin V.G., Momot T.V., Drugova E.S., Lesnikova L.N., Merzlyakov V.Yu. Evaluation of the pharmacological efficiency of a lipid extract from the tunic of the marine hydrobiont Halocynthia aurantium (Pallas, 1774) // Biology Bulletin. — 2024. — Vol. 51, Iss. 4. — P. 835-844. DOI:10.1134/S1062359023605840).*

Таблица 11.11 – Биохимические показатели плазмы крови при воздействии стресса и его коррекции липидным экстрактом из туники асцидии и Омега 3 (M±m)

Показатели	1 группа Контроль	2 группа Стресс	3 группа Стресс +асцидия	4 группа Стресс +Омега 3
Общие липиды (г/л)	4,73 ± 0,13	6,58 ± 0,20[3]	4,68 ± 0,18[в]	5,27 ± 0,15[1,в,*]
Общие фосфолипиды (ммоль/л)	2,50 ± 0,05	2,00 ± 0,04[3]	2,57 ± 0,06[в]	2,48 ± 0,04[в]
Общий холестерин (ммоль/л)	2,90 ± 0,02	4,17 ± 0,04[3]	3,00 ± 0,05[в]	3,36 ± 0,03[3,в,***]
Холестерин Фосфолипиды	1,16 ± 0,03	2,08 ± 0,02[3]	1,16 ± 0,03[в]	1,35 ± 0,03[3,в,***]

11.12 Влияние белков целомической жидкости голотурий с поверхностной раной на активность фагоцитов

к.б.н. Долматова Л.С.

Белковые компоненты, полученные из целомической жидкости голотурий, которым было нанесено поверхностное повреждение тела, могут участвовать в регуляции активности фагоцитов при заживлении раны. Механизмы этого влияния нуждаются в дальнейших исследованиях, необходима и идентификация самих белков. Особого внимания заслуживает пептид с молекулярной массой 2,99, который способен оказывать непосредственное влияние на фагоциты, подавляя оксидантную активность Ф1-фагоцитов и вызывая активацию Ф2-фагоцитов. Последние по своим морфофункциональным свойствам аналогичны М2-макрофагам, играющим основную роль при восстановлении тканей. *(Долматова Л.С., Караулова Е.П. Влияние белков целомической жидкости голотурий с поверхностной раной на активность фагоцитов // Российский иммунологический журнал. — 2024. — Т. 27, № 2. — С. 167-174. DOI: 10.46235/1028-7221-16917-EOP).*

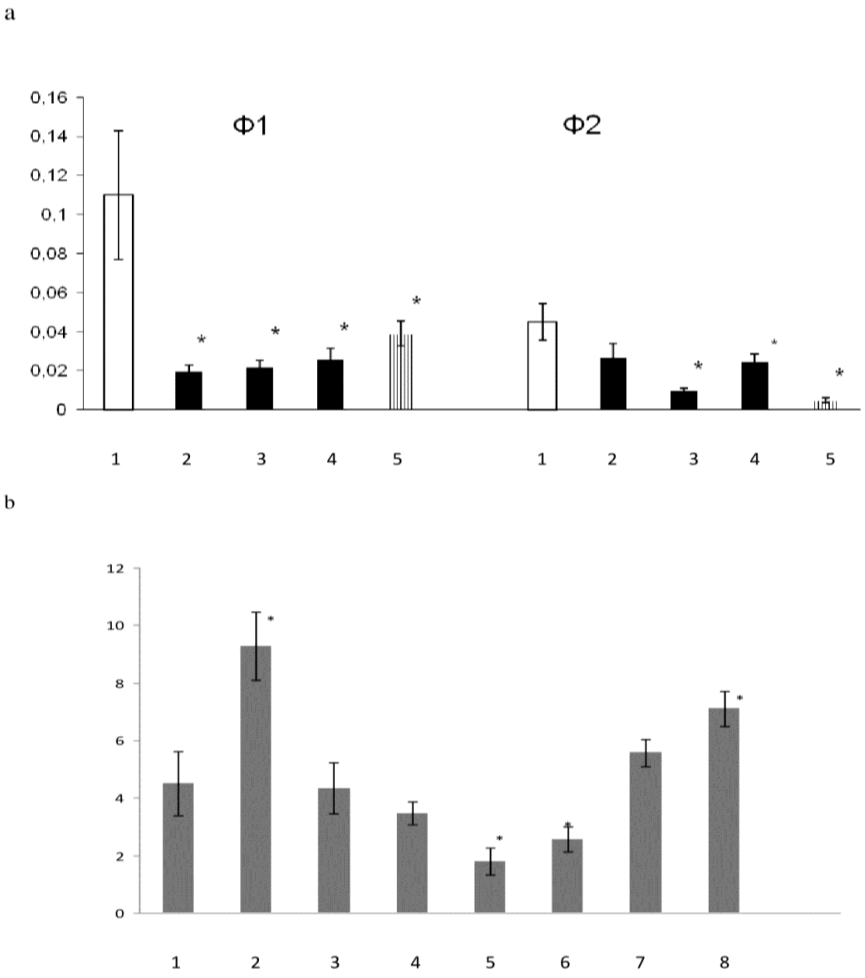


Рисунок 11.12 – Влияние белков на оксидантную активность фагоцитов Ф1 и Ф2 (а) и концентрацию целомоцитов (б) голотурий через 24 ч после ранения. Для а – белок 10 в концентрациях (мкг/г): 1 – 0, 2 – 0,1, 3 – 0,6, 4 – 1,1; БСА (мкг/г): 5-1,0. По оси ординат – содержание НСТ, мг/мг белка. Для б: 1 – инъекция ФСБН; 2 – ранение; 3-5 – ранение + белок 39; 6-8 – ранение + белок 10. Концентрации белка 39 (мкг/г): 3 – 0,02, 4 – 0,11, 5 – 0,65. Концентрации белка 10 (мкг/г): 6 – 0,1, 7 – 0,6, 8 – 1,1. По оси ординат – концентрация целомоцитов, 10^6 клеток в 1 мл

Тема 12 «Изучение структуры, физических и вещественных характеристик и геодинамики литосферы, сейсмической активности и закономерностей размещения полезных ископаемых в регионе дальневосточных морей и северо-западном секторе Тихого океана»

Научный руководитель – к.г.-м.н. Валитов М.Г.

Регистрационный номер 124022100082-4

12.1 Структурно-плотностные модели земной коры Татарского пролива и западного шельфа о-ва Сахалин и их геологическая интерпретация

к.г.-м.н. Прошкина З.Н., к.г.-м.н. Валитов М.Г., Сигеев И.А.

Методом структурно-плотностного моделирования изучено строение земной коры вдоль профилей на акватории Татарского пролива и западного шельфа о-ва Сахалин. На этой основе уточнена слоисто-блоковая структура и система основных тектонических разломов в земной коре этого района. Идентифицирована геологическая природа модельных плотностных структур. Это позволило проследить подводное продолжение наиболее крупных геологических комплексов западной окраины о-ва Сахалин на шельфе. Намечена пространственная корреляция сейсмических событий с некоторыми тектоническими разломами. *(Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Сигеев И.А. Глубинное строение и источники магнитных аномалий в Южно-Татарском бассейне (Татарский пролив, Японское море) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. — 2024. — Т. 64, № 4. — С. 14-24. DOI: 10.31431/1816-5524-2024-4-64-14-24; Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Сигеев И.А. Структурно-плотностная модель земной коры западного шельфа о-ва Сахалин и ее геологическая интерпретация // Тихоокеанская геология. — 2024. — Т. 43, № 4. — С. 39-50. DOI: 10.30911/0207-4028-2024-43-4-39-50. Переводная версия: Proshkina Z.N., Valitov M.G., Sigeev I.A. Structural-density model of the Earth's crust within the Sakhalin Western shelf and its geological interpretation // Russian Journal of Pacific Geology. — 2024. — Vol. 18, No. 4. — P. 373-382. DOI: 10.1134/S1819714024700106).*

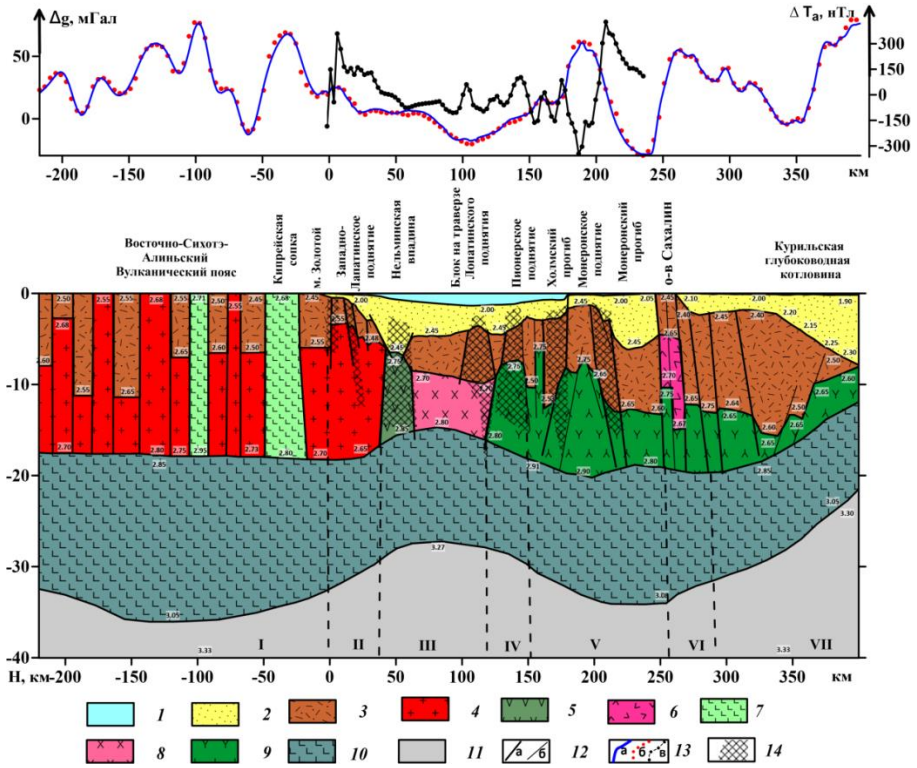


Рисунок 12.1 – Структурно-плотностная модель земной коры вдоль профиля: *1* – водный слой; *2* – осадочный слой; *3* – вулканогенно-осадочный слой; *4* – «гранитно-метаморфический»

слой; *5* – блок базифицированного фундамента; *6* – андезитовые комплексы о. Сахалин; *7* – позднемеловые вулканиты ВСАВП; *8* – блок сиалического фундамента с признаками базификации; *9* – фундамент вулканической природы; *10* – базальтовый слой; *11* – мантия; *12* – разломы: *а* – подтвержденные геологическими и сейсмическим исследованиями, *б* – предполагаемые на границах блоков; *13* – графики геофизических полей: *а* – наблюденного поля силы тяжести в свободном воздухе (Δg, мГал), *б* – расчетного поля силы тяжести (Δg, мГал), *в* – аномального магнитного поля ΔTa (нТл); *14* – контуры магнитного тела, верхняя и нижняя кромки которого рассчитаны методом касательных. I – материковые структуры; II – континентальный склон; III – структуры ЮТБ; IV– межбассейновое поднятие; V – структуры ИСЗБ; VI – структуры юга о-ва Сахалин; VII – восточный шельф Сахалина

12.2 Геомеханические маркеры напряженно-деформированного состояния и взаимодействия структур в неоднородных геосредах

д.ф.-м.н. Осипова Е.Б.

Геодинамика в неоднородной 3D-геосреде, обусловленная гравитационными процессами, характеризуется полями перемещений, поворотов и деформаций. Представлены результаты вычислительных экспериментов, моделирующих напряженно-деформированное состояние (НДС) двух профилей региона Центральных Курил. Обобщение покомпонентного анализа НДС с помощью алгоритма главных напряжений показало общие свойства НДС, которое характеризуется растяжением на фоне преобладающего сжатия. Для моделирования особенностей взаимодействия неоднородных структур профилей применен параметр интенсивности напряжений. Главные напряжения НДС, параметры интенсивности напряжений и деформаций маркируют состояние и взаимодействие структур в неоднородных геосредах. (*Осипова Е.Б. Геомеханические маркеры напряженно-деформированного состояния и взаимодействия структур в неоднородных геосредах // Прикладная математика и механика. — 2024. — Т. 88, № 5. — С. 778-796. DOI: 10.31857/S0032823524050096).*

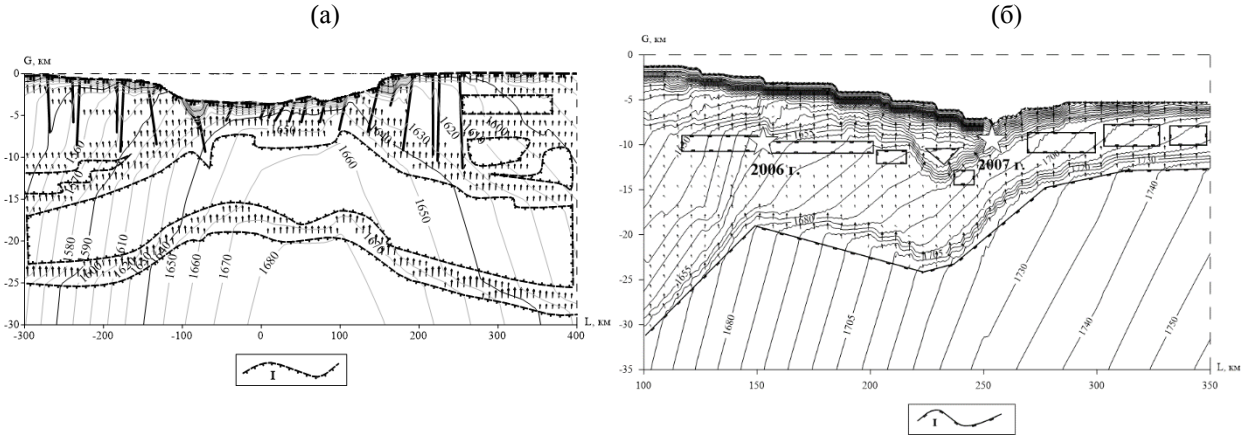


Рисунок 12.2 – Распределение изолиний, градиентов поля интенсивности напряжений и оконтуренных линией I модельных «блоков», внутри которых, по профилям: а) 1.1-1.8, в верхней части разломы отмечены сплошной линией; б) фрагмент профиля 2.1-2.10, границы плотностных блоков и разломы соответствуют ранее опубликованной плотностной модели. Звездочками обозначены гипоцентры Симуширских землетрясений 2006 и 2007 гг.

12.3 Формирование глубинной геоэлектрической модели литосферы Северного Вьетнама по данным магнитотеллурических и магнитовариационных зондирований

Старжинский С.С., к.т.н. Шкабарня Г.Н., Жуковин А.Ю.

В результате магнитотеллурических и магнитовариационных исследований Северного Вьетнама сформирована глубинная геоэлектрическая модель литосферы Северного Вьетнама, что позволило изменить представление о положении сверхглубинной флюидно-разломной системы и впервые проследить формирование (заложение) элементов рифтогенной структуры бассейна реки Красная. Для уточнения количественных оценок геоэлектрической модели литосферы была проведена 3D инверсия частотных зависимостей типперов. Анализ полученной модели инверсии позволил проследить в ней проводящие и высокоомные блоки в области земной коры и верхней мантии локального и регионального масштаба. Если первые локализуются в земной коре и тяготеют к разломным зонам, то вторые, более глубинные, располагаются под всей системой разломов Северного Вьетнама, занимающей часть Индокитайского блока. *(Старжинский С.С. Анализ магнитотеллурических функций отклика, полученных в пункте Кем Туи (CAM THUY) Северный Вьетнам // Физика Земли. — 2024. — № 2. — С. 131-145. DOI: 10.31857/S0002333724020102. Переводная версия: Starzhinskii S.S. Analysis of Magnetotelluric Response Functions at the Cam Thuy Site, Northern Vietnam // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. — 2024. — Vol. 60, Iss. 2. — P. 287–299. DOI:10.1134/S1069351324700332; Старжинский С.С. Моделирование геоэлектрического строения Северного Вьетнама путем 3D инверсии магнитовариационных типперов // Геология и геофизика. — 2024. — Т. 66, № 2. — С. 217-231. DOI:10.15372/GiG2024144).*

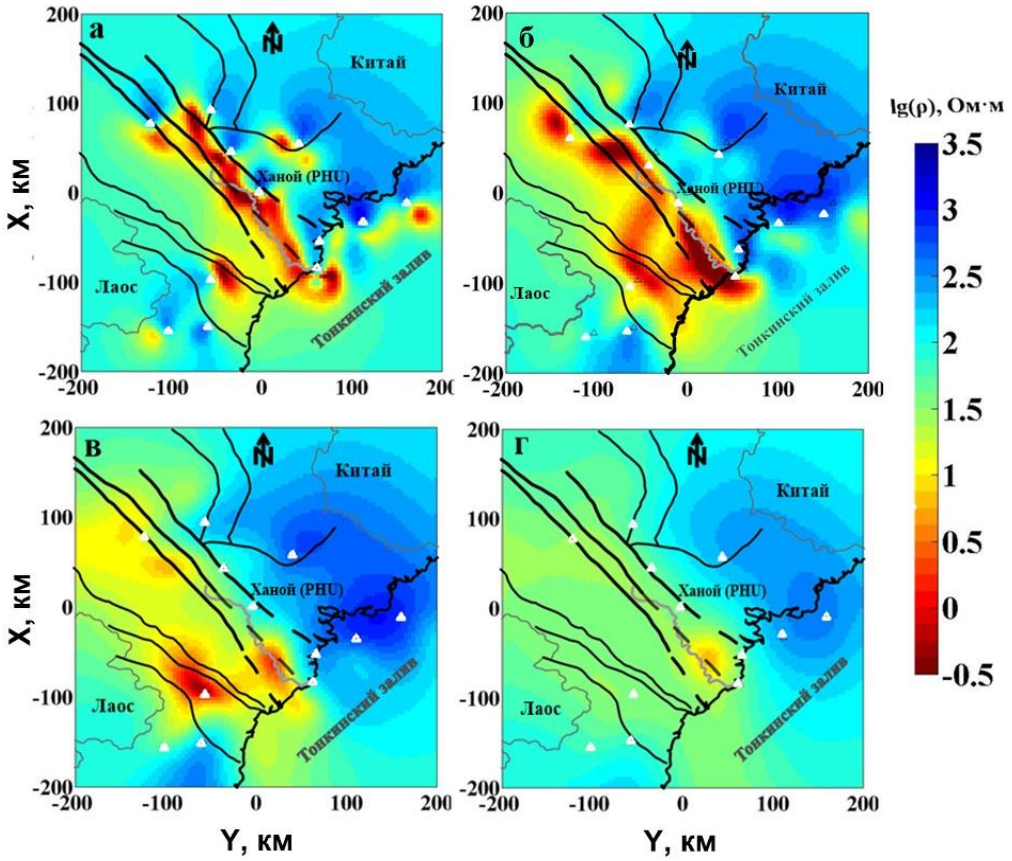


Рисунок 12.3 – Горизонтальные срезы результирующей модели на глубинных уровнях. Глубинные срезы: а) 12.9-14.7 км, б) 27.3-30.9 км, в) 50.0-57.3 км, г) 93.0-105.9 км. Толстыми черными линиями изображено положение основных разломов. Черная извилистая линия отображает положение береговой линии Тонкинского залива, светло серая – нижнее течение р. Красная. Треугольниками обозначено положение пунктов измерений

12.4 Геоморфологические и космогеологические исследования некоторых дальневосточных морей и Тихого океана (новый подход)

к.г.-м.н. Гаврилов А.А.

На основе глобальной базы батиметрических данных и методик GEBCO с использованием 3D моделей цифрового рельефа получены новые данные о качественных и количественных характеристиках структурных элементов океанского дна. Показано, что исследуемые структуры представляют собой комплексы палеовулканических построек центрального типа, образующих с разрывными нарушениями и узлами их пересечений единые тектономагматические системы. Определены параметры, морфологические характеристики, особенности внутреннего строения (типы инфраструктур) палеовулканических структур, выявленные пространственные группировки палеовулканов идентифицируются с проекциями мантийных диапиров. *(Гаврилов А.А. Комплексные геоморфологические и морфотектонические исследования с использованием данных дистанционного зондирования из космоса как основа повышения эффективности геологических работ // Исследование Земли из космоса. — 2024. — № 4. — С. 77-98. DOI: 10.31857/S0205961424040079).*

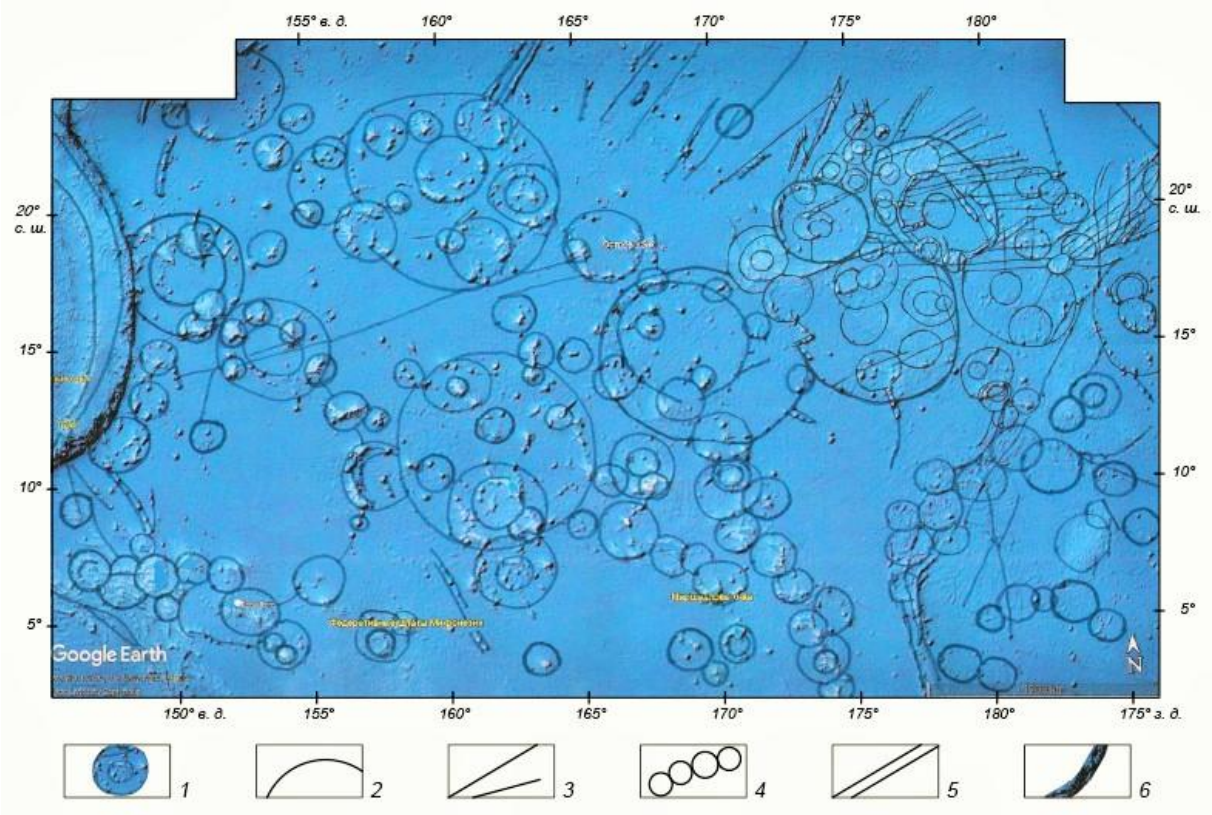


Рисунок 12.4 − Обзорная схема кольцевых геоморфологических аномалий района подводных гор Маркус–Неккер и прилегающего участка дна западного сектора Тихоокеанской мегавпадины. 1 – единичная кольцевая морфоструктура; 2 – контуры крупных скоплений палеовулканических форм горного рельефа, связанных с магматическими сводами; 3-5 – линеаменты, соотносимые с зонами разломов: 3 – одинарные немагмоконтролирующие, 4 – магконтролирующие и образующие цепи очаговых структур, 5 – системы линеаментов, характерные для крупных зон разрывных нарушений

Тема 13 «Исследование и мониторинг климатически активных веществ, явлений и процессов в дальневосточных морях и их прибрежных зонах»

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

Регистрационный номер: 122110700009-1

13.1 Изменения плотности при вертикальном смешении вод разной солености в приложении к акватории восточной Арктики

д.ф.-м.н. Кильматов Т.Р.

Показано влияние эффекта уплотнения–разуплотнения морской воды на формирование поля солености применительно к Арктическому бассейну. Представлены численные примеры расчета эффекта уплотнения и разуплотнения при изотермическом смешении вод разной солености как следствие нелинейности уравнения состояния морской воды. Представлены примеры расчета эффекта уплотнения-разуплотнения для смешения вод в равной пропорции с различными средними температурами. Рассматривается приложение процесса к формированию вертикальной галинной структуры в акватории Арктического бассейна, в которую поступают значительные объемы пресной воды из сибирских рек. Натурные наблюдения демонстрируют резкий галоклин, разделяющий поверхностные опресненные и нижележащие соленые воды. Данные наблюдений показывают, что граница раздела процесса уплотнения–разуплотнения совпадает с положением галоклина. Выше ядра галоклина при смешении слабосоленых вод реализуется процесс уплотнения при смешении и тенденция к опусканию вод; глубже ядра галоклина – эффект разуплотнения и подъем вод. Возникающая вертикальная конвергенция является дополнительным механизмом поддержания границы поверхностных опресненных и нижележащих соленых вод в обостренном состоянии. *(Кильматов Т.Р., Рудых Н.И. Исследование изменения плотности при вертикальном смешении вод разной солености в приложении к акватории восточной Арктики // Подводные исследования и робототехника. — 2024. — № 2(48). — С. 76-83. DOI: 10.37102/1992-4429_2024_48_02_09).*

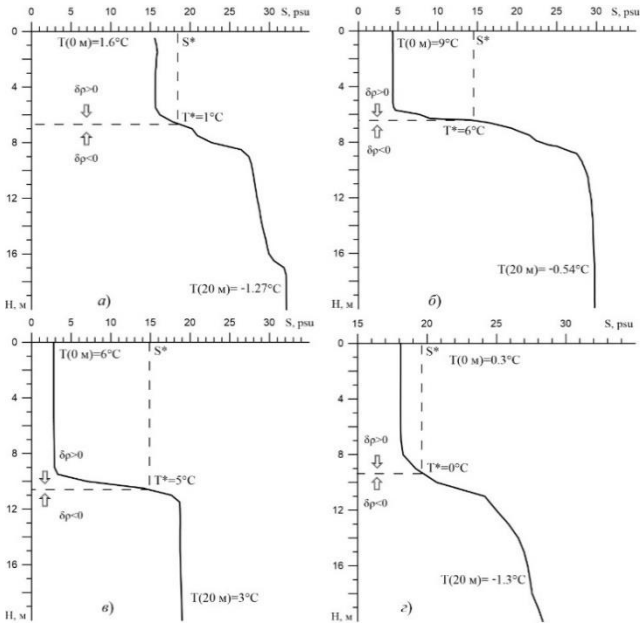


Рисунок 13.1 – Вертикальные профили солености в акватории восточной Арктики. Галоклин и граница уплотнения–разуплотнения при смешении (S*, T), на одной глубине. а – БОД ТОИ ДВО РАН, ТБ-0012, Карское море,76.4° в.д., 73.8° с.ш., 30 сентября 2006 г.; б – WOD 2018, НИС «Иван Петров», Обская губа, 74° в.д., 72.7° с.ш., 27 августа 1995 г.; в – БОД ТОИ ДВО РАН, НИС «Академик М.А. Лаврентьев», море Лаптевых, 130.4° в.д.,71.7° с.ш., 24 сентября 2016 г.; г – БОД ТОИ ДВО РАН, НИС «Академик М.А. Лаврентьев», Восточно-Сибирское море, 154° в.д.,72.8° с.ш., 10 октября 2018 г. (БОД – база океанографических данных)

Тема 14 «Разработка системы климатического мониторинга дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана на основе мультиплатформенных наблюдений и оперативного гидродинамического моделирования»

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

Регистрационный номер 123072000039-5

14.1 Закономерности пространственной и временной изменчивости концентраций и потоков парниковых газов в районе исследований. Сейсмо- и метеозависимость эмиссии парниковых газов

д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Долгих Г.И., д.т.н. Долгих С.Г., к.ф.-м.н. Овчаренко В.В., к.ф.-м.н. Чупин В.А.

В результате контроля климатических изменений в южной части Приморского края, связанных с вариациями метеопараметров, потоков парниковых газов, влиянием катастрофических деформационных процессов земной коры получены новейшие данные об изменении концентрации парниковых газов зимой в южной части Приморского края. Зафиксировано превышение содержания углекислого газа в атмосфере в зимний период. Снижение концентрации CO_2 в начале весны связано с изменением направления ветра. Выявлена суточная периодичность концентрации углекислого газа, при этом обнаружена корреляция между микродеформациями земной коры, изменениями атмосферного давления и концентрациями CO_2 и водяного пара. Комплексный мониторинг выявил зависимости короткопериодных колебаний при межгеосферном взаимодействии. *(Бовсун М.А., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Степочкин И.Е., Чупин В.А., Яцук А.В. Результаты мониторинга концентраций парниковых газов и вариаций деформаций земной коры на м. Шульца в зимний период 2023-2024 гг. // Морской гидрофизический журнал. — 2024. — Т. 40, № 6. — С. 918-935. Переводная версия: Bovsun M.A., Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Ovcharenko V.V., Stepochkin I.E., Chupin V.A., Yatsuk A.V. Results of Monitoring of Greenhouse Gas Concentrations and Variations in the Earth's Crust Deformations at Cape Schultz in Winter Period, 2023–2024 // Physical Oceanography. — 2024. — Vol. 31, No. 6. — P. 863-879).*

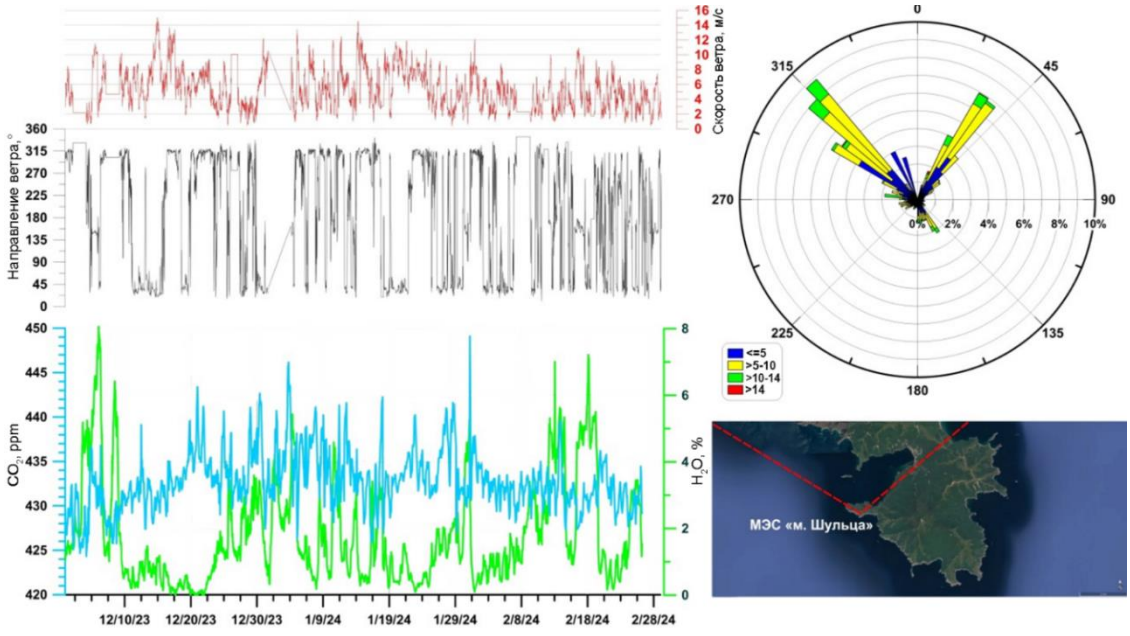


Рисунок 14.1 – Результаты газогеохимического мониторинга на МЭС «м. Шульца» за декабрь 2023 г. – февраль 2024 г. Красным цветом показана скорость ветра, черным – направление ветра, синим – концентрация углекислого газа, зеленым – концентрация водяного пара

14.2 Исследование особенностей глубоководной акустической дальнометрии в задачах обеспечения измерительных средств изучения морской среды

д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Долгих Г.И., д.т.н. Моргунов Ю.Н., к.т.н. Голов А.А., к.ф.-м.н. Буренин А.В., Шкрамада С.С.

После прохождения мощного тайфуна «KHANUN» через акваторию Японского моря были выявлены важные для практики особенности формирования импульсного отклика волновода. Из-за перемешивания воды отсутствовал придонный звуковой канал на шельфе, который обычно формируется в летние месяцы. Это привело к тому, что структура импульсных характеристик волновода на всех глубинах представляет собой пачку импульсов длительностью 0.5 секунды, с максимальным по амплитуде импульсом, расположенным ближе к середине. Звуковое поле в глубоком море, возбуждаемое источником на шельфе, не имеет выраженных зон тени. Глубины от 69 до 1000 м засвечены равномерно, что обеспечивает устойчивый прием навигационных сигналов в любом слое между этими горизонтами. Времена приема и эффективные скорости распространения максимальных импульсов оказались приблизительно одинаковыми на всех глубинах, что позволяет использовать их для решения задач позиционирования автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) на глубинах до 1000 м. Уникальность и практическая значимость экспериментальных результатов, полученных в ходе реализации сценария позиционирования группы АНПА на глубинах до 1000 м, подчеркивают необходимость проведения дальнейших расширенных исследований с применением методов теоретического моделирования. *(Dolgikh G., Morgunov Yu., Golov A., Burenin A., Shkramada S. Analysis of Deep-Sea Acoustic Ranging Features for Enhancing Measurement Capabilities in the Study of the Marine Environment // Journal of Marine Science and Engineering. — 2024. — Vol. 12, Iss. 12. — Art.no. 2365. DOI: 10.3390/jmse12122365).*

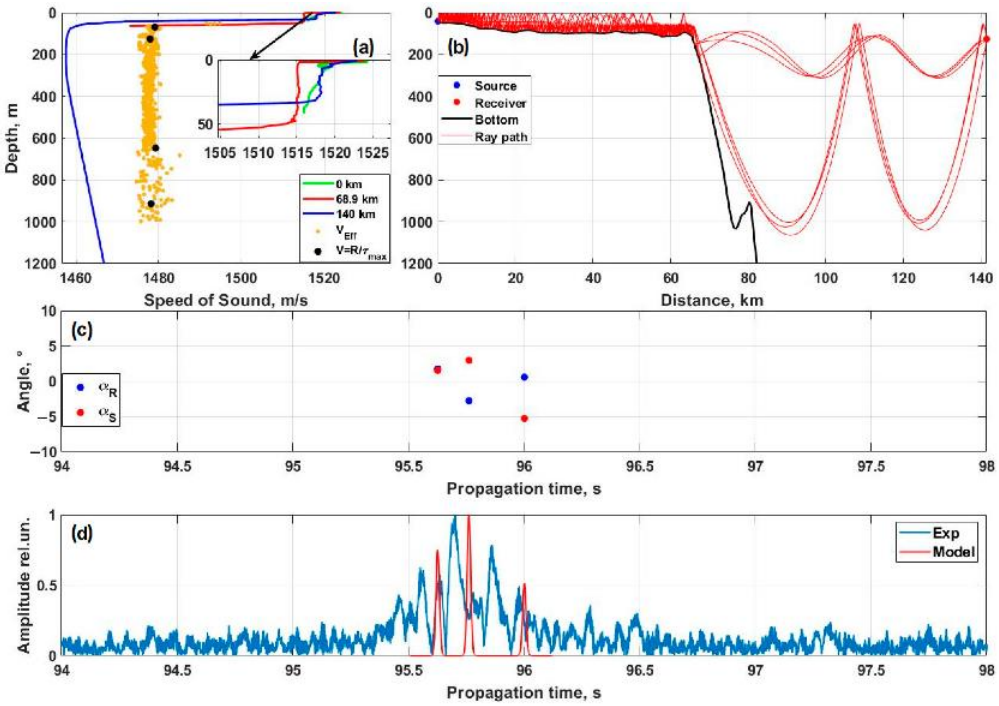


Рисунок 14.2 – Результаты численного моделирования: а – ВРСЗ вблизи источника и в точках приема (синяя, красная и зеленая кривые); ВР эффективной СЗ, рассчитанное в лучевом приближении (оранжевые точки); экспериментально измеренные значения эффективной СЗ на заданных глубинах с использованием ИХВ (черные точки); (б) рельеф дна и пример прохождения лучей вдоль акустической трассы при приеме на глубине 126 м; (в) угловая структура поля в точке приема (красные точки – углы выхода, синие точки – углы регистрации); (г) импульсная характеристика волновода в точке приема на горизонте 126 м (экспериментальный ИХ показан синим цветом, модельная – красным)

14.3 Приложения и оценка эффективности региональных алгоритмов обнаружения замерзающих осадков для Дальнего Востока

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

Верифицирована продуктивность региональных алгоритмов обнаружения замерзающих осадков, разработанных для Дальнего Востока на основе реанализа Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды ERA5 и стандартных гидрометеорологических наблюдений за 20 холодных сезонов (сентябрь-май 2004-2024 гг.). Показана высокая эффективность алгоритмов в воспроизведении межгодовой изменчивости пространственно-усредненной активности замерзающих осадков в континентальных районах и ее снижение в островных за счет концентрации метеостанций в прибрежных районах, где реанализ сдвигает значения приземной температуры воздуха в область положительных значений. Высокие коэффициенты детерминации (R^2 = 0.70-0.8) указывают на значительную прогностическую достоверность региональных алгоритмов. Отмечено значительно меньшее воспроизведение ложных обнаружений замерзающих осадков, чем продукт ERA5. Ключевые показатели эффективности разработанных региональных алгоритмов допускают их потенциальное применение как в оперативной прогностической деятельности, так и в климатических оценках. Алгоритмы могут быть использованы для оценки межгодовой и многолетней изменчивости активности событий замерзающих осадков в дальневосточном регионе. (*Pichugin M., Gurvich I., Baranyuk A., Kuleshov V., Khazanova E. Development of a Diagnostic Algorithm for Detecting Freezing Precipitation from ERA5 Dataset: An Adjustment to the Far East // Climate. — 2024. — Vol. 12, Iss. 12. — Art.no. 224. DOI: 10.3390/cli12120224).*

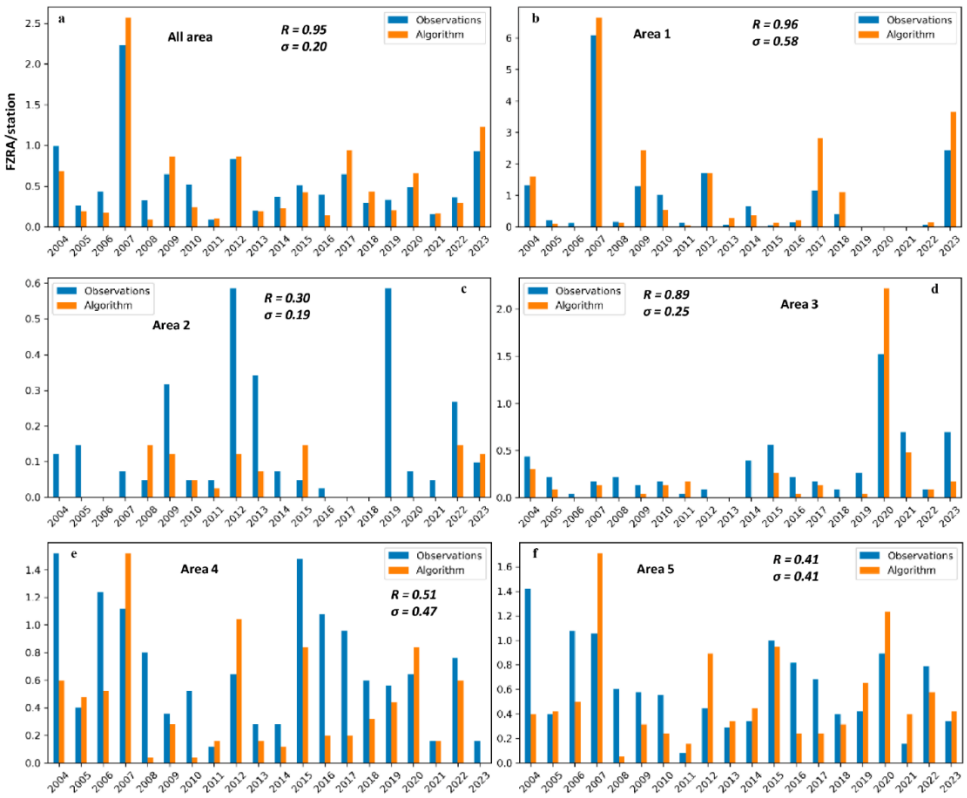


Рисунок 14.3 – Межгодовая изменчивость активности замерзающих осадков за 20 лет по данным метеонаблюдений (синий) и полученная алгоритмом (оранжевый): (а) общее количество событий замерзающих осадков в пяти районах; (б) район 1 (Китай); (в) район 2 (Корейский п-ов и о-в Уллындо); (г) район 3 (Приморский и Хабаровский края, северо-восток Китая); (д) район 4 (север Хонсю, Хоккайдо и Южные Курилы); (е) район 5 (Сахалин). R – коэффициент корреляции, σ – среднеквадратическая ошибка. Ось Y – отношение количества наблюдений замерзающих осадков к количеству метеостанций

Тема 15 «Организация комплексного океанографического мониторинга Дальневосточных акваторий гидрофизическими, оптическими и акустическими методами»

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Буланов А.В.

Регистрационный номер 124042300003-5

15.1 Разработка новых и развитие старых оптических активных и пассивных методов исследований океана

к.ф.-м.н. Буланов А.В., д.ф.-м.н. Геворгян А.А.

В 2024 году получены результаты по фотонике для оптического исследования океана. Обнаружены повороты плоскости поляризации (эффекты Фарадея и Коттона-Мутона) слабого лазера в интенсивном лазерном и внешнем магнитном полях в случае различных резонансных интенсивных и слабых лазерных волн по сравнению с резонансной частотой перехода среды. Таким образом, нелинейные эффекты Фарадея и Коттона-Мутона в поле интенсивно поляризованной волны позволяют определить локальное значение атомной плотности магнитного поля. Это может быть применено в диагностике плазмы, спектроскопических исследованиях, а также для измерения концентрации резонансных атомов в смеси газов. Описана и опубликована модель, демонстрирующая экспериментальное возникновение лазерного пробоя в воде при низкой энергии импульса за счет механизма гетерофазного перехода, обусловленного существованием допороговых наноразмерных зародышей новой фазы в жидкости. *(Буланов А.В. Влияние ультразвука на лазерный пробой и оптическую эмиссию в жидкости // Акустический журнал. — 2024. — Т. 70, № S5. — С. 67-68. DOI: 10.34756/GEOS.2024.17.38953; Kamenev A.O., Vanyushkin N.A., Efimov I.M., Golik S.S., Gevorgyan A.H. Features of degenerate defect modes in one-dimensional photonic crystals with two defects // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. — 2024. — 88(3).; Bulanov A.V. Optoacoustic effects on laser breakdown in a liquid // International Conference Laser Optics, ICLO 2024 - Proceedings, 1-5 July 2024, St. Petersburg. — 2024. — C. 259. DOI: 10.1109/ICLO59702.2024.10624226; Oganesyan K.B., Dzierzega K., Gevorgyan A.H., Kopcansky P. Stimulated magneto-optics with different detunings for plasma local diagnostics // Laser Physics Letters. — 2024. —Vol. 21. — Art.no. 066001. DOI: 10.1088/1612-202X/ad45da).*

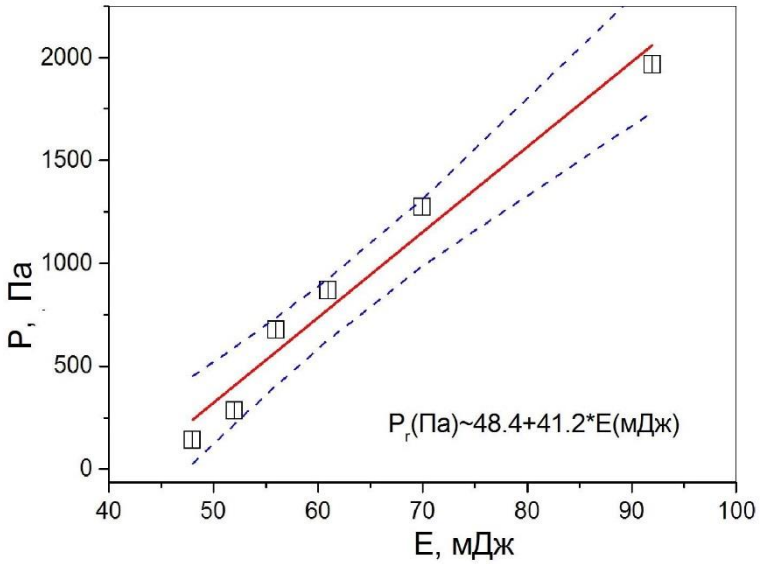


Рисунок 15.1 – Зависимость давления звука P_r на переднем фронте акустического импульса от энергии лазерного импульса E

Тема 16 «Отклик и потенциальное изменение прибрежных экосистем Камчатки в условиях глобальных климатических и локальных катастрофических воздействий»

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

Регистрационный номер 124072200009-5

16.1 Структура вод синоптических вихрей Камчатского течения

к.г.н. Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф.

Исследована структура южной части Камчатского течения, установлена доминирующая роль вихрей синоптического масштаба в формировании его меандров, отклонении потока от шельфа и выноса прибрежных вод далеко в открытый океан. Проведена детальная съемка долгоживущего антициклонического вихря в районе Авачинского залива, обнаруженного на основе спутниковых альтиметрических данных в мае и прослеженного до конца 2022 г. В моменты как летней, так и зимней съемок происходило разделение вихря. Отделившаяся часть перемещалась на восток, пересекая Курило-Камчатский желоб и перенося в ядре захваченную прибрежную воду, формируя при этом аномально вытянутый в зональном направлении меандр течения. *(Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Семкин П.Ю., Лукьянова Н.Б., Горячев В.А., Сагалаев С.Г., Цой В., Алексеев И.Ф., Барабанщиков Ю.А., Калюжный Д.С., Кушнир П.Г., Мазур А.А., Прушковская И.А., Разживин В.В., Рюмина А.А., Соколов Д.Д., Уланова О.А., Шкирникова Е.М. Исследование океанографических условий в районе Авачинского залива Камчатки в зимний период в экспедиции на НИС «Академик Опарин» (рейс № 65) // Океанология. — 2024. — Т. 64, № 5. — С. 862-865. DOI: 10.31857/S0030157424050163. Переводная версия: Lobanov V.B., Sergeev A.F., Semkin P.Yu., Lukyanova N.B., Goryachev V.A., Sagalaev S.G., Tsoy V., Alekseev I.F., Barabanshchikov Yu.A., Kalyuzhniy D.S., Kushnir P.G., Mazur A.A., Prushkovskaya I.A., Razzhivin V.V., Ryumina A.A., Sokolov D.D., Ulanova O.A., Shkirnikova E.M. Study of Oceanographic Conditions in the Area of the Avachinskiy Bay, Kamchatka, in Winter during an Expedition on the R/V Akademik Oparin (Cruise 65) // Oceanology. — 2024. — Vol. 64, Iss. 5. — P. 758-760. DOI: 10.1134/S0001437024700486.*

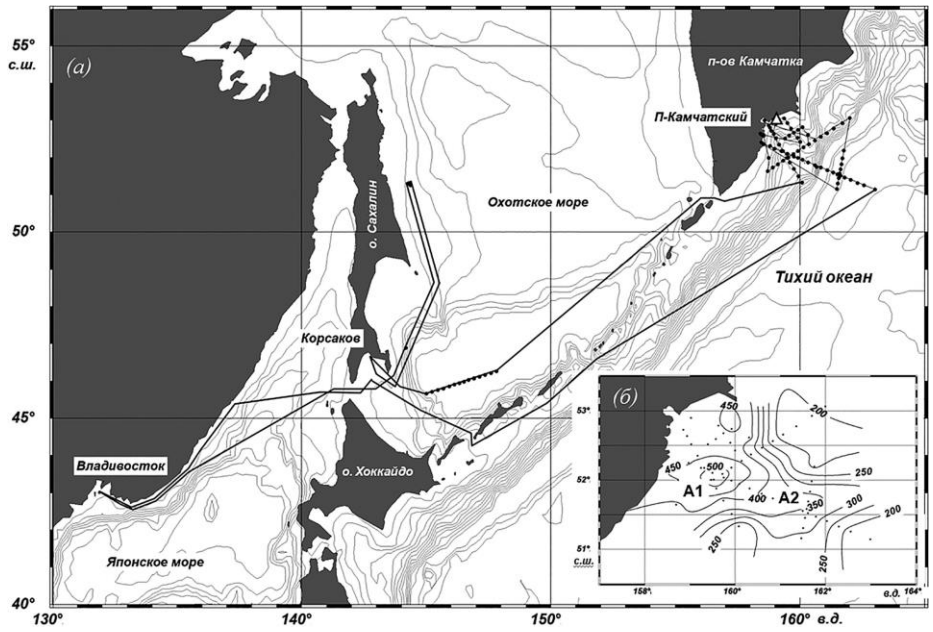
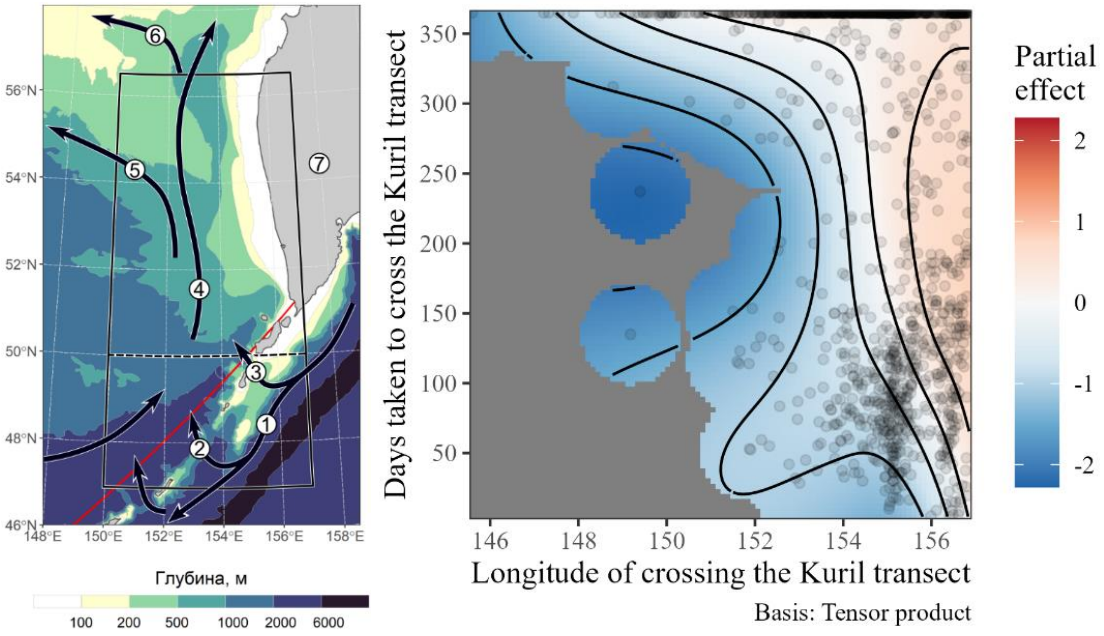


Рисунок 16.1 – Схема работ экспедиции ТОИ ДВО РАН на НИС «Академик Опарин» (рейс № 65) 26 ноября – 29 декабря 2022 г. (*а*) и распределение глубины изопикнической поверхности 26.8 в районе Авачинского залива Камчатки (*б*). А1 и А2 – положение ядер разделяющегося антициклонического вихря. Точками показано положение океанографических станций, треугольником – положение АБС в Авачинском заливе

16.2 Лагранжев метод идентификации мест, благоприятных для вылова минтая в восточной части Охотском море, прилегающей к Камчатке

д.ф.-м.н., проф., чл.-корр. РАН Пранц С.В., к.ф.-м.н. Будянский М.В.

Восточная часть Охотского моря является одним из важнейших рыбодобывающих районов Мирового океана. Высокая продуктивность этого бассейна обусловлена, в частности, поступлением вод из Тихого океана, богатых питательными веществами. На основе лагранжева подхода и данных альтиметрии получены ежесуточные значения двух типов индексов распространения океанских вод в Охотском море. Показано, что зимой эти воды обычно располагаются ближе к западному берегу Камчатки, а летом – дальше от берега. В 1998, 2003, 2010, 2013, 2017 и 2019 г. океанские воды проникали дальше всего на север. На основе разработанных индексов показано, что приток вод из океана в море увеличился с 2010 г. Время нахождения этой воды в море («возраст») после пересечения Курильского разреза (рисунок 16.2, а) оказалось информативным фактором для идентификации мест, благоприятных для вылова минтая в восточной части Охотского моря и прогнозирования мест улова. Метод случайного леса показывает очень хорошее соответствие местам улова с использованием простой лагранжевой информации о происхождении воды и ее «возрасте». Взаимный эффект «возраста» тихоокеанской воды и долготы ее затока в море в обобщенной модели показан на рисунке 16.1б с повышенными вероятностями улова минтая в водах тихоокеанского происхождения с затоком через северные Курильские проливы (от 154° до 156.5° в.д.) и «возрастом» от 100 суток до года. *(Kivva K.K., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu., Prants S.V. Analysis of the Spatiotemporal Variability of Pacific Water Propagation in the Sea of Okhotsk Based on the Lagrangian Approach // Oceanology. — 2024. — Vol. 64, Iss. Suppl. 1. — P. S48-S60. DOI: 10.1134/S0001437024700863).*



(а) (б)

Рисунок 16.2 – Батиметрия и схема циркуляции в восточном Охотском море (а) и кумулятивный эффект лагранжевых индикаторов «возраста» тихоокеанской воды и долготы ее затока в море в обобщенной модели на вероятность мест улова минтая (б). Красная линия – разрез вдоль Курильских островов, пересечение которого является условием тихоокеанского происхождения воды в море. Цифрами обозначены течения: 1 – Курильское; 2 – заток тихоокеанских вод в проливе Крузенштерна; 3 – заток тихоокеанских вод в Четвертом Курильском проливе; 4 – Западно-Камчатское; 5 – Срединное; 6 – Северо-Охотское (склоновая ветвь)

16.3 Изменчивость полей климатических характеристик в северо-западной части Тихого океана и экстремальные воздействия на экологическое состояние морской среды

к.г.н. Ростов И.Д., к.т.н. Дмитриева Е.В.

По данным климатических массивов определены характеристики и тенденции межгодовой изменчивости параметров морских волн тепла (МВТ) у восточного побережья полуострова Камчатка, а также в прилегающих районах за последние 4 десятилетия и дан анализ их причинно-следственных связей с крупномасштабными и региональными процессами в океане и атмосфере в контексте глобального потепления. События МВТ развивались на фоне устойчивых положительных трендов температуры поверхности океана. В последние два десятилетия на фоне глобального потепления наблюдалось значительное увеличение всех показателей МВТ. Выявлены статистически значимые корреляции между колебаниями различных параметров волн тепла с характеристиками аномалий поля температуры воздуха, геопотенциальной высоты изобарической поверхности 500 мб, а также климатических индексов, указывающих на локальное и удаленное воздействие крупномасштабных атмосферных процессов. В периоды вспышки вредоносного цветения водорослей (ВЦВ) у Камчатского побережья характеристики прибрежного апвеллинга, возникающего после событий МВТ, согласуются с особенностями распределения ТПО и концентрации хлорофилла-*a*. (*Ростов И.Д., Дмитриева Е.В. Межгодовые изменения солености верхнего 1000-метрового слоя внетропической зоны северо-западной части Тихого океана в условиях интенсификации глобального гидрологического цикла // Морской гидрофизический журнал. — 2024. — Т. 40, № 2. — С. 215-230. Переводная версия: Rostov, I.D. and Dmitrieva, E.V. Interannual Salinity Changes in the Upper 1000-Meter Layer of Extratropical Zone in the Northwestern Pacific Ocean under Conditions of the Intensification of Global Hydrological Cycle // Physical Oceanography. — 2024. — Vol. 31, Iss. 2. — P. 194-207.).*

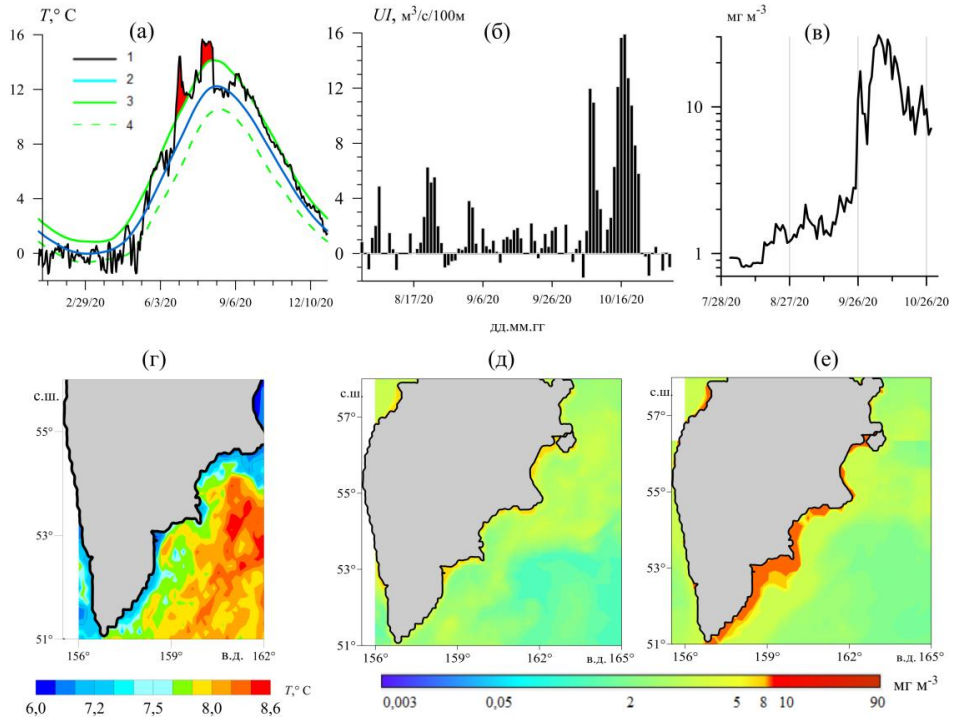


Рисунок 16.3 – Изменения среднесуточных ТПО (1), климатологических средних ТПО (2), пороговых значений 90-го процентиля (3) и 10-го процентиля (4) в исследуемом районе в сезонном ходе температуры у побережья зал. Авача в 2020 г. (а). Временная изменчивость ежедневных значений индекса апвеллинга в том же районе летом-осенью 2020 г. (б). Внутригодовая изменчивость концентрации хлорофилла-*a* на поверхности у побережья зал. Авача в августе-октябре 2020 г. (в). ТПО за 28.10.2020 г. (г). Распределение концентрации хлорофилла-*a* на поверхности океана 15.08. 2020 г. (д) и 15.10 2020 г. (е)

16.4 Биогенные элементы (N, P, Si) и хлорофилл «а» Авачинского залива (восточная Камчатка) и прилегающей акватории Тихого океана в летний сезон

к.б.н. Уланова О.А., Барабанщиков Ю.А., к.г.н. Семкин П.Ю., к.г.н. Лобанов В.Б.

Изучены биогенные макроэлементы (N, P, Si) и хлорофилл «а» Авачинского залива. Установлено, что «цветение» фитопланктона в Авачинском заливе в летний период обусловлено интенсивным поступлением биогенных веществ со стоком вулканической реки Налычева. При этом источником биогенных элементов являются вулканические газы и пепел вулканов Авачинской группы, которые попадают в водосбор реки Налычева при таянии ледников в весенне-летний период. Учитывая взаимосвязь «красных приливов» и N/P соотношения с преобладанием высоких концентраций азота, сток реки Налычева можно считать одним из основных факторов, способных спровоцировать развитие токсичных видов микроводорослей после прохождения пика половодья. Исследование межгодовой изменчивости потоков биогенных веществ со стоком реки Налычева в связи с вулканизмом будет целью дальнейших работ авторов. *(Уланова О.А., Барабанщиков Ю.А., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Федоров М.С., Лобанов В.Б. Биогенные элементы (n, p, Si) и хлорофилл «а» Авачинского залива (восточная Камчатка) и прилегающей акватории Тихого океана летом 2022 г. // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XXVII ежегодной научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский, 27-29 марта 2024 г. — Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН — 2024. — С. 329-331.).*

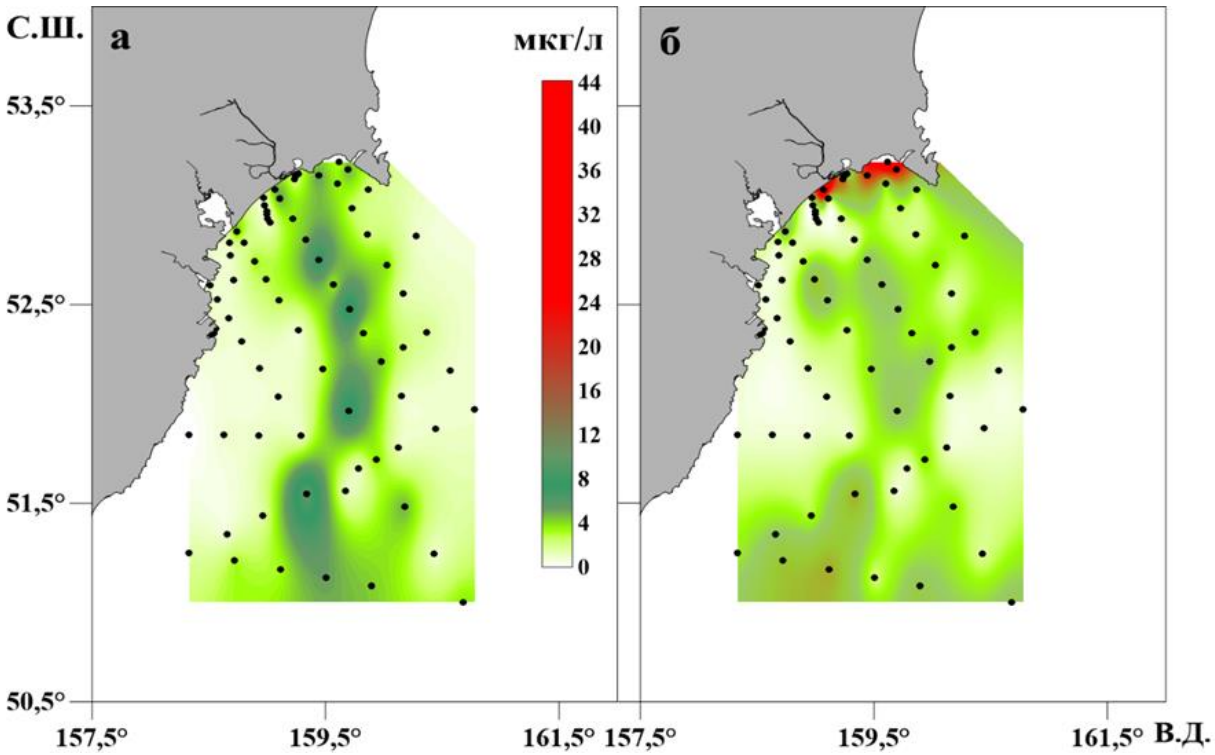


Рисунок 16.4 – Концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое воды (а) и на горизонте 25 м (б)

Тема 17 «Изучение структуры, физических и вещественных характеристик, геодинамики и палеогеографии южного сектора переходной зоны п-ов Камчатка-Тихий океан»

Научный руководитель – д.г.-м.н., доцент Шакиров Р.Б.

Регистрационный номер 124072000018-9

17.1 Газогеохимические, магнитотеллурические и микробиологические исследования южной части полуострова Камчатка, 2024 г.

д.г.-м.н., доцент Шакиров Р.Б., к.г.-м.н. Яцук А.В.

Получены новые данные о газогеохимических полях в южной части полуострова Камчатка и его шельфа, которые характеризуют активную флюидодинамику в этом важном элементе зоны перехода «континент-океан». Углеводородные газы распространены широко также в проявлениях термальных вод и в скважинах. Большинство известных проявлений углеводородных газов на п-ове Камчатка относятся к термогенному, метаморфогенному и магматогенному типам. Получены новые данные о газогеохимических полях донных отложений в акватории Восточной Камчатки. В составе углеводородных газов донных отложений обнаружены: метан, этилен, этан, пропилен, пропан, i-бутан, n-бутан и i-пентан. Газонасыщенность гомологов метана (ΣC2-C5) в донных отложениях района исследований варьирует в пределах 0.00005-0.00753 $см^3$/кг. В компонентном составе УВГ обнаружены: этилен – от 0.000006 до 0.00139 $см^3$/кг, этан – от 0.000002 до 0.00391, пропилен от 0.000001 до 0.00016, пропан – от 0.000002 до 0.00034, изобутан от 0.000003 до 0.00038, н-бутан – от 0.00001 до 0.00067, изопентан – от 0.000061 до 0.00698 $см^3$/кг. Источниками аномалий метана и УВГ могут являться процессы глубинной дегазации литосферы, разгрузка углеводородных, термальных, холодноминеральных или магматических геофлюидов с подземными водами или газопроявлениями. (*Шакиров Р.Б., Съедин В.Т., Яцук А.В., Саттарова В.В., Астахова Н.В., Колесник О.Н., Валитов М.Г., Ли Н.С., Шакирова М.В., Плетнев С.П., Пономарева А.Л., Мальцева Е.В., Wu N., Anh L.D., Dewangan P., Савельева Е.Э. Результаты научных экспедиционных геолого-геофизических исследований полезных ископаемых морей дальневосточного региона Российской Федерации и Тихого океана // Океанологические исследования. — 2024. — Т. 52, № 2. — С. 72-106. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2024.52(2).5).*

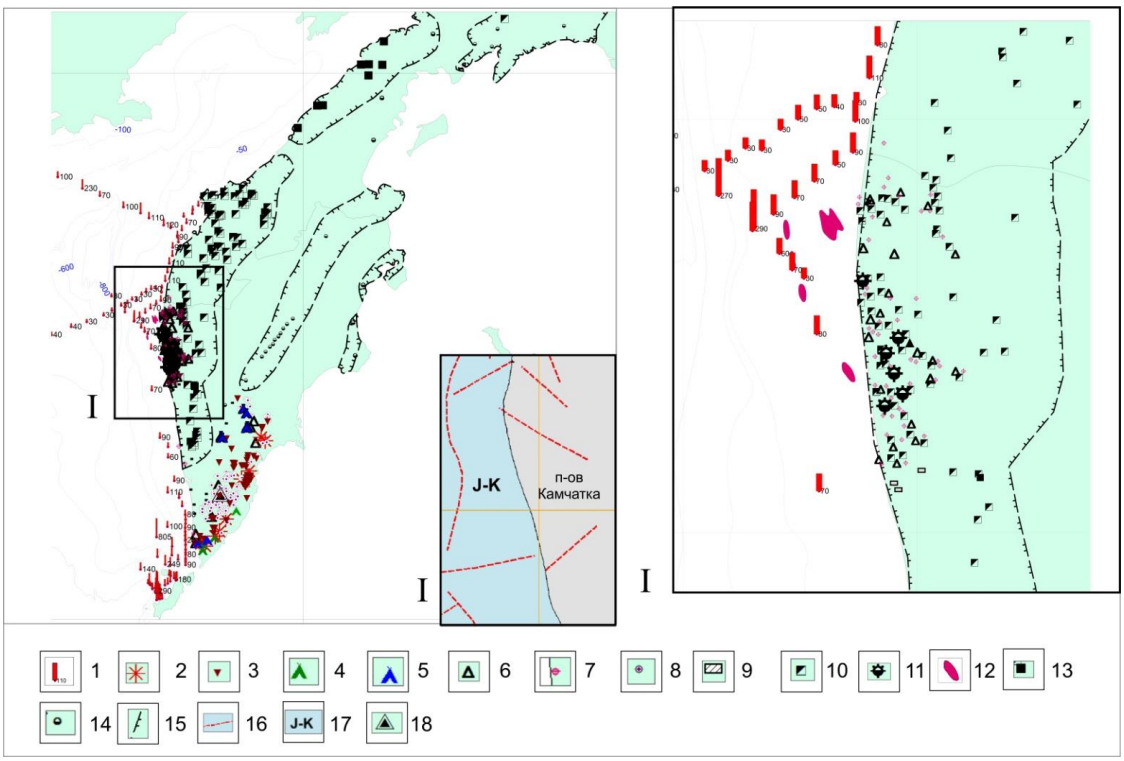


Рисунок 17.1 – Карта углеводородных проявлений и флюидов западной части п-ова Камчатка: 1 – концентрации метана в придонном слое толщи вод; 2 – активные вулканы; 3 – термальные источники; 4 – признаки флюидопроявлений; 5 – холодные источники; 6 – газовые скважины; 7 – нефтеразведочные скважины с термальными проявлениями; 8 – жерла вулканов; 9 – торф; 10 – бурый уголь; 11 – конденсат; 12 – нефтегазоносные структуры; 13 – каменный уголь; 14 – углепроявления; 15 – границы углегазоносных отложений; 16 – разломы фундамента; 17 – возраст пород фундамента; 18 – нефтегазовые скважины. I – врезка района Ичинско-Колпаковского прогиба

Проекты Российского научного фонда

Соглашение № 24-47-04001 «Газогеохимические исследования термальных и минеральных источников разломной зоны красной реки (северный Вьетнам и прилегающие акватории): изучение взаимодействия литосферы, гидросферы и атмосферы». Научный руководитель – д.г.-м.н. Шакиров Р.Б. 2024-2026 гг.

Соглашение № 24-27-00098 «Развитие экспресс-методики высокоразрешающего колориметрического сканирования кернов морских осадков на примере района Чукотского моря для решения задач современной литостратиграфии, палеореконструкций и прогнозов». Научный руководитель – к.г.-м.н. Колесник А.Н. 2023-2025 гг.

Соглашение № 24-27-00128 «Влияние гранулометрического и органического состава донных отложений на накопление и пространственное распределение ПАУ в заливе Петра Великого (Японское море)». Научный руководитель – к.х.н. Чижова Т.Л. 2023-2025 гг.

Соглашение № 24-27-00107 «Распределение микроископаемых в поверхностных осадках морей восточной Арктики как индикаторов гидрологических условий». Научный руководитель – к.г.-м.н. Обрезкова М.С. 2023-2024 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». Научный руководитель – к.г.н. Семкин П.Ю. 2023-2026 гг.

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». Научный руководитель – к.г.-м.н. Сырбу Н.С. 2023-2026 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». Научный руководитель – д.ф.-м.н. Пранц С.В. 2023-2025 гг.

Соглашение № 23-27-00361 «Токсичное влияние разноразмерного первичного пластика на морских беспозвоночных». Научный руководитель – к.б.н. Довженко Н.В. 2022-2024 гг.

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

Соглашение № 23-27-00321 «Газонасыщенность донных осадков окраинных морей Евразии: распределение, влияние геологических факторов, особенности генезиса». Научный руководитель – к.г.-м.н. Яцук А.В. 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». Научный руководитель – д.ф.-м.н. Кошель К.В. 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)». Научный руководитель – к.г.-м.н. Колесник О.Н. 2023-2024 гг.

Соглашение № 22-17_00121 «Возникновение, развитие и трансформация геосферных процессов инфразвукового диапазона». Научный руководитель – академик РАН, д.ф.-м.н. Долгих Г.И. 2022-2024 гг.

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

Соглашение № 21-77-30001 «Потоки и генезис органического вещества в системе суша-шельф в Российской Арктике: климатическая роль деградации мерзлоты». Научный руководитель – чл.-корр. РАН, д.г.н. Семилетов И.П. 2021-2024 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». Научный руководитель – д.г.-м.н. Горбаренко С.А. 2022-2024 гг.

Соглашение № 075-15-2022-1127 «Нелинейная гидрофизика с приложениями к природным катастрофам Дальневосточного региона». Научный руководитель – д.ф.-м.н. Пелиновский Е.Н. 2022-2024 гг.

Книги

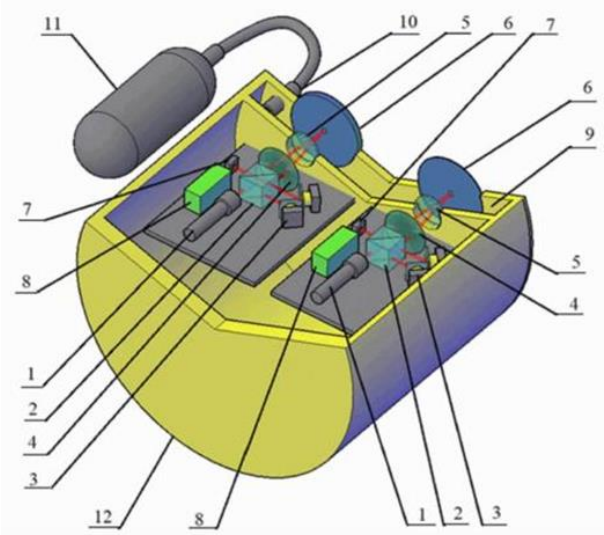
1. Явнов С.В., Раков В.А. Искусственные рифы в заливе Петра Великого Японского моря. Владивосток: Русский Остров, 2024. – 318 с.

2. Долгих Г.И., Привалов В.Е., Долгих С.Г. Лазеры и их применение в сверхточных измерениях. Владивосток: ИП Мироманова Ирина Витальевна, 2024. – 368 с.

3. Основные результаты научно-исследовательских работ ТОИ ДВО РАН за 2023 г. / гл. ред. акад. РАН Г.И. Долгих. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2023. – 129 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.poi.dvo.ru/ru/research_results.

Патенты

1. Лазерно-интерференционный измеритель вариаций давления гидросферы



1 – расширитель луча
2 – светоделитель
3 – зеркала
4 – собирающая линза
5 – оптическое окно
6 – мембрана
7 – фотоприемник
8 – система регистрации
9 – герметичная компенсационная камера
10 – электромагнитный клапан
11 – эластичная резиновая емкость
12 – корпус излучателя

Устройство предназначено для измерения микроколебаний подводного давления и изучения пространственно-временной структуры геофизических полей инфразвукового и звукового диапазонов. Выполнено на основе двух идентичных, расположенных параллельно друг другу оптических систем на основе интерферометров Майкельсона, снабженных монохроматическим источником излучения (1), системой регистрации (5), неподвижными отражателями в виде зеркал, установленных на сдвоенных пьезокерамических преобразователях, и подвижными отражателями в виде круглых измерительных мембран (6) с зеркальным элементом в центре. Достигается вариативность необходимой чувствительности к слабым удаленным сигналам, увеличение точности получаемой информации и снижение погрешности измерений приема сигналов, обеспечивается возможность обнаружения слабых сигналов от удаленных источников, «замаскированных» в шумах, имеющихся в ближней зоне прибора, снижение зависимости от температуры.

Разработка защищена патентом РФ № 2810921 C1 «Лазерно-интерференционный измеритель вариаций давления гидросферы», опубл. 16.04.2024 г. Автор – Яковенко С.В. (лаборатория физики геосфер).

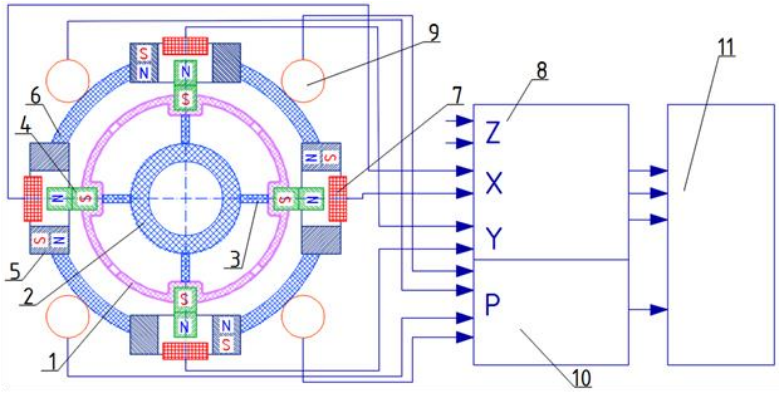
2. Автономный регистратор гидрофизических параметров

Регистратор гидрофизических параметров предназначен для долговременной записи гидроакустических и гидрофизических данных под водой, в том числе акустического давления, обладает повышенной надежностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками и широко используется в океанологических исследованиях.

Технический результат: разработка нового автономного регистратора повышенной надежности с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Разработка защищена патентом РФ № 2825075 C1 «Автономный регистратор гидрофизических параметров», опубл. 19.08.2024 г. Автор – Ковалев С.Н. (лаборатория статистической гидроакустики).

3. Комбинированный гидроакустический приемник



1 – негерметичный сферический корпус с отверстиями
2 – герметичная полость
3 – стержень
4 – постоянный магнит цилиндрической формы
5 – постоянный магнит кольцевой формы,
6 – каркас
7 – электрическая катушка
8 – трехканальный усилитель сигналов с дифференциальными входами
9 – гидрофон
10 – четырехвходовый суммирующий усилитель,
11 – электронный блок

Приемник предназначен для измерения параметров гидроакустических полей океана. Состоит из двух блоков, соединенных кабелями. Электронный блок включает трехканальный усилитель с дифференциальными входами и суммирующий одноканальный усилитель с четырьмя входами, систему регистрации и систему электропитания. Приемный блок выполнен в виде шарообразной конструкции, содержащей каркас с размещенными на нем четырьмя гидрофонами. Приемник обеспечивает амплитудно-частотную характеристику, независящую от частоты в рабочем диапазоне частот, обеспечивая высокую чувствительность в низкочастотной области и отсутствие резонанса в области верхних частот рабочего диапазона частот.

Разработка защищена патентом РФ № 2825562 C1 «Комбинированный гидроакустический приемник», опубл. 27.08.2024 г. Автор – Ковалев С.Н. (лаборатория статистической гидроакустики).

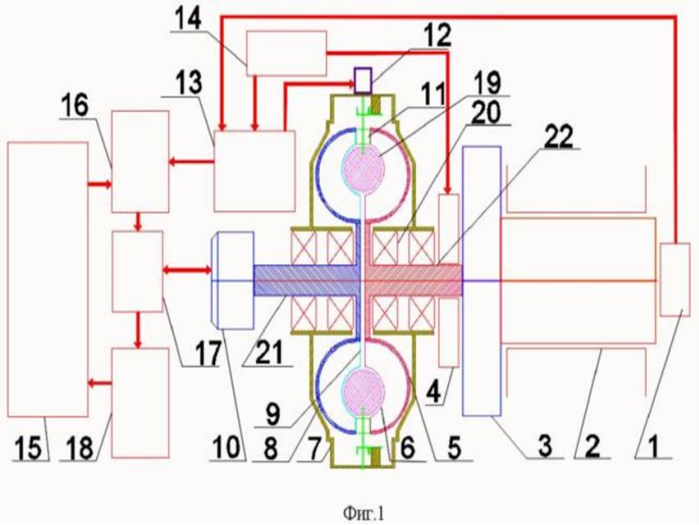
4. Акустический метод определения минутного объема дыхания водолаза под водой

Метод позволяет оценить состояния органов дыхания и может быть использован для контроля за физиологическим состоянием водолазов с подводным дыхательным снаряжением открытого цикла. Метод предоставляет возможность вести контроль за состоянием водолаза под водой на основе одного из основных физиологических параметров дыхания при погружении под воду – минутного объема дыхания, при этом без вмешательства в конструкцию трактов дыхательной арматуры аппарата.

Разработка защищена патентом РФ № 2817491 C1 «Акустический метод определения минутного объема дыхания водолаза под водой», опубл. 16.04.2024 г. Автор – Костив А.Е. (лаборатория акустической томографии).

5. Лебедка с трансформатором крутящего момента

Лебедка для проведения океанологических исследований с улучшенными эксплуатационными характеристиками, возможностью рекуперации энергии и обеспечения работы с борта судна в условиях волнения, что означает переменную с частотой качки судна нагрузку на лебедку, при этом максимальная величина силы, которой нагружен выбираемый лебедкой трос, может превышать силу веса поднимаемого оборудования.



Фиг.1

1 – датчик угловой скорости
2 – барабан для намотки троса
3 – редуктор
4 – тормоз
5 – турбинное колесо
6 – лопатка турбины
7 – корпус турботрансформатора
8 – насосное колесо
9 – лопатка насосного колеса
10 – приводной электромотор
11 – поворотная лопатка реактора
12 – сервопривод
13 – процессор
14 – пульт дистанционного управления
15 – аккумулятор
16 – электронный регулятор скорости
17 – переключатель
18 – выпрямитель
19 – тороидальный формирователь потока
20 – подшипник
21 – входной вал
22 – выходной вал

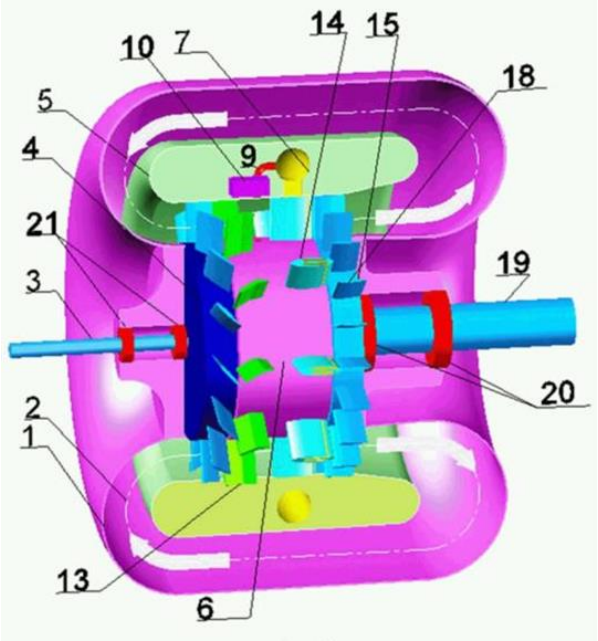
Разработка защищена патентом РФ № 2819462 C1 «Лебедка с трансформатором крутящего момента», опубл. 21.05.2024 г. Автор – Ковалев С.Н. (Лаборатория статистической гидроакустики).

6. Способ передачи информации по гидроакустическому каналу на дальние дистанции

Способ может использоваться в системах подводной цифровой связи дальнего радиуса действия в условиях высокого уровня помех от многолучевости при сильном искажении сигнала вследствие влияния эффекта Доплера. Способ обеспечивает увеличение дистанционности канала связи, повышение помехоустойчивости подводного канала связи к многолучевым помехам как с малыми, так и с большими временными задержками отдельных акустических лучей.

Разработка защищена патентом РФ № 2825432 C1 «Способ передачи информации по гидроакустическому каналу на дальние дистанции», опубл. 26.08.2024 г. Авторы: Голов А.А., Моргунов Ю.Н., Безответных В.В. (лаборатория акустической томографии).

7. Турботрансформатор



1 – корпус
2 – торообразный канал
3 – входной вал
4 – насосное колесо
5 – кольцевая часть корпуса
6 – цилиндрическая часть корпуса
7 – канал подачи воздуха
9 – канал дроссельной заслонки
10 – дроссельная заслонка с сервоприводом
13 – лопатка направляющего аппарата
14 – лопатка реактора
15 – диск турбины
18 – лопатки турбины
19 – выходной вал
20 – подшипник выходного вала
21 – подшипник входного вала

Изобретение относится к турботрансформаторам, использующим крутящий момент для бесступенчатого изменения частоты вращения выходного вала. Предложенная конструкция трансформатора крутящего момента, в котором рабочим телом является воздух, позволяет значительно упростить устройство, снизить массу и стоимость устройства, улучшить эксплуатационные характеристики, снять проблему охлаждения рабочей жидкости, повысить его надежность и КПД. Также необходимо отметить инвариантность устройства к направлению вращения и возможность изменять направление вращения выходного вала без перемены направления вращения входного вала.

Разработка защищена патентом РФ № 2823350 C1 «Турботрансформатор», опубл. 04.07.2024 г. Автор – Ковалев С.Н. (лаборатория статистической гидроакустики).

Базы данных

1. База данных рассчитанных акустических характеристик донных отложений моря Лаптевых: Свидетельство № 2024625802 / Самченко А.Н., Ярощук И.О. – з. № 2024625509, заявл. 26.11.2024, зарег. и опубл. 06.12.2024, Бюл. № 12.

2. База данных физических свойств горных пород о. Попова (залив Петра Великого, Японское море): Свидетельство № 2024621656 / Харченко Т.А., Съедин В.Т., Валитов М.Г. – з. № 2024621215, заявл. 03.04.2024, зарег. и опубл. 16.04.2024, Бюл. № 4.

3. Газогеохимические и микробиологические характеристики донных осадков западной части Южно-Китайского моря (Вьетнам): Свидетельство № 2024625803 / Еськова А.И., Легкодимов А.А., Лифанский Е.В., Пономарева А.Л., Сырбу Н.С., Хокканен С.Н., Шакиров Р.Б., Швалов Д.А. – з. № 2024625502, заявл. 26.11.2024, зарег. и опубл. 06.12.2024, Бюл. № 12.

4. Газогидраты в донных отложениях Охотского и Японского морей (1999-2015 гг.): Свидетельство № 2024621630 / Шакиров Р.Б., Соколова Н.Л., Мальцева Е.В. – з. № 2024621217, заявл. 03.04.2024, зарег. и опубл. 15.04.2024, Бюл. № 4.

5. Данные о молниевых разрядах, зарегистрированных глобальной сетью WWLLN, представленные в формате Unix-времени: Свидетельство № 2024624589 / Капач С.С.,

Журавлев П.В., Лешневский Ю.Ф., Пермяков М.С.– з. № 2024624206, заявл. 08.10.2024, зарег. и опубл. 21.10.2024, Бюл. № 11.

6. Каталог данных высокоразрешающих 16-канальных сейсмоакустических исследований в Чукотском море: Свидетельство № 2024622002 / Карнаух В.Н., Суховеев Е.Н., Червинская И.В. – з. № 2024621672, заявл. 03.05.2024, зарег. и опубл. 13.05.2024, Бюл. № 5.

7. Каталог данных высокоразрешающих сейсмоакустических исследований с высокочастотным профилографом в Чукотском море: Свидетельство № 2024621235 / Карнаух В.Н., Коптев А.А., Суховеев Е.Н., Червинская И.В. – з. № 2024620949, заявл. 21.03.2024, зарег. и опубл. 21.03.2024, Бюл. № 4.

8. Концентрации метана, температура, соленость в поверхностном слое воды, а также метеорологические показатели вблизи о. Парамушир (Охотское море), измеренные в рейсе № 92 на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (23.04-19.05.2021): Свидетельство № 2024623488 / Бовсун М.А., Телегин Ю.А., Канталин В.А. – з. № 2024623233, заявл. 25.07.2024, зарег. и опубл. 09.08.2024, Бюл. № 8.

9. Результаты газогеохимических измерений в море Уэдделла и проливе Брансфилд в январе-феврале 2022 г.: Свидетельство № 2024624055 / Холмогоров А.О. – з. № 2024623819, заявл. 10.09.2024, зарег. и опубл. 11.09.2024, Бюл. № 9.

10. Результаты газогеохимических измерений в термальных и минеральных источниках и гидрологических скважинах Северного Вьетнама в период с 2013 по 2019 гг: Свидетельство № 2024622819 / Сырбу Н.С., Стёпочкин И.Е., Рогожина Е.А., Холмогоров А.О. – з. № 2024622585, заявл. 19.06.2024, зарег. и опубл. 27.06.2024, Бюл. № 7.

11. Результаты газогеохимических измерений грязевых вулканов, а также термальных и минеральных источников о. Сахалин: Свидетельство № 2024620621 / Сырбу Н.С., Стёпочкин И.Е. – з. № 2024620302, заявл. 02.02.2024, зарег. и опубл. 08.02.2024, Бюл. № 2.

12. Результаты газогеохимических измерений концентрации растворенного метана в поверхностном слое Атлантического океана в широтном диапазоне 40°с.ш.-60°ю.ш.: Свидетельство № 2024624120 / Холмогоров А.О. – з. № 2024623817, заявл. 10.09.2024, зарег. и опубл. 17.09.2024, Бюл. № 9.

13. Результаты измерений концентрации метана в морской воде и атмосферном воздухе, расчет потока метана из океана в атмосферу в западной части Тихого океана в районе влияния продолжения течения Куросио и на восточном шельфе о. Сахалин в июне-июле 2024 г.: Свидетельство № 2024624201 / Легкодимов А.А., Холмогоров А.О., Сырбу Н.С., Максеев Д.С. – з. № 2024623889, заявл. 17.09.2024, зарег. и опубл. 26.09.2024, Бюл. № 10.

14. Результаты измерений концентрации растворенного метана в разномасштабных вихрях в области влияния Камчатского течения в августе-сентябре 2023 г.: Свидетельство № 2024624107 / Холмогоров А.О. – з. № 2024623816, заявл. 10.09.2024, зарег. и опубл. 16.09.2024, Бюл. № 9.

15. Результаты измерений концентрации растворенного метана в районе продолжения течения Куросио в июне – июле 2024 года: Свидетельство № 2024624056 / Холмогоров А.О. – з. № 2024623820, заявл. 10.09.2024, зарег. и опубл. 11.09.2024, Бюл. № 9.

16. Структура верхней части геологических отложений горы Врангель (побережье залива Петра Великого, Японское море) по данным георадиолокации: Свидетельство № 2024623652 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Маликов А.С., Червинская И.В. – з. № 2024623277, заявл. 29.07.2024, зарег. и опубл. 21.08.2024, Бюл. № 9.

17. Структура современных геологических отложений на территории Нур-Тухумского археологического комплекса (по данным георадиолокации): Свидетельство № 2024623084 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Червинская И.В., Миягашев Д.А., Базаров Б.А. – з. № 2024622803, заявл. 03.07.2024, зарег. и опубл. 15.07.2024, Бюл. № 7.

18. Цифровая модель аномального магнитного поля «Сутайская феодальная усадьба»: Свидетельство № 2024623478 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Маликов А.С., Червинская И.В., Миягашев Д.А., Базаров Б.А. – з. № 2024623214, заявл. 25.07.2024, зарег. и опубл. 09.08.2024, Бюл. № 8.

Программы ЭВМ

1. «CausaliTest»: Свидетельство № 2024612368 / Чупин В.А., Плюта Д.В. – з. № 2023689536, заявл. 28.12.2023, зарег. и опубл. 31.01.2024, Бюл. № 2.

2. Microwave_parse. Анализ характеристик морского волнения, получаемых с микроволнового радара SM-050: Свидетельство № 2024665527 / Буланов А.В. – з. № 2024664476, заявл. 27.06.2024, зарег. и опубл. 02.07.2024, Бюл. № 7.

3. SField_calculate. Расчет и построение поля скоростей звука в водной среде: Свидетельство № 2024668791 / Комиссаров А.А. – з. № 2024666176, заявл. 15.07.2024, зарег. и опубл. 09.08.2024, Бюл. № 8.

4. Программа выгрузки данных из базы данных молниевых разрядов, зарегистрированных глобальной сетью WWLLN и записанных в формате Unix-времени: Свидетельство № 2024686867 / Капач С.С., Журавлев П.В., Лешневский Ю.Ф., Пермяков М.С. – з. № 2024683103, заявл. 08.10.2024, зарег. и опубл. 13.11.2024, Бюл. № 11.

5. Программа подготовки входных данных для блока ассимиляции температуры поверхности океана в региональной океанографической модели: Свидетельство № 2024690697 / Файман П.А. – з. № 2024690179, заявл. 04.12.2024, зарег. и опубл. 17.12.2024, Бюл. № 12.

6. Программа ЭВМ «MeteoGraph» для пакетной обработки, объединения и конвертации логов семейства метеостанций: Свидетельство № 2024612292 / Чупин В.А., Плюта Д.В. – з. № 2023689439, заявл. 28.12.2023, зарег. и опубл. 30.01.2024, Бюл. № 2.

7. «MicroZond»: Свидетельство № 2024691397 / Шмыков Н.В., Буланов А.В. – з. № 2024690512, заявл. 05.12.2024, зарег. и опубл. 20.12.2024, Бюл. № 12.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЗА 2024 ГОД