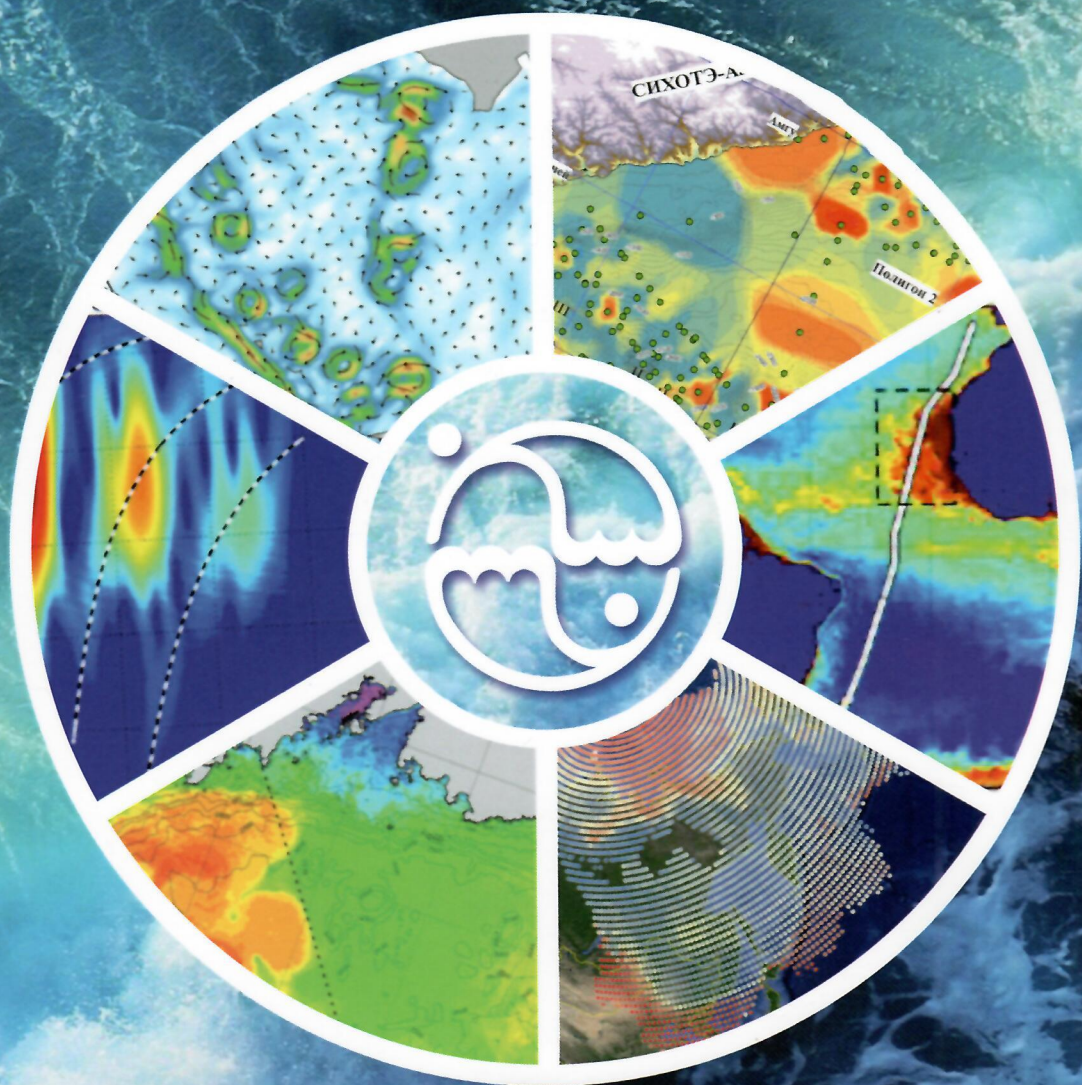


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева  
Дальневосточного отделения Российской академии наук



# Основные результаты научно-исследовательских работ за 2021 г.

Владивосток  
2022

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

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ  
РАБОТ ЗА 2021 г.**

Владивосток  
2022

УДК 551.46

**Основные результаты научно-исследовательских работ за 2021 г. // ТОИ ДВО РАН.** – Владивосток: Дальнаука, 2022. – 152 с., 124 ил., 244 источника.  
ISBN 978-5-8044-1720-9

**Главный редактор к.г.н. Н.И. Савельева**

**Редколлегия:**

директор д.ф.-м.н. *Г.И. Долгих*  
зам. директора д.б.н. *В.П. Челомин*  
д.г.-м.н. *Р.Г. Кулинич*  
д.ф.-м.н. *С.В. Пранц*  
д.г.-м.н. *И.Б. Цой*  
зам. директора д.г.-м.н. *Р.Б. Шакиров*

Утверждено к печати Ученым советом ТОИ ДВО РАН

ISBN 978-5-8044-1720-9

© ТОИ ДВО РАН, 2022  
© ООО «Дальнаука», 2022

---

## ВВЕДЕНИЕ

В отчетном 2021 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 РАН, утвержденными 22 января 2007 года № 10103-30; Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021–2030 годы, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-р; Планом НИР, утвержденным Ученым советом ТОИ ДВО РАН 24 декабря 2020 г.; и в рамках государственного задания на 2021 год и плановый период с 2022 по 2023 г., утвержденного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации 29.12.2020 г.

В 2021 году Институт выполнял работы по 66 темам, 40 из которых закончены в отчетный период. Работы выполнялись в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2021–2030 гг. по 14 темам, а также по Программе фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, которые определяются Президиумом Российской академии наук.

Научные исследования в отчетном году проводились по 19 грантам Российского фонда фундаментальных исследований, 10 грантам Российского научного фонда, 2 грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук, по проекту Фонда перспективных исследований, по договору с зарубежным партнером (ПИО ГОА КНР) в рамках Объединенного Российско-Китайского центра изучения океана и климата, по 19 договорам с российскими организациями в рамках хоздоговорной тематики.

В отчетный период сотрудником Института Петровым П.С. защищена диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук «Математическое моделирование горизонтальной рефракции звука в трехмерных волноводах мелкого моря».

На 31 декабря 2021 года в аспирантуре Института обучались 15 человек, все с отрывом от производства, один соискатель. В 2021 г. в аспирантуру зачислены 4 человека: по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (специальность 01.04.02 – «теоретическая физика» – человек, специальность 01.04.06 – «акустика» – 1 человек); по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле (специальность 25.00.01 – «общая и региональная геология» – 2 человека). Один аспирант закончил обучение с представлением научно-квалификационной работы (диссертации), успешно прошел государственную итоговую аттестацию с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» и получил диплом об окончании аспирантуры по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле. Аспирант-выпускник трудоустроен в Институте.

В Институте продолжены научные исследования в рамках созданных международных лабораторий и центров: совместная Вьетнамо-российская лаборатория по морским геонаукам, основанная Институтом морской геологии и геофизики (ИМГГ) Вьетнамской академии наук и технологий (ВАНТ) и ТОИ ДВО РАН; Российско-корейский центр морских и информационных технологий с Институтом наук и технологий (г. Кванджу, Республика Корея); Российско-японская лаборатория по изучению окружающей среды (ТОИ ДВО РАН – Аспирантура естественных и технических наук Университета Канадзавы, Япония); Российско-китайский научно-исследовательский Центр ТОИ ДВО РАН – ПИО ГОА КНР по изучению океана и климата. В 2021 году создан Российско-китайский инновационный центр экологического мониторинга океанических и полярных зон в рамках Соглашения с Институтом Океанографического Приборостроения Шаньдунской академии наук КНР (11.01.2021–10.01.2026 гг., рег. № 1091 от 28.09.2021 г.).

---

В 2021 г. Институтом проведены 7 морских экспедиций:

– на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» 4 экспедиции: рейс № 92 – в юго-восточную часть Охотского моря, рейс № 95 – в Тихий океан, Берингово и Чукотское моря, рейс № 96 – в Тихий океан, Берингово и Охотское моря, рейс № 97 – в северную часть Японского моря;

– на НИС «Профессор Гагаринский» 2 экспедиции: рейс № 77, этап 1 – в Японское и Охотское моря; этап 2 – в Японское море, рейс № 78 – в Японское море;

– на НИС «Академик М. Келдыш» 1 экспедиция, рейс № 86 – в Карское море.

Из-за пандемии коронавирусной инфекции международные экспедиции не проводились.

На 31 декабря 2021 года численность сотрудников Института составляла 547 человек, из них 238 – научных сотрудников, в том числе 2 академика РАН, 1 член-корреспондент РАН, 39 докторов наук, 130 кандидатов наук. В Институте работают 72 научных сотрудника в возрасте до 39 лет.

2 декабря 2021 г. директором ТОИ ДВО РАН утвержден академик РАН Долгих Григорий Иванович.

Структура научных подразделений Института включает 8 отделов, 32 лаборатории и 3 сектора.

**I. Отдел общей океанологии (отдел № 1) – к.г.н. Лобанов В.Б.**

1/1. Лаборатория физической океанологии – к.г.н. Лобанов В.Б.

1/4. Лаборатория ядерной океанологии – к.т.н., доцент Горячев В.А.

1/5. Лаборатория информатики и мониторинга океана – к.г.н. Ростов И.Д.

1/6. Лаборатория ледовых исследований – к.г.н. Дубина В.А.

1/7. Сектор гидрологических измерений – Воронин А.А.

1/8. Лаборатория перспективных методов морских исследований – к.г.-м.н. Чаркин А.Н.

**II. Отдел акустики океана (отдел № 2) – д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Долгих Г.И.**

2/1. Лаборатория физики геосфер – д.ф.-м.н., профессор, академик РАН Долгих Г.И.

2/2. Лаборатория статистической гидроакустики – д.ф.-м.н., с.н.с. Ярошук И.О.

2/3. Лаборатория акустической океанографии – к.ф.-м.н., с.н.с. Саломатин А.С.

2/4. Лаборатория акустического зондирования океана – к.т.н. Фершалов М.Ю.

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

3/1. Лаборатория нелинейных динамических систем – д.ф.-м.н., профессор Пранц С.В.

3/2. Лаборатория геофизической гидродинамики – д.ф.-м.н. Петров П.С.

3/3. Лаборатория гидрофизики – д.ф.-м.н., с.н.с. Буланов В.А.

**V. Отдел геохимии и экологии океана (отдел № 5) – д.б.н., с.н.с. Челомин В.П.**

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 – д.х.н., с.н.с. Тищенко П.Я.

5/5. Лаборатория биохимии – д.б.н., профессор Кушнерова Н.Ф.

**VI. Отдел технических средств исследования океана (отдел № 6) – д.т.н., с.н.с. Моргунов Ю.Н.**

6/1. Лаборатория океанотехники – к.т.н., доцент Тагильцев А.А.

6/2. Лаборатория акустической томографии – д.т.н., с.н.с. Моргунов Ю.Н.

6/4. Лаборатория подводной навигации и связи – д.т.н., с.н.с. Моргунов Ю.Н.

Сектор обеспечения работ по проекту «Бриз» – д.т.н., с.н.с. Моргунов Ю.Н.

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

7/1. Лаборатория электрических и магнитных полей – к.г.-м.н. Шкабарня Г.Н.

- 
- 7/2. Лаборатория сейсмических исследований – к.г.-м.н., доцент Карнаух В.Н.  
7/3. Сектор геолого-геофизического обеспечения – Крайников Г.А.  
7/4. Лаборатория геологических формаций – д.г.-м.н., с.н.с. Цой И.Б.  
7/5. Лаборатория седиментологии и стратиграфии – д.г.-м.н., с.н.с. Деркачев А.Н.  
7/6. Лаборатория газогеохимии – д.г.-м.н., доцент Шакиров Р.Б.  
7/7. Лаборатория геохимии осадочных процессов – к.г.-м.н. Саттарова В.В.  
7/8. Лаборатория гравиметрии – к.г.-м.н. Валитов М.Г.  
7/9. Лаборатория палеоокеанологии – д.г.-м.н., с.н.с. Горбаренко С.А.  
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 – к.т.н., с.н.с. Фищенко В.К.

**IX. Отдел спутниковой океанологии (отдел № 9)**

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

В 2021 году сотрудниками Института было опубликовано 418 научных работ, в том числе 3 монографии; 244 статьи в журналах (из них: в российских – 153, в зарубежных – 91); 6 статей в сборниках научных статей; 3 главы в монографиях; 162 доклада и тезисов докладов, из них на российских конференциях – 152, на зарубежных – 10.

Охраняемых объектов интеллектуальной собственности, зарегистрированных на территории Российской Федерации – 18.

В настоящем издании представлены основные результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ТОИ ДВО РАН в 2021 г. Представленные результаты характеризуют современное состояние исследований по основным направлениям деятельности Института.

Тема «Исследование фундаментальных основ возникновения, развития, трансформации и взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических полей Мирового океана / Fundamental study of the origin, development, transformation and interaction of hydroacoustic, hydrophysical, and geophysical fields of the World Ocean»

*Научный руководитель академик РАН Г.И. Долгих  
Scientific supervisor Academician RAS G.I. Dolgikh*

1.1. Генерация микросейсм «голоса моря» / Generation of microseisms the «Voice of the Sea»

*д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, к.ф.-м.н. В.А. Чупин, Е.С. Гусев, к.т.н. В.В. Овчаренко /  
G.I. Dolgikh, V.A. Chupin, E.S. Gusev, V.V. Ovcharenko*

Многолетние исследования микросейсм «голоса моря», возбуждающихся под влиянием тропических циклонов, выходящих на акваторию Японского моря, показали, что в спектре сигналов береговых лазерных деформографов, полученных в периоды максимального возбуждения микросейсм,

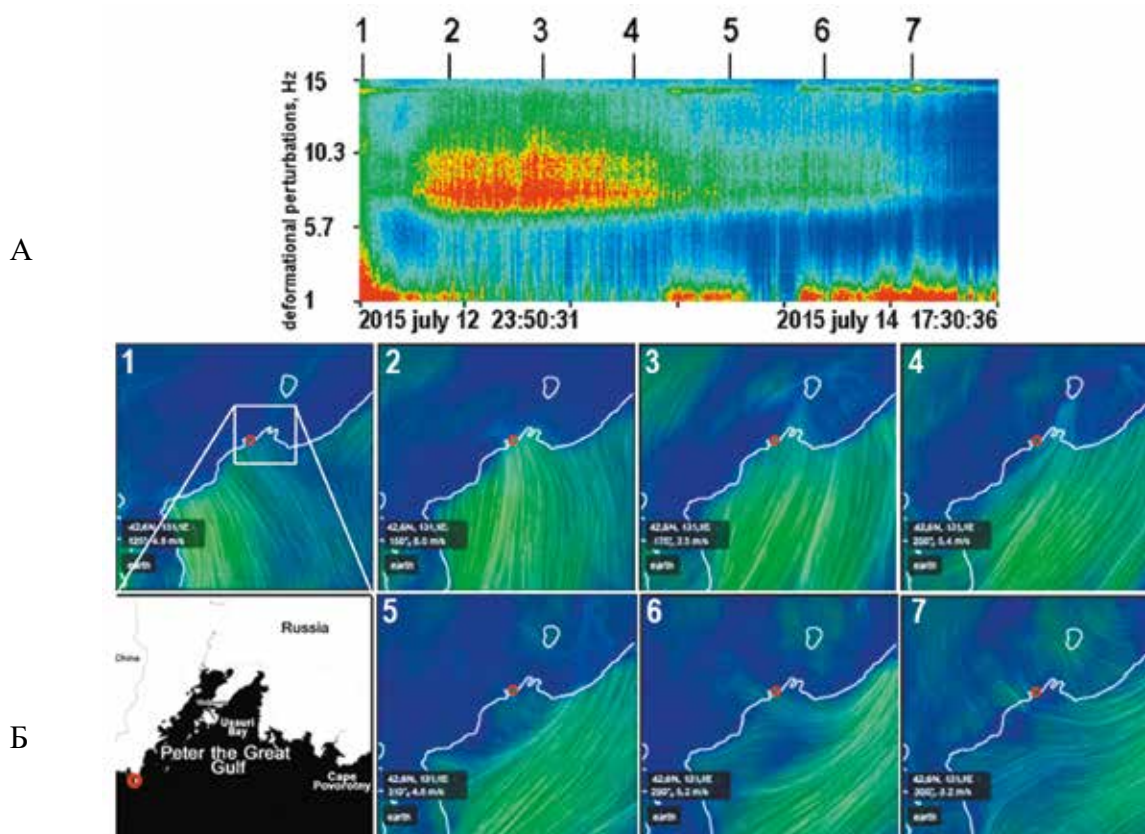


Рис. 1.1. А-динамическая спектрограмма сигнала проявления микросейсм «голоса моря», полученного на лазерном деформографе, в период влияния тайфуна Чан-хом. Б-распределение ветровых характеристик в приповерхностном слое моря, представленных на основе архивных погодных данных (цифры 1–7 обозначают временные отрезки, красным кругом обозначено местоположение берегового лазерного деформографа в заливе Петра Великого).

*Fig. 1.1. A-Dynamic spectrogram of the “voice of the sea” microseismic manifestation signal obtained on a laser strainmeter during the influence of typhoon Chang-hom. B- Distribution of wind characteristics in the near-surface layer of the sea, presented on the basis of archival weather data (numbers 1–7 indicate time intervals), the red circle indicates the location of the coastal laser strainmeter in Peter the Great Bay*

могут быть несколько частот с преобладающей амплитудой. Области генерации колебаний «голоса моря» находятся в шельфовой зоне Японского моря и зависят от ветровых характеристик приповерхностного слоя атмосферы. На основании данных измерений двухкоординатного лазерного деформографа определено несколько зон генерации колебаний «голоса моря» от Корейского залива до залива Петра Великого и западного побережья о. Хоккайдо. (Dolgikh G.I., Chupin V.A., Gusev E.S., Timoshina G.A. // *Remote Sensing*. 2021. V. 13. 3452.; Долгих Г.И., Чупин В.А., Гусев Е.С., Овчаренко В.В. // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т. 501, № 2. С. 226–230.).

## 1.2. Деформационные аномалии, сопровождающие возникновение цунами / Deformation anomalies accompanying tsunami occurrence

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, к.ф.-м.н. С.Г. Долгих /  
G.I. Dolgikh, S.G. Dolgikh

На основе анализа многолетних данных по вариациям деформаций земной коры, полученным с помощью лазерного деформографа, установленного на м. Шульца (Японское море), обнаружены деформационные аномалии (скачки деформации), возникающие при генерации цунами. Величины подвижек дна в очагах образования цунами для всех случаев, приводящих к генерации цунами, рассчитаны по модели о конечных разломах, созданной USGS NEIC с использованием кинематического подхода. Для трёх цунамигенных регионов планеты (Чили, Индонезия, Северная Америка) установлено, что величина смещения в очаге (A) и величина смещения, зарегистрированная на лазерном деформографе ( $\Delta$ ), связаны соотношением, где  $r$  – расстояния от места генерации землетрясения до лазерного деформографа,  $n$  – степень, примерно равная 0.951. В дальнейшем по данным лазерных деформографов можно оценивать величины смещений в очаге образования цунами с учётом расстояний до мест возникновения землетрясений (Dolgikh G.I., Dolgikh S.G. // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, No. 10. P. 1144.).

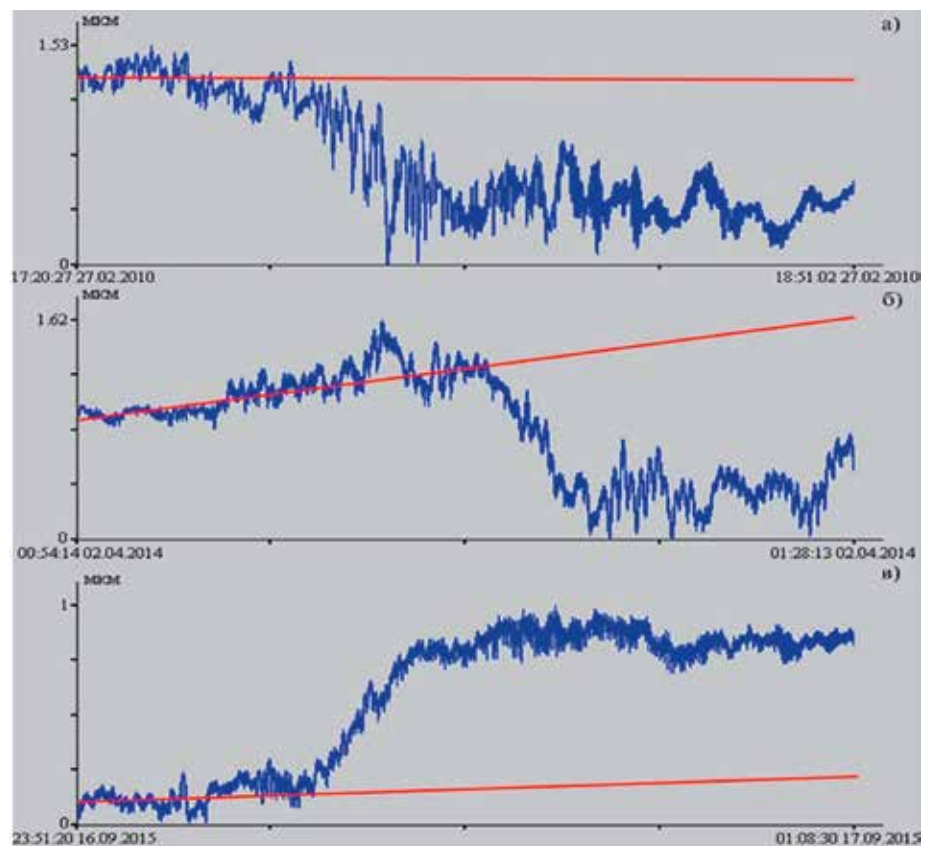


Рис. 1.2. Фрагменты записей 52.5-метрового лазерного деформографа за февраль 2010 г. (а), апрель 2014 г. (б) и сентябрь 2015 г. (с).

Fig. 1.2. Fragments of 52.5-meter laser strainmeter records for February 2010 (a), April 2014 (b) and September 2015 (c)



### 1.3. Динамика и трансформация поверхностных гравитационных волн на шельфе уменьшающейся глубины / Dynamics and Transformation of Sea Surface Gravity Waves at the Shelf of Decreasing Depth

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, к.т.н. О.С. Громашова, к.ф.-м.н. С.Г. Долгих,  
к.т.н. А.А. Плотников / G.I. Dolgikh, O.S. Gromashova, S.G. Dolgikh, A.A. Plotnikov

Установлено, что по мере распространения по шельфу монотонно убывающей глубины ветровая волна при взаимодействии с дном теряет часть своей энергии (передаёт дну), что приводит к трансформации её спектра, и энергия в нём перераспределяется в более высокочастотную область. Величины данных изменений зависят не только от длин ветровых волн и степени уменьшения глубины, но и от их амплитуд. Показано, что средний процент изменения периодов волн зависит от длины волны (первоначального периода входящей волны) при распространении по конкретному участку: чем больше период волны, тем большее его изменение. Данный эффект связан с амплитудой колебаний частиц воды у дна, которая больше для волн больших периодов. Из-за этого суммарное давление воды на дно больше для волн, имеющих больший период (длину волны) (Dolgikh G.I., Gromasheva O.S., Dolgikh S.G., Plotnikov A.A. // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, No. 8. P. 86.).

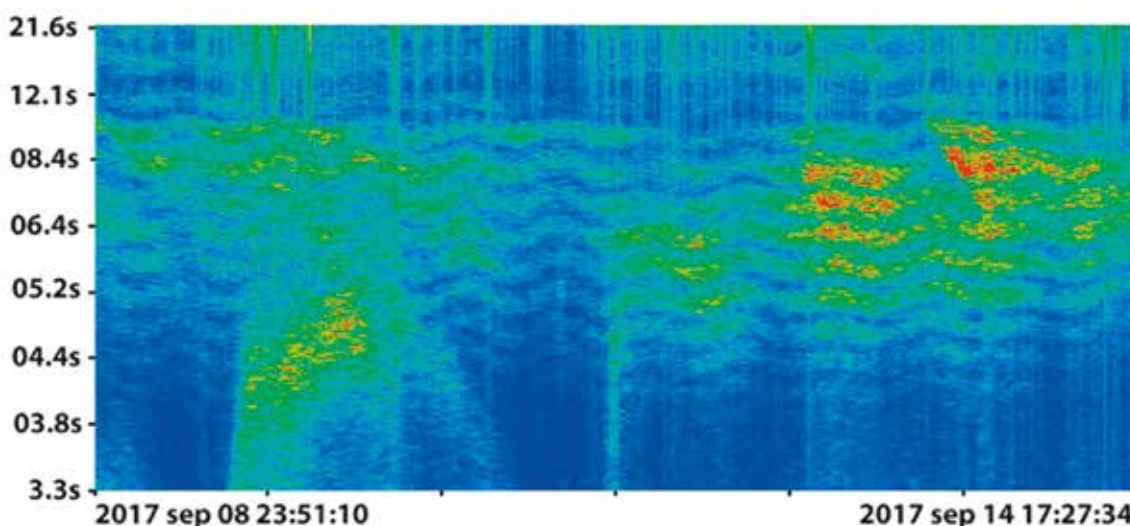


Рис. 1.3. Динамическая спектрограмма записи лазерного измерителя вариаций гидросферного давления при измерении поверхностного волнения.

*Fig. 1.3. Dynamic spectrogram of the recording of the laser meter of hydrosphere pressure variations when measuring surface waves*

### 1.4. Оценка воздействия атмосферного давления на деформацию земной коры / Evaluation of the impact of atmospheric pressure on the deformation of the earth's crust

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, к.ф.-м.н. С.Г. Долгих / G.I. Dolgikh, S.G. Dolgikh

Предложена методика оценки вклада вариаций атмосферного давления на деформацию верхнего слоя земной коры, использующая синхронные данные лазерного нанобарографа и лазерных деформографов. Установлен вклад вариаций атмосферного давления в деформацию верхнего слоя земной коры на различных временных и пространственных масштабах, связанных с упругими параметрами коры зоны расположения лазерных деформографов. На отдельных примерах продемонстрированы выигрышные моменты применения данной методики при анализе полученных

экспериментальных данных (Долгих Г.И., Долгих С.Г. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500, № 2. С. 168–172.).

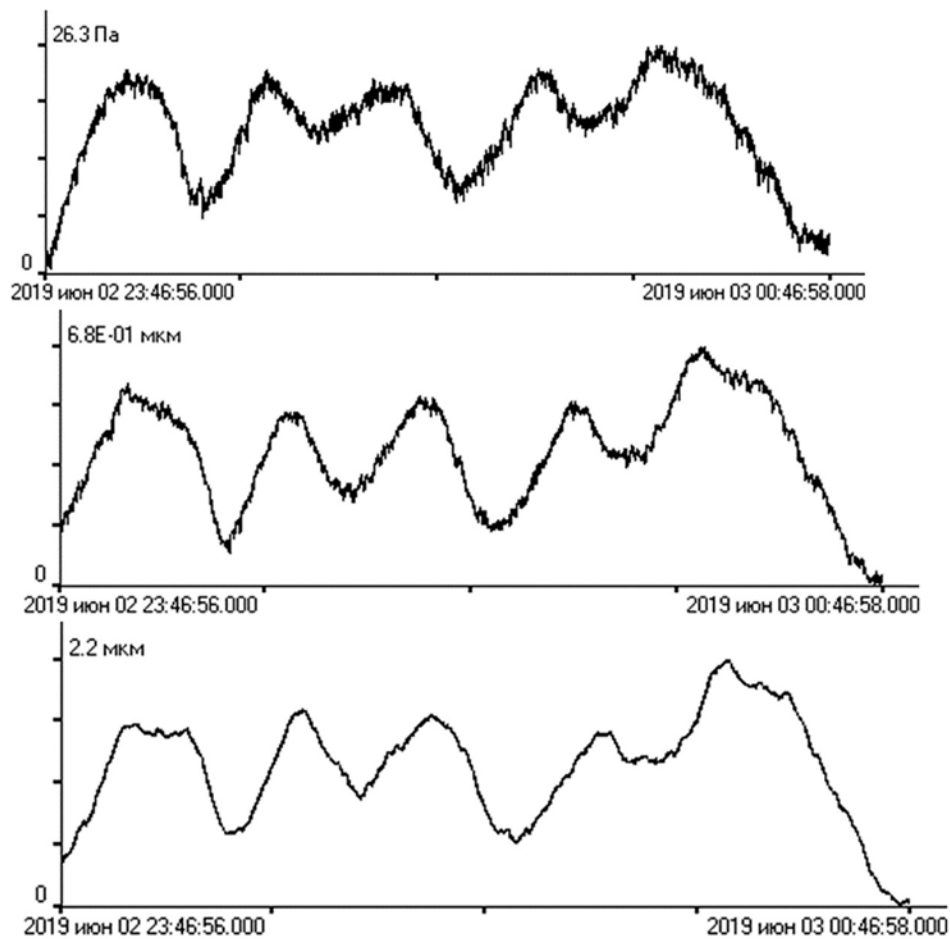


Рис. 1.4. Синхронные записи лазерного нанобарографа, 17.5-метрового лазерного деформографа, 52.5-метрового лазерного деформографа (сверху-вниз).

*Fig. 1.4. Synchronous recordings of the laser nanobarograph, 17.5-meter laser strainmeter, 52.5-meter laser strainmeter (from top to bottom)*

### **1.5. Обобщение метода геоакустической инверсии по записи импульсного сигнала одиночным гидрофоном с учетом неоднородностей батиметрии / Generalization of the method of geoaoustic inversion by recording a pulsed signal with a single hydrophone, taking into account bathymetry inhomogeneities**

*к.т.н. М.Ю. Фершалов, д.ф.-м.н. П.С. Петров, Д.С. Манульчев, к.ф.-м.н. А.Д. Захаренко /  
M. Yu. Fershalov, P.S. Petrov, D.S. Manul'chev, A.D. Zakharenko*

Метод геоакустической инверсии с использованием записи импульсного акустического сигнала одиночным гидрофоном был обобщен на случай нерегулярного волновода. Данное обобщение позволяет учесть при выполнении инверсии плавные неоднородности батиметрии на рассматриваемой акустической трассе. Этот метод был использован для восстановления параметров дна на экспериментальной трассе на шельфе Японского моря (в районе полуострова Гамова). Батиметрия на трассе являлась неоднородной, и глубина моря плавно уменьшалась от 55 в точке излучения до 40 м в точке приема. Теоретические дисперсионные кривые, полученные для восстановленных значений параметров, хорошо согласуются с дисперсионными кривыми, полученными с помощью разворачивающего преобразования сигнала, записанного в эксперименте. Таким образом, можно

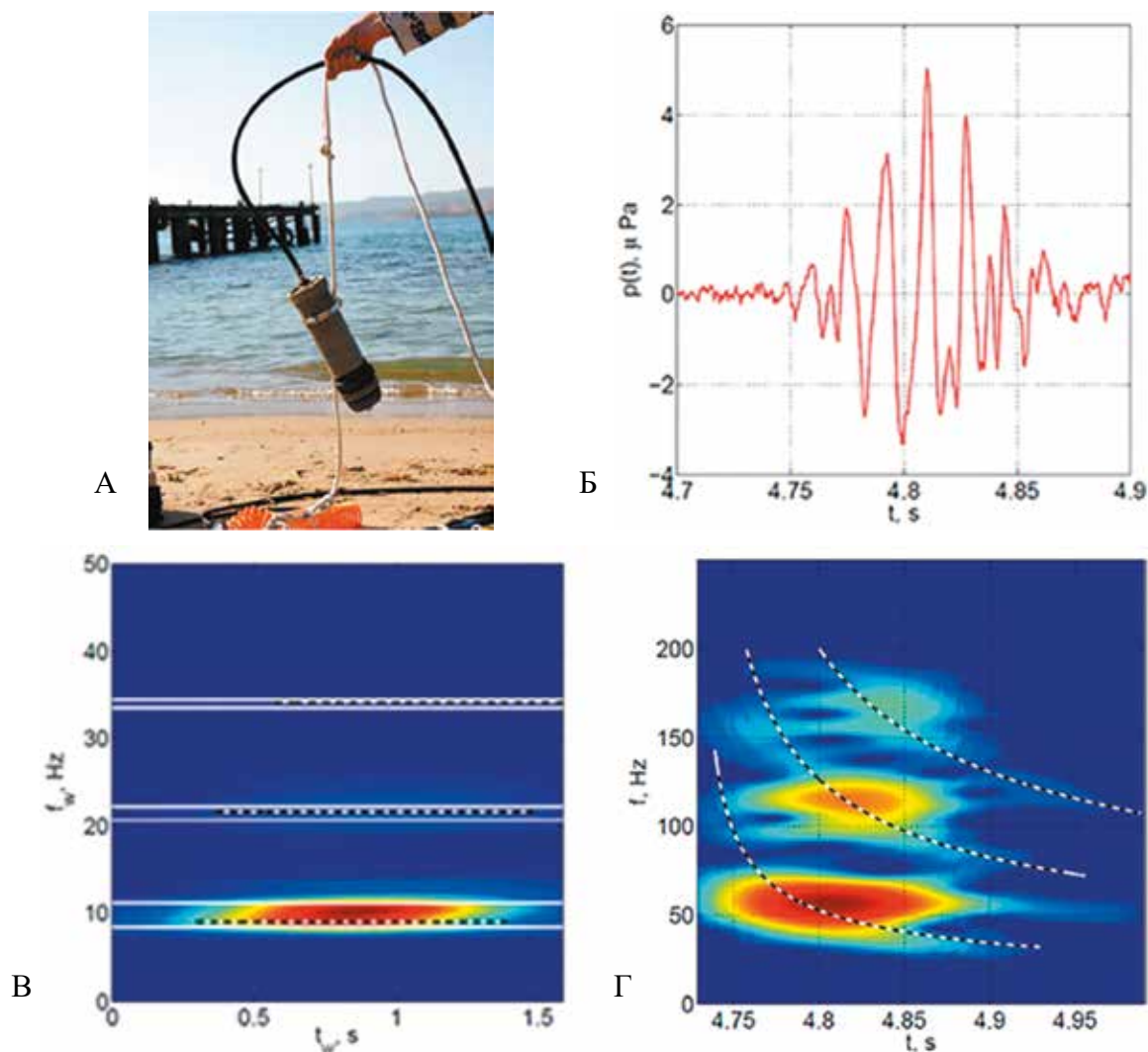


Рис. 1.5. А – пневмоизлучатель; Б – записанный в эксперименте сигнал; В – спектрограмма сигнала  $SP(P..)(t...t)$ , полученного из сигнала  $P(t)$  с помощью развертывающего преобразования, а также дисперсионные кривые  $f = f(t)$ , определенные согласно методике; Г – спектрограмма  $SP$  исходного сигнала  $P(t)$  и рассчитанные дисперсионные кривые  $f = f(t)$  или  $t = r(f)$ .

Fig. 1.5. A – Pneumatic emitter; Б – signal recorded in the experiment; В – Spectrogram of the signal  $SP(P..)(t...t)$  obtained from the signal  $P(t)$  using a sweeping transform, as well as the dispersion curves  $f = f(t)$  determined according to the technique; Г – Spectrogram  $SP$  of the original signal  $P(t)$  and calculated dispersion curves  $f = f(t)$  or  $t = r(f)$

ожидать, что параметры реального нерегулярного волновода были успешно восстановлены. (Фершалов М.Ю., Петров П.С., Манульчев Д.С., Захаренко А.Д. // Подводные исследования и робототехника. 2021. № 1 (35). С. 51–59.).

### 1.6. Исследование резонансных колебаний в заливе Петра Великого Японского моря / Study of resonant oscillations in the Peter the Great Bay of the Sea of Japan

д.ф.-м.н. И.О. Ярошук, к.г.н. А.Н. Самченко, А.В. Кошелева /  
I.O. Yaroshchuk, A.N. Samchenko, A.V. Kosheleva

Проведен натурный эксперимент с установкой автономных измерителей давления для изучения особенностей колебаний свободной поверхности в заливе Петра Великого Японского моря в августе 2016 г. В ходе интерпретации и совместного анализа результатов измерений колебаний с периодами

70–100 минут получены наборы пространственно-временных параметров для собственных и вынужденных колебаний, рассчитанные с применением численных моделей мелкой воды с разностной аппроксимацией на нерегулярной треугольной пространственной сетке. Расположение пиков на модельных резонансных кривых и значения частот собственных колебаний соответствуют расположению хорошо выраженных максимумов энергетического спектра по данным натуральных измерений. Это показывает возможность существенного резонансного усиления колебаний уровня волновыми и периодическими ветровыми воздействиями. (*Smirnov S.V., Yaroshchuk I.O., Shvyrev A.N. et al. // Nat Hazards. 2021. V. 106. P. 1729–1745.*)

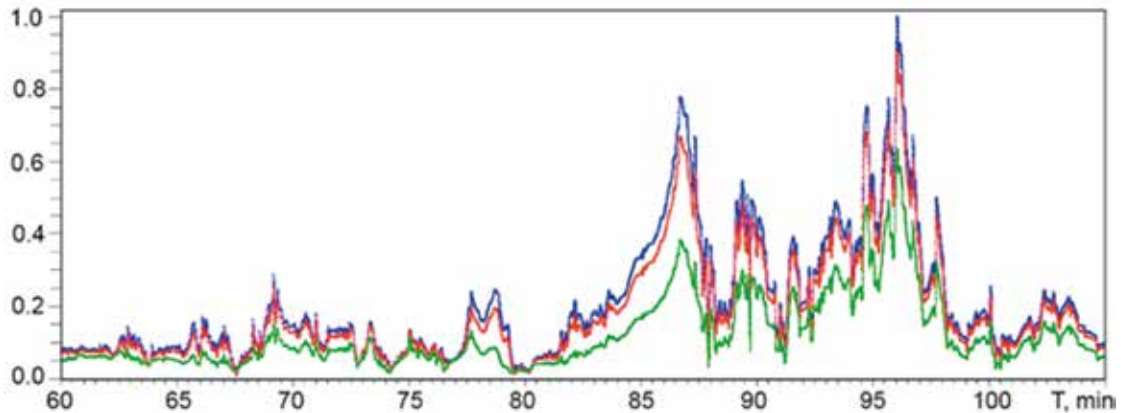


Рис. 1.6.1. Модельные резонансные кривые для РД1 (зеленая линия), РД2 (красная линия) и РД3 (синяя линия), нормированные на общее максимальное значение.

*Fig. 1.6.1. Model resonance curves for RD1 (green line), RD2 (red line) and RD3 (blue line), normalized to the total maximum value*

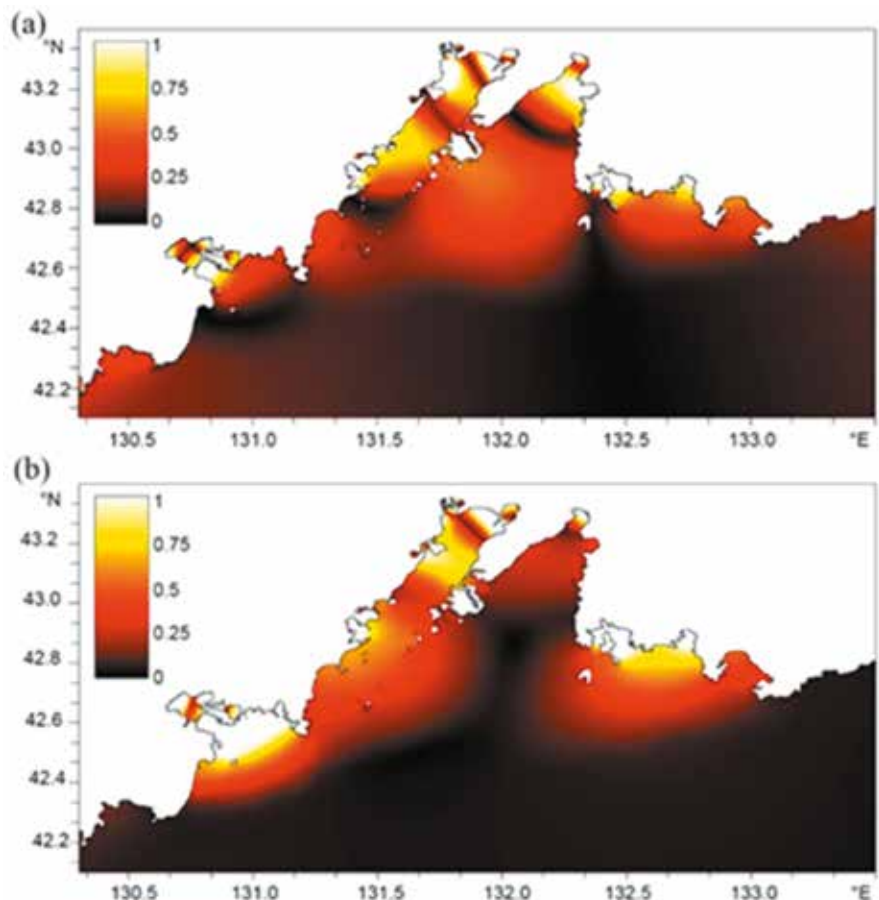


Рис. 1.6.2. Распределения амплитуды колебаний с периодами 78.8 (а) и 89.4 (б) минут в заливе Петра Великого.

*Fig. 1.6.2. Distribution of oscillation amplitude with periods of 78.8 (a) and 89.4 (b) minutes in Peter the Great Bay*

### 1.7. Апвеллинг на узком шельфе Японского моря в 2011 г. / Upwelling on the narrow shelf of the Sea of Japan in 2011

*А.В. Кошелева, д.ф.-м.н. И.О. Яроцук, к.г.н. Ф.Ф. Храпченко, А.А. Пивоваров, к.г.н. А.Н. Самченко, к.ф.-м.н. А.Н. Швырев, к.т.н. Р.А. Коротченко / A.V. Kosheleva, I.O. Yaroshchuk, F.F. Khrapchenkov, A.A. Pivovarov, A.N. Samchenko, A.N. Shvyrev, R.A. Korotchenko*

На основе инструментальных и спутниковых наблюдений рассматриваются характерные особенности локального апвеллинга, наблюдавшегося в октябре 2011 г. в юго-западной части залива Петра Великого Японского моря. Проведено численное моделирование, выполнявшееся при помощи Regional Ocean Model System (ROMS) со свободной поверхностью. При вычислениях использовались метеорологические наблюдения за неоднородностями поля ветра и инструментальные измерения гидрологической структуры воды. Анализ данных натурных измерений и их сравнение с результатами моделирования развития апвеллинга выявили, что пространственный и временной масштаб явления определялся силой, продолжительностью и направлением воздействующего ветра. Неоднородность поля скорости ветра, тесно связанная с особенностями береговой орографии, приводит к усилению апвеллинга у некоторых частей побережья и формированию температурных фронтов и струй холодной воды, поперечных основному течению, идущему вдоль шельфа.

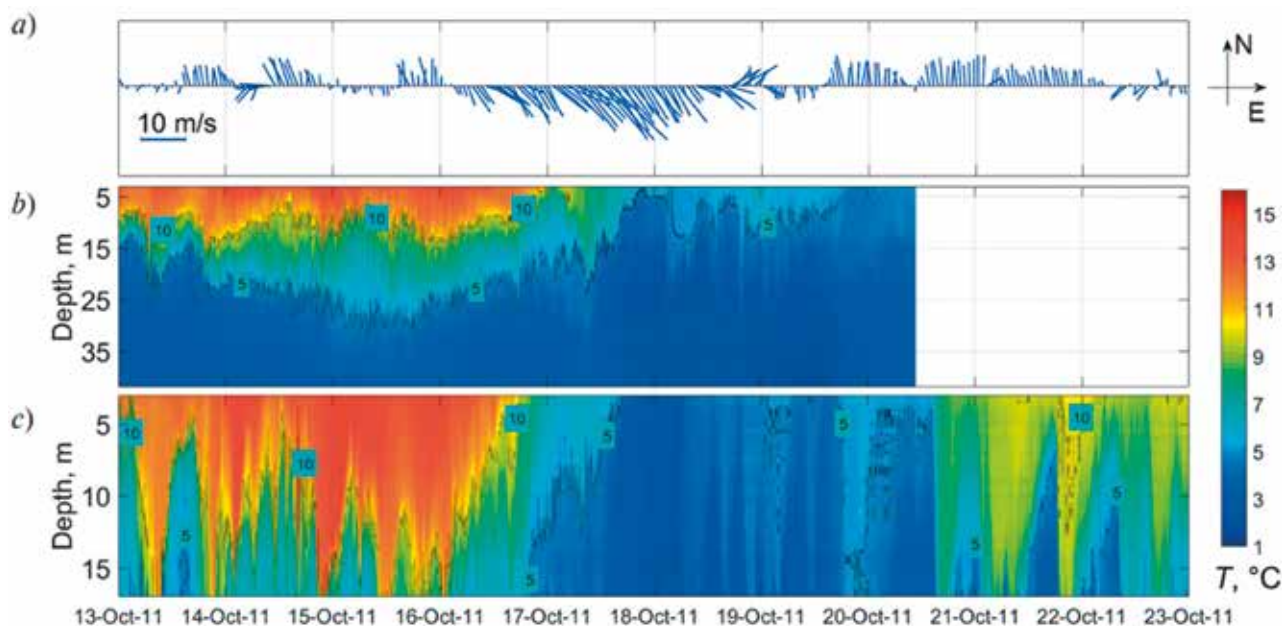


Рис. 1.7. Измерения скорости ветра и температуры морской воды 13–23 октября 2011 г.: метеоданные MS «Aanderaa» (а) и вертикальное распределение температуры, полученное с помощью термогирлянд S1 (б) и S2 (в).

*Fig. 1.7. Wind speed and sea water temperature measurements in October 13–23, 2011: Hourly wind vectors according to the meteorological data from MS “Aanderaa” (a) and a time series of water temperature vertical distribution obtained using thermostrings S1 (b) and S2 (c)*

### 1.8. Использование вейвлет анализа в изучении рельефа дна залива Петра Великого Японского моря / Use of wavelet analysis in the study of the bottom relief of the Peter the Great Bay of the Sea of Japan

*к.г.н. А.Н. Самченко, д.ф.-м.н. И.О. Яроцук / A.N. Samchenko, I.O. Yaroshchuk*

Создана цифровая модель рельефа залива, свала глубин и прилегающей суши. Цифровая модель рельефа дна и суши базируется на доступных глобальных базах данных GEBKO и ASTER,

а также данных батиметрических измерений, полученных с помощью эхолота судна. Рассматривается подготовка батиметрических данных дна залива для дальнейшего применения математических методов. На первом этапе создания цифровой модели рельефа использовалась интерполяция с помощью регрессии на основе гауссовских процессов. Далее проводилось сглаживание за счет линейной интерполяции и увеличение размера ячейки цифровой модели рельефа. За счет закругления модели уменьшилась погрешность измерений. На основе вейвлет-анализа и метода естественных ортогональных функций были выделены и оконтурены различные группы форм рельефа по их высотным характеристикам. Были определены осадочные волны в заливе. Высота осадочных волн не превышает 8 м, а расстояния между вершинами колеблются в пределах 1 км. Выделены структурные параметры рельефа дна для каждого профиля вейвлет-анализа. Наблюдаются различия в облике вейвлет-картин для разного вида осадочных волн. Так, для небольших осадочных волн, высотой до 2 м, они равномерно распределены по профилю, имея ровные «вилочки» – раздвоения. Осадочные волны высотой более 2 м сгруппированы в центральной части залива и в вейвлет-анализе также выделяются локальными раздвоениями, но с большей размерностью. (Самченко А.Н., Яроцук И.О. // Геосфера. Т. 3, № 2. С. 155–165.).

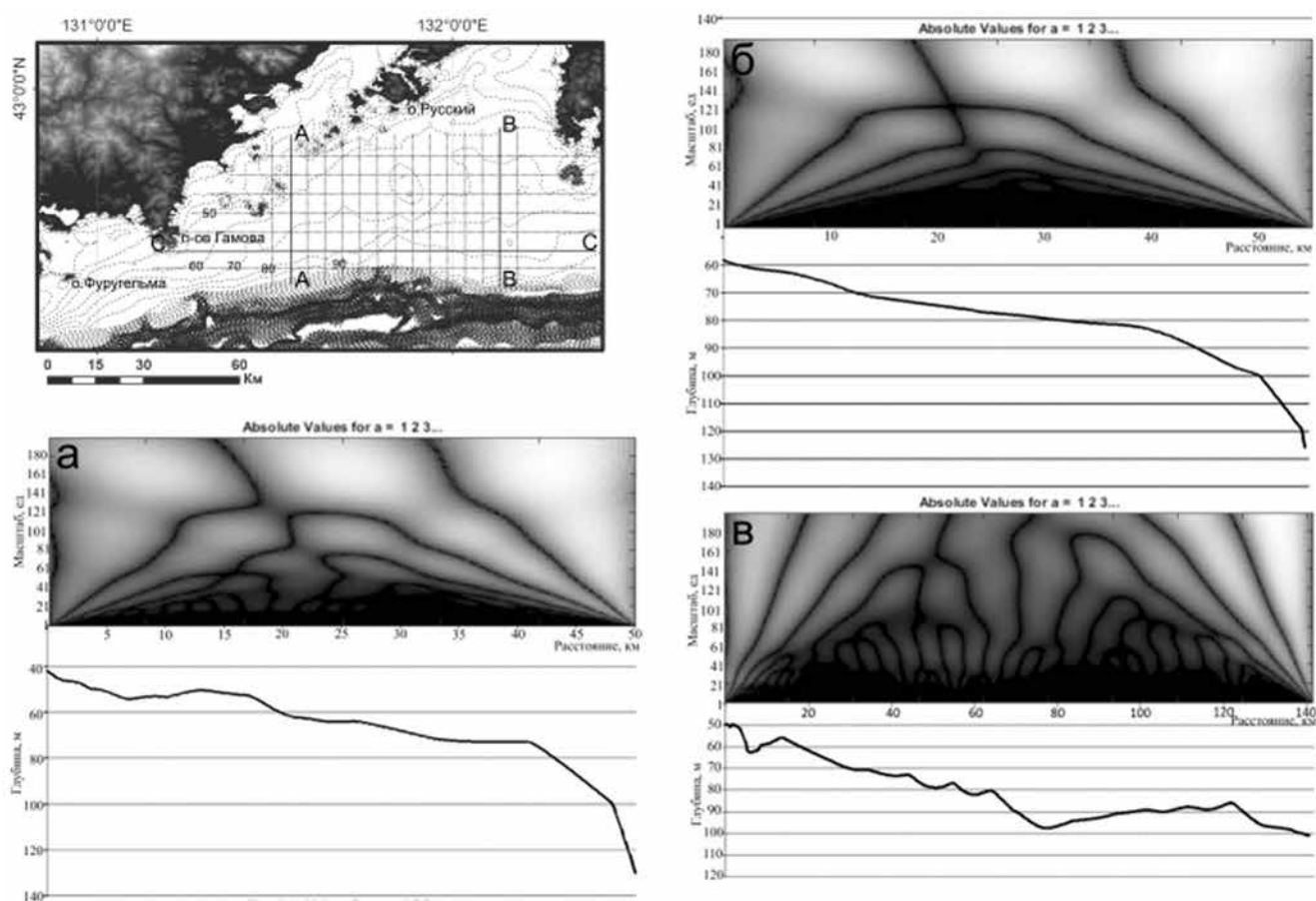


Рис. 1.8. Результаты вейвлет-анализа профилей и батиметрические профили, показанные на карте 1: а) – профиль АА, б) – профиль ВВ, в) – профиль СС.

Fig. 1.8. The results of wavelet analysis of profiles (up) and bathymetric profiles (down) (Fig. 1): а) – AA profile, б) – BB profile, в) – CC profile

### 1.9. Интенсивность звука в мелком море с горизонтально-неоднородным случайным импедансом дна / Average intensity of low-frequency sound and its fluctuations in a shallow sea with a range-dependent random impedance of the liquid bottom

д.ф.-м.н. О.Э. Гулин, д.ф.-м.н. И.О. Ярошчук / O.E. Gulin, I.O. Yaroshchuk

Исследована статистическая задача о распространении низкочастотного звукового сигнала в однородном водном слое случайного мелководного волновода с 2D гауссовыми флуктуациями скорости звука в слое (и полупространстве) жидких донных осадков. На основе выполненного статистического моделирования получены и объяснены следующие основные результаты. Для волноводов со значительной средней проницаемостью донной границы установлен факт существенного замедления спада средней интенсивности сигнала (уменьшения потерь при распространении) вдоль трассы распространения. Установлено, что индекс сцинтилляций, описывающий развитие таких флуктуаций, достаточно быстро растет с расстоянием, превышая единицу уже на дистанциях в несколько километров. Таким образом, стохастизация сигнала в случайно-неоднородном волноводе происходит достаточно быстро. Показано, что максимальный эффект уменьшения средних потерь при распространении сигнала достигается при большой величине вертикального радиуса корреляции флуктуаций скорости звука в донных осадках. (*Zhu Fengqin, Gulin O.E., Yaroshchuk I.O. // Applied Sciences. Vol.11. Issue 23. 11575.*)

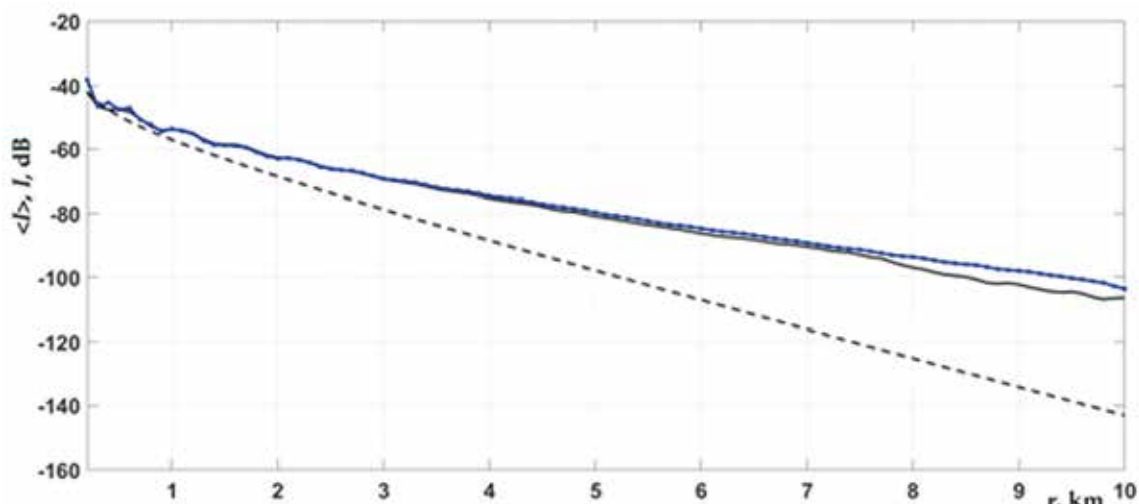


Рис. 1.9. Сравнение средней интенсивности ( $I$ ) в волноводах со случайной скоростью звука в воде и в осадках. Маркерная кривая – флуктуирующие осадки с большим радиусом корреляции, а сплошная кривая – с малым масштабом корреляции. Нижняя пунктирная кривая  $I$  в детерминированном волноводе.

*Fig. 1.9. Comparison of average intensity ( $I$ ) in waveguides with random speed of sound in water and sediments. The marker curve is fluctuating precipitation with a large correlation radius, and the solid curve is with a small correlation scale. Lower dotted curve  $I$  in a deterministic waveguide*

### 1.10. Акустический регистратор в составе гидрофизического комплекса / Acoustic recorder as part of the hydrophysical complex

А.А. Пивоваров, д.ф.-м.н. И.О. Ярошчук, д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, к.ф.-м.н. А.Н. Швырев, к.г.н. А.Н. Самченко / A.A. Pivovarov, I.O. Yaroshchuk, G.I. Dolgikh, A.N. Shvyrev, A.N. Samchenko

Получены конструктивные решения и характеристики автономных акустических регистраторов, которые реализованы на практике. Дано краткое описание элементов измерительного гидрофизического комплекса (излучатели, термогирлянды и др.), в составе которого они применяются. Технические возможности, заложенные в акустические регистраторы, позволяют оперативно

создавать различные конфигурации дискретных антенных решеток и акустических интерферометров. На основе данных, полученных с таких приемных систем в составе гидрофизического комплекса, было продемонстрировано, что можно эффективно проводить диагностику водной среды, донных осадков, а также оценивать акустические характеристики различных источников звука. Предложены некоторые методы и подходы для решения подобных задач и приведены примеры. (Пивоваров А.А., Яроцук И.О., Долгих Г.И., Швырев А.Н., Самченко А.Н. // *Приборы и техника эксперимента*. 2021. № 3. С. 123–128.).

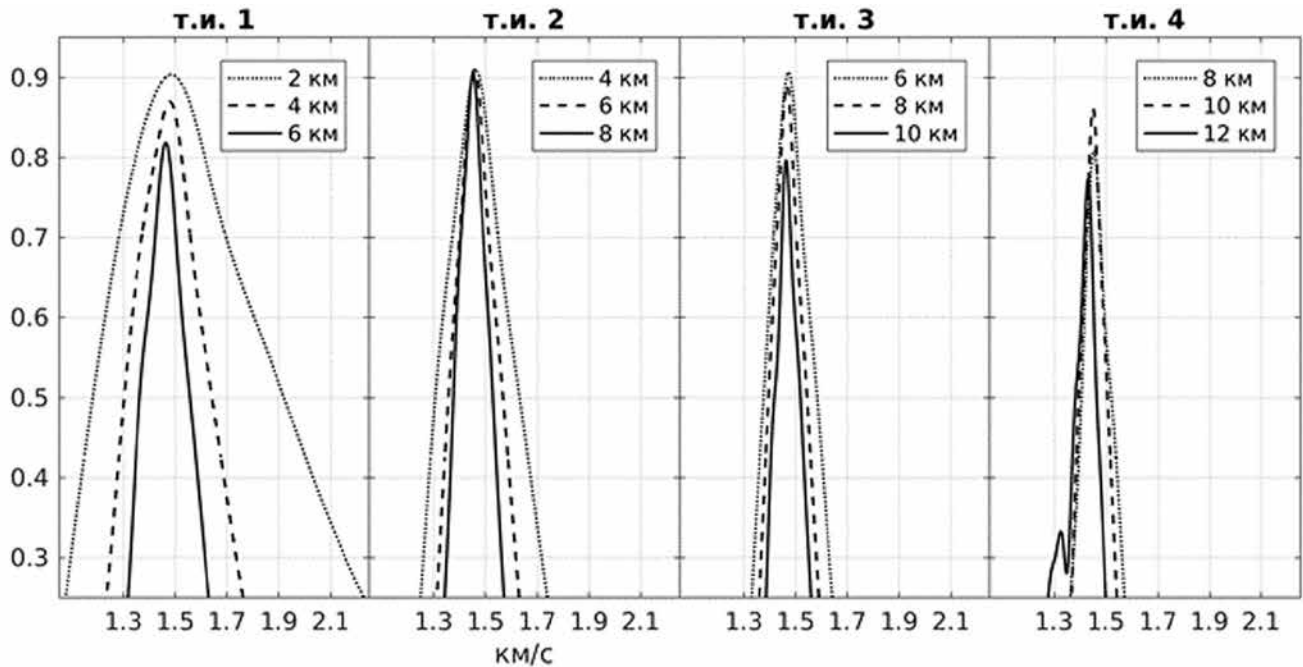


Рис. 1.10. Значения нормированной функции корреляции излученного и принятого сигнала на разнесенных в пространстве акустических регистраторах 1, 3 и 5 для различных точек излучения.

Fig. 1.10. Values of the normalized correlation function of the emitted and received signal on spatially spaced acoustic recorders 1, 3 and 5 for different radiation points

### 1.11. Движение акустической энергии в вихревых структурах / Movement of acoustic energy in vortex structures

д.ф.-м.н. В.А. Щуров, А.С. Ляшков, Е.С. Ткаченко, С.Г. Щеглов /  
V.A. Schurov, A.S. Lyashkov, E.S. Tkachenko, S.G. Scheglov

Впервые проведен анализ влияния вращения вектора колебательной скорости частиц среды на движение акустической энергии в вихре. Вычислен собственный угловой момент импульса, вызванного вращением вектора колебательной скорости относительно оси, проходящей через точку минимума давления и перпендикулярной плоскости вихря. На основе концепции векторно-фазового метода проведены теоретические и экспериментальные акустические исследования глубокого океана и мелкого моря. Впервые обнаружены и исследованы такие фундаментальные явления, как компенсация встречных потоков энергии, вихри вектора плотности потока акустической энергии, анизотропия подводного акустического шума в области низких и средних частот, разработаны алгоритмы обработки на основе четвертого статистического момента, определена помехоустойчивость комбинированных приемных систем относительно квадратичного детектора, созданы приемные комбинированные системы, не имеющие мировых аналогов (Щуров В.А., Ляшков А.С., Щеглов С.Г., Ткаченко Е.С. // *Подводные исследования и робототехника*. 2021. № 2 (36) С. 47–56.).



## 1.12. Акустические исследования глубоководных газовых факелов Охотского моря / Acoustic studies of deep-sea gas flares in the Sea of Okhotsk

к.ф.-м.н. Д.В. Черных, к.ф.-м.н. А.С. Саломатин и др. / D.V. Chernikh, A.S. Salomatin et al.

В 15 экспедициях НИС «Академик М.А. Лаврентьев» в Охотском море у берегов о. Сахалин в интервале глубин от 46 до 3330 м было зарегистрировано 1168 индивидуальных газовых факелов (ГФ). Акустические наблюдения за газовыми факелами проводились с помощью комплекса, установленного на борту НИС «Академик М.А. Лаврентьев», основу которого составляют модернизированные судовые эхолоты Сарган-ЭМ, ELAC LAZ-72, гидролокаторы Сарган-ГМ и многоканальная система цифровой регистрации акустических сигналов. Оценка потока метана в воду проводилась с помощью методов, основанных на измерении профиля сечения обратного рассеяния звука на частотах выше резонансной частоты пузырьков, формирующих ГФ. Установлена закономерность пространственного распределения ГФ от глубины их обнаружения. Выделены пять локальных максимумов, приуроченных к особенностям рельефа и зоне стабильности газогидрата метана. Наиболее глубоководные ГФ обнаружены в Охотском море на северном и восточном склонах Курильской котловины на глубинах 3330 и 2220 м соответственно. Данные ГФ отличаются сильной временной изменчивостью, приуроченной к тектонической активности данного региона, вызывающей изменение интенсивности переносимого ими метана в виде всплывающих пузырьков. Показано, что поток метана, выделяемого одним из таких ГФ, изменялся на три порядка в диапазоне от 5 ммоль/с до 5 моль/с. Основываясь на имеющихся акустических данных, была рассчитана скорость глубоководного течения в Курильской котловине в интервале глубин от 1100 до 2200 м, которая составила 7 см/с. (Черных Д.В., Саломатин А.С. и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 10. С. 57–68.).

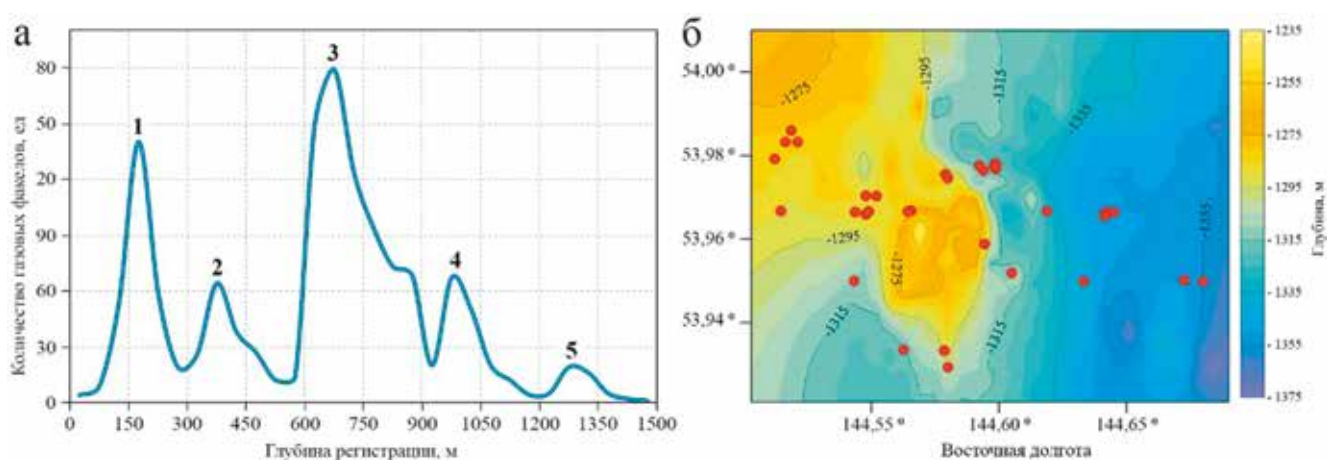


Рис. 1.12. Зависимость количества ГФ от глубины (а); батиметрическая карта предполагаемого грязевого вулкана с обнаруженными в данном районе ГФ (красные точки) (б).

Fig. 1.12. Dependence of the amount of GF on depth (a); bathymetric map of the proposed mud volcano with GFs found in the area (red dots) (b)

Тема «Моделирование разномасштабных динамических процессов в океане /  
Modeling of multi-scale dynamic processes in the ocean»

Научный руководитель д.ф.-м.н. С.В. Пранц  
Scientific supervisor Prof. S.V. Prants

2.1. Лагранжевы фронты как предикатор мест благоприятных для промысла сайры /  
Lagrangian fronts as a predictor of locations favorable for saury fishing

д.ф.-м.н. С.В. Пранц, к.ф.-м.н. М.В. Будянский, к.ф.-м.н. М.Ю. Улейский /  
S.V. Prants, M.V. Budyansky, M. Yu. Uleysky

Выполнен анализ связи мест уловов сайры с гидрологическими фронтами в океане на основе предложенной концепции лагранжевых фронтов и базы данных положения судов в районе Курильских о-в. Для промысловых сезонов 2004–2019 гг. вычислены ежесуточные лагранжевы карты в альтиметрическом поле скорости. Статистический анализ показал сильную корреляцию мест уловов с положениями устойчивых фронтов с большими значениями показателя Ляпунова и его градиента. В 2004–2014 гг. лагранжевы фронты с благоприятными для промысла условиями формировались вокруг квазистационарных хоккайдских и буссольских антициклонов и на границах 1-й и 2-й ветвей течения Ойясио с повышенным содержанием питательных веществ (Рис. 1). Катастрофическое снижение уловов, начиная с 2015 г., мы связали с изменением 3-ей ветви Ойясио. Благоприятными факторами для смещения рыболовных угодий из традиционных прибрежных районов южных Курил и Хоккайдо на восток в открытый океан стали интенсификация 3-ей ветви и увеличение транспорта вод Ойясио в 2015–2019 гг. Предложена методика оперативного прогноза перспективных мест лова на основе ежесуточного вычисления лагранжевых фронтов в режиме реального времени и даны рекомендации ихтиологам и рыбакам по трендам изменения океанографической обстановки в районе лова в последние годы. (Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M. Yu., Kulik V.V. // *Journal of Marine Systems*. 2021. V. 222. Art. no. 103605.).

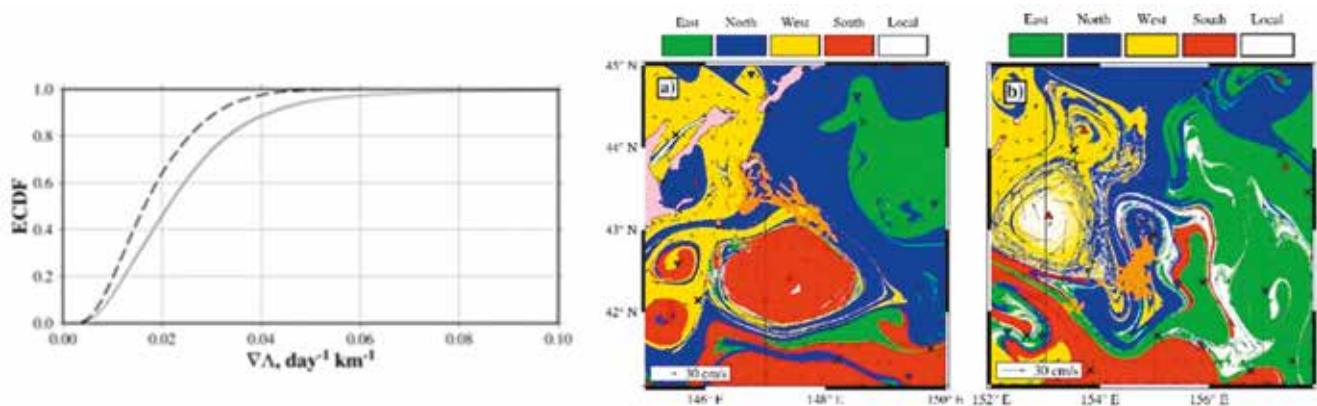


Рис. 2.1. (А) Кумулятивные функции распределения градиента показателя Ляпунова в 10 км буфере от положений мест улова сайры (штриховая кривая) и от случайно выбранных точек по 1000 реализациям. Усреднение по выборке 39 522 мест уловов для путин 2004–2014 гг.; (Б) Положения лагранжевых фронтов квазистационарных а) хоккайдского (центр 42.5 сш, 147,5 вд) и б) буссольского (центр 43.2 сш, 153 вд) антициклонов с наложенными местами улова в сент. – окт. 2004 г. Цветами показаны воды течений Соя (желтый) и Ойясио (синий), открытого океана (зеленый) и субтропические воды (красный).

Fig. 2.1. (A) Cumulative distribution functions of the Lyapunov exponent gradient in a 10 km buffer off the saury catch sites (dashed curve) and off randomly selected points over 1000 realizations. Averaging over a sample of 39,522 catch locations for fishing seasons 2004–2014; (B) -Positions of the Lagrangian fronts of quasi-stationary a) Hokkaido (center 42.5 N, 147.5 E) and b) Bussol (center 43.2 N, 153 E) anticyclones with superimposed catch sites in Sept.-Oct. 2004. The colors show the waters of the Soya (yellow) and Oyashio (blue) currents, the open ocean (green), and subtropical waters (red)

## 2.2. Структура ближнего поля функции Грина в полупространстве, ограниченном межфазной поверхностью / The Structure of Near Field of the Half-Space Green's Function

д.ф.-м.н. А.О. Максимов / A.O. Maksimov

Данное исследование заполняет пробел в изучении рэлеевского рассеяния вблизи границы раздела. Аналитически описана структура ближнего поля функции Грина полупространства. Получены явные зависимости от дальности, расстояния до границы и физических параметров контактирующих сред. Эти результаты имеют прикладную ценность для современных методов ультразвуковой очистки, поскольку они позволяют описать действие силы Бьеркнеса на частицы, расположенные вблизи границы раздела. (Maksimov A. // *J. Theor. and Comput. Acoustics*. 2021. V. 29, Iss. 4. Art. no. 2150019.).

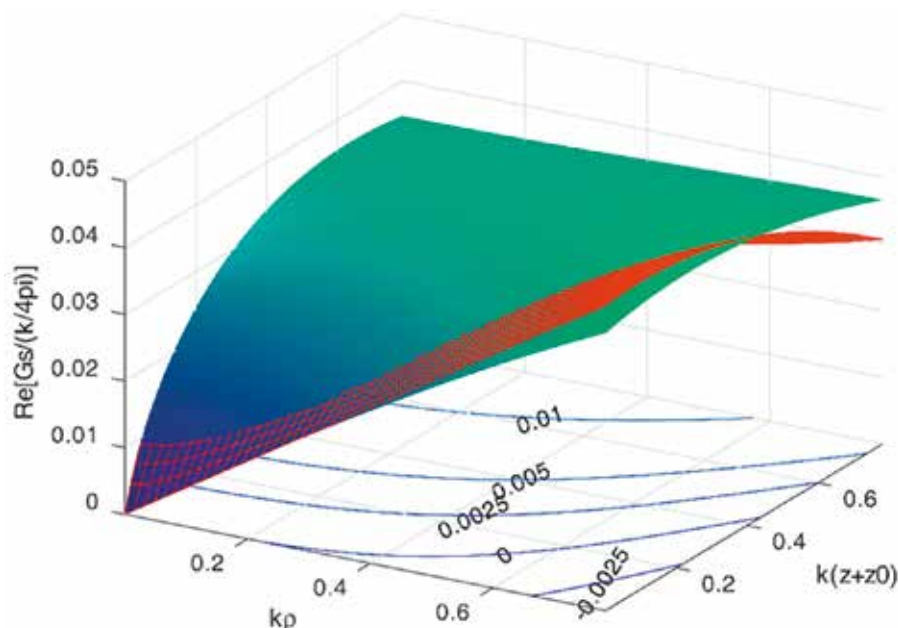


Рис. 2.2. Несингулярная часть нормированной функции Грина как функция безразмерных горизонтальных и вертикальных дистанций. Точное решение показано сплошной поверхностью. Асимптотическое приближение – сеткой. Изолинии на плоскости безразмерных расстояний описывают кривые, вдоль которых разности между точным и приближенным решениями равны:  $-0,0025$ ,  $0$ ,  $0,0025$ ,  $0,005$  и  $0,01$ . Расчеты проводились для границы раздела вода – осадки.

*Fig. 2.2. Non-singular part of the normalized Green's function as a function of dimensionless horizontal and vertical distances. The exact solution is shown by a solid surface. The asymptotic approximation is shown by the mesh surface. Contour lines on the plane of dimensionless distances describe curves along which the differences between the exact and approximate solutions are:  $-0.0025$ ,  $0$ ,  $0.0025$ ,  $0.005$  and  $0.01$ . The calculations were carried out for the interface between water and sediments*

## 2.3. Расчет амплитудно-фазовых распределений вертикальной акустической антенны с помощью функций дискретного представления переменных / Calculation of the amplitude-phase distributions of a vertical acoustic antenna using functions of discrete representation of variables

д.ф.-м.н. Д.В. Макаров / D.V. Makarov

Представлен новый метод расчета амплитудно-фазовых распределений вертикальной антенной решеткой, основанный на математическом аппарате функций дискретного представления пере-

менных. Этот метод позволяет установить прямую связь между сигналами отдельных излучателей и получающимся в итоге акустическим полем. В случае эквидистантных антенных решеток с достаточно высокой плотностью излучателей предлагаемая теория воспроизводит ранее известные результаты. Исследовано влияние плотности излучателей, а также поглощения в дне, на качество возбуждения модовых акустических импульсов в мелководном акустическом волноводе. Найдены критические частоты, по превышении которых качество возбуждения резко падает. Предложено решение, позволяющее обобщить разработанный метод на случай неэквидистантных антенных решеток (Макаров Д.В. // *Акустический журнал*. 2021. Т. 67. С. 413–43.).

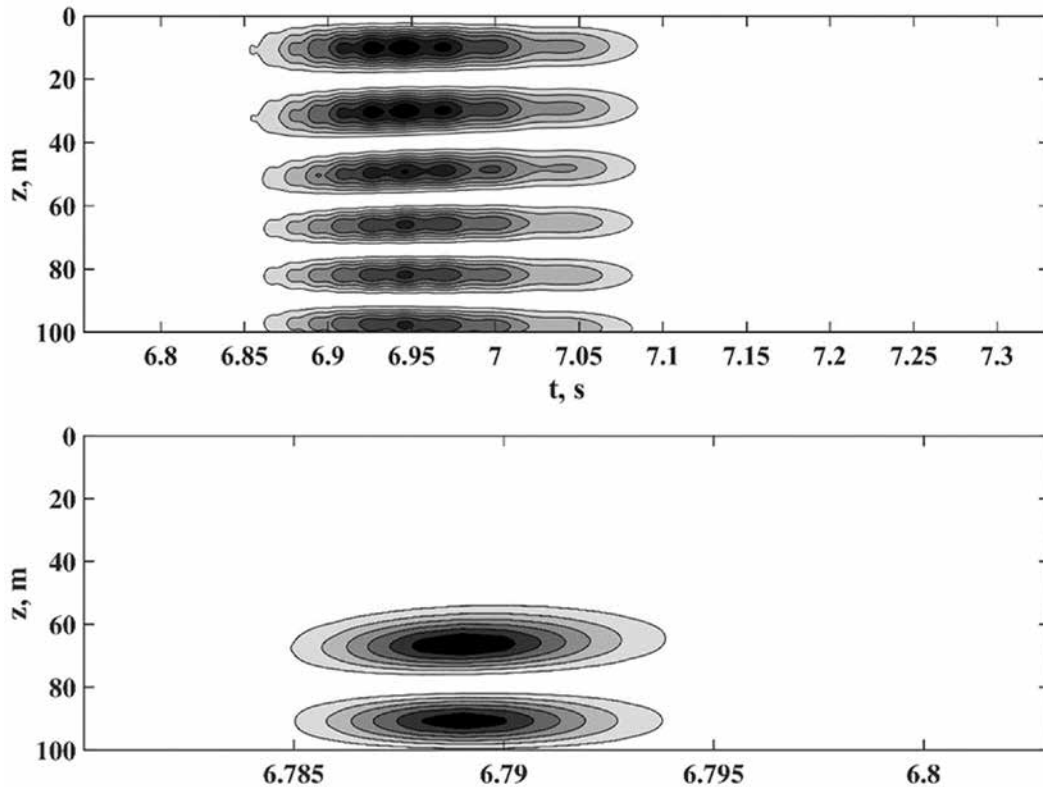


Рис. 2.3. Пространственно-временное распределение интенсивности модовых импульсов в мелком море, излученных с помощью вертикальной антенной решетки. Верхняя панель – импульс с центральной частотой 150 Гц, шестая мода. Нижняя панель – импульс с центральной частотой 400 Гц, вторая мода. Расстояние от излучающей антенны 10 км.

*Fig. 2.3. Spatio-temporal distribution of the intensity of mode pulses in the shallow sea, radiated by a vertical antenna array. The upper panel is a pulse with the central frequency of 150 Hz, the sixth mode. The lower panel is a pulse with the central frequency of 400 Hz, the second mode. The distance from the emitting antenna is 10 km*

#### 2.4. Трехмерная нелинейная динамика холодных атомов в оптической решетке и ее реализации / Three-dimensional nonlinear dynamics of cold atoms in an optical lattice and its realizations

*д.ф.-м.н. С.В. Пранц, Л.Е. Коньков, А.А. Дидов / S.V. Prants, L.E. Kon'kov, A.A. Didov*

Исследована когерентная динамика холодных атомов в трехмерной оптической решетке, созданной встречными лазерными пучками. Динамика рассматривается в полуклассическом приближении с учетом связи между внутренними и внешними степенями свободы атома. Показано, что эта связь приводит к регулярному или хаотическому движению для одиночного двухуровневого

атома в зависимости от значения управляющих параметров: расстройки частоты от резонанса и частоты отдачи атома. Проведены численные эксперименты по расплыванию атомных облаков с большим количеством холодных атомов при различных значениях расстройки, позволяющие сравнить эволюцию атомных облаков в регулярном и хаотическом режимах движения. Показано, что в этих режимах распределения атомов различаются, обеспечивая способ управления атомным транспортом путем изменения расстройки. Предложены экспериментальные схемы, позволяющие различать обычные и хаотические режимы движения атома и наблюдать хаос с реальными холодными атомами в трехмерной оптической решетке. (Prants S.V., Kon'kov L.E., Didov A.A. // *J. Russ. Laser Res.* 2021. V. 42, N. 5. P. 558–568.).

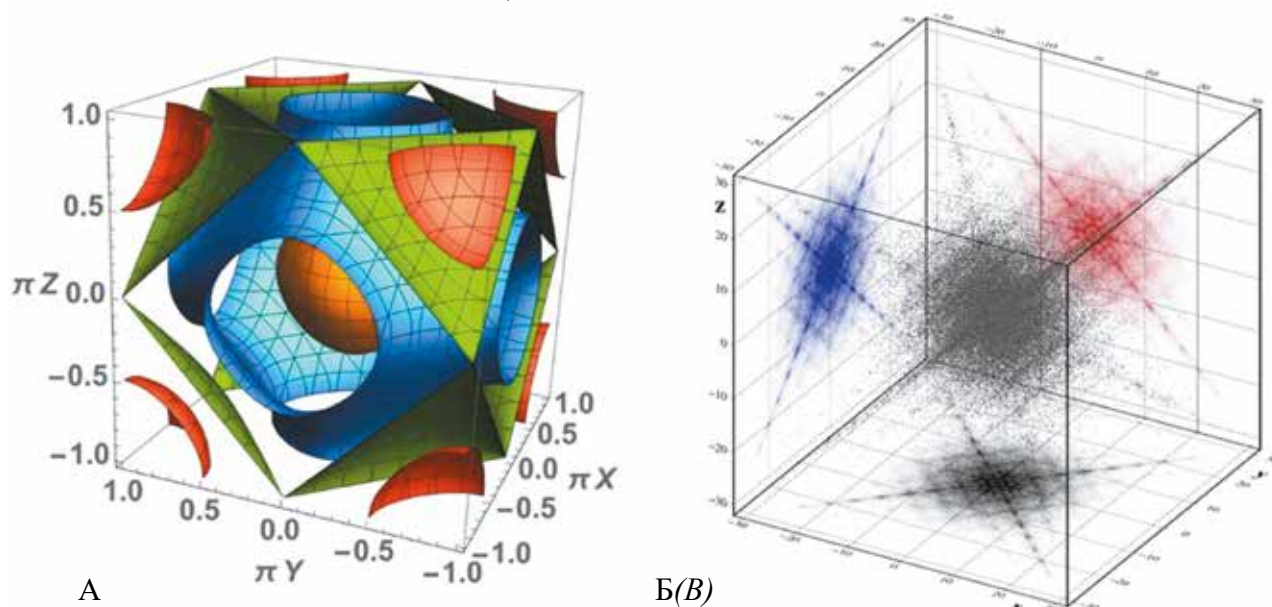


Рис. 2.4. А – Изоповерхности напряженности электрического поля  $E(x, y, z)$  в трехмерной оптической решетке с напряженностью электрического поля с  $E = -2$  (оранжевый),  $E = 0$  (синий),  $E = 1$  (зеленый) и  $E = 2$  (красный). Б – расстройкой от резонанса  $-0.25$  и положительным значением максимального показателя Ляпунова. Показаны проекции трехмерного распределения на плоскости  $x$ - $y$ ,  $x$ ,  $z$  и  $y$ ,  $z$ .

Fig. 2.4. A – Isosurfaces of electric field strength  $E(x, y, z)$  in a three-dimensional optical lattice with electric field strength with  $E = -2$  (orange),  $E = 0$  (blue),  $E = 1$  (green) and  $E = 2$  (red). B – detuning from resonance  $-0.25$  and a positive value of the maximum Lyapunov exponent. The projections of the 3D distribution onto the  $x$ - $y$ ,  $x$ ,  $z$  and  $y$ ,  $z$  planes are shown

## 2.5. Возмущение акустических мод неоднородностями рельефа дна в мелком море / Modal perturbation theory for the case of bathymetry variations in shallow-water acoustics

д.ф.-м.н. П.С. Петров, д.ф.-м.н. М.Ю. Трофимов, к.ф.-м.н. А.Д. Захаренко /  
P.S. Petrov, M. Yu. Trofimov, A.D. Zakharenko

Разработана теория возмущений акустических мод в мелком море, вызванных вариациями глубины вдоль акустической трассы. Предложена методика вывода формул произвольного порядка для возмущения волновых чисел и собственных функций мод с учетом зависимости скорости звука от глубины в водном слое. Стандартная квантовомеханическая теория возмущений в данном случае напрямую неприменима. Формулы теории возмущений акустических мод представляют самостоятельный интерес, и, кроме того, имеют важное прикладное значения для развития методов геоакустической инверсии и методов моделирования трехмерных акустических полей в мелком море. В рамках всех математических методов, используемых при расчете поля акустического давления и основанных на методе нормальных волн (в частности, методе модовых параболических уравнений) необходимо рассчитывать их коэффициенты, зависящие от волновых чисел

и собственных функций мод, а также от их производных. Соответствующие вычисления могут быть значительно ускорены путем использования предложенной теории возмущений. (Petrov P.S., Trofimov M. Yu., Zakharenko A.D. // *Russian Journal of Mathematical Physics*. 2021. V. 28, No. 2. P. 257–262; Zakharenko A.D., Trofimov M. Yu., Petrov P.S. // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, No. 9. Art. No. 934.).

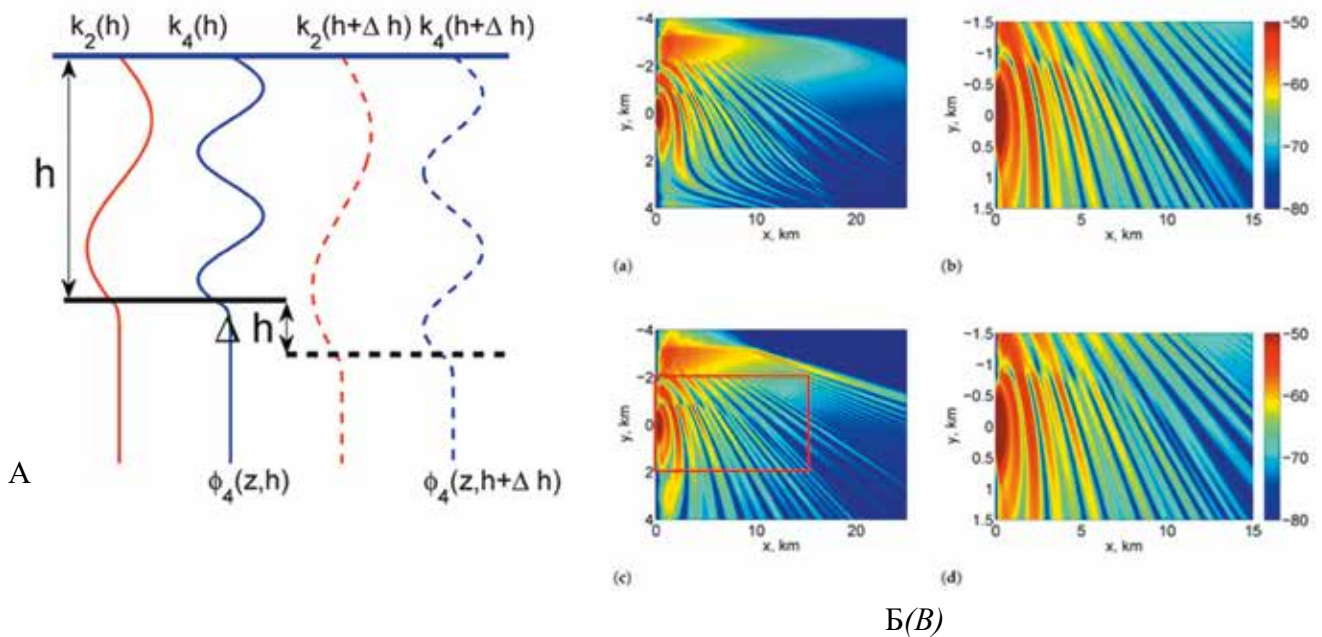


Рис. 2.5. Возмущение собственных функций вариациями глубины (А) и решение задачи о распространении звука в проницаемом клине с использованием разработанной теории возмущения (В, (а), (б)) и с использованием точных значений волновых чисел мод (В, (с), (д)).

Fig. 2.5. Perturbation of eigenfunctions by depth variations (A) and solution of the problem of sound propagation in a permeable wedge using the developed perturbation theory (B, (a), (b)) and using the exact values of the wave numbers of modes (B, (c), (d))

## 2.6. Разделение масштабов в многомасштабном океаническом потоке на основе локального радиуса корреляций / Scale separation in multiscale ocean flow based on local correlation radius

д.ф.-м.н. Е.А. Рыжов / E.A. Ryzhov

Предложен подход разделения масштабов (крупномасштабная струя / мезомасштабные вихри) в меандрирующем струйном океаническом потоке. Крупномасштабное поле представляет собой два круговорота, разделенных интенсивным струйным течением, выступающим в виде

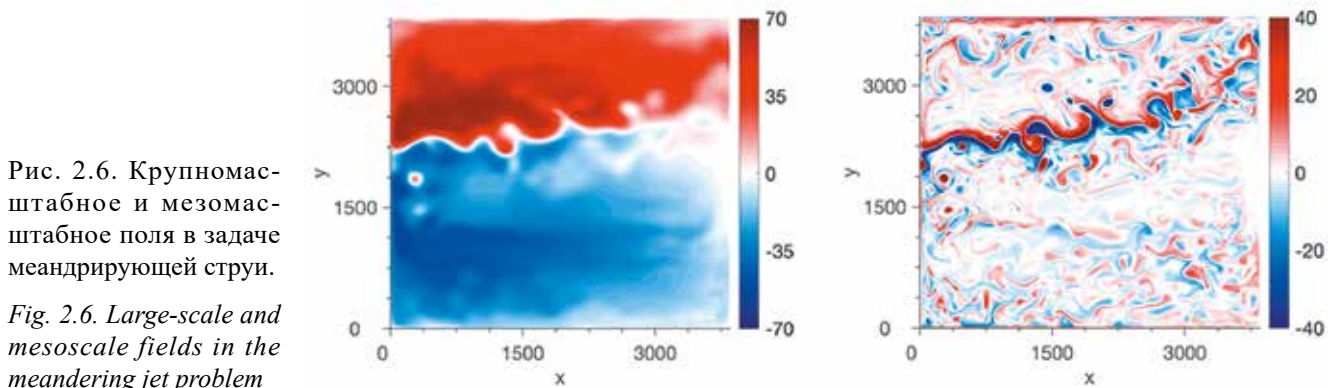


Рис. 2.6. Крупномасштабное и мезомасштабное поля в задаче меандрирующей струи.

Fig. 2.6. Large-scale and mesoscale fields in the meandering jet problem

частично проницаемого барьера. Вихревое поле сосредоточено в окрестности струи, осуществляя ее энергетическую накачку. Предложенный метод разделения масштабов основывается на информации о локальных корреляциях в базовом потоке и адаптирует окно фильтрации соответственно, что отличается от стандартных методов, основанных на постоянном окне фильтрации. Далее проанализированы пространственно-временные корреляции полученных потоков и установлен факт перекачки энергии из мезомасштаба в крупномасштабное поле. Полученное мезомасштабное поле так же было использовано для параметризации крупно-масштабной модели с целью улучшения вихредопускающего решения. (Agarwal N., Ryzhov E., Kondrashov D., Berloff P. // *J. Fluid Mech.* 2021. V. 924. A5.).

## 2.7. Исследование вертикального турбулентного перемешивания и турбулентных потоков тепла, соли и кислорода в Японском море / Study of Vertical Turbulent Mixing and Turbulent Heat, Salt, and Oxygen Flows in the Sea of Japan

к.ф.-м.н. Д.В. Степанов, к.г.н. Д.Д. Каплуненко / D.V. Stepanov, D.D. Kaplunenko

Впервые на основе продолжительных данных высокого вертикального разрешения, полученных с помощью профилографа «АКВАЛОГ» на континентальном склоне в северо-западной части Япон-

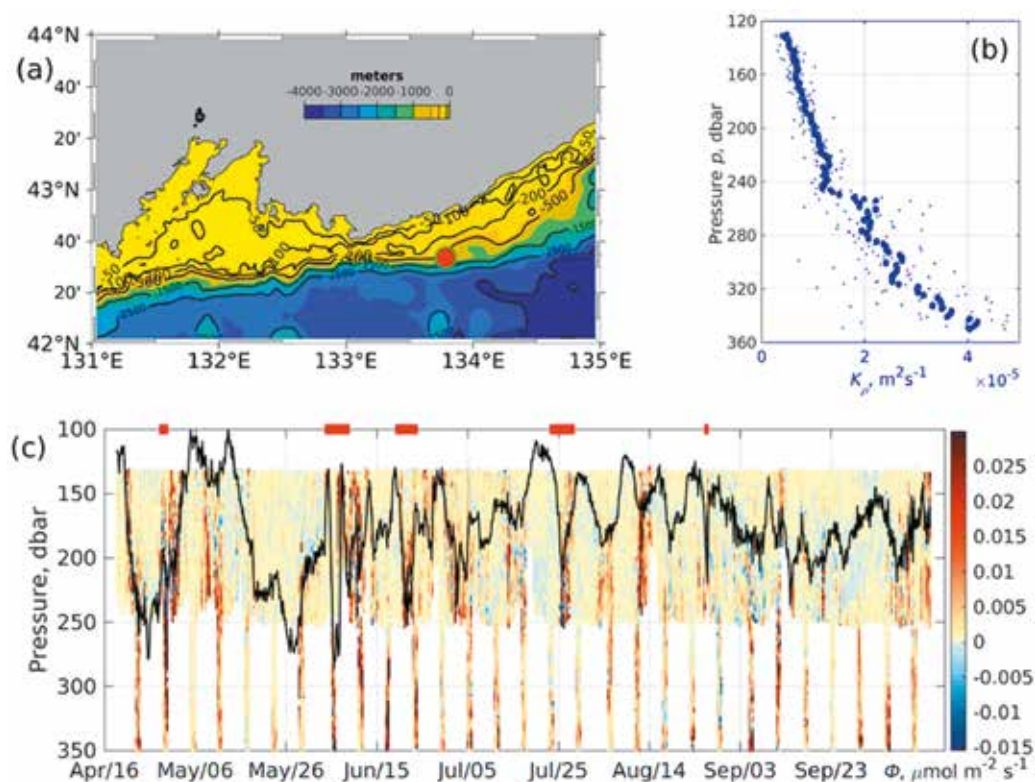


Рис. 2.7. (а) Топография дна северо-западной части Японского моря. Красной точкой обозначено место постановки профилографа «АКВАЛОГ». (б) Осредненный за весь период наблюдений профиль коэффициента турбулентного перемешивания. (с) Вариации турбулентного потока растворенного кислорода. Положительные значения указывают на поток ко дну. Красными прямоугольниками обозначены события прохождения мезомасштабных вихрей через станцию.

*Fig. 2.7. (a) Bottom topography of the northwestern Sea of Japan. The red dot indicates the location of the AQUALOG profiler. (b) Profile of the turbulent mixing coefficient averaged over the entire observation period. (c) Variations in turbulent dissolved oxygen flow. Positive values indicate flow to the bottom. The red rectangles indicate the events of passage of mesoscale eddies through the station*

ского моря с апреля по октябрь 2015 г., а также концепции тонкоструктурной параметеризации, получены оценки коэффициента вертикального турбулентного перемешивания, а также турбулентных потоков тепла, соли и кислорода. Средний профиль коэффициента вертикального турбулентного перемешивания продемонстрировал интенсификацию перемешивания с глубиной. Интенсификация турбулентного перемешивания зарегистрирована в периоды смены муссона и сильных штормов. Установлено, что наличие мезомасштабных вихрей, является одной из причин интенсификации турбулентных потоков тепла соли и кислорода. Благодаря турбулентному перемешиванию формируется интенсивный поток растворенного кислорода в нижележащие слои, который наиболее интенсивен в периоды прохождения мезомасштабных вихрей через станцию. (*Ostrovskii A., Stepanov D., Kaplunenko D., Park J.-H., Park Y.-G., Tishchenko P. // Journal of Marine Systems. 2021. V. 224. Art. No. 103619.*)

## 2.8. Обобщенная форма метода инвариантного погружения и ее применение для исследования обратного рассеяния в подводной акустике / A generalized form of the invariant imbedding method and its application to the study of backscattering in underwater acoustics

*М.С. Казак, д.ф.-м.н. П.С. Петров, д.ф.-м.н. К.В. Кошель / M. Kazak, P. Petrov, K. Koshel*

Предложена обобщенная (матричная) форма метода инвариантного погружения для решения граничных задач. Следуя этому методу, решение краевой задачи для связанных эллиптических уравнений можно получить путем решения уравнений погружения для матричнозначных функций. Предложенный метод применен для решения связанных уравнений на модовые амплитуды. Он позволяет описать распространение акустических волн в нерегулярных волноводах мелкого моря. С помощью данного метода исследовано обратное рассеяние акустических мод на неоднородностях батиметрии, рассчитаны коэффициенты модового разложения волн, отраженных неоднородностями рельефа дна. Показано, что эффект обратного рассеяния связан с взаимодействием мод, и поле обратного рассеяния состоит из мод, номера которых отличаются от номеров падающих мод. (*Kazak M., Koshel K., Petrov P. // Journal of Marine Science and Engineering. 2021. V. 9, No. 9. Art. No. 1033; Казак М.С., Петров П.С., Кошель К.В. // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 36, № 2. С. 76–81.*)

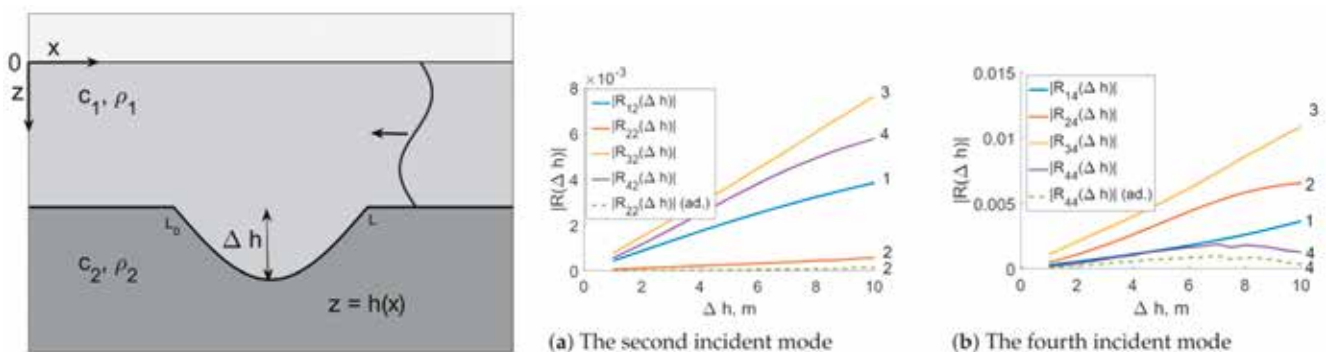


Рис. 2.8. Схема волновода мелкого моря (слева) и графики модулей коэффициентов отражения в зависимости от максимальной глубины неоднородности (справа, (a) – случай падения второй моды, (b) – случай падения четвертой моды).

*Fig. 2.8. Diagram of a shallow sea waveguide (left) and graphs of the moduli of the reflection coefficients depending on the maximum depth of inhomogeneity (right, (a) – the case of the incidence of the second mode, (b) – the case of the incidence of the fourth mode)*



Тема «Исследование основных процессов, определяющих состояние и изменчивость океанологических характеристик окраинных морей Азии и прилегающих районов Тихого и Индийского океанов / Investigations of the main processes that determine the state and variability of the oceanographic characteristics of the Asian marginal seas and the adjacent regions of the Pacific and Indian oceans»

Научный руководитель к.г.н. В.Б. Лобанов  
Scientific supervisor Phd. V.B. Lobanov

3.1. Региональные особенности и тренды межгодовых колебаний климатических параметров во внетропической зоне южной части Тихого океана за последние четыре десятилетия / Regional features and trends of interannual fluctuations in climatic parameters of the extratropical zone of the South Pacific ocean over the past four decades

к.г.н. И.Д. Ростов, к.ф.-м.н. Е.В. Дмитриева, к.г.н. Н.И. Рудых /  
I.D. Rostov, E.V. Dmitrieva, N.I. Rudykh

Определены региональные особенности и тренды межгодовых колебаний температуры воды в толще (Тв) и на поверхности (ТПО) океана, а также температуры воздуха (Та) и их связи с вариациями полей давления, ветра, выраженности центров действия атмосферы и климатических индексов во внетропической зоне южной части Тихого океана за последние четыре десятилетия (по данным глобальной метеорологической сети и реанализа NOAA). Показано, что положительные тренды изменений полей Та и ТПО выражены, главным образом, в северо-западной части региона,

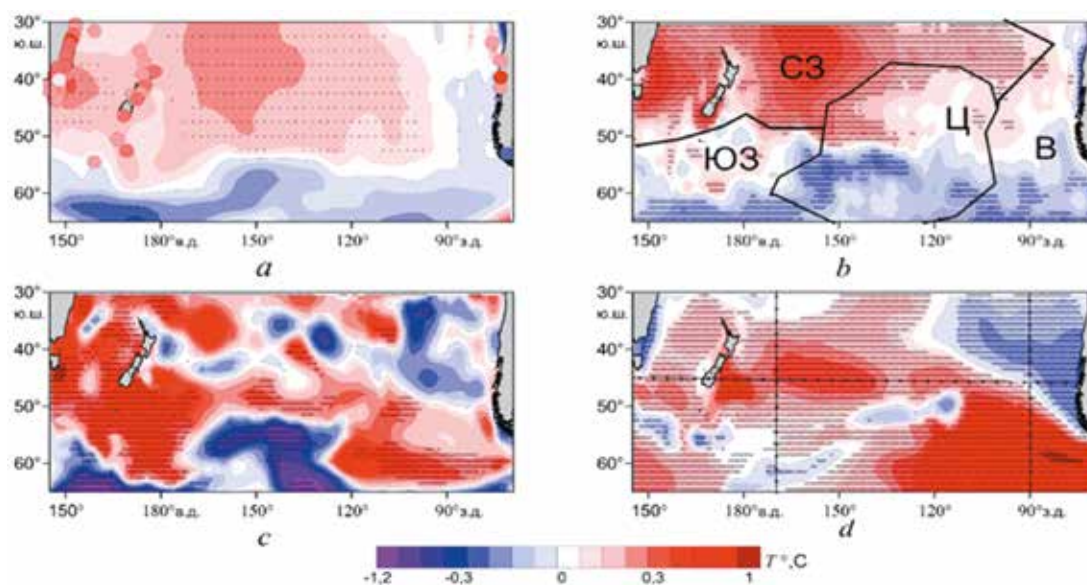


Рис. 3.1. Тренды ( $^{\circ}\text{C}/10$  лет) среднегодовых величин Та (а), ТПО (b), Тв на горизонтах 150 м (с) и 950 м (d) по данным наблюдений на метеостанциях, реанализа и GODAS. Показано расположение метеостанций (а), выделенных районов (b) и отдельных разрезов (d). Крестиками обозначены узлы сетки, в которых оценки статистически значимы на уровне 95%.

Fig. 3.1. Trends ( $^{\circ}\text{C}/10$  years) of average annual values Та (a), SST (b), Tw at depth of 150 m (c) and 950 m (d) according to observations at weather stations, reanalysis and GODAS. The location of meteorological stations (a), selected regions (b), and individual sections (d) is shown. The crosses indicate the grid nodes where the trends are statistically significant at the 95% level

где они статистически значимы и достигают максимума 0,4–0,6 °С/10 лет в районе Тасманова моря и к северо-востоку от о. Новая Зеландия. Области с минимальными или отрицательными величинами трендов  $T_a$  и ТПО располагаются на южной и восточной периферии исследуемого региона – в области влияния холодных течений. В среднем, по акватории тренды среднегодовой ТПО и  $T_a$  составили ~ 0,04–0,06 °С/10 лет, что в 2–3 раза меньше, чем в субарктическом районе северной части Тихого океана (Рис. 3.1). В пределах верхнего 200-метрового слоя происходит полная трансформация пространственного распределения трендов ТПО, а характеристики трендов  $T_w$  на различных горизонтах существенно различаются. (Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И. // *Морской гидрофизический журнал*. 2021. Т. 37, № 6. С. 659–679.).

### 3.2. Рекордное потепление халоклина Камчатского течения / Record warming of the halocline layer of the Kamchatka Current

д.г.н. К.А. Рогачев, к.г.н. Н.В. Шлык / K.A. Rogachev, N.V. Shlyk

Определены характеристики вод Камчатского течения и его антициклонических вихрей на основе исторических наблюдений ТОИ ДВО РАН и новых данных буев Арго. Камчатское течение содержит антициклонические вихри диаметром 100–120 км, которые имеют глубокое и холодное ядро низкой солёности. С начала наблюдений (1990 г.) температура в ядре вихрей выросла на величину около 2.4 °С, однако в 2012 г. воды Камчатского течения были экстремально холодными, а рекордное потепление произошло в период с 2015 по 2018 гг. Температура воды в слое халоклина выросла на величину около 3 °С с 2012 по 2018 гг., что было связано с рекордно низкой площадью льда в Беринговом море. (Rogachev K.A., Shlyk N.V. // *Ocean Dynamics*. 2021. V. 71. P. 545–557.).

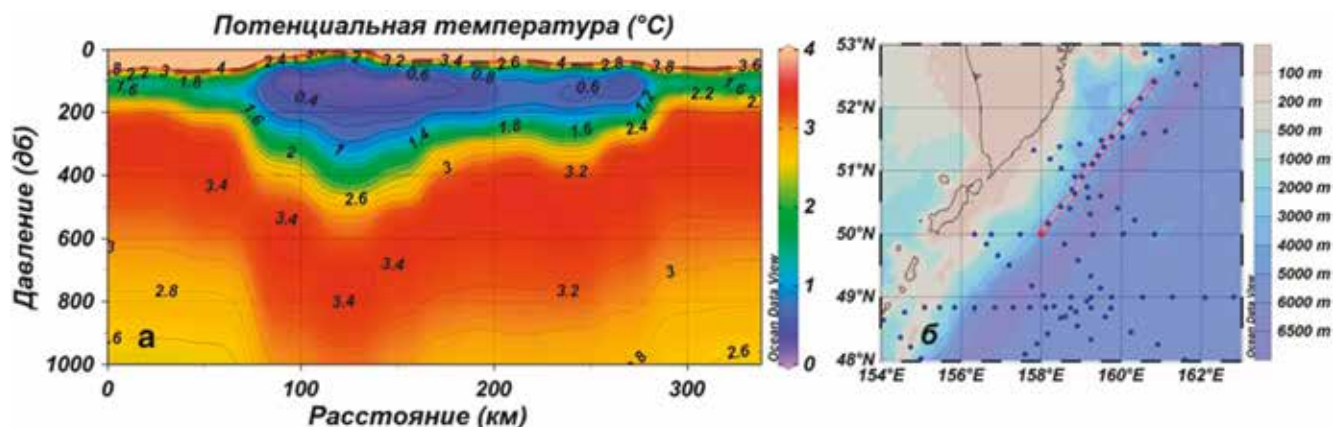


Рис. 3.2. Потенциальная температура воды на разрезе через антициклонический вихрь Камчатского течения в сентябре 1990 г. (а) и положение разреза (б).

Fig. 3.2. Section of potential temperature across the anticyclonic eddy of the Kamchatka Current in September 1990 (a) and section location (b)

### 3.3. Динамика мезомасштабных вихрей в Беринговом море / Dynamics of mesoscale eddies in the Bering Sea

к.г.н. И.А. Жабин, к.ф.-м.н. Е.В. Дмитриева, к.г.н. С.Н. Таранова / I.A. Zhabin, E.V. Dmitrieva, S.N. Taranova

Исследована динамика мезомасштабных вихрей в Беринговом море на основе результатов автоматического метода выделения вихревых структур по данным об аномалиях уровня моря. Показано, что эти вихри играют значительную роль в циркуляции вод Берингова моря. За период

1993–2018 гг. были выделены 361 антициклон и 231 циклон с продолжительностью существования более 90 суток, со средними радиусами 53,2 и 63,5 км и орбитальными скоростями геострофических течений на внешнем замкнутом контуре вихрей 14,0 и 10,8 см/с, соответственно. Средняя скорость перемещения антициклонов и циклонов вдоль траектории движения составляла 5,1 и 6,2 см/с. Большая часть мезомасштабных вихрей была связана с пограничными течениями. Это показывает, что вихри, в основном, формируются за счет бароклинной/баротропной неустойчивости Берингово-морского склонового и Камчатского течений. На вихреобразование в зоне Северного Алеутского склонового течения может влиять водообмен через проливы Алеутской гряды. (Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Таранова С.Н. // *Исследование Земли из космоса*. 2021. № 5. С. 46–65.).

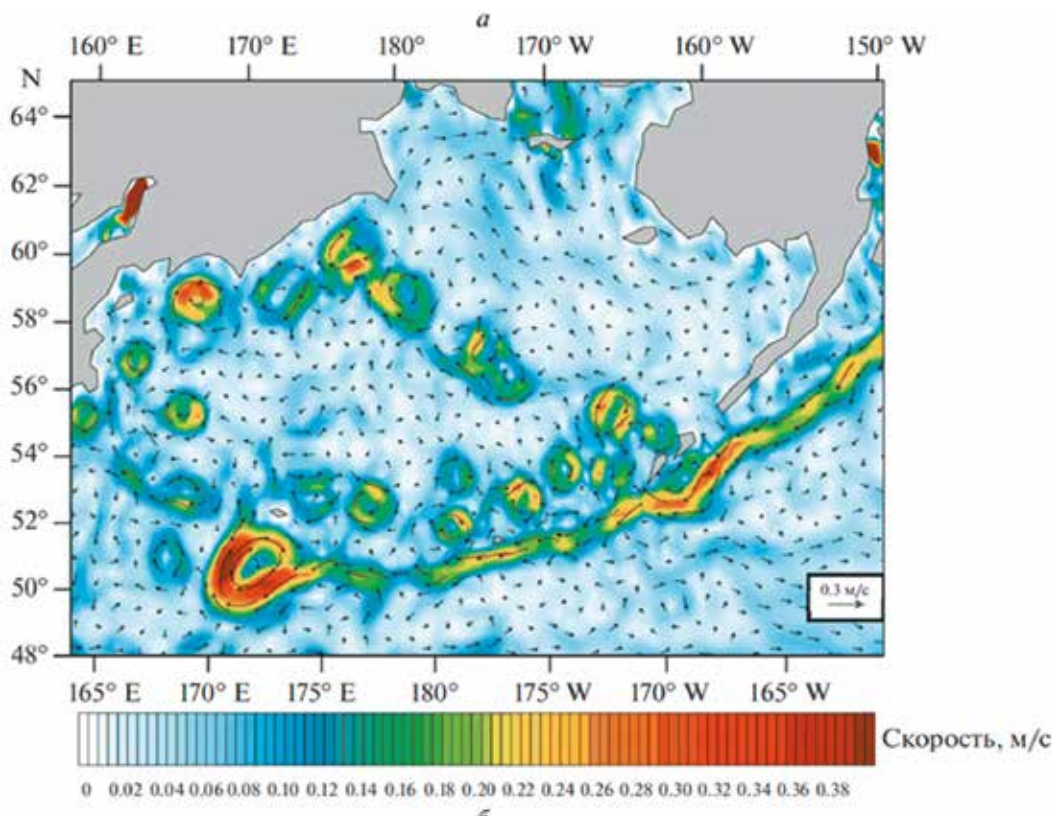


Рис. 3.3. Поверхностные геострофические течения, рассчитанные по данным спутниковой альтиметрии за 21 июня 2016 г.

Fig. 3.3. Surface geostrophic currents calculated from satellite altimetry data for June 21, 2016

### 3.4. Анализ пространственно-временной изменчивости ледовых параметров Берингова моря / Analysis of spatiotemporal variability of ice parameters in the Bering Sea

д.г.н. В.В. Плотников, Н.М. Вакульская, к.г.н. В.А. Дубина /  
V.V. Plotnikov, N.M. Vakulskaya, V.A. Dubina

Проведен анализ распределения сплоченности и возраста льда за период 1960–2016 гг. на основе созданной базы данных цифровой информации о состоянии ледяного покрова Берингова моря. Выполнен анализ пространственно-временной изменчивости этих ледовых характеристик. Выявленные особенности могут быть использованы при изучении изменений климата региона, в задачах моделирования состояния ледяного покрова, а также при решении практических вопросов хозяйственного освоения акватории Берингова моря. Статистический анализ не показал наличия статистически значимых линейных трендов в многолетних рядах ледовитости, за исключением декабря, что означает отсутствие однонаправленных тенденций ледовитости Берингова моря

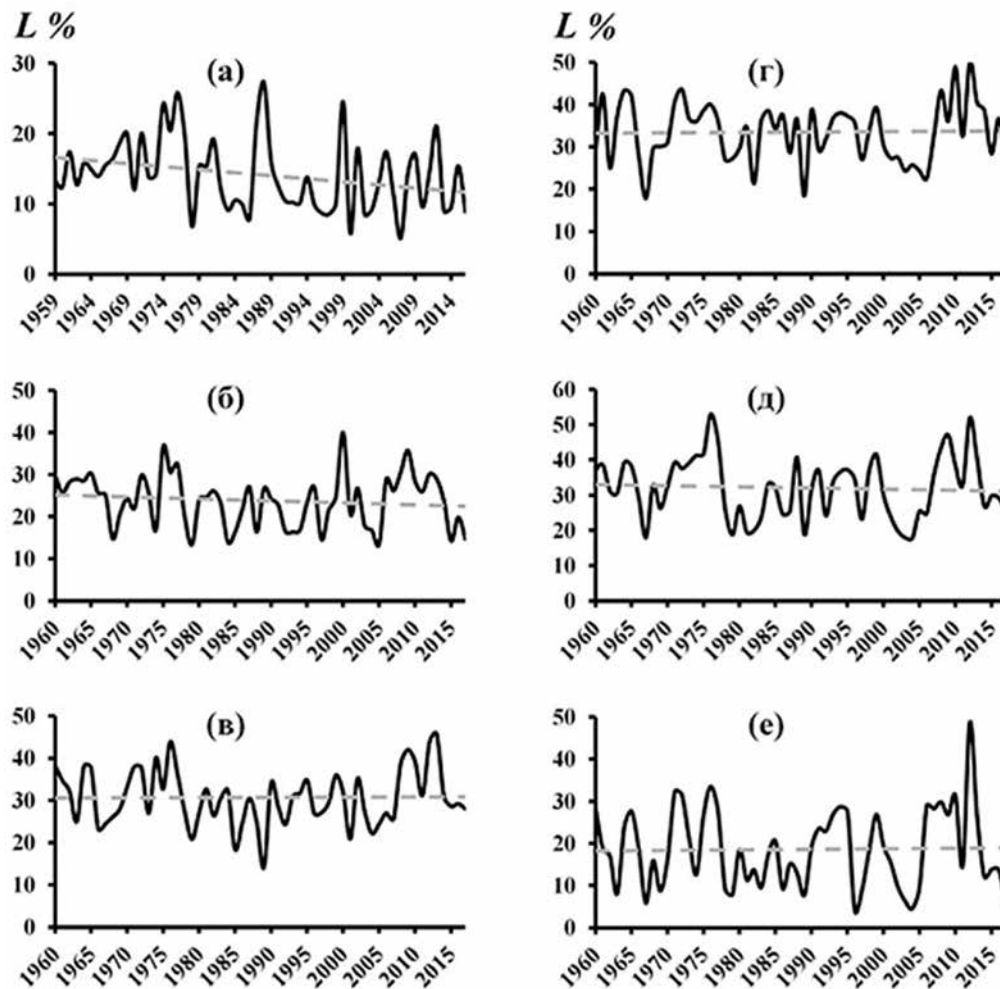


Рис. 3.4. Межгодовая изменчивость ледовитости Берингова моря и ее трендовая составляющая (пунктир) в декабре (а), январе (б), феврале (в), марте (г), апреле (д), мае (е).

Fig. 3.4. Interannual variability of the Bering Sea ice coverage and its trend component (dashedline) in December (a), January (b), February (c), March (d), April (e), May (f)

### 3.5. Физико-статистическая модель долгосрочного прогноза полей сплоченности и возраста льда в море / Physico-statistical model of long-term forecast of sea ice concentration and age

д.г.н. В.В. Плотников, к.г.н. В.А. Дубина / V.V. Plotnikov, V.A. Dubina

Разработана и реализована обобщенная физико-статистическая модель долгосрочного прогноза полей сплоченности и возраста льда в море. Алгоритм модели включает увязанные в одну схему этапы экстраполяции реперных значений прогнозируемого элемента с заблаговременностью год и более и последующего полного восстановления всего поля. Эффективность метода (средние обеспеченности рассчитываются на зависимой выборке) составила 83%, а оправдываемость (рассчитывалась на независимой выборке) – 79%, соответственно. Весьма высокие результаты модели частично еще связаны с тем, что допустимая ошибка составляет 1 балл, а в ряде районов изменчивость прогнозируемого параметра меньше этой величины и все прогнозы там автоматически оправдываются. (Плотников В.В., Дубина В.А., Кислова С.И. // Вестник ДВО. 2021. № 1. С. 58–64.).

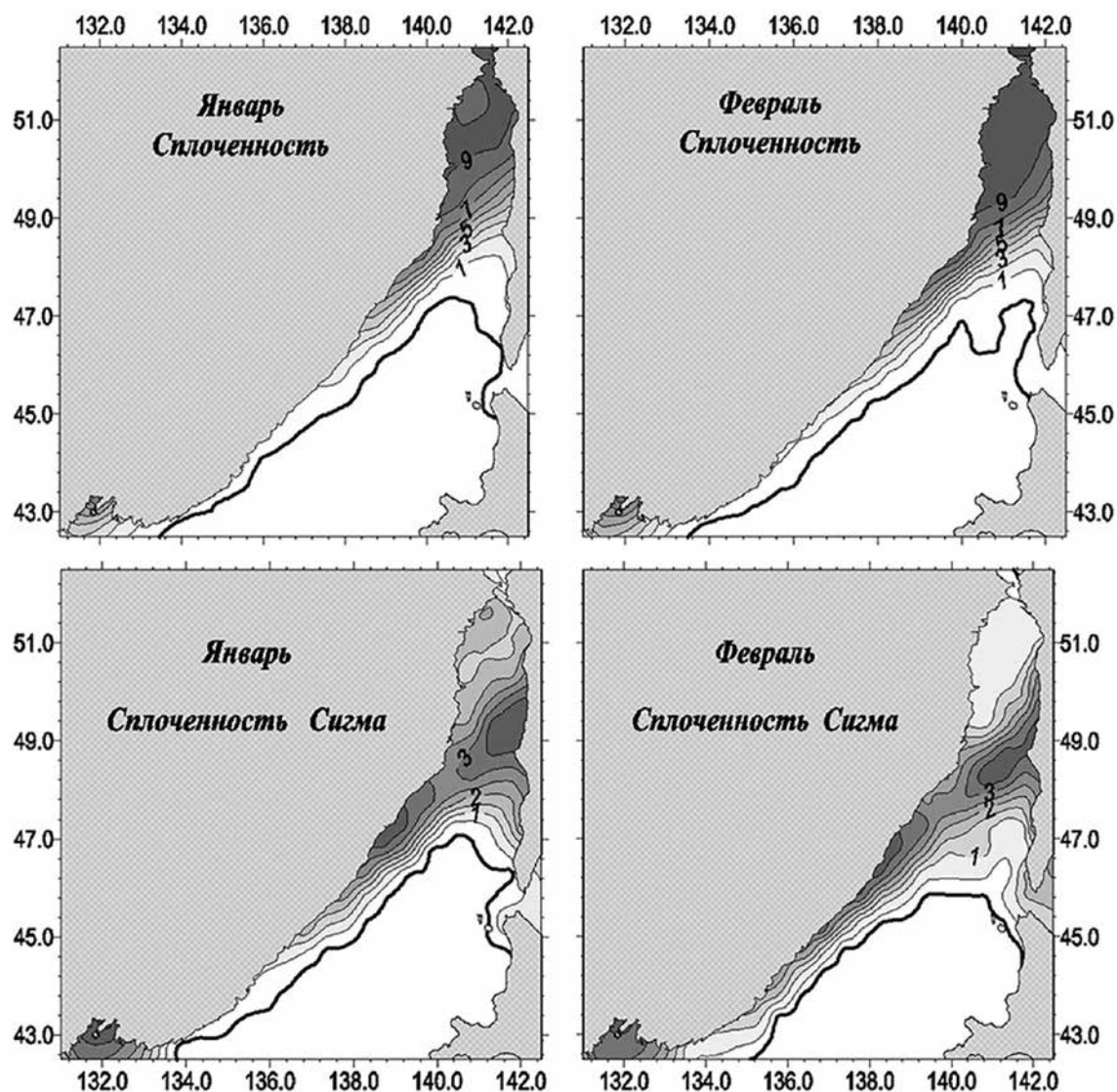


Рис. 3.5. Распределение средних многолетних значений сплоченности льда и средних многолетних отклонений (сигма) для центральных декад каждого месяца ледового сезона.

*Fig. 3.5. Distributions of average long-term values of ice concentration and average long-term deviations (sigma) for the central decades of each month of the ice season*

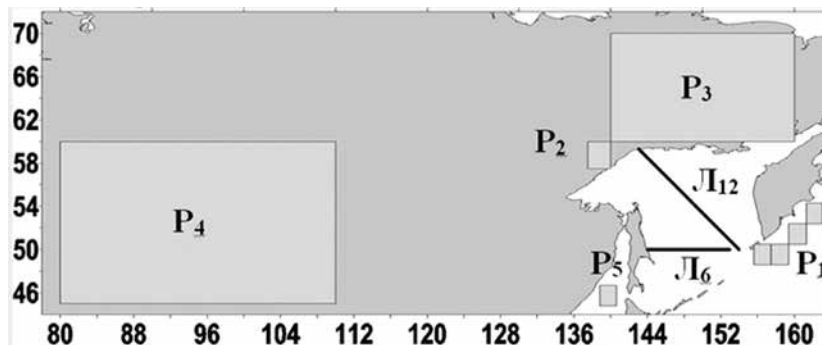
### 3.6. Типизация термического режима вод Охотского моря / Typification of the thermal regime of the waters of the Sea of Okhotsk

*д.г.н. В.А. Лучин, к.г.н. В.А. Дубина / V.A. Luchin, V.A. Dubina*

Проведена типизация термического режима вод Охотского моря. Разработано прогностическое уравнение (с заблаговременностью не менее 2 месяцев) для предсказания типа термического режима вод холодного подповерхностного слоя Охотского моря («теплый», «нормальный», «холодный»). В качестве предикторов прогностического уравнения используются межгодовые вариации климатических индексов атмосферы и океана, а также межгодовые изменения локальных параметров в системе атмосфера–лед–океан Охотского моря и прилегающих регионов суши, Тихого океана и Японского моря. (Голов А.А., Шешегов А.В., Дубина В.А., Моргунов Ю.Н. // *Подводные исследования и робототехника*. 2021. № 2(36). С. 4–17.).

Рис. 3.6. Схема регионов для расчета предикторов прогностического уравнения.

Fig. 3.6. Scheme of regions for calculating the predictors of the predictive equation



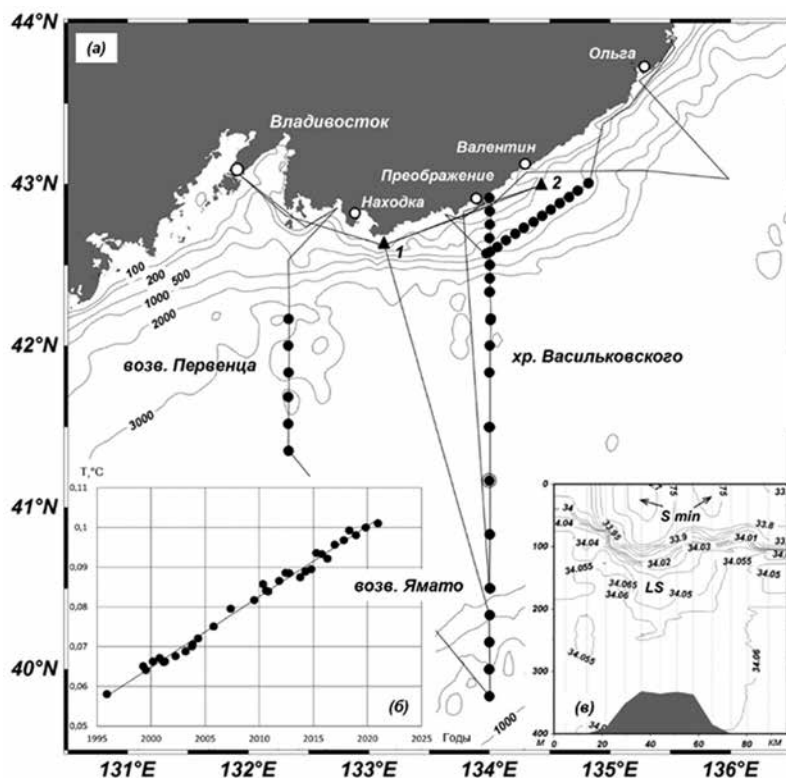
### 3.7. Экспедиционные исследования состояния и изменчивости вод северо-западной части Японского моря / Expeditionary study of state and variability of the northwestern Japan Sea

к.г.н. В.Б. Лобанов, А.Ф. Сергеев, Е.Н. Марьина и др. / V.B. Lobanov, E.N. Maryina et al.

Обобщены результаты экспедиционных исследований изменчивости структуры и динамики вод Японского моря в связи с современными климатическими тенденциями в рамках международных проектов CREAMS и NEAR-GOOS в 2019–220 гг. Подтверждены продолжающиеся с 1995 г. климатические изменения в водной толще Японского моря, в частности, потепление придонного слоя со средним многолетним трендом  $0.0018\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , несколько замедлившееся в последние 10 лет. Обнаружена многослойная структура синоптических вихрей в северо-восточной части моря с наличием внутригалоклинных ядер. Впервые выявлен апвеллинг над подводным хребтом Богорова, распространяющийся до поверхностного слоя и обусловленный особенностями донной топографии. (Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Ким Г. и др. // *Океанология*. Т. 61, № 4. 2021. С. 669–672; Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Марьина Е.Н. и др. // *Океанология*. Т. 61, № 5. 2021. С. 838–840.)

Рис. 3.7. (а) – схема работ экспедиции на НИС «Академик Опарин» (рейс № 62) в северной части Японского моря 14–29 декабря 2020 г.; (б) – межгодовая изменчивость температуры воды ( $^{\circ}\text{C}$ ) в придонном слое 2900–3500 м в Центральной котловине Японского моря, показан линейный тренд потенциальной температуры  $0.0018\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$  за период 1995–2020 гг.; (в) – вертикальное распределение солености (псв) на разрезе через антициклонический вихрь на кромке шельфа Приморья, показаны области экстремальных значений солености и вторичное внутригалоклинное ядро вихря (LS).

Fig. 3.7. (a) – scheme of the cruise No. 62 of R/V *Akademik Oparin* in the northern part of the Sea of Japan in December 14–29, 2020 (b) – interannual variability of water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) in the bottom layer 2900–3500 m in the Central Basin of the Sea of Japan, a linear trend of potential temperature of  $0.0018\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{year}$  for the period 1995–2020 is shown; (c) vertical distribution of salinity (psu) in the section across the anticyclonic eddy at the edge of the shelf of Primorye, areas of extreme salinity values and the secondary intrahalocline core of the eddy (LS) are shown



### 3.8. Исследование термического режима вод в районе акваторий Татарского пролива и Амурского лимана / Study of the thermal regime of waters in the Tatar Strait and the Amur Estuary

к.г.н. В.В. Мороз, к.г.н. Н.И. Рудых / V.V. Moroz, N.I. Rudykh

Выявлены экстремальные фазы состояния термического режима вод в районе акваторий Татарского пролива и Амурского лимана Японского и Охотского морей в летний период 1977–2017 гг. Определены причинно-следственные связи между особенностями атмосферной циркуляции и изменчивостью системы течений, влияющие на термические условия исследуемой области. Исследованы особенности процессов формирования теплых и холодных режимов вод, связанные с изменчивостью барических систем. Установлено, что формирование anomalно холодных

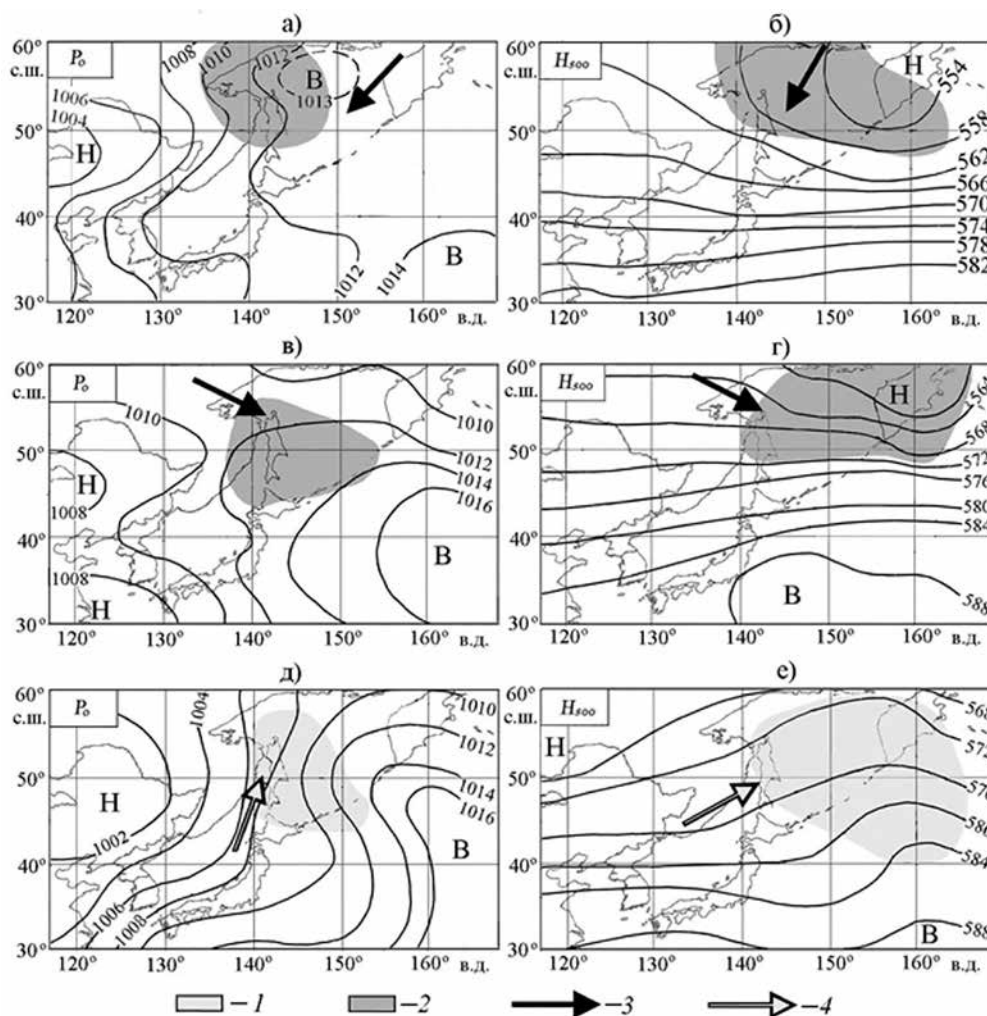


Рис. 3.8. Характерные структуры поля приземного давления  $P_0$  (а, в, д), и геопотенциала  $H_{500}$  (б, г, е) в anomalные по термическим режимам годы. Обозначения: 1 – очаги положительных anomalies температуры воздуха и геопотенциала  $H_{500}$ ; 2 – отрицательные anomalies температуры воздуха и геопотенциала  $H_{500}$ . Стрелками показано направление перемещения холодных (3) и теплых (4) воздушных масс. Н – низкое давление, В – высокое давление.

Fig. 3.8. Typical structures of the surface pressure field  $P_0$  (a, c, e) and geopotential  $H_{500}$  (b, d, f) in anomalous years in terms of thermal regimes. Designations: 1 – centers of positive anomalies of air temperature and geopotential  $H_{500}$ ; 2 – negative anomalies of air temperature and geopotential  $H_{500}$ . The arrows show the direction of movement of cold (3) and warm (4) air masses. H is low pressure, B is high pressure

термических условий обусловлено влиянием тропосферной ложбины и охотского антициклона и связано с южным положением летней дальневосточной депрессии. Аномально теплые условия формируются при отсутствии тропосферной ложбины, более северном смещении летней дальневосточной депрессии на фоне усиления влияния гребня гавайского антициклона. (Мороз В.В., Шатилина Т.А., Рудых Н.И. // Вестник ДВО РАН. 2021. № 6. 101–110.).

### 3.9. Температурный режим прибрежной зоны восточного Приморья и Хабаровского края / Temperature regime of the coastal zone of eastern Primorye and Khabarovsk Territory

к.г.н. Л.А. Гайко / L.A. Gayko

По данным гидрометеорологических станций (ГМС) о температурном режиме прибрежной зоны восточного Приморья и Хабаровского края, являющейся нерестовым ареалом приморской горбуши, выявлен значимый на 5%-ом уровне положительный линейный тренд за период 1950–2020 гг.: в воде температуры – на ГМС Советская Гавань и Сосуново, воздуха – на ГМС Рудная Пристань, Сосуново и Советская Гавань. При анализе отклонений температуры воды от климатической нормы выявлено, что максимальные положительные аномалии температуры отмечены на ГМС Сосуново: воды – в 2020 г. (1.4 °С), воздуха – в 2014 г. (2.2 °С), а отрицательные аномалии – на ГМС Рудная Пристань: воды – в 2017 г. (-1.1 °С), воздуха – в 1969 г. (-2.3 °С). (Lysenko L.V., Shatilina T.A., Gayko L.A. // J. Ichthyology. 2021. V. 61, N 2. P. 206–218.).

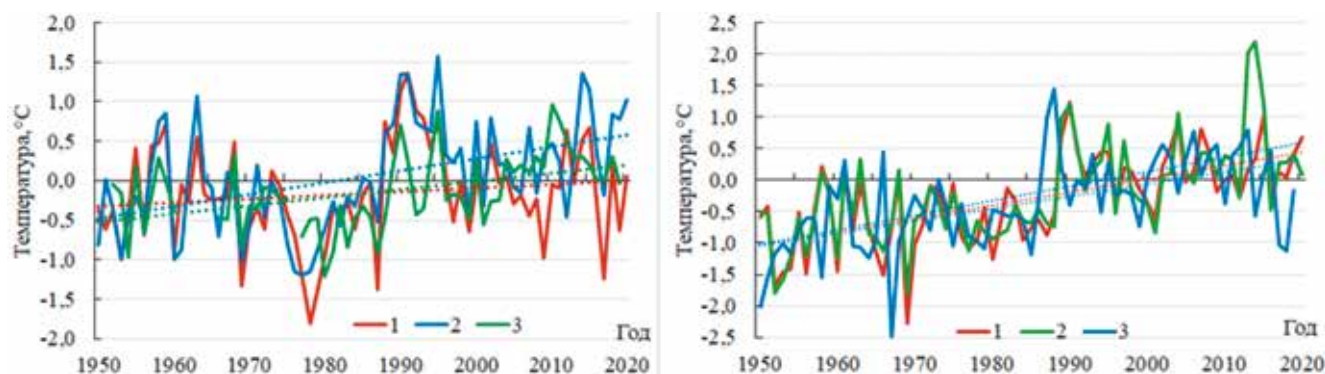


Рис. 3.9. Временные ряды аномалий температуры воды (слева) и воздуха (справа) и их линейные тренды на ГМС Рудная Пристань (1), Сосуново (2) и Советская Гавань (3).

Fig. 3.9. Time series of anomalies of water temperature (left) and air (right) and their linear trends on HMS Rudnaya Pristan (1), Sosunovo (2) and Sovetskaya Gavan (3)

### 3.10. Анализ изменчивости уровня Японского моря на открытом побережье Приморского края / Analysis of the sea level variability of the Sea of Japan at the open coast of Primorye Region

к.т.н. О.О. Трусенкова, к.г.н. В.Б. Лобанов / O.O. Trusenkova, V.B. Lobanov

Проанализирована изменчивость уровня Японского моря по данным прибрежных гидрометеорологических станций (ГМС), расположенных на открытом побережье Приморского края (Преображение, Рудная Пристань, Сосуново), за 2010–2015 гг. На основе вейвлет-преобразования были обнаружены нестационарные колебания на масштабах 120–130 и 70–80 сут. Оценка интенсивности динамических процессов основывалась на основе мощности вейвлет-спектра уровня моря, осредненной в диапазоне 8–40 суток, соответствующем временам жизни синоптических и мезомасштабных вихрей в этом районе. Установлено, что эта интенсивность изменяется на квазидвухлетнем, годовом, 120–130- и 70–80-суточном масштабах, т.е. изменчивость уровня моря



с периодами 120–130 и 70–80 суток можно связать с динамическими процессами. До апреля – июня 2014 г. внутригодовая изменчивость была, в целом, синфазной в районах трех ГМС, но она стала рассогласованной в конце периода наблюдений. (Trusenkova O.O., Lobanov V.B., Primachev E.V. // *Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2021. V. 14, N. 1. P. 54–62.).

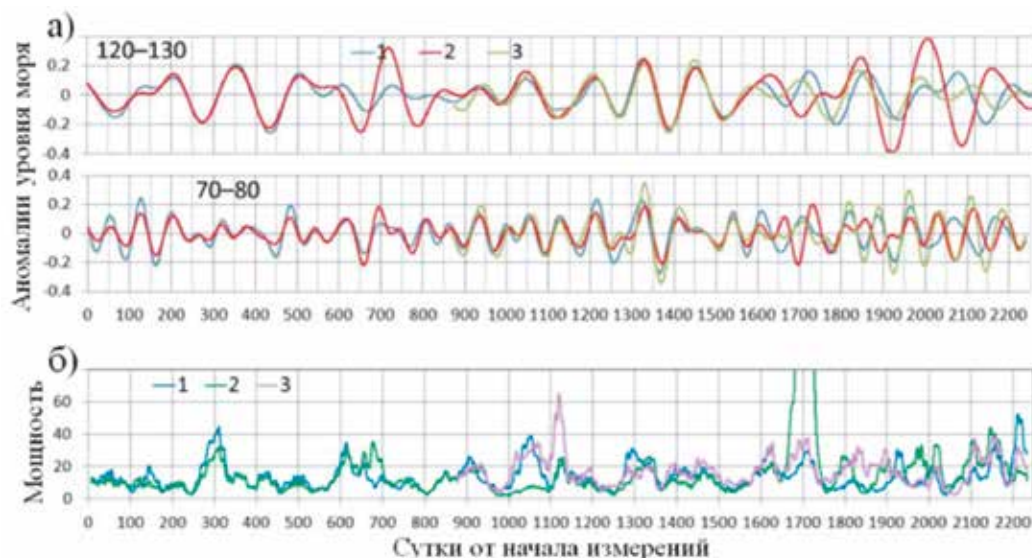


Рис. 3.10. Аномалии уровня моря (см) после полосовой фильтрации в диапазоне 120–130 и 70–80 сут на ГМС Преображение (синяя линия), Рудная Пристань (красная линия) и Сосуново (зеленая линия) (а). Осредненная в диапазоне 8–40 сут. и сглаженная с окном 15 сут. мощность вейвлет-спектра уровня моря (см<sup>2</sup>) на ГМС Преображение (синяя линия), Рудная Пристань (зеленая линия) и Сосуново (розовая линия).

*Fig. 3.10. Sea level anomalies (cm) after band-pass filtration in the range of 120–130 and 70–80 days at HMS Preobrazhenie (blue line), Rudnaya Pristan (red line) and Sosunovo (green line) (a). Averaged in the range of 8–40 days and smoothed with a window of 15 days, the power of the sea level wavelet spectrum (cm<sup>2</sup>) at HMS Preobrazhenie (blue line), Rudnaya Pristan (green line) and Sosunovo (pink line)*

### 3.11. Эволюция термохалинной стратификации северо-западной части Японского моря: синоптическая изменчивость и внутригодовые колебания / Evolution of the thermohaline stratification in the northwestern Japan Sea: mesoscale variability and intra-annual fluctuations

к.т.н. О.О. Трусенкова, к.т.н. А.Ю. Лазарюк, к.г.н. В.Б. Лобанов /  
O.O. Trusenkova, A.Y. Lazaryuk, V.B. Lobanov

На основе ЭОФ-анализа данных, полученных с помощью автономного профилографа «Аквалог» в теплый период 2015 г., выявлены изменения вертикальной стратификации вод при прохождении динамических структур в прибрежной зоне Японского моря в районе п. Преображение. Стратификация ослабевала в слое выше 120 м из-за опускания изопикнических слоев в структурах с антициклонической завихренностью, и усиливалась ниже 165 м, что можно объяснить сближением изопикнических слоев. Эти изменения стратификации происходили как на временных масштабах 8–13 суток, соответствующих временам прохождения синоптических вихрей, так и на более длительных, 20–30 и 80–130 суток, что можно связать с прохождением волновых структур. Одновременно развивались температурные аномалии: выше 150 м за счет горизонтальной адвекции вод различного происхождения, ниже – за счет вертикальных смещений пикноклина. На границе между этими слоями происходило перемещение температурных аномалий по вертикали. (Trusenkova O.O., Lazaryuk A.Y., Lobanov V.B., Ostrovskii A.G. / *Oceanology*. 2021. T. 61, № 3. С. 319–328.).

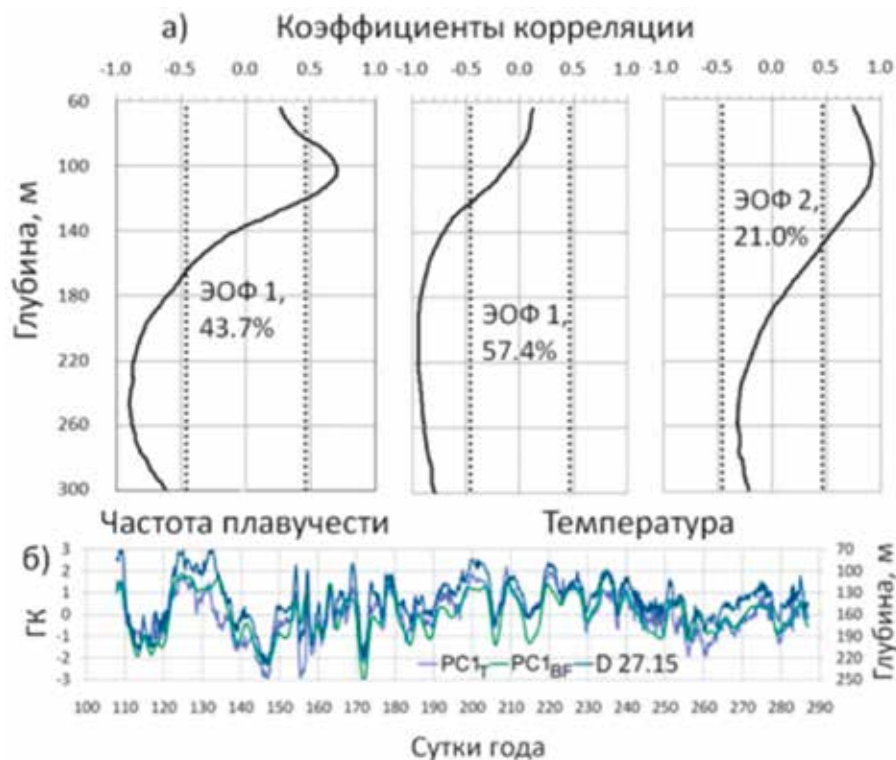


Рис. 3.11. Коэффициенты корреляции между главными компонентами (ГК) старших мод частоты плавучести (N) и температуры (T) и исходными данными (пунктиром показан 95%-й уровень статистической значимости; а); ГК старшей моды N (PC1BF) и старшей моды T (PC1T) (левая ось ординат) и глубина изопикнической поверхности 27.15 кг/м<sup>3</sup> – индикатора положения пикноклина (D27.15; м; правая ось ординат) (б).

*Fig. 3.11. Correlation coefficients between the principal components (PC) of the higher modes of buoyancy frequency (N) and temperature (T) and the initial data (the dotted line shows the 95% level of statistical significance; a); PC of the higher mode N (PC1BF) and the higher mode T (PC1T) (left y-axis) and the depth of the isopycnal surface of 27.15 kg/m<sup>3</sup>, an indicator of the position of the pycnocline (D27.15; m; right y-axis) (b)*

### 3.12. Мониторинг состояния вод б. Новик Амурского залива / Monitoring of the state of waters of the Novik Bay, of the Amurskiy Bay

к.т.н. А.Ю. Лазарюк, Е.Н. Марьина, Е.В. Кустова /  
A. Yu. Lazaryuk, E.N. Maryina, E.V. Kustova

Мониторинг состояния б. Новик Амурского залива показал возросший эффект антропогенного воздействия на её гидрологический режим в период 2013–2018 гг. Эффект напрямую связан с очистными сооружениями кампуса ДВФУ, которые, начиная с осени 2013 г., осуществляют сброс сточных вод до 103 м<sup>3</sup>/сутки в куттовую часть бухты. Дополнительные объёмы пресных вод нарушают естественную циркуляцию вод бухты. Зимой при наличии ледяного покрова регулярный приток пресных вод понижает солёность в тонком подледном слое, ускоряя рост льда на периферии зоны их проникновения. Данные ежегодных ледовых съёмок показали, что при отсутствии дополнительного источника пресных вод (зима 2013 г.) толщина льда в куттовой части бухты превышала среднее значение по осевому разрезу всего на 10–12%. А после запуска очистных сооружений эти различия достигали 40% и более. Кроме того, замерзание пресных либо опреснённых/солёноватых вод, в отличие от солёных, происходит при повышенных температурах, а рассол выделяется в гораздо

меньшем количестве. Эти процессы не способствуют росту солености и плотности в южной части бухты и в зимний период замедляют водообмен с прилегающим Амурским заливом, понижая эффективность самоочищения бухты. (Лазарюк А.Ю., Кильматов Т.Р., Марьина Е.Н., Кустова Е.В. // *Морской гидрофизический журнал*. 2021. Т. 37, № 6. С. 680–695.)

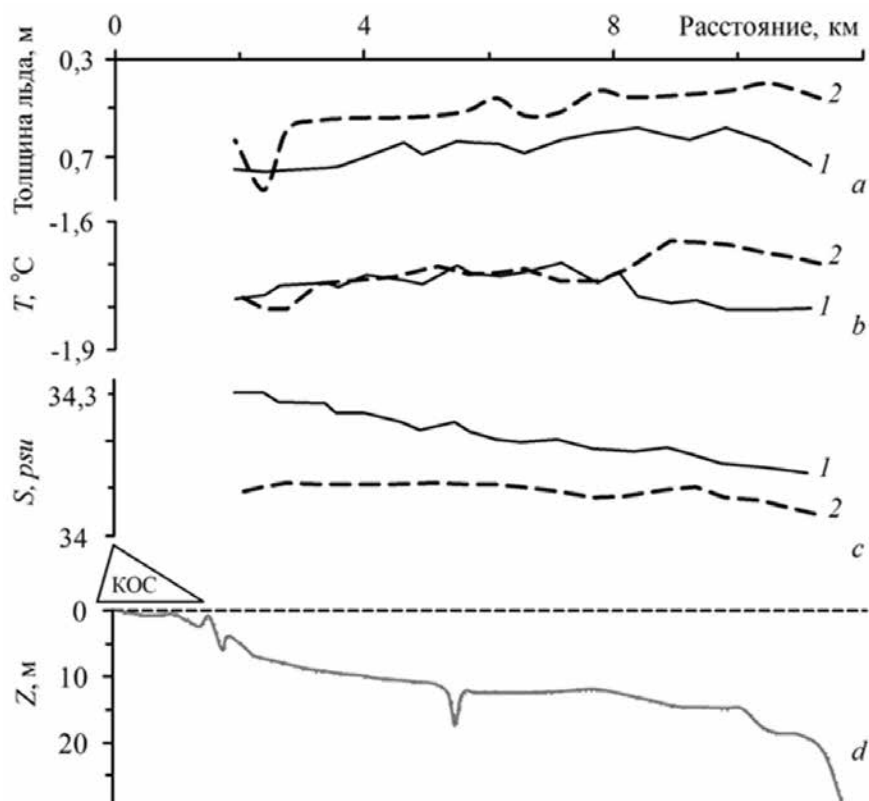


Рис. 3.12. Толщина льда (а), температура (б) и соленость (с), усредненные в подледном слое от нижней кромки льда до дна, а также рельеф дна (д) на осевом разрезе в б. Новик по данным ледовых съемок 23 февраля 2013 г. (1) и 24 февраля 2016 г. (2). Треугольником с надписью «КОС» отмечена локализация сброса сточных вод очистными сооружениями кампуса ДВФУ.

*Fig. 3.12. Ice thickness (a), temperature (b) and salinity (c), averaged in the under-ice layer from the lower ice edge to the bottom, as well as the bottom topography (d) on the axial section in b. Novik according to ice survey data on February 23, 2013 (1) and February 24, 2016 (2). The triangle with the inscription “KOS” marks the localization of wastewater discharge by the treatment facilities of the FEFU campus*

### 3.13. Экологическое обследование в бухтах восточного участка Дальневосточного морского государственного биосферного заповедника / Ecological survey in the bays of the eastern section of the Far Eastern Marine State Biosphere Reserve

*к.т.н. А.Ю. Лазарюк / A. Yu. Lazaryuk*

Экологическое обследование в бухтах восточного участка Дальневосточного морского государственного биосферного заповедника, выполненное 5–6 сентября 2020 г. после прохождения тайфуна Майсак (3–4 сентября), не выявило воздействия потоков взвешенных веществ от строящейся дороги через национальный парк «Земля Леопарда» на прибрежные морские экосистемы. Показано отсутствие заметного влияния этих потоков на прозрачность воды, солёность, содержание растворённого кислорода, концентрацию хлорофилла-А и сообщества планктонных организмов в обследованных бухтах. В то же время, на удалении более 2 км от берега зафиксировано «облако

мутности» в придонных слоях на глубинах свыше 15 м, которое отличалось пониженным содержанием кислорода (менее 7 мг/л) и смещением фотического слоя ближе к поверхности. Подъём ила и его вынос в открытую часть зал. Петра Великого обусловлены особенностями прибрежной динамики в обследованном районе акватории во время прохождения тайфуна Майсак. При подобных атмосферных аномалиях помимо направленных к берегу в поверхностном слое ветрового дрейфового потока и волн, порождающих штормовой нагон в прибрежной зоне, в водной толще присутствуют компенсационные течения, которые имеют как вдольбереговую компоненту, так и перпендикулярную, направленную от берега в открытую часть залива. (Лазарюк А.Ю., Радовец А.В., Христофорова Н.К. // Биота и среда природных территорий. 2021. Т. 37, № 4. С. 94–111.).

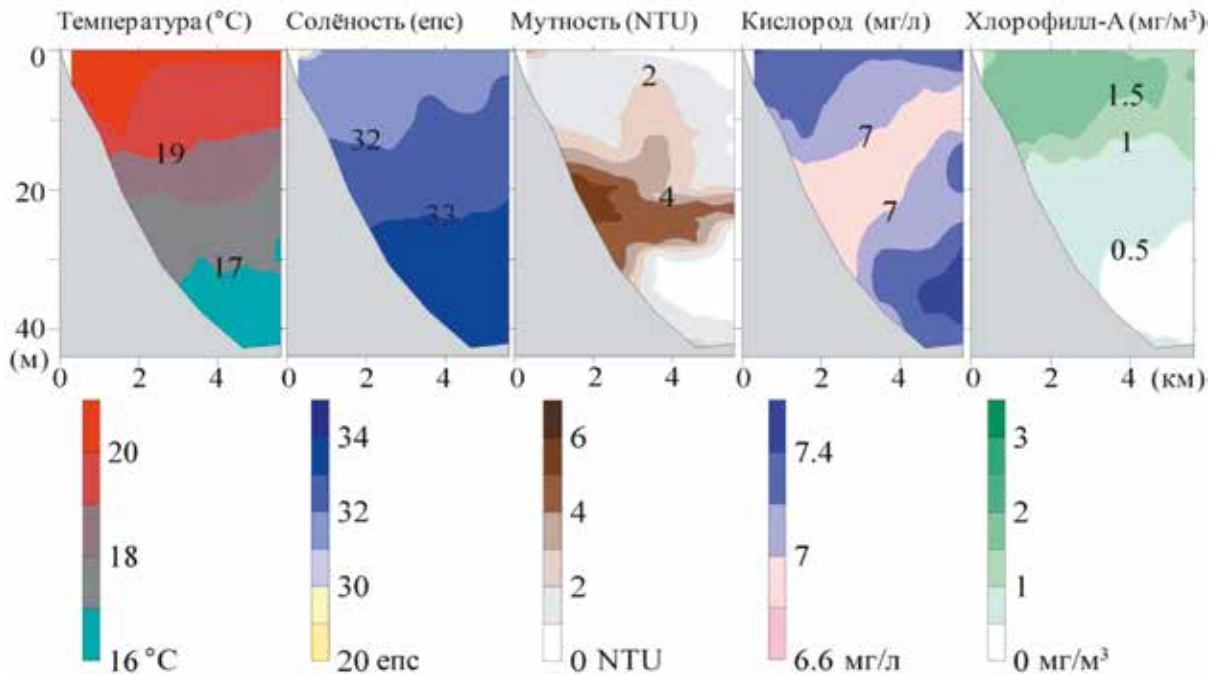


Рис. 3.13. Гидрологические и гидробиологические характеристики по данным измерений зондом ASTD102 на поперечном разрезе в б. Средняя 5 сентября 2020 г. (верхний ряд); шкалы с диапазонами изменчивости характеристик (нижний ряд).

Fig. 3.13. Hydrological and hydrobiological characteristics according to measurements with the ASTD102 probe on a transverse section in the Srednyaya Bay, September 5, 2020 (top row); scales with ranges of variability of characteristics (bottom row)

### 3.14. Восстановление горизонтальных полей скорости звука в Японском море на основе спутниковых и модельных данных / Reconstruction of horizontal field of sound velocity in the Sea of Japan based on satellite and model data

к.г.н. Д.Д. Каплуненко, к.г.н. В.А. Дубина / D.D. Kaplunenko, V.A. Dubina

Разработана автоматизированная методика совместного использования данных гидродинамического моделирования с помощью модели NEMO и изображений поверхности моря в инфракрасном диапазоне со спутников NOAA. Это позволило существенно улучшить мгновенную (на момент получения спутникового изображения) оценку скорости звука в холодный период года. Оценены неоднородности поля скорости звука, связанные с мезомасштабной динамикой вод в северо-западной части Японского моря, в том числе, в районе залива Петра Великого (Каплуненко Д.Д., Дубина В.А., Моргунов Ю.Н., Голов А.А. // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 2, № 36. С. 28–40.).

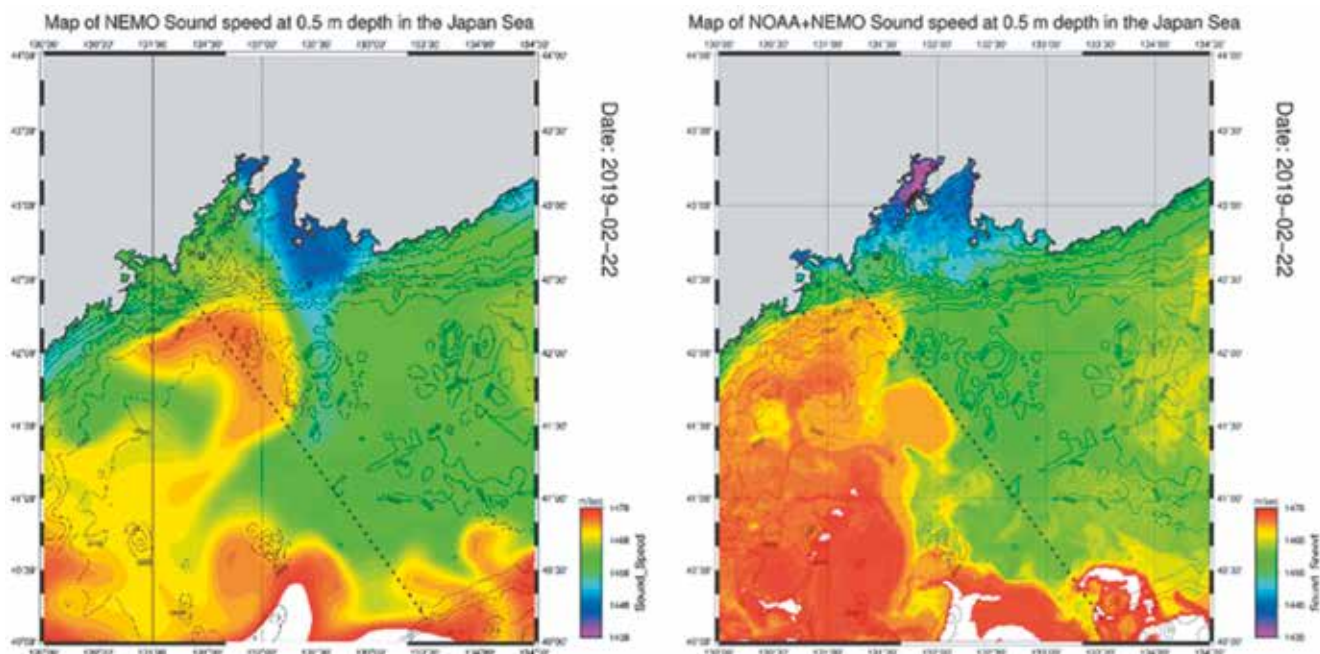


Рис. 3.14. Скорость звука на поверхности моря по данным модели NEMO (а) и по объединенным модельным и спутниковым данным (б) за 22 февраля 2019 г.

Fig. 3.14. The speed of sound at the sea surface according to the NEMO model (a) and according to the combined model and satellite data (b) for February 22, 2019

### 3.15. Распределение и перенос водных масс в Восточно-Сибирском море и их воздействие на арктический галоклин / Distribution and transport of water masses in the East-Siberian Sea and their impacts on the Arctic halocline

к.г.н. В.Б. Лобанов, к.г.н. Д.Д. Каплуненко, Я.Н. Рудых /  
V.B. Lobanov, D.D. Kaplunenko, Y.N. Rudykh

По результатам российско-китайских экспедиционных исследований в 2016 и 2018 гг. в Восточно-Сибирском море были выделены особенности формирования зимних и летних типов вод подповерхностного слоя (30–60 м), образование которых приводит к возникновению фронтального раздела вдоль Чукотского плато и северной стороны подводного хребта Менделеева. Показано, что диапикнически перемешанные воды из придонного слоя во внешней части шельфа Восточно-Сибирского моря могут распространяться от Чукотского плато вплоть до котловины Макарова (Wang X., Zhao J., Lobanov V.B., Kaplunenko D., Rudykh Y.N., He Y., Chen X. // *J. Geophys. Res.: Oceans*. 2021. V. 126, N. 8. e2020JC016523.).

### 3.16 Особенности траекторий тайфунов в Южно-Китайском море / Features of the typhoon trajectories in the South China Sea

к.г.н. Г.А Власова / G.A. Vlasova

Исследованы особенности распределения траекторий тайфунов в Южно-Китайском море за период 1951–2019 гг. на основе статистического анализа данных Японского метеорологического агентства. За рассматриваемый период над исследуемой акваторией прошел 851 тайфун, из которых 464 были ураганами со скоростью ветра более 33 м/с. В среднем в Южно-Китайском море наблюдалось более 12 тайфунов в год, что составляло примерно половину всех тайфунов

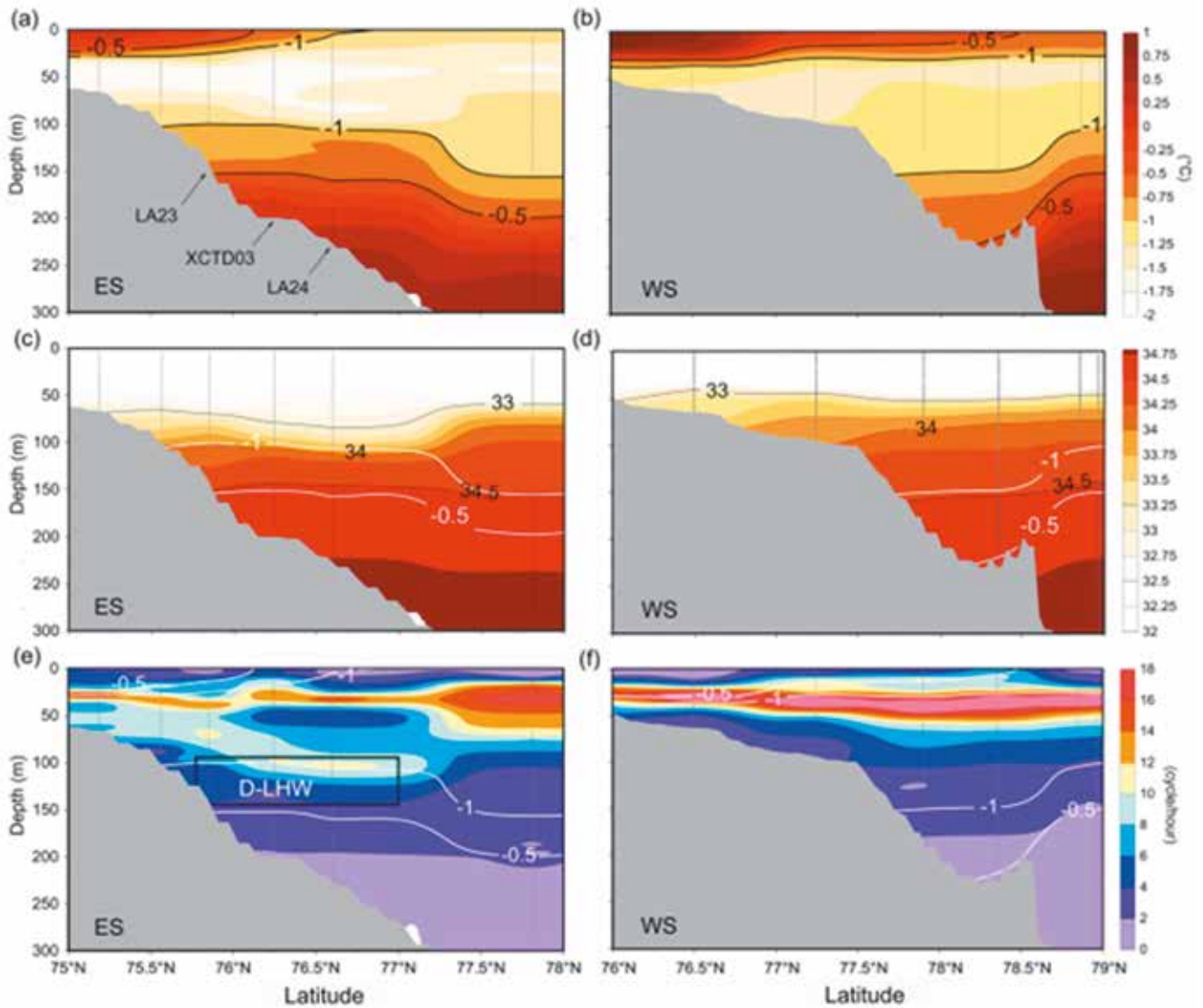


Рис. 3.15. Потенциальная температура (а, б), соленость (с, д) и частота Вэйсälä – Брента (е, ф) на внешнем шельфе и континентальном склоне в восточной (ES) и западной (WS) частях моря Восточно-Сибирского моря. D-LHW обозначает воды, возникшие в результате диапикнического перемешивания в нижней части галоклина.

Fig. 3.15. Potential temperature (a, b), salinity (c, d) and Väisälä-Brent frequency (e, f) on the outer shelf and continental slope in the eastern (ES) and western (WS) parts of the sea of the East Siberian Sea. D-LHW denotes waters resulting from diapycnal mixing at the bottom of the halocline

северо-западной части Тихого океана. Тайфуны чаще наблюдались в северной части моря и были более интенсивными, чем в южной. Как правило, наибольшая повторяемость тайфунов приходилась на июль-сентябрь, при этом 146 тайфунов прошло в сентябре. Наибольшее количество тайфунов (более 18) наблюдалось в 1964, 1971, 1974, 1995 и 1996 гг. Из этих пяти лет 1964 и 1996 гг. были уникальными, т.к. в эти годы Южно-Китайское море пересек 21 тайфун. Основное разрушительное действие тайфунов приходится на регион юго-восточной Азии, однако значительное их количество направляется в сторону российского Дальнего Востока. За исследуемый период 132 тайфуна достигли акватории этого региона и повлекли за собой катастрофические последствия. (Mau Dinh Le, Vlasova G., Dung Thi Thuy Nguyen // Russian Journal of Earth Sciences. 2021. V. 21, No. 1. ES1001.).

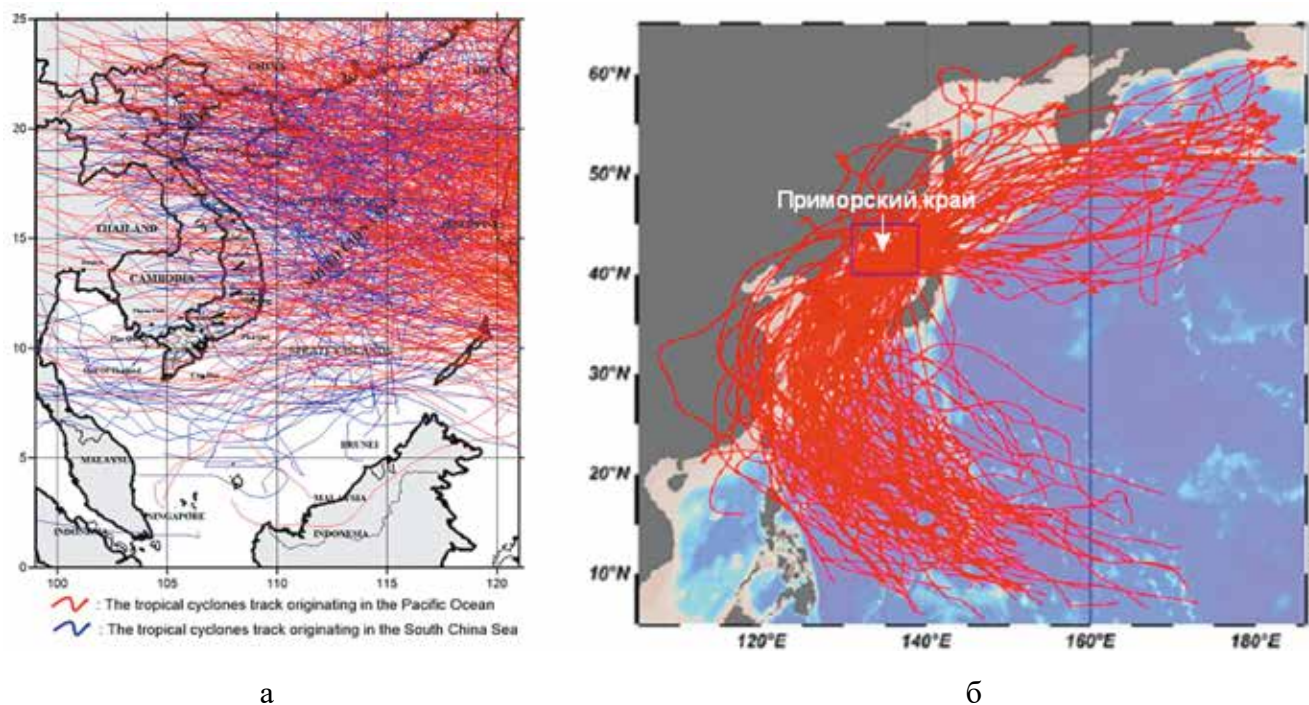


Рис. 3.16. Траектории тайфунов в районе Южно-Китайского моря (а) и тайфунов, дошедших до российского Дальнего Востока (б) за период 1951–2019 гг.

Fig. 3.16. Trajectories of typhoons in the South China Sea region (a) and typhoons that reached the Russian Far East (b) for the period 1951–2019

### 3.17. Применение спутниковых наблюдений для изучения изменений условий гипоксии в придонных водах западной части залива Петра Великого (Японское море) / Application of satellite observations to study the changes of hypoxic conditions in near-bottom water in the western part of Peter the Great Bay (the Sea of Japan)

к.г.н. Е.А. Штрайхерт, к.б.н. С.П. Захарков, к.т.н. А.Ю. Лазарюк /  
E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov, A. Yu Lazaryuk

Впервые проанализированы возможности применения спутниковых наблюдений цвета вод для изучения изменения гипоксических условий в придонных водах западной части залива Петра Великого. Сравнение между спутниковыми и судовыми оценками концентрации хлорофилла-а (Кхл) показало, что их взаимосвязь изменяется под воздействием гидрометеорологических условий и поэтому спутниковые наблюдения в таких водах полезны для выявления изменений в особенностях распределений характеристик, поскольку они вызываются определёнными процессами. Полученные зависимости Кхл от температуры поверхности моря и скорости ветра показали, что изменения этого параметра отражают проявление материкового стока и вентиляции вод. Поскольку эти процессы влияют также на гипоксию вод, то изменение Кхл отражает изменение гипоксических условий. Полученные при сопоставлении изменений распределений характеристик цвета вод по спутниковым данным и содержания кислорода в придонном слое выводы будут полезны при оценке изменения гипоксических условий в придонном слое по данным спутникового зондирования (Shtraikhert E.A., Zakharkov S.P., Lazaryuk A. Yu. // *Advances in Space Research*. 2021. V. 67, Iss. 4. P. 1284–1302.).

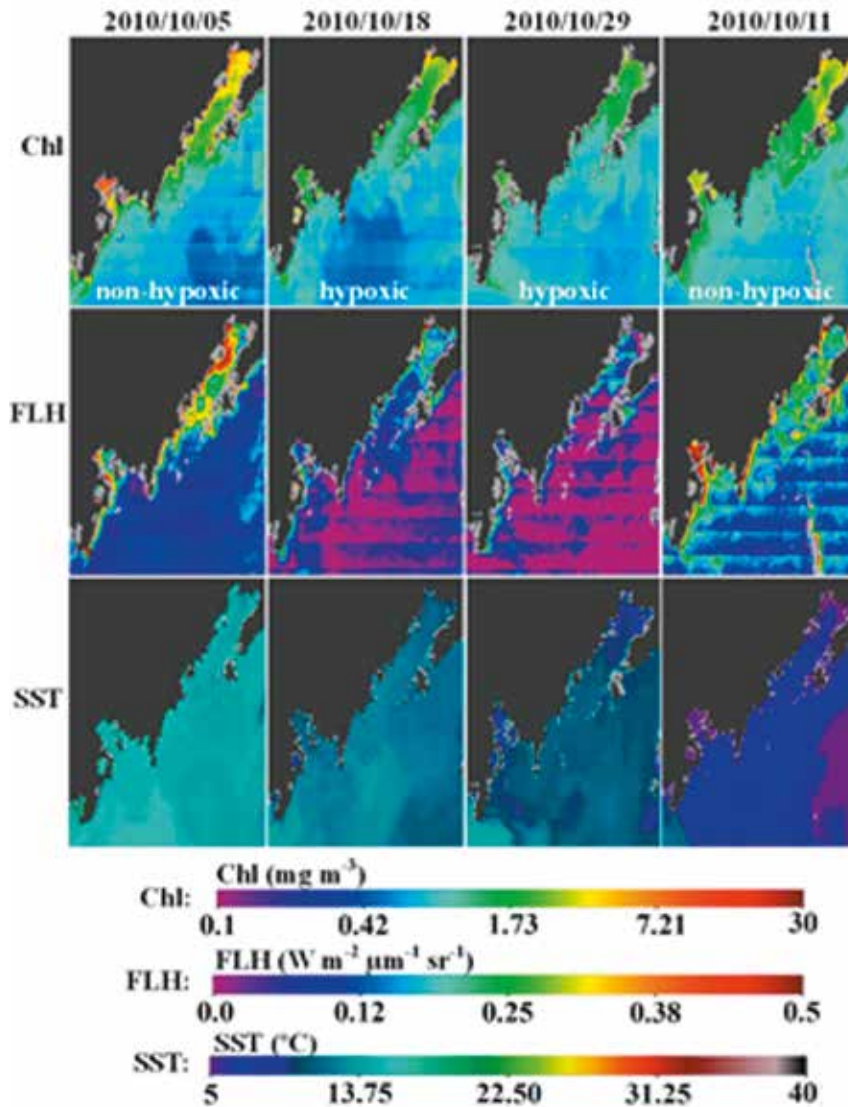


Рис. 3.17. Изменения пространственного распределения Chl, FLH, SST, полученные по спутниковым данным, демонстрирующие гипоксические и не гипоксические условия. Серые области на изображениях характеристик цвета вод означают отсутствие спутниковых данных в связи с ошибочными значениями температуры воды по спутниковым измерениям.

*Fig. 3.17. Changes in distributions of Chl, FLH, SST obtained from satellite data showing hypoxic and non-hypoxic conditions. Gray areas in images of water color characteristics indicate the absence of satellite data caused by erroneous temperature values by satellite measurements*



---

**Тема «Палеоокеанология и палеоклиматология окраинных морей востока Азии и примыкающих районов Северного Ледовитого и Тихого океанов, современное и мезозойско-кайнозойское осадконакопление, геодинамика, магматизм и рудогенез / Paleoceanology and paleoclimatology of the marginal seas of East Asia and adjacent areas of the Arctic and Pacific Oceans, modern and Mesozoic-Cenozoic sedimentation, geodynamics, magmatism and ore genesis»**

**Научные руководители: д.г.-м.н. И.Б. Цой, д.г.-м.н. С.А. Горбаренко /  
Scientific supervisors: Dr. Sci. I.B. Tsoy, Dr. Sci. S.A. Gorbarenko**

#### **4.1. Палеоокеанология и палеоклиматология / paleoceanology and paleoclimatology**

##### **4.1.1. Орбитальные и суборбитальные изменения окружающей среды в западной части Берингова моря за последние 172 тыс. лет / Orbital and suborbital environmental changes in the western part of the Bering Sea over the past 172 thousand years**

*д.г.-м.н. С.А. Горбаренко / S.A. Gorbarenko*

Изучены параметры продуктивности вод, влияния морских льдов и количественный и видовой состав диатомовых водорослей в морских осадках керна из средней части хребта Ширшова для реконструкции ледниково-межледниковых и тысячелетних изменений среды и климата юго-западной части Берингова моря за последние два ледниковых цикла (последние 190 тысяч лет). Продуктивность вод и обилие диатомей в осадках изучаемого района значительно возрастали во время теплых эпох (изотопно-кислородных стадий (ИКС) и теплых тысячелетних интерстадиалов, установленных ранее в кернах льда Гренландии (Rasmussen et al., 2014) и восточно-азиатских муссонах (Cheng et al., 2016). Влияние морских льдов в изученном районе, контролируемое изменениями климата, напротив, резко возросло во время холодных ИКС и холодных стадиалов (Рис. 4.1.1). Обилие диатомовых водорослей и их видовой состав, отражающие параметры поверхностных вод, чутко реагировали на ледниково-межледниковые и тысячелетние изменения глобального климата синхронно региональным вариациям продуктивности и морских льдов (Gorbarenko S., Malakhova G. // *Global and Planetary Change*. 2021. V. 198. Art.no. 103405.).

##### **4.1.2. Время и механизмы формирований темных слоев в осадках Японского моря за последние 40 тысяч лет / Timing and mechanisms of the formation of the dark layers in the Sea of Japan during the last 40 kyr**

*д.г.-м.н. С.А. Горбаренко, к.г.-м.н. Е.А. Янченко, к.г.н. А.А. Босин, к.г.-м.н. А.В. Артемова, к.г.н. Ю.П. Василенко / S.A. Gorbarenko, E.A. Yanchenko, A.A. Bosin, A.V. Artemova, Y.P. Vasilenko*

Впервые представлены детальные реконструкции темных слоев (DLS) осадков Японского моря (ЯМ), включая время и механизмы, ответственные за их формирование, проведена корреляция осадков с гренландскими интерстадиалами (GI), стадиалами Генриха (HS), интерстадиалами Восточной Азии и изменением уровня моря за последние 40 тысяч лет (Рис. 4.1.2). DLS9, 8, 7 и 6 были сформированы после HS4 (38,5–39,5 тысяч лет назад) и инициированы GI 8, 7, 6 и 5, совпадающими с усилением летних муссонов Восточной Азии и с усилением стратификации поверхностных вод и их продуктивности. Длительный GI 8, сопровождаемый значительным потеплением климата, привел к формированию более интенсивного темного слоя DL 9. Накопление DL 5 было вызвано быстрым глобальным падением уровня моря одновременно с холодной стадией HS3 из-за уменьшения солёности вод и их плотности в результате сокращения притока солёных вод Цусимского

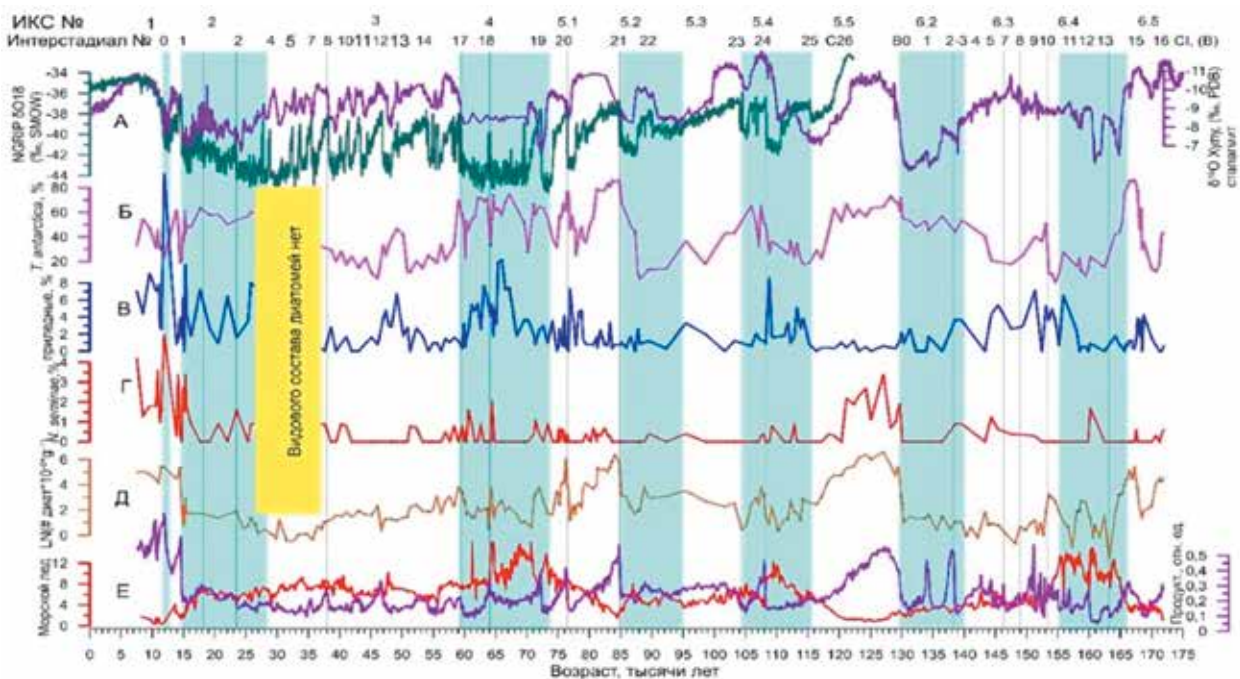


Рис. 4.1.1. Ледниково-межледниковые и тысячелетние изменения продуктивности, влияния морских льдов и среды поверхностных вод (по данным диатомового анализа) юго-западной части Берингова моря за последние два ледниковых цикла (последние 190 тысяч лет). А – изотопно-кислородные стадии (ИКС), ответственные за ледниково-межледниковые периоды (синие полосы – холодные периоды/стадии). Теплые – тысячелетние интерстадиалы Гренландского ледового ядра и азиатских муссонов (вертикальные линии); Б – % *Thalassiosira antarctica*, В – % приледных видов, Г – % *Neodenticula seminae*, Д – обилие диатомей, Е – продуктивность и влияние морских льдов (пурпурная и красная линии, соответственно, относительные единицы)

Fig. 4.1.1. Glacial-interglacial and millennial changes in productivity, influence of sea ice and surface water environment (according to diatom analysis) in the southwestern part of the Bering Sea over the last two glacial cycles (the last 190 thousand years). A – Oxygen isotopic stages (OIS) responsible for glacial-interglacial periods (blue bars – cold periods/stages). Warm – millennial interstadials of the Greenland ice core and Asian monsoons (vertical lines). B – % *Thalassiosira antarctica*; C – % icy species; D – % *Neodenticula seminae*. D – an abundance of diatoms. E – sea ice productivity and impact (magenta and red lines, respectively, relative units)

течения, усиления стратификации поверхностных вод и уменьшения вентиляции глубинных вод ЯМ. DL 4, вероятно, был инициирован GI 3 и летними восточно-азиатскими муссонами. Дальнейшее падение уровня Мирового океана во время последнего ледникового максимума привело к образованию DL 3 и 2 в периоды 27,0–24,2 тыс. лет и 23,5–17,0 тыс. лет назад, соответственно. DL 1 был связан со значительным усилением летних муссонов в Восточной Азии и потеплением окружающей среды в начале голоцена (*Gorbarenko S.A., Shi X., Bosin A.A., Liu Y., Artemova A.V., Zou J., Yanchenko E.A., Vasilenko Yu.P., Yonghua Wu., Hu L. // Frontiers in Earth Science. 2021. V. 9. Art.no. 647495.*).

#### 4.1.3. Тысячелетние изменения среды в северо-западной части Японского моря во время последнего ледникового цикла / Millennial-scale environmental changes in the northwestern Japan Sea during the last glacial cycle

д.г.-м.н. С.А. Гобаренко, к.г.н. А.А. Босин, И.В. Уткин /  
S.A. Gorbarenko, A.A. Bosin, I.V. Unkin

На основе анализов пыльцы и диатомовых водорослей ядра осадков LV53-29, отобранного на северо-западе Японского моря, прослежены климатические, растительные и океанографические

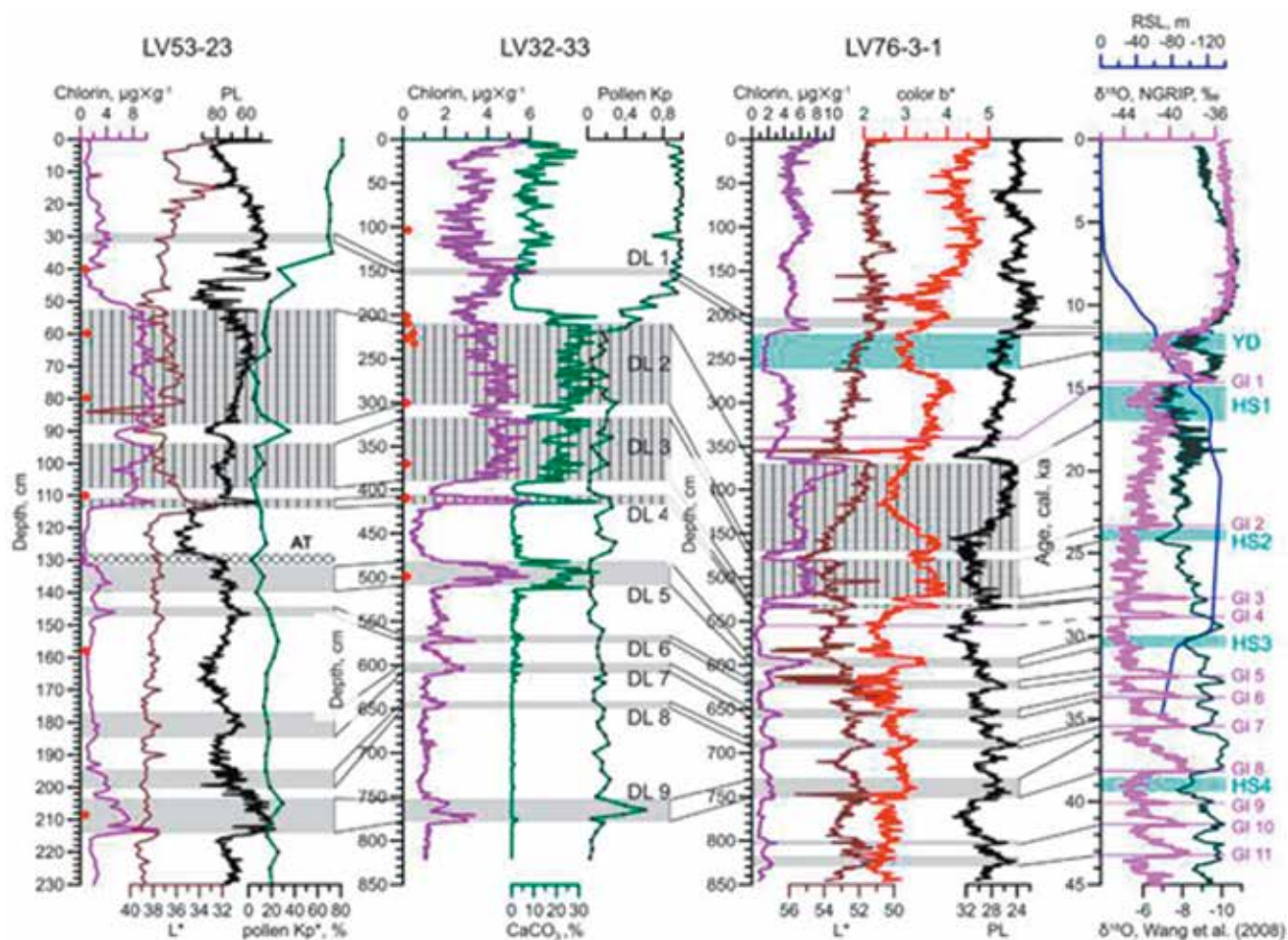


Рис. 4.1.2. Корреляция яркости осадка (photolightness (PL)), цветовых параметров  $L^*$  и  $b^*$ , содержания  $\text{CaCO}_3$  и хлорина и климатических индексов  $K_p$  и  $K_p^*$  на основе пыльцы в кернах LV53-23, LV32-33 и LV76-3-1 с гренландскими интерстадиалами (GI) и стадиалами Генриха (HS) по записям Гренландского ледового керна NGRIP  $\delta^{18}\text{O}$  (Seierstad et al., 2014), изменения интенсивности азиатских муссонов (Wang et al., 2008) и относительного уровня моря (RSL) (Lambeck et al., 2014). Серые полосы показывают расположение темных слоев (DL). Вертикально штрихованные полосы показывают тонко ламинированные темные слои. Синие полосы показывают HS1-4 и холодное событие позднего дриаса (YD). Заштрихованная полоса показывает расположение слоя тefры AT в керне LV53-23. Фиолетовые горизонтальные линии обозначают положение Гренландских интерстадиалов (GI). Красные ромбы указывают на радиоуглеродные даты кернов LV32-33 и LV53-23-1.

Fig. 4.1.2. Correlation of sediment brightness (photolightness (PL)), color parameters  $L^*$  and  $b^*$ , content of  $\text{CaCO}_3$  and chlorine and climatic indices  $K_p$  and  $K_p^*$  based on pollen in cores LV53-23, LV32-33 and LV76-3-1 with Greenland interstadials (GI) and Heinrich stadials (HS) from Greenland ice core NGRIP  $\delta^{18}\text{O}$  (Seierstad et al., 2014), changes in Asian monsoon intensity (Wang et al., 2008) and relative sea level (RSL) (Lambeck et al., 2014). The gray bars show the location of the dark layers (DL). Vertically hatched stripes show thinly laminated dark layers. Blue bars show HS1-4 and the Younger Dryas (YD) cold event. The shaded bar shows the location of the AT tephra layer in core LV53-23. The purple horizontal lines represent the position of the Greenland Interstadials (GI). The red diamonds indicate the radiocarbon dates of cores LV32-33 and LV53-23-1

изменения за последние 120 тыс. лет и зафиксированы изменения влияния восточно-азиатских муссонов, эвстатических колебаний уровня моря и влияние изменений направления и интенсивности морских течений (Рис. 4.1.3). Выделены маркеры увеличения интенсивности летнего муссона, доказано, что океанографические условия на северо-западе Японского моря отличались от его южных и восточных районов (Evstigneeva T.A., Cherepanova M.V., Gorbarenko S.A., Shi X., Bosin A.A., Utkin I.V. // *Boreas*. 2020. V. 50, No. 4. P. 967–982.).

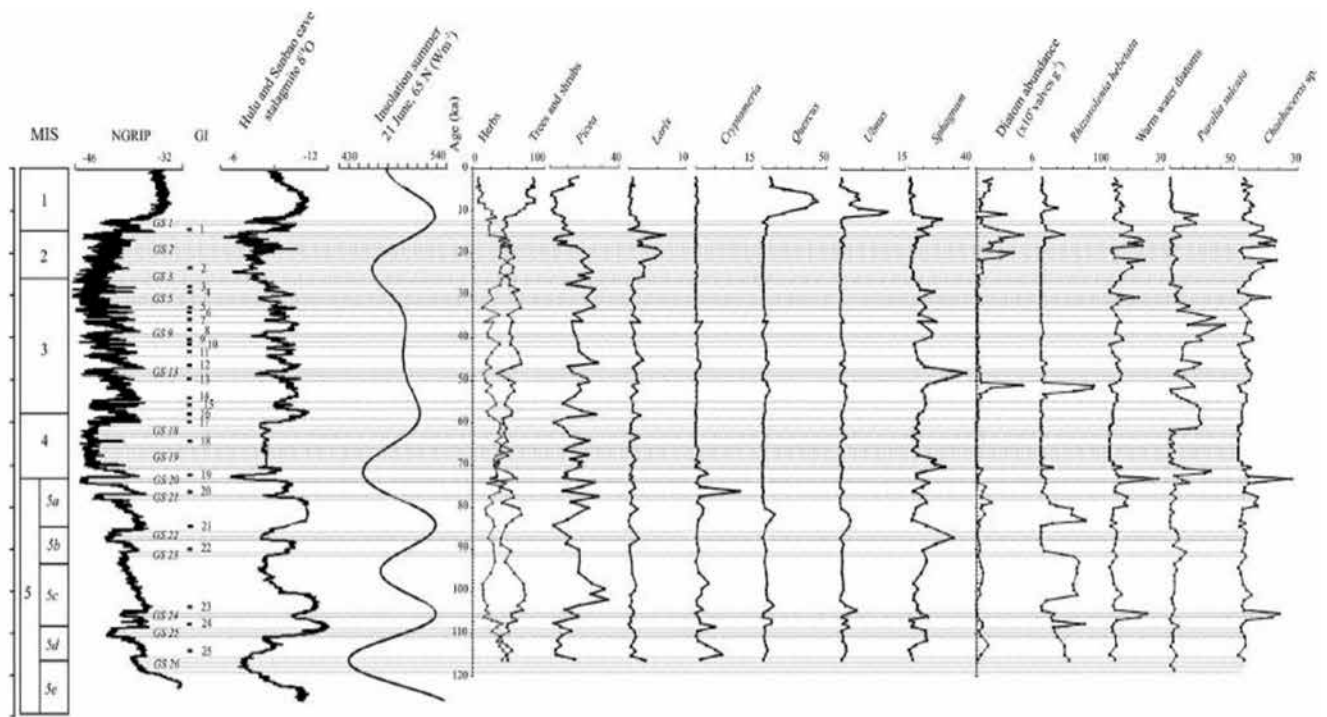


Рис. 4.1.3. Соотношение между процентным содержанием наземной пыли (травы, деревья и кустарники), численностью диатомовых водорослей ( $\times 10^6$  створок на 1 грамм сухого осадка), тепловодными диатомовыми водорослями и отдельными индикаторными таксонами из колонки LV53-29 с NGRIP (North Greenland Ice Core Project Members 2004 г.), данными сталагмитов из пещер Китая (Wang et al., 2008) и летней инсоляцией (Laskar et al., 2004). Пунктирными линиями обозначены GS. Номера GS всегда следуют непосредственно за номером GI.

Fig. 4.1.3. Correlation between the percentage of ground pollen (grasses, trees and shrubs), diatom abundance ( $\times 10^6$  valves per 1 gram of dry sediment), warm water diatoms and individual indicator taxa from column LV53-29 with NGRIP (North Greenland Ice Core Project Members 2004), cave stalagmites in China (Wang et al., 2008), and summer insolation (Laskar et al., 2004). Dashed lines indicate GS. GS numbers always immediately follow the GI number

#### 4.1.4. Орбитальные и тысячелетние вариации морского льда в юго-западной части Охотского моря с последнего межледникового периода и их последствия / Orbital and Millennium Sea Ice Variations in the Southwestern Sea of Okhotsk since the Last Interglacial Period and Their Consequences

д.г.-м.н. С.А. Горбаренко / S.A. Gorbarenko

В юго-западной части Охотского моря были проведены исследования истории формирования и стояния морского льда за последние 110 тыс. лет на основе изучения песчаной фракции осадка и крупных фрагментов горных пород, являющихся индикаторами ледового разноса. Установлено, что распространение морского льда контролировалось уменьшением осенней инсоляции в орбитальном масштабе времени, а распространения льдов – в тысячелетнем масштабе, 19 выделенных событий совпали с холодными стадиями Дансгаарда-Ошгера (Рис. 4.1.4). Изменения морского льда в тысячелетнем масштабе, скорее всего, контролировались как арктическими колебаниями, так и летним муссоном в Восточной Азии. Во время периодов усиления влияния арктических холодных воздушных масс снижалась температура воздуха над Охотским морем и происходило активное формирование морского льда, подкрепляемое за счет уменьшения влияния теплой адвекции на поверхности Охотского моря, вызванного уменьшением стока реки Амур в результате ослабления восточно-азиатского летнего муссона во время холодных стадиялов (Wang K., Shi X., Zou J., Liu Y., Yao Z., Gorbarenko S.A. // *Frontiers in Earth Science*. 2021. V. 9. Art.no. 636850.).

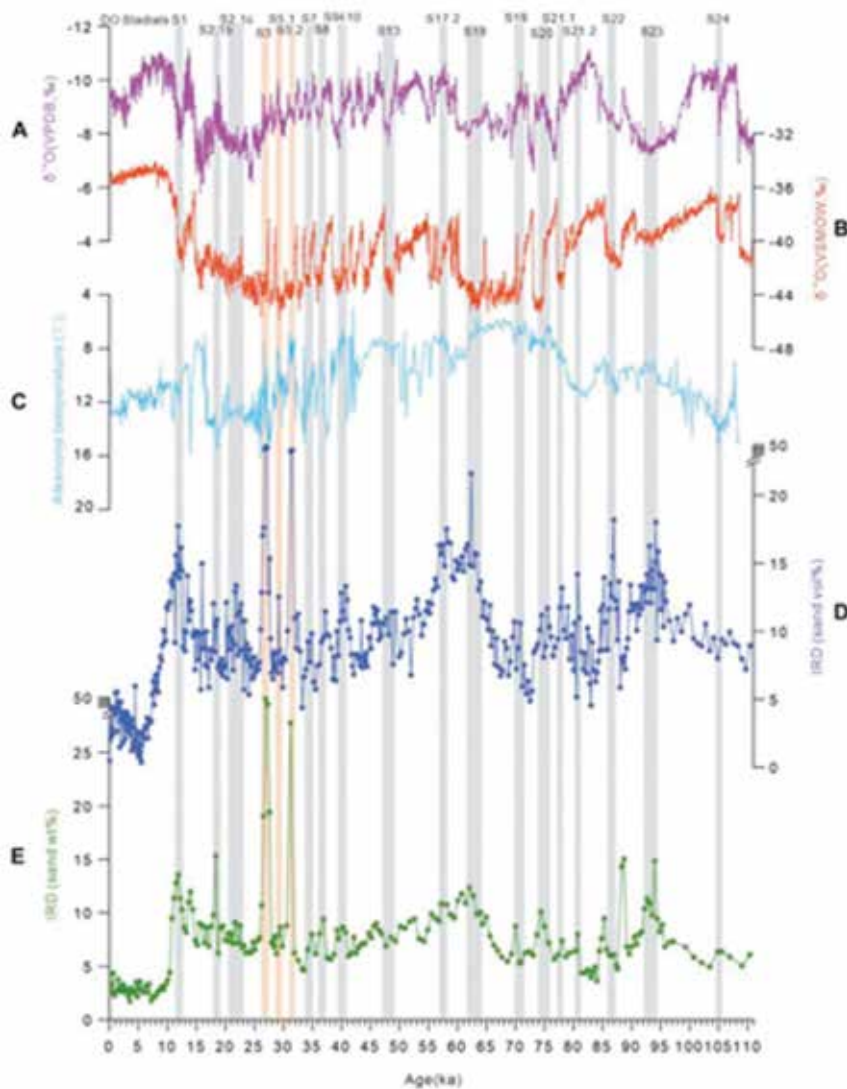


Рис. 4.1.4. Тысячелетние вариации различных показателей IRD в ядре LV55-40-1 и других индикаторов изменений климата. (А) Изотопы кислорода сталагмитов (Cheng et al., 2016), как косвенный показатель летних муссонов Восточной Азии (EASM), (В) Изотопы кислорода ледяного ядра NGRIP (Andersen et al., 2004), как косвенный показатель температуры воздуха, (С) температура, полученная на основе алкенонов (°C) (Harada et al., 2008), указывающая на арктические колебания, (D) IRD (vol%) и (E) IRD (wt%) в ядре LV55-40-1. Серыми затененными областями отмечены интервалы DOS, оранжевыми затененными областями выделены интервалы, потенциально затронутые извержениями вулканов.

Fig. 4.1.4. Millennial variations of various IRD indicators in the LV55-40-1 core and other indicators of climate change. (A) Oxygen isotopes of stalagmites (Cheng et al., 2016) as a proxy for East Asian summer monsoons (EASM), (B) NGRIP ice core oxygen isotopes (Andersen et al., 2004) as a proxy for air temperature, (C) Temperature, derived from alkenones (°C) (Harada et al., 2008), indicating arctic oscillations, (D) IRD (vol%) and (E) IRD (wt%) in core LV55-40-1. Gray shaded areas indicate DOS intervals, orange shaded areas indicate intervals potentially affected by volcanic eruptions

## 4.2. Стратиграфия и условия мезозойского и кайнозойского осадконакопления; геоморфология / Stratigraphy and conditions of mesozoic and cenozoic sedimentation; geomorphology

### 4.2.1. Аутигенные минералы вулканогенно-осадочных пород палеозойско-кайнозойского возраста Южного Приморья / Authigenic Minerals of Paleozoic-Cenozoic Volcanogenic-Sedimentary Rocks in the Southern Primorye Region

д.г.-м.н. А.В. Можеровский / A.V. Mozherovsky

Расширен временной диапазон (от пермского времени до современного) минералогостратиграфической шкалы для вулканогенно-осадочных пород северо-восточной части зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Предложены индикаторные (реперные) аутигенные минералы для мезозойско-кайнозойских вулканогенно-осадочных толщ при уточнении стратиграфических построений (Рис. 4.2.1). Выделены временные интервалы, возможно, связанные с глобальными климатическими изменениями в мезозойской истории геологического развития северо-восточной части Азии (Можеровский А.В. // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 6. С. 100–110; Mozherovsky A.V. // Minerals. 2021. V. 11, No. 840. P. 1–12.).

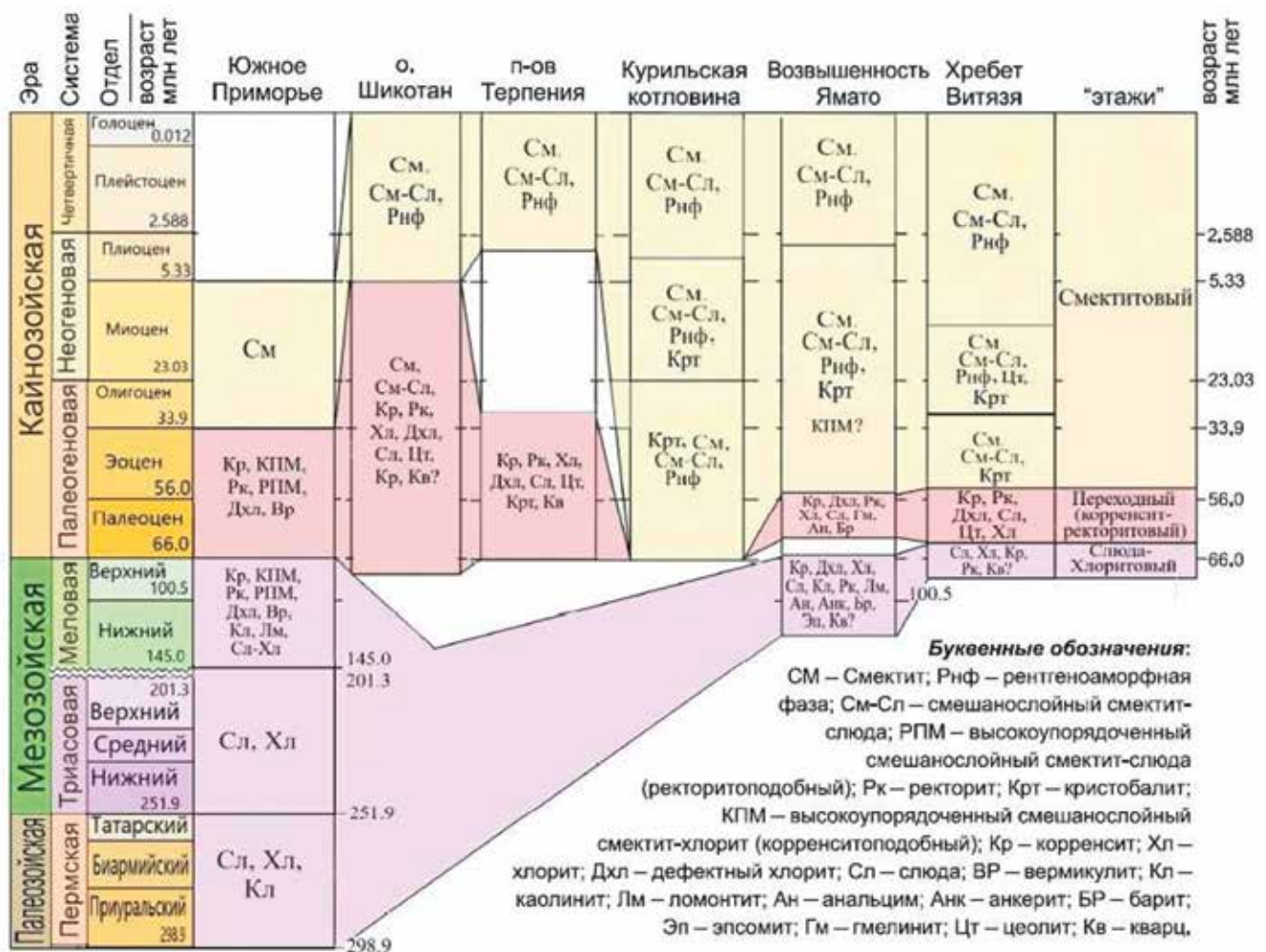


Рис. 4.2.1. Ассоциации аутигенных минералов в изученных осадочных бассейнах Дальнего Востока и окраинных морей северо-западной части Тихого океана.

Fig. 4.2.1. Associations of authigenic minerals in the studied sedimentary basins of the Far East and marginal seas of the northwestern Pacific Ocean

#### 4.2.2. Обоснование возраста пограничных отложений верхнего триаса и нижней юры островов архипелага Римского-Корсакова (Японское море) / Substantiation of the Age of the Upper Triassic and Lower Jurassic Boundary Deposits of the Islands of the Rimsky-Korsakov Archipelago (Sea of Japan)

О.Л. Смирнова, к.г.-м.н. Е.А. Бессонова, к.г.-м.н. Т.А. Емельянова /  
 O.L. Smirnova, E.A. Bessonova, T.A. Emel'yanova

Обобщение биостратиграфических (радиолярии), литологических и структурных данных по ритмично-слоистым терригенным отложениям островов Матвеева и Большой Пелис (ЗПВ, архипелаг Римского-Корсакова, Японское море) позволило впервые провести обоснование возраста и стратиграфическое расчленение пограничных отложений верхнего триаса и нижней юры, исключив их из состава позднепалеозойских терригенных образований Сихотэ-Алиня (Рис. 4.2.2). Установлено, что изученные отложения наиболее близки к турбидитам, которые широко представлены в составе глубоководных конусов выноса, накапливавшихся у основания континентального или островного склона в гемипелагической зоне палеобассейна. Наряду с присутствием радиолярий глобального распространения это указывает на то, что палеобассейн имел прямые связи с открытым океаном,

а условия осадконакопления в нём не ограничивались континентальными и прибрежно-морскими обстановками континентального шельфа различной глубины. На базе межрегиональных корреляций с изохронными зональными подразделениями Тихоокеанской и Тетической областей в верхнетриасовых отложениях указанных разрезов впервые выделены слои с *Globolaxtorum tozeri* (верхний рэт), а в нижнеюрских в полном объёме прослежена зона *Pantaneillum tanuense* Zone (геттанг) и выделены слои с *Parahsuum simplum* (синемюр – плинсбах) (Смирнова О.Л., Бессонова Е.А., Емельянова Т.А. // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 2. С. 39–54.).

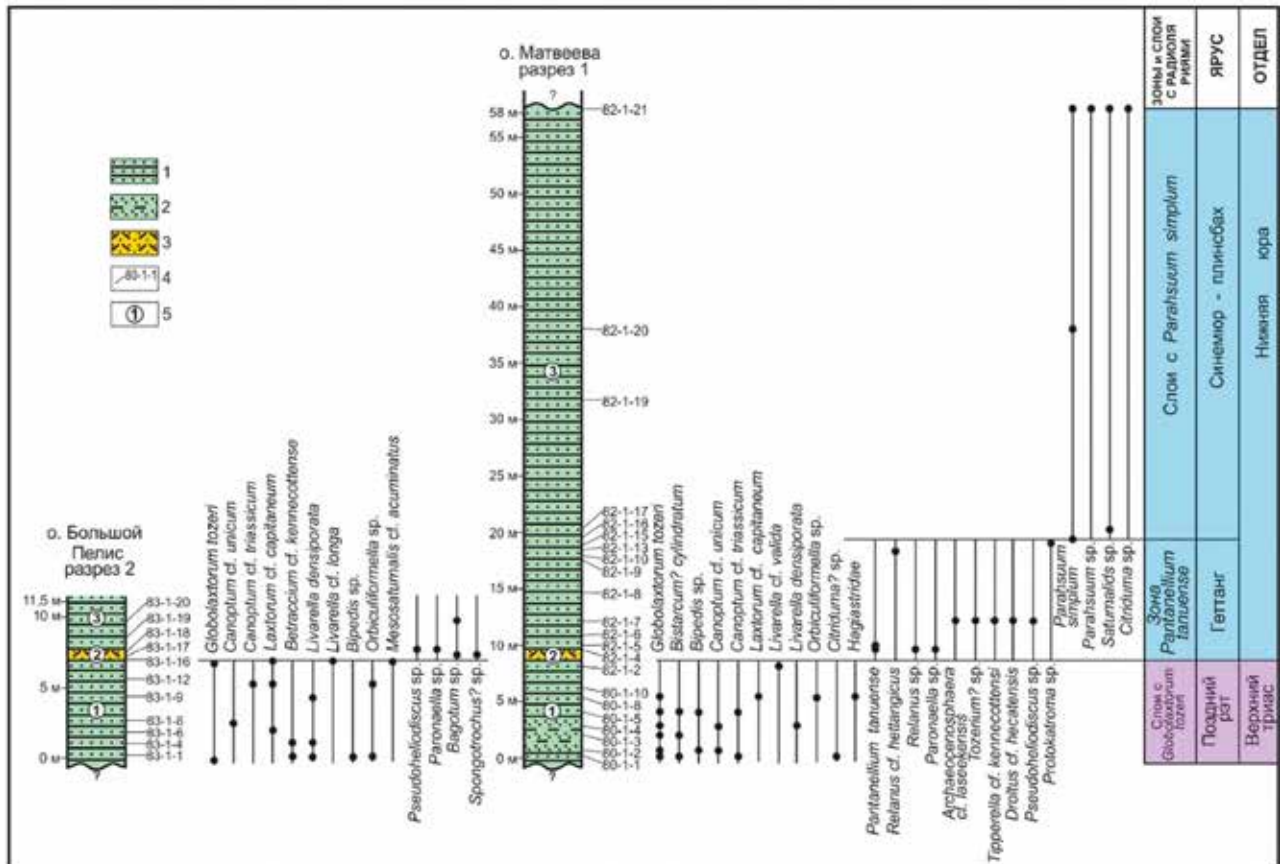


Рис. 4.2.2. Литолого-стратиграфические колонки ритмично-слоистых отложений (среднезернистых [по Стоу, 1990] турбидитов) о. Матвеева (разрез 1, справа) и о. Большой Пелис (разрез 2, слева) и распределение в них таксонов радиолярий. 1 – ритмично-слоистые отложения (среднезернистые турбидиты); 2 – амальгамированные вулканомиктовые песчаники; 3 – маркирующий слой; 4 – номера образцов с радиоляриями; 5 – номера пачек: 1 – нижняя пачка, 2 – средняя пачка, 3 – верхняя пачка.

Fig. 4.2.2. Lithological and stratigraphic columns of rhythmically layered sediments (medium-grained [according to Stowe, 1990] turbidites) Matveev Is. (section 1, right) and Fr. Bolshoy Pelis Is. (section 2, left) and the distribution of radiolarian taxa in them. 1 – rhythmically layered deposits (medium-grained turbidites); 2 – amalgamated volcanomictic sandstones; 3 – marking layer; 4 – numbers of specimens with radiolarians; 5 – member numbers: 1 – bottom member; 2 – middle member; 3 – top member

#### 4.2.3. Основные типы осадочных пород палеогена на гайотах Магеллановых гор (Тихий океан) / Main types of Paleogene sedimentary rocks and condition of their formation on the guyots of the Magellan Seamounts (Pacific Ocean)

д.г.н. С.П. Плетнев / S.P. Pletnev

Дана характеристика основных типов палеогеновых пород, слагающих осадочный чехол гайотов Магеллановых гор. Палеоцен-эоценовый комплекс представлен наиболее широко среди

литифицированных осадочных пород. В его состав входят планктоногенные известняки, эдафогенные брекчии и вулканокластические породы (Рис. 4.2.3). Присутствуют здесь и рифогенные известняки, однако, их выходы довольно ограничены. Отмечен олигоценый перерыв осадконакопления. Планктоногенные известняки и эдафогенные брекчии обнажаются на больших площадях, имея взаимные фациальные переходы. Как показали детальная батиметрическая съемка и геологическое опробование, среди пород наиболее распространены планктоногенные известняки, которые образуют узкие и протяженные лентовидные тела, покрывающие верхние участки склонов и периферию вершинного плато. Максимальная площадь их развития отмечена на гайоте Федорова – 315 км<sup>2</sup>. (Плетнев С.П. // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 1. С. 99–11.).

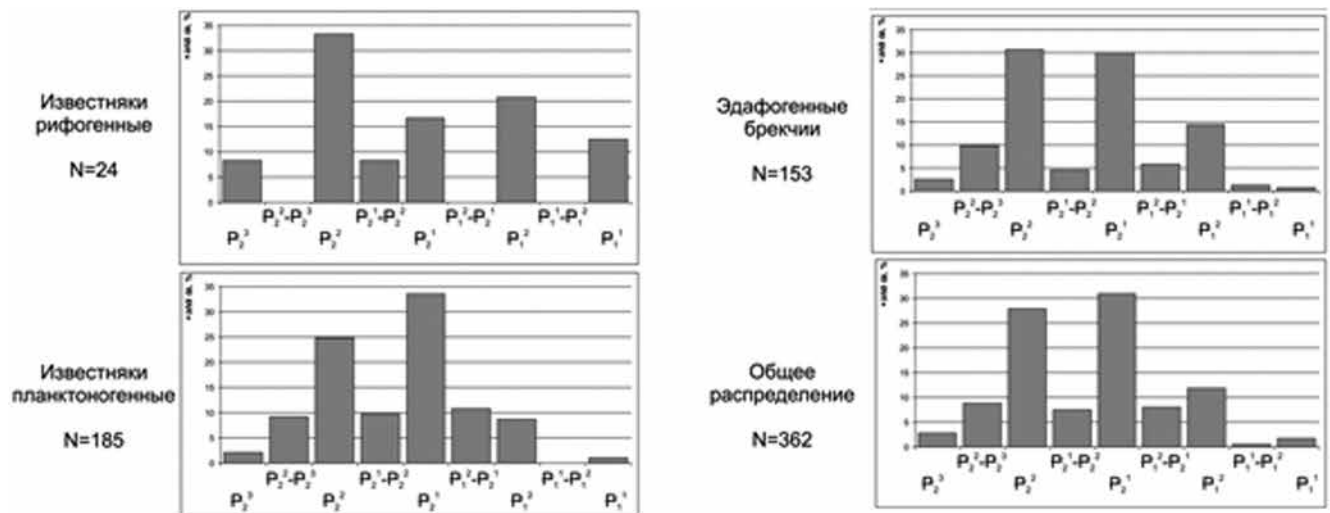


Рис. 4.2.3. Гистограммы частот встречаемости палеоценовых ( $P_1$ ) и эоценовых ( $P_2$ ) пород на Магеллановых горах. N – количество изученных образцов.

Fig. 4.2.3. Histograms of occurrence frequencies of Paleocene ( $P_1$ ) and Eocene ( $P_2$ ) rocks on the Magellan Seamounts. N – is the number of studied samples

#### 4.2.4. Новые данные о возрасте и вещественном составе лиманской свиты о. Сахалин / New data on the age and lithological composition of the Liman Formation, Sakhalin Island

д.г.-м.н. И.Б. Цой / I.B. Tsoy

Получены микропалеонтологические данные (диатомеи и силикофлагеллаты), позволившие впервые датировать лиманскую свиту Южного Сахалина, возраст которой до сих пор оставался дискуссионным. Нижняя часть стратотипа лиманской свиты (район г. Лиман, п-ов Терпения, Восточный Сахалин), представленная преимущественно вулканокластическими породами, датирована концом среднего – началом позднего миоцена (зоны по диатомеям *Denticulopsis praedimorpha*, 12.9–11.5 млн лет и *Thalassiosira yabei*, 11.5–10.0 млн лет), установлен морской генезис вмещающих отложений (Рис. 4.2.4). Верхняя часть стратотипа лиманской свиты (район мыса Пята), представленная вулканогенно-осадочными отложениями с комплексом пресноводных диатомей, формировалась, предположительно, в позднем миоцене (?) – эоплейстоцене (калабрийский ярус) в континентальных условиях холодного климата, в озерном относительно глубоководном бассейне. Полученные данные необходимы для детализации стратиграфических схем и геологических карт (Ковтунович П.Ю., Сафронова Л.С., Орешкина Т.В., Цой И.Б., Дмитриева Т.В. // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 6. С. 39–49.).



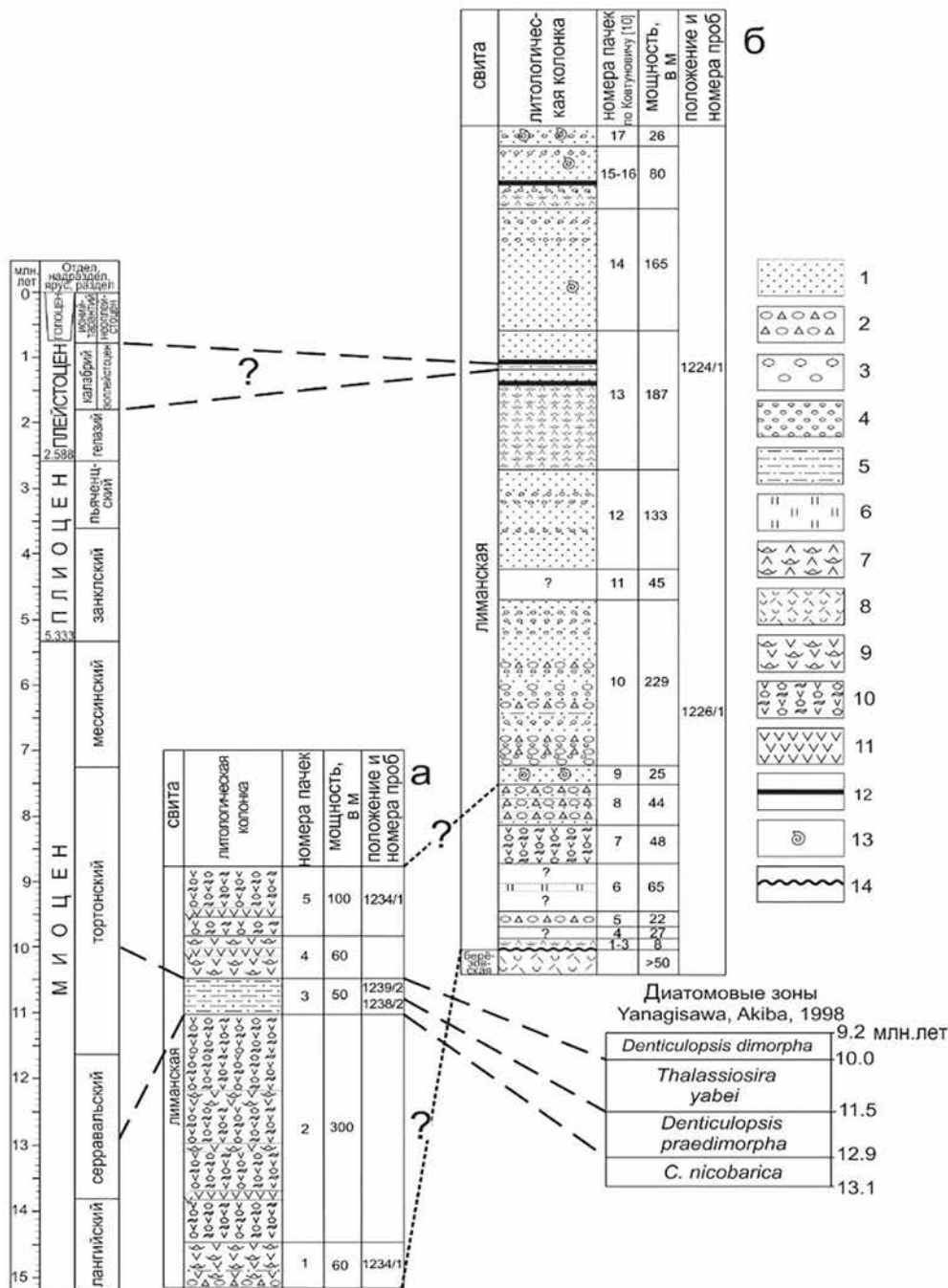


Рис. 4.2.4. Литологические колонки разрезов: в районе г. Лиман (А), в районе м. Пята (Б), п-ова Терпения, Восточный Сахалин. 1 – песчаники и туфопесчаники; 2 – конгломератобрекчии и туфоконгломератобрекчии; 3 – конгломераты; 4 – гравелиты; 5 – алевролиты; 6 – диатомиты и туфодиатомиты; 7 – туффиты дацита; 8 – туфы кислого состава; 9 – псефитовые и псаммитовые туффиты андезита; 10 – агломератовые и псефитовые гидроэксплозивные туфы и гиалокластиты андезита; 11 – андезиты и трахиандезиты; 12 – угли; 13 – остатки морских моллюсков; 14 – угловое несогласие (длинным пунктиром показана корреляция с общей стратиграфической шкалой и диатомовыми зонами, коротким пунктиром – корреляция между разрезами лиманской свиты).

Fig. 4.2.4. Lithological columns of sections: in the area of Liman Mount (A), in the area of Pyata Cape (B), Terpeniya Peninsula, East Sakhalin. 1 – sandstones and tuffaceous sandstones; 2 – conglomerate breccia and tuffaceous conglomerate breccia; 3 – conglomerates; 4 – gravelstones; 5 – siltstones; 6 – diatomites and tuffaceous diatomites; 7 – dacite tuffites; 8 – felsic tuffs; 9 – psephytic and psammite andesite tuffites; 10 – agglomerate and psephytic hydroexplosive tuffs and andesite hyaloclastites; 11 – andesites and trachyandesites; 12 – coals; 13 – remains of marine mollusks; 14 – angular unconformity (the long dotted line shows the correlation with the general stratigraphic scale and diatom zones, the short dotted line shows the correlation between sections of the Liman Formation)

#### 4.2.5. Радиоляриевая биостратиграфия плейстоцена подводного хребта Витязь, северо-западная часть Тихого океана / Pleistocene radiolarian biostratigraphy of the submarine Vityaz Ridge, Northwest Pacific

к.г.-м.н. Л.Н. Василенко, к.г.н. Ю.П. Василенко / L.N. Vasilenko, Yu.P. Vasilenko

Представлены новые данные о радиоляриевой фауне плейстоцена из отложений подводного хребта Витязя (ПХВ) и приосевой зоны Курило-Камчатского желоба. Особенности таксономического состава радиолярий позволили выявить комплексы плейстоценовых зон *Cycladophora sphaeris* (3.8/4.0–1.7/1.9 млн лет), *Eucyrtidium matuyamai* (1.7/1.9–0.9/1.1 млн лет), *Stylatractus universus* (0.9/1.1–0.4/0.5 млн лет) и *Lychnocanoma sakaii* (0.0737–0.0316 млн лет) и проследить их географическое распространение в северной части Тихого океана (Рис. 4.2.5). Детализирована стратиграфическая схема ПХВ и предложена модель его геологического развития в плейстоцене. Установлено, что северное и южное плато ПХВ в конце раннего – начале среднего плейстоцена развивались в разных тектонических и осадочных режимах. В стратиграфическом разрезе выявлено два перерыва (в конце позднего плиоцена и в среднем – позднем плейстоцене), связанных с активизацией тектонических процессов в районе Курило-Камчатской островодужной системы, эвстатическими и климатическими изменениями, характерными для всего региона. Проведена межрегиональная корреляция палеоокеанографических событий плейстоцена между ПХВ, Курильскими островами (Итуруп и Кунашир), Восточно-Камчатским регионом, Императорским хребтом (гайот Мейджи), японскими островами (Хоккайдо и Хонсю) и островным склоном Японского желоба. (Vasilenko L.N., Vasilenko Yu.P. // *Marine Micropaleontology*. 2021. V. 169. Art.no. 102040.).

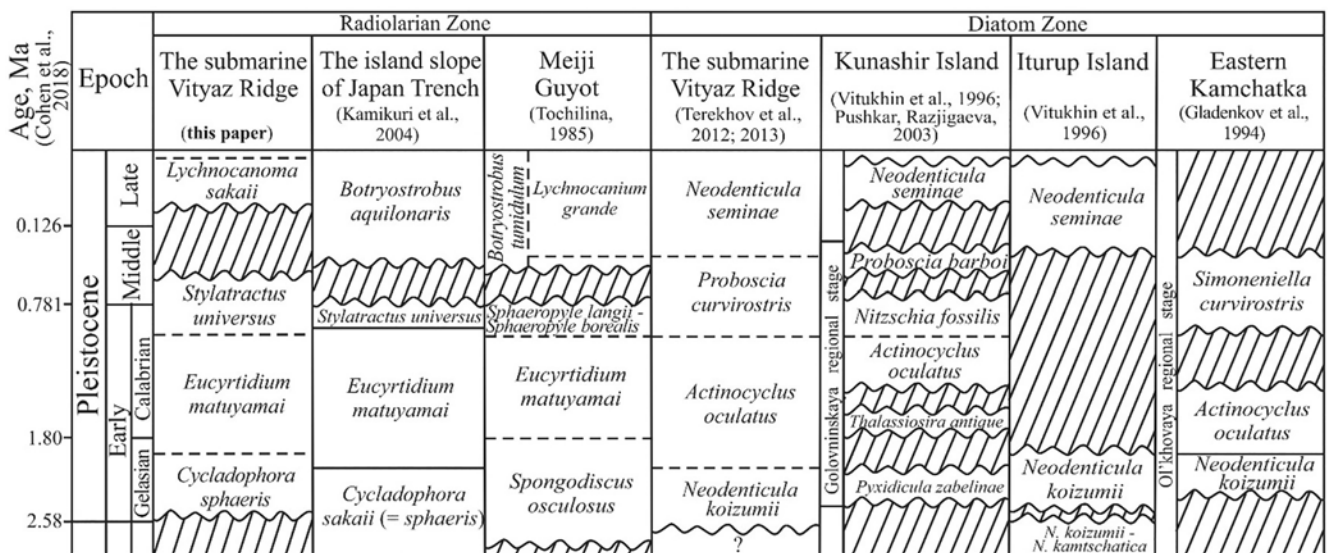


Рис. 4.2.5. Биостратиграфия и корреляция зон и палеоокеанографических событий Северо-Западной Пацифики в плейстоцене.

Fig. 4.2.5. Biostratigraphy and correlation of zones and paleoceanographic events in the Northwest Pacific in the Pleistocene

#### 4.2.6. Инфузории в верхнеголоценовых отложениях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря / Ciliates in the Upper Holocene deposits of the Laptev and East Siberian seas

к.г.-м.н. Л.Н. Василенко / L.N. Vasilenko

В верхнеголоценовых отложениях арктических морей Лаптевых и Восточно-Сибирского впервые установлены агглютинированные лорики (раковины) рода *Tintinnopsis* (6 видов) и, предположительно, двух видов из родов *Didinium* и *Gymnozoum*, которых ранее в осадках не обнаруживали.

Определение систематического статуса экземпляров, приведенных на Рис. 4.2.6 (фиг. 1–8), требует дальнейших исследований. Обнаружение хорошо сохранившихся агглютированных лорик инфузорий в осадках даёт возможность дополнить их таксономический состав в арктических морях, так как по данным предыдущих исследований в море Лаптевых они слабо изучены (обнаружено всего 4 вида), а в Восточно-Сибирском море они ранее не изучались (Василенко Л.Н. // *Теоретические и прикладные аспекты палеонтологии: материалы LXVII сессии Палеонтологического общества при РАН, г. Санкт-Петербург, 5–9 апреля 2021 г. СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ. 2021. С. 87–89.*)

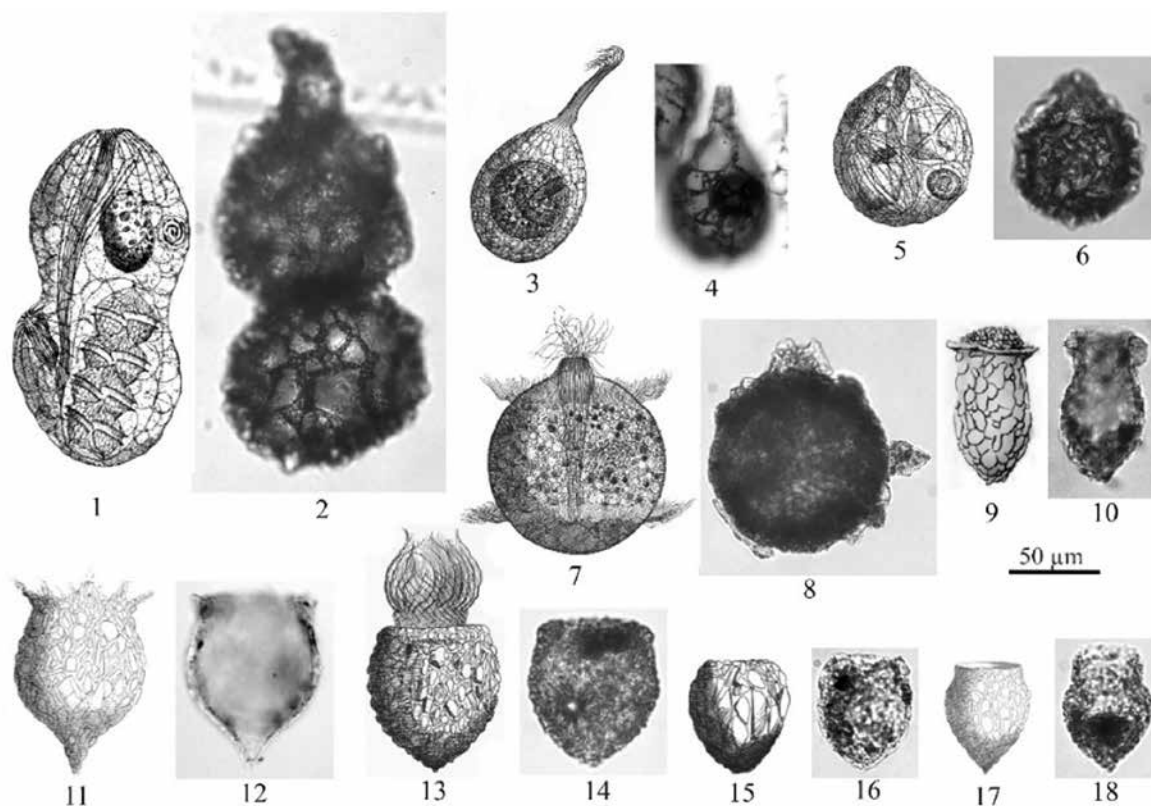


Рис. 4.2.6. Агглютированные лорики инфузорий-тинтиннид (фиг. 9–18) и предположительно инфузории (фиг. 1–8) в поверхностных осадках моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. 1, 2 – ? *Gymnozoum* sp. G. cf. *viviparum* Meunier F. 1; 3, 4 – ? *Gymnozoum* cf. *viviparum* Meunier F. 2; 5, 6 – ? *Gymnozoum* cf. *viviparum* Meunier F. 3; 7, 8 – ? *Didinium* cf. *gargantuan* Meunier; 9, 10 – *Tintinnopsis nitida* Brandt; 11, 12 – *T. fimbriata* Meunier; 13, 14 – *T. ventricosoides* (Claparede et Lachmann); 15, 16 – *T. nivalis* Meunier; 17, 18 – *T. turbo* Meunier.

Fig. 4.2.6. Agglutinated loricas of ciliates-tintinnid (figs. 9–18) and presumably ciliates (figs. 1–8) in the surface sediments of the Laptev Sea and the East Siberian Sea. 1, 2 – ? *Gymnozoum* sp. G. cf. *viviparum* Meunier F. 1; 3, 4, ? *Gymnozoum* cf. *viviparum* Meunier F. 2; 5, 6 – ? *Gymnozoum* cf. *viviparum* Meunier F. 3; 7, 8 – ? *Didinium* cf. *gargantuan* Meunier; 9, 10 – *Tintinnopsis nitida* Brandt; 11, 12 – *T. fimbriata* Meunier; 13, 14 – *T. ventricosoides* (Claparede et Lachmann); 15, 16 – *T. nivalis* Meunier; 17, 18 – *T. turbo* Meunier

#### 4.2.7. Диатомеи в поверхностных осадках гайотов Императорского хребта (Тихий океан) и их биогеографическое значение / Diatoms in the surface sediments of the Emperor Seamount Chain guyots (Pacific Ocean) and their biogeographic implication

д.г.-м.н. И.Б. Цой, Э.А. Емельянова / I.B. Tsoy, E.A. Emel'yanova

При комплексном исследовании экосистем гайотов Императорского хребта (Тихий океан) с применением телеуправляемого подводного аппарата (ТПА) были отобраны осадки, в которых были изучены диатомовые водоросли (Рис. 4.2.7). Комплексы диатомей из осадков северных

гайотов Нинтоку и Джингу характеризуются заметным количеством бореальных элементов и имеют смешанную флору, характерную для переходной зоны между аркто-бореальной и тропическими областями. Комплексы диатомей из осадков гайотов Оджин и Коко состоят практически полностью из тропических и субтропических видов, характерных для тропической области. Различия в комплексах диатомей из изученных осадков позволяют предположить, что северная граница тропической области располагается приблизительно по 38° с.ш. между гайотами Оджин и Джингу. Севернее этой широты осадки на гайотах Джингу и Нинтоку содержат смешанную диатомовую флору, характерную для переходной зоны между тропической и арктобореальной фитогеографическими областями, установленной по фитопланктону. Приблизительно на этой же широте (между 37° и 39° с.ш.) находится биогеографическая граница, установленная по кораллам и совпадающая с биогеографической границей между бореальной и западно-тихоокеанской биогеографическими областями по батимальной фауне офиур (Цой И.Б., Даутова Т.Н., Емельянова Э.А. // *Диатомовые водоросли: морфология, биология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия: Материалы XVII Междунар. науч. конф., г. Минск, 23–28 августа 2021 г. Минск: Колорград, 2021. С. 192–194.*).

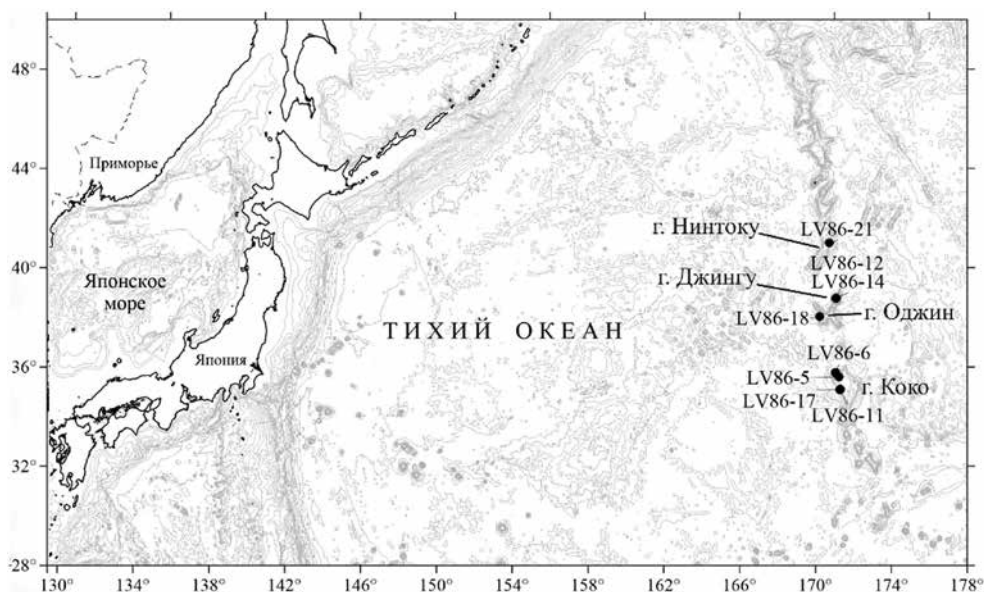


Рис. 4.2.7. Местоположение станций на гайотах Императорского хребта, Тихий океан.

Fig. 4.2.7. Location of the stations on the Emperor Seamount Chain guyots, Pacific Ocean

#### 4.2.8. Типизация берегов Западного Приохотья и тенденции их развития / Typing of the shores of the Western Okhotsk region and trends in their development

Т.Д. Леонова, О.В. Белоус / T.D. Leonova, O.V. Belous

Проведены геоморфологические исследования рельефа береговой зоны Западного Приохотья – одного из самых малоизученных и труднодоступных районов Охотского моря. По морфодинамическим признакам и на основе генетической классификации берегов выполнена типизация и районирование береговой зоны Западного Приохотья. Установлено, что в пределах района исследования на большей части исследуемых берегов преобладают денудация и вдольбереговой транзит наносов (Рис. 4.2.8). Участки современной аккумуляции приурочены к вершинам бухт и устьям крупных и средних рек. Сделаны предположения о тенденциях развития рельефа береговой зоны заливов Западного Приохотья. Повышение уровня Мирового океана приведет к значительным изменениям в устьях рек. Активизируется абразия мысов, выступающих в море.

Предположительно, произойдет затопление маршей и аллювиальных низменностей, а осушка вдоль бортов заливов будет подвержена размыву. Выполненные исследования могут быть использованы при прогнозировании дальнейшего хозяйственного освоения региона, выявления экологических последствий все возрастающего антропогенного воздействия на побережье и в целях рекреации (Леонова Т.Д., Белоус О.В. // *Известия Российской академии наук. Сер. Географическая.* 2021. Т. 85, № 3. С. 422–432.).

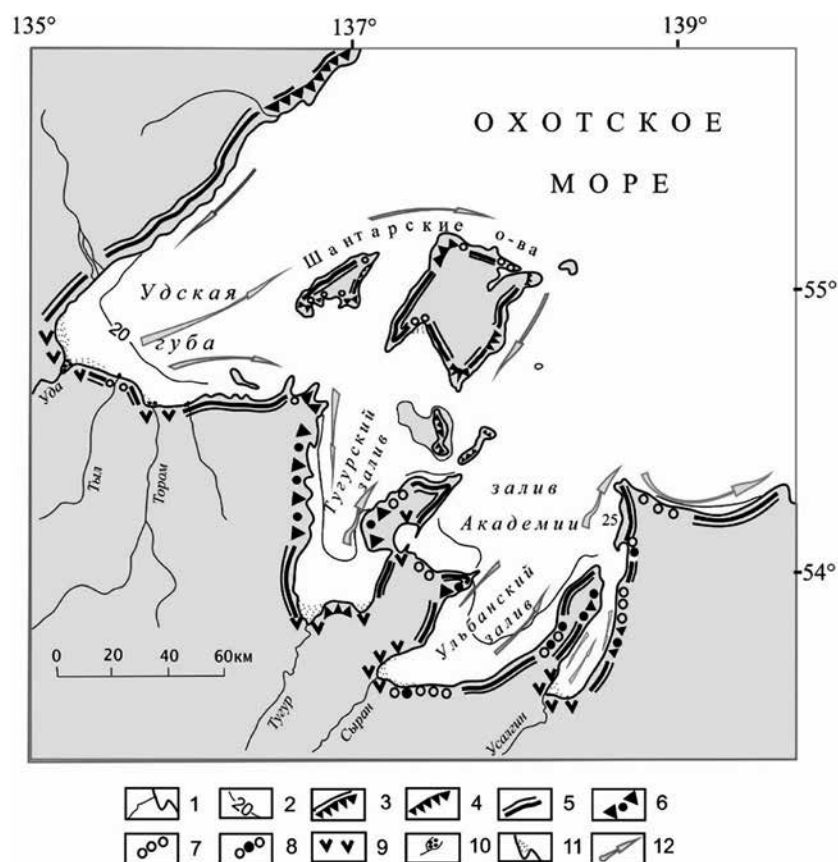


Рис. 4.2.8. Типы берегов Западного Приохотья: 1 – реки; 2 – изобата 20 метров. Типы берегов: 3 – абразионно-тектонические; 4 – абразионные; 5 – абразионно-денудационные; 6 – абразионно-бухтовые; 7 – аккумулятивные с примкнувшей террасой; 8 – аккумулятивные лагунные; 9 – аккумулятивные ваттовые. 10 – дельты; 11 – осушка; 12 – основные потоки наносов.

Fig. 4.2.8. Types of banks of the Western Okhotsk region: 1 – rivers; 2 – isobath 20 meters. Shore types: 3 – abrasion-tectonic; 4 – abrasion; 5 – abrasion-denudation; 6 – abrasion-bay; 7 – accumulative with an adjoining terrace; 8 – accumulative lagoons; 9 – accumulative watt; 10 – deltas; 11 – vatt; 12 – main sediment flows

### 4.3. Геохимия, петрология, минералогия, геодинамика / Geochemistry, Petrology, Mineralogy, Geodynamics

#### 4.3.1. Долгоживущий центр газово-флюидных эманаций на западном склоне Курильской котловины (Охотское море) / A Long-Lived Center of Gas-Fluid Emanations on the Kuril Basin Western Slope (Sea of Okhotsk)

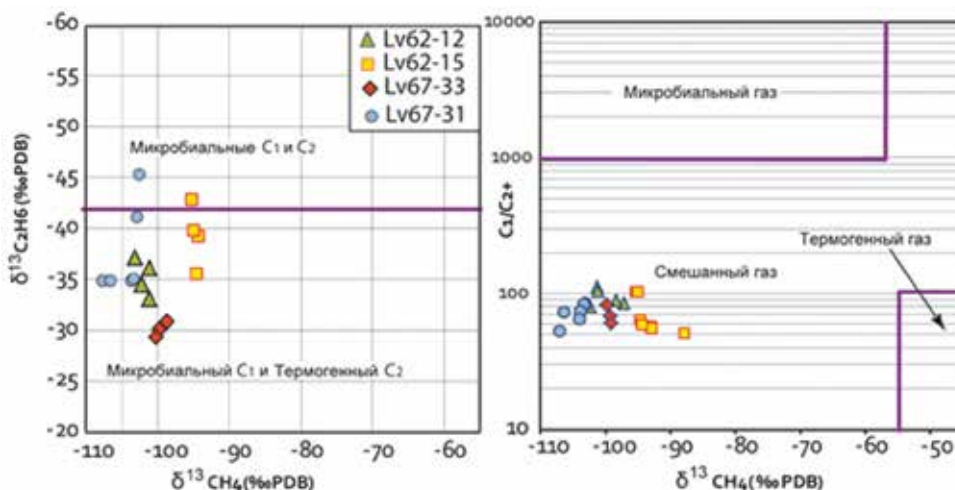
д.г.-м.н. А.Н. Деркачев, Н.А. Николаева, д.г.-м.н. И.Б. Цой, д.г.-м.н. А.В. Можеровский /  
A.N. Derkachev, N.A. Nikolaeva, I.B. Tsoy, A.V. Mozherovskiy

Комплексные исследования западного склона Курильской глубоководной котловины (Охотское море) позволили впервые обнаружить карбонатные конкреции и бариты в отложениях миоцена – голоцена, свидетельствующие о существовании долгоживущего центра проявления газово-флюидных эманаций длительностью в несколько миллионов лет. Происхождение карбонатно-баритовой минерализации связано с миграцией углеводородных (преимущественно метановых) и барий-содержащих газово-флюидных потоков, которые поступали как из поверхностных, так и глубинных источников. Предполагается, что эти потоки связаны с грязевым вулканизмом. В составе углеводородных газов поровых флюидов осадка отмечается повышенное содержание тяжелых гомологов метана, а для

карбонатных образований характерен утяжеленный изотопный состав кислорода (Рис. 4.3.1). Изотопный состав стронция ( $^{87}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}$ ) характеризуется существенно более низким значением (0,708581), по сравнению со стронцием воды современных морских бассейнов, что также указывает на глубинную природу флюидов. Современная активность выражается в эпизодическом проявлении потоков газов в виде мощных гидроакустических аномалий в водной толще (Деркачев А.Н., Николаева Н.А., Цой И.Б., Баранов Б.В., Баринов Н.Н., Можеровский А.В., Крылов А.А., Кузнецов А.Б., Minami H., Nachikubo A. // *Литология и полезные ископаемые*. 2021. № 4. С. 311–337.).

Рис. 4.3.1. Взаимосвязь между молекулярным и изотопным составами газов в поровом пространстве отложений изученных колонок.

Fig. 4.3.1. Relationship between the molecular and isotopic compositions of gases in the pore space of the sediments of the studied cores



#### 4.3.2. Минеральный состав осадков как индикатор источников поставки и особенностей распределения обломочного материала в Охотском море / The Mineral Composition of Sediments as an Indicator of the Supply Sources and Features of the Distribution of Clastic Material in the Sea of Okhotsk

Н.А. Николаева, д.г.-м.н. А.Н. Деркачев, И.В. Уткин /  
N.A. Nikolaeva, A.N. Derkachev, I.V. Utkin

Изучен минеральный состав тяжелой подфракции поверхностных осадков Охотского моря по двум детальным профилям (Магадан – Курильские о-ва и Шантары – центральная часть Охотского моря) и из Сахалинского залива. Полученные данные были проанализированы с использованием методов многомерной статистики, что позволило выделить основные ассоциации тяжелых минералов, которые показали региональные различия в составе минеральных комплексов морских осадков. Прослежено значительное влияние твердого стока р. Амур на процессы осадконакопления (Рис. 4.3.2). Определены основные процессы, ответственные за формирование минерального облика изученных осадков. Показаны тенденции во взаимосвязи ассоциаций тяжелых минералов с геоструктурной позицией бассейна осадконакопления (Николаева Н.А., Деркачев А.Н., Уткин И.В. // *Тихоокеанская геология*. 2021. Т. 40, № 1. С. 87–98.).

#### 4.3.3. Петролого-геохимические особенности базальтов станций драгирования 2776 и 2764 (Филиппинское море) / The Petrological and Geochemical Features of Basalts from Dredging Stations 2776 and 2764 (the Philippine Sea)

к.г.-м.н. Т.А. Емельянова, к.г.-м.н. Ю.И. Мельниченко, А.А. Пугачёв, Н.С. Ли /  
T.A. Emelyanova, Yu.I. Mel'nichenko, A.A. Pugachev, N.S. Lee

На основе оригинальных данных по радиоизотопному возрасту (ранний и средний миоцен) и составу редких элементов в базальтах станций драгирования 2776 и 2764 (Филиппинское море)

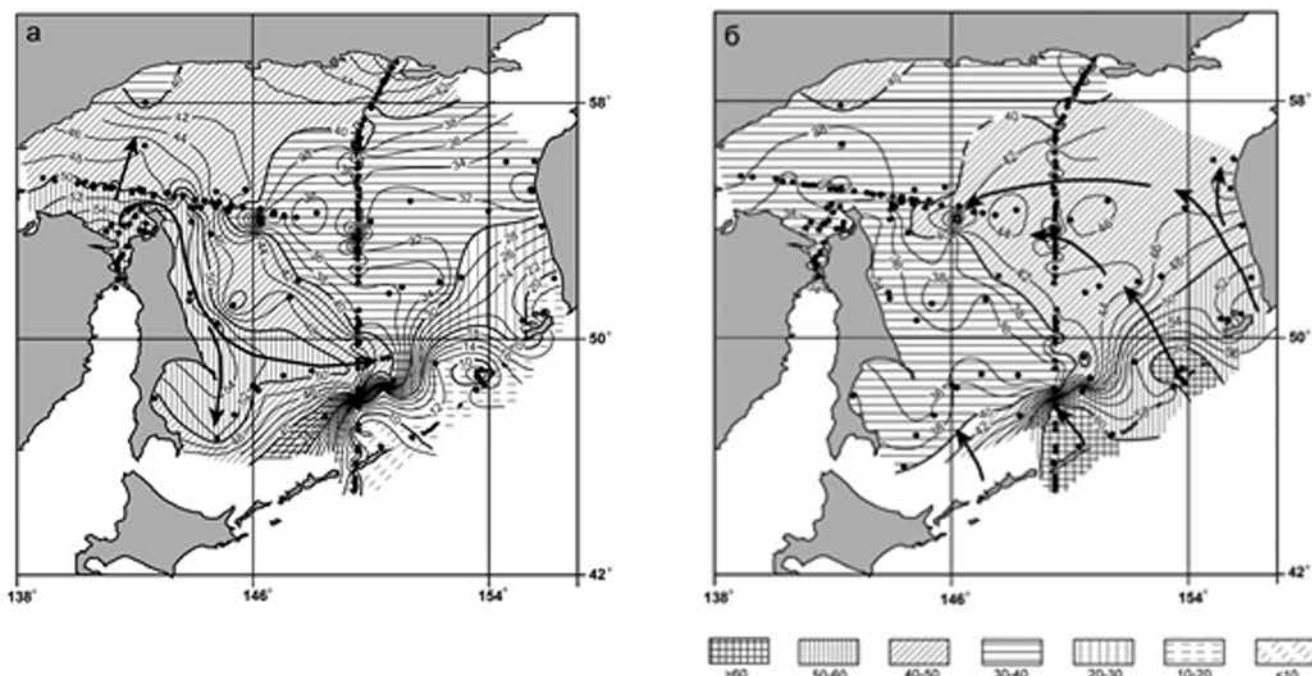


Рис. 4.3.2. Распределение значений основных факторов (F1 и F2, в %), отражающих влияние источников поступления обломочного материала в осадки Охотского моря: а) фактор F1 характеризует эпидот-роговообманковую ассоциацию с повышенным содержанием акцессорных минералов (граната, циркона, сфена, апатита), а также актинолита и слюд (преимущественно Амуро-Сахалинская питающая провинция); б) фактор F2 отображает ассоциацию, свойственную породам зрелых островных дуг, в которой преобладают клино- и ортопироксены с примесью оливина и бурой роговой обманки (Курило-Камчатская питающая провинция).

Fig. 4.3.2. Distribution of values of the main factors (F1 and F2, in %), reflecting the influence of sources of clastic material in the sediments of the Sea of Okhotsk: a) factor F1 characterizes the epidote-hornblende association with a high content of accessory minerals (garnet, zircon, sphene, apatite), as well as mica actinolites (mainly the Amur-Sakhalinsk feeding province); b) factor F2 reflects the association characteristic of rocks of mature island arcs, which is dominated by clino- and orthopyroxenes with an admixture of olivine and brown hornblende (Kuril-Kamchatka feeding province)

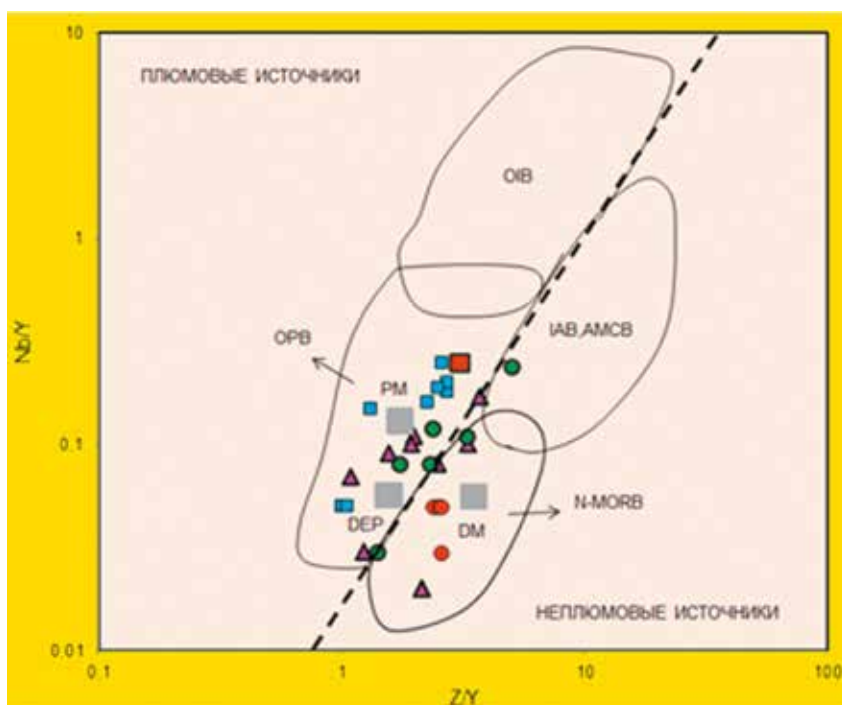


Рис. 4.3.3. Диаграмма  $(Zr/Y)-(Nb/Y)$  для базальтоидов станций драгирования 2776 (красные), 2764 (красный квадрат), стратовулканов хребта Кюсю-Палау: куполообразных (зеленые), конусообразных (голубые), щитовых вулканов (фиолетовые).

Fig. 4.3.3. Diagram  $(Zr/Y)-(Nb/Y)$  for basaltoids of dredging stations 2776 (red), 2764 (red square), stratovolcanoes of the Kyushu-Palau Ridge: dome-shaped (green), cone-shaped (blue), shield volcanoes (purple)

установлено, что базальты ст. 2776 демонстрируют химические свойства толеитов срединно-океанических хребтов и океанических островных дуг (N-MORB+OIAB), а базальты ст. 2764 сочетают черты E-MORB+OIAB. Сравнительный анализ химического состава вулканитов обеих станций и хребта Кюсю-Палау показывает, что большинство пород объединяет обогащенность расплавов «субдукционным» и внутриплитным (WPB) компонентами (Рис. 4.3.3). Однако WPB свойства проявлены в породах чаще всего на уровне примитивной мантии (PM), не достигая уровня щелочно-базальтоидных пород океанических островов – OIB. (Емельянова Т.А., Мельниченко Ю.И., Пугачев А.А., Лу Н.С. // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 2. С. 78–89.).

#### 4.3.4. Структура, реология, петрология и геодинамика тектоносферы Японского моря / Structure, Rheology, Petrology, and Geodynamics of the Tectonosphere of the Sea of Japan

д.г.-м.н. Л.А. Изосов., к.г.-м.н. Т.А. Емельянова, Н.С. Лу /  
L.A. Izosov, T.A. Emelyanova, N.S. Lee

В результате комплексного анализа гравитационных, тектонических, геоморфологических, сейсмологических, термометрических и петрологических данных построена непротиворечивая обобщенная модель глубинного строения и эволюции тектоносферы Японского моря, совмещающая черты рифтогенных, сдвиговых, вихревых, субдукционных и плюмовых процессов, в разное время проявившихся в Япономорском регионе (Рис. 4.3.4). Позднемеловая субдукция Тихоокеанской

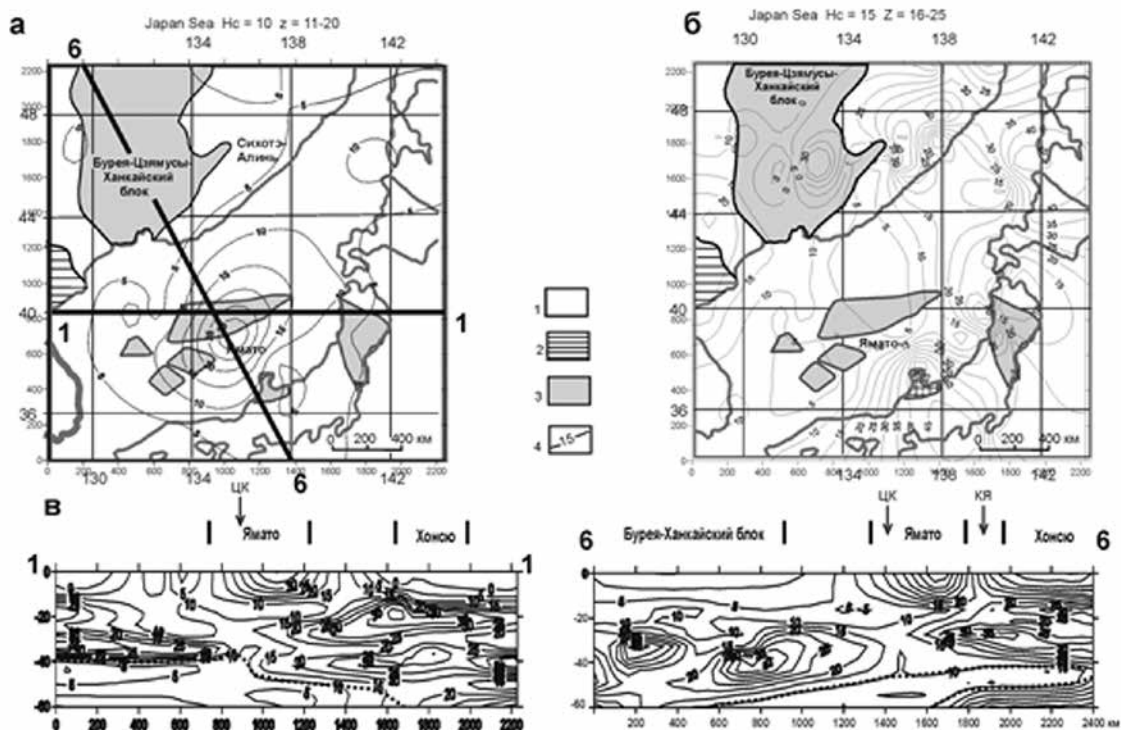


Рис. 4.3.4. Распределения плотностной контрастности в верхних слоях земной коры (а, б) с разрезами (в). 1–3 – тектонические комплексы: мезозойские и кайнозойские (1), палеозойские (герцинские) (2), допалеозойские (3); 4 – изолинии плотностной контрастности (1 ед. = 10–2 кг / м<sup>2</sup> / км). Hc – глубина поверхности, на которую конденсируются (выметаются по Пуанкаре) гравитационные неоднородности слоя. Глубоководные котловины: ЦК – Центральная, КЯ – Ямато

Fig. 4.3.4. Distributions of density contrast in the upper layers of the earth's crust (a, b) with sections (c). 1–3 – tectonic complexes: Mesozoic and Cenozoic (1), Paleozoic (Hercynian) (2), pre-Paleozoic (3); 4 – isolines of density contrast (1 unit = 10–2 kg / m<sup>2</sup> / km). Hc is the depth of the surface, on which gravitational inhomogeneities of the layer condense (are swept out according to Poincaré). Deep-sea basins: TsK – Central, KYa – Yamato



плиты проявлена в пододвигании океанической коры под континент, а кайнозойская субдукция – пододвиганием Тихоокеанской литосферы под Японскую островную дугу. Выстраивается следующий возрастной ряд тектонических структур и процессов: 1) раннемеловая (дорифтовая) субдукция Тихоокеанской плиты – заложение сдвигового дуплекса в зоне миоценового растяжения в западном и восточном районах Японского моря с образованием вихревых структур, 2) плиоценовое воздымание астеносферы в зоне растяжения – сдвига, усилившее процессы вращения тектонических масс и 3) эоцен-олигоценная субдукция Тихоокеанской плиты под Японскую островную дугу. (Петрищевский А.М., Изосов Л.А., Емельянова Т.А., Васильева М.А., Ли Н.С. // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 1. С. 116–131.).

#### 4.4. Геохимия современного осадконакопления и рудообразование / geochemistry of modern sedimentation and ore formation

##### 4.4.1. Тяжелые металлы в поверхностных отложениях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского: уровни, обогащение, оценка загрязнения, источники / Trace metals in surface sediments from the Laptev and East Siberian seas: levels, enrichment, contamination assessment, and sources

к.г.-м.н. К.И. Аксентов, к.г.-м.н. В.В. Саттарова, А.В. Алаторцев, Е.И. Ярошук, А.А. Марьяш, д.г.-м.н. А.С. Астахов, М.В. Иванов / K.I. Aksentov, V.V. Sattarova, A.V. Alatorstsev, E.I. Yaroshchuk, A.A. Mariash, A.S. Astakhov, M.V. Ivanov

Впервые изучено распределение тяжелых металлов и ртути в донных отложениях Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых. Максимальные концентрации Cr, Zn, Ni, Cu и As отмечены

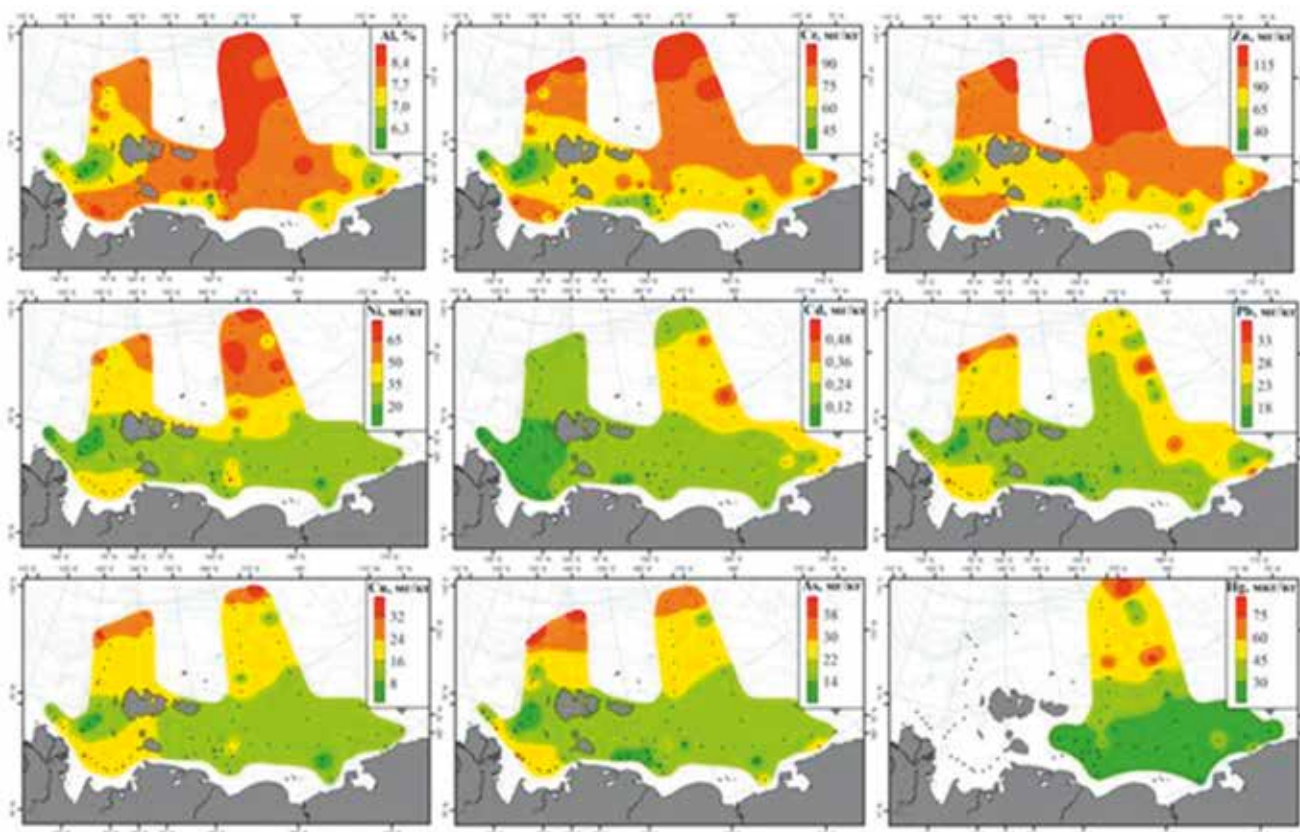


Рис. 4.4.1. Распределение тяжелых металлов в донных отложениях Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых.

Fig. 4.4.1. Distribution of heavy metals in bottom sediments of the East Siberian and Laptev seas

---

в глубоководной части Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых, а также в устьях рек Лена и Яна, Cd – в осадках восточной части Восточно-Сибирского моря. Рассчитанные значения международных нормативов (EF и Igeo) для тяжелых металлов показали отсутствие загрязнения этими металлами. Полученные данные позволяют сделать выводы о том, что повышенные концентрации тяжелых металлов связаны с естественными факторами (Рис. 4.4.1). Антропогенное загрязнение проявляется только в относительном повышении содержания ртути в осадках, накопившихся в техногенный период. (*Sattarova V.V., Aksentov K.I., Astakhov A.S., Shi X., Hu L., Alatortsev A.V., Mariash A.A., Yaroshchuk E.I. // Marine Pollution Bulletin. 2021. V. 173. Art.no. 11299.*)

#### **4.4.2. Тяжелые металлы в глубоководных отложениях Курильской котловины (Охотское море) и Курило-Камчатского желоба / Trace metals in deep-sea sediments of the Kuril Basin (Sea of Okhotsk) and the Kuril-Kamchatka Trench**

*к.г.-м.н. В.В. Самтарова, к.г.-м.н. К.И. Аксентов / V.V. Sattarova, K.I. Aksentov*

Проанализированы концентрации тяжелых металлов в глубоководных отложениях Курильской котловины (Охотское море) и Курило-Камчатского желоба. Для Курильской котловины геохимический природный фон этих элементов был определен по датированному керну. Установлено, что все тяжелые металлы имеют низкий экологический риск. Эти данные указывают на то, что повышенные концентрации тяжелых металлов связаны с естественными факторами и антропогенное загрязнение отсутствует. Обогащение донных отложений Курило-Камчатского желоба Cu и As (Рис. 4.4.2), вероятно, связано с дополнительным поступлением их в результате гидротермальных проявлений и вулканических эксгаляций. (*Sattarova V.V., Aksentov K.I. // Marine Pollution Bulletin. 2021. V. 164. 112055.*)

#### **4.4.3. Распределение и обогащение тяжелыми металлами поверхностных донных отложений в Южно-Китайском море, Вьетнам / Distribution and enrichment of heavy metals in surface sediments collected in the South China Sea, Vietnam**

*к.г.-м.н. В.В. Самтарова, к.г.-м.н. К.И. Аксентов / V.V. Sattarova, K.I. Aksentov*

Изучено распределение и обогащение редкими элементами донных отложений Южно-Китайского моря вдоль побережья Вьетнама. Показано, что концентрации Cr, Ni, Zn и Pb в осадках имеют значительную положительную корреляцию с мелкодисперсными фракциями и общим органическим углеродом (ТОС). Однако As не имеет положительной корреляции с размером частиц и другими металлами. Относительно положительная корреляция кадмия с Fe, Al, Ti, Sc, ТОС, P, Cr, Ni, Zn и Pb указывает на то, что он поступает из разных источников (Рис. 4.4.3). Экотоксикологические индексы всех элементов показали низкие значения, за исключением Cd, высокие содержания которого были обнаружены в юго-западной части Южно-Китайского моря в районе бассейна Нам Кон Сон. Предполагается, что Cd, скорее всего, имеет естественное происхождение, но не исключено, что есть дополнительное поступление с загрязненным взвешенным материалом из реки Меконг во время экстремальных условий стока, особенно вызванных тайфунами. Полученные данные свидетельствуют о наличии слабого антропогенного загрязнения западной части Южно-Китайского моря в зоне выносов вод и наносов реки Меконг (*Sattarova V.V., Aksentov K.I., Alatortsev A.V., Luong Le Duc, Shakirov R.B., Ivanov M.V., Legkodimov A. // Marine Pollution Bulletin. 2021. V. 173. Pt. A. Art. no. 113045.*)

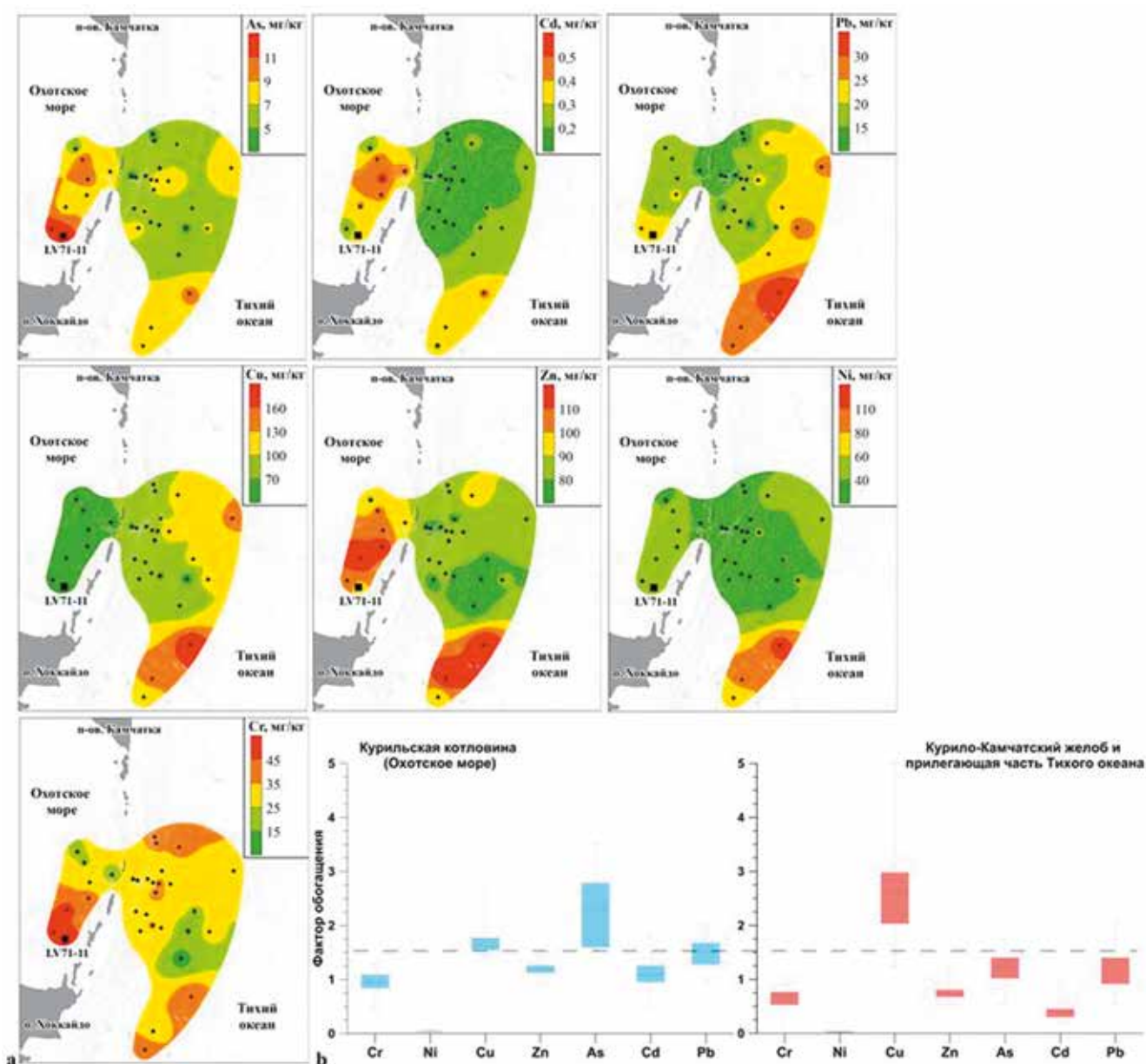


Рис. 4.4.2. Пространственное распределение тяжелых металлов (а) и значения фактора обогащения (б) для поверхностных отложений Курильской котловины (Охотское море) и района Курило-Камчатского желоба.

Fig. 4.4.2. Spatial distribution of trace metals (a) and enrichment factor values (b) in surface sediments of the Kuril Basin (Sea of Okhotsk) and the area of the Kuril-Kamchatka Trench

#### 4.4.4. Characteristics of terrigenous components of Amerasian Arctic Ocean surface sediments: Implications for reconstructing provenance and transport modes

д.г.-м.н. А.С. Астахов / A.S. Astakhov

Изучены гранулометрический состав донных осадков и петрография крупнозернистых фракций (> 250 мкм) в пробах донных отложений из Амеразийского сектора Северного Ледовитого океана (Рис. 4.4.4). Определены особенности накопления песчаного материала и формирования крупнообломочных отложений четырех различных регионов: (1) в Чукотском море берингоморскими водами привносится осадочное вещество с дополнительным терригенным вкладом Северной Аляски и Чукотки; (2) на окраине Аляски песчаные осадки формируются материалом, поступа-

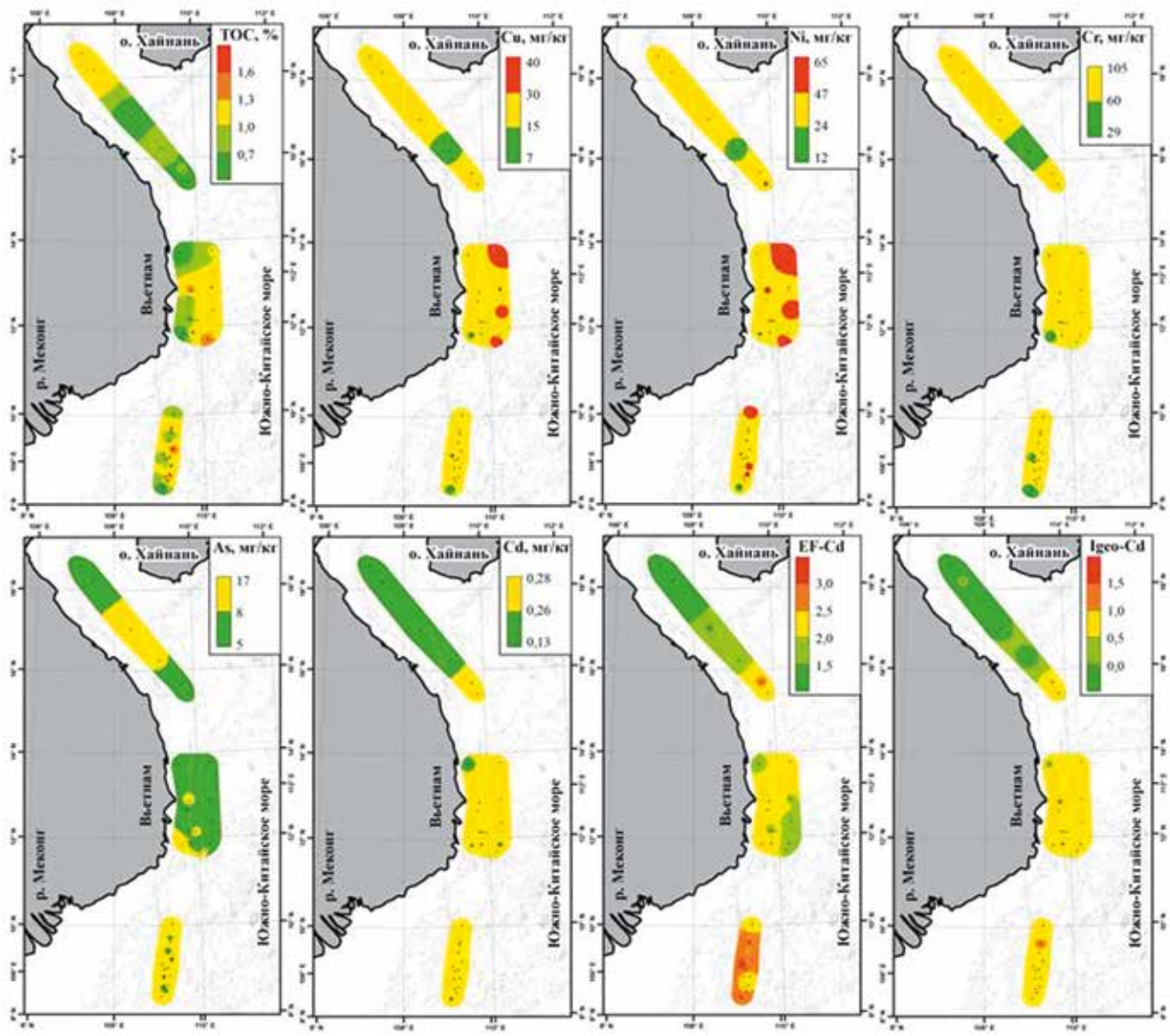


Рис. 4.4.3. Пространственное распределение органического углерода, тяжелых металлов, значений фактора обогащения (EF) и индекса геоаккумуляции (Igeo) для кадмия в донных отложениях западной части Южно-Китайского моря.

Fig. 4.4.3. Spatial distribution of organic carbon, heavy metals, enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) values for cadmium in sediments from the western part of the South China Sea

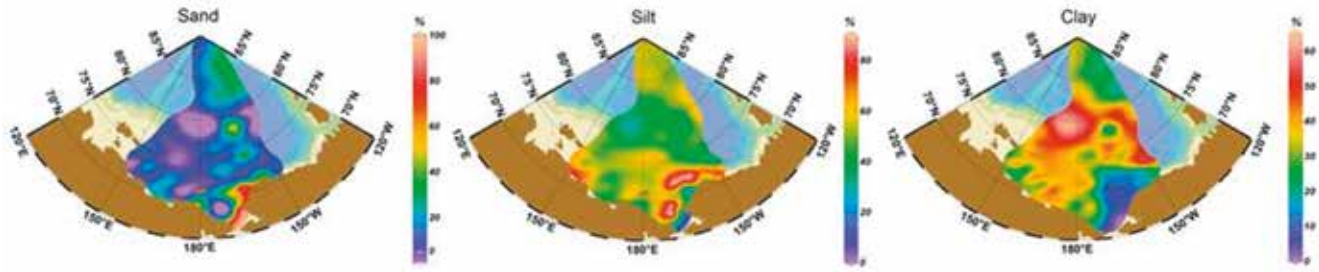


Рис. 4.4.4. Распределение основных гранулометрических фракций донных осадков Сибирско-Аляскинского сектора Северного Ледовитого океана.

Fig. 4.4.4. Distribution of the main granulometric fractions of bottom sediments in the Siberian-Alaska sector of the Arctic Ocean

ющим из Северной Аляски и с выносами реки Юкон; (3) в Восточно-Сибирском море песчаные фракции редки и даже отсутствуют на большинстве станций; терригенный материал поступает сюда из моря Лаптевых и прилегающей территории Сибири с Сибирским прибрежным течением и с морскими льдами; (4) в Канадском бассейне грубообломочный материал, поступает с Канадского арктического архипелага, вследствие ледового/айсбергового разноса (Zhang T., Wang R., Xiao W., Polyak L., Astakhov A., Dong L., Wang C., Liu Y., Shi X. // *Marine Geology*. 2021. V. 437 (11). 106497.).

#### 4.4.5. Обогащение микроэлементами (V, Cu, Co, Ni, Mo) в арктических отложениях – от сибирских арктических шельфов до океанического бассейна / Enrichment of trace metals (V, Cu, Co, Ni, and Mo) in Arctic sediments – from Siberian Arctic shelves to the basin

к.г.н. А.А. Босин, д.г.-м.н. А.С. Астахов / A.A. Bosin, A.S. Astakhov

Изучено распределение редких металлов в донных осадках и иловых водах осадочных колонок по трем трансектам в Чукотском и Восточно-Сибирском морях. Выявлена тенденция к увеличению концентраций V, Cu, Co, Ni и Mo с глубиной моря. Концентрации растворенных металлов в поровых водах указывают на ремобилизацию Fe, Mn и Mo из шельфовых отложений, в то время как V на шельфе и в котловине удаляется из воды в осадок (Рис. 4.4.5). Предложена схема транспортировки и накопления следовых металлов с Сибирско-Чукотского шельфа в отложения прилегающих материкового склона и океанического бассейна. (Li L., Liu Y., Wang X., Su H., Hu L., Yang G., Li Z., Bosin A., Astakhov A., Chen J., Shi X. // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2021. V. 126 (4). Art.no. e2020JC016960.).

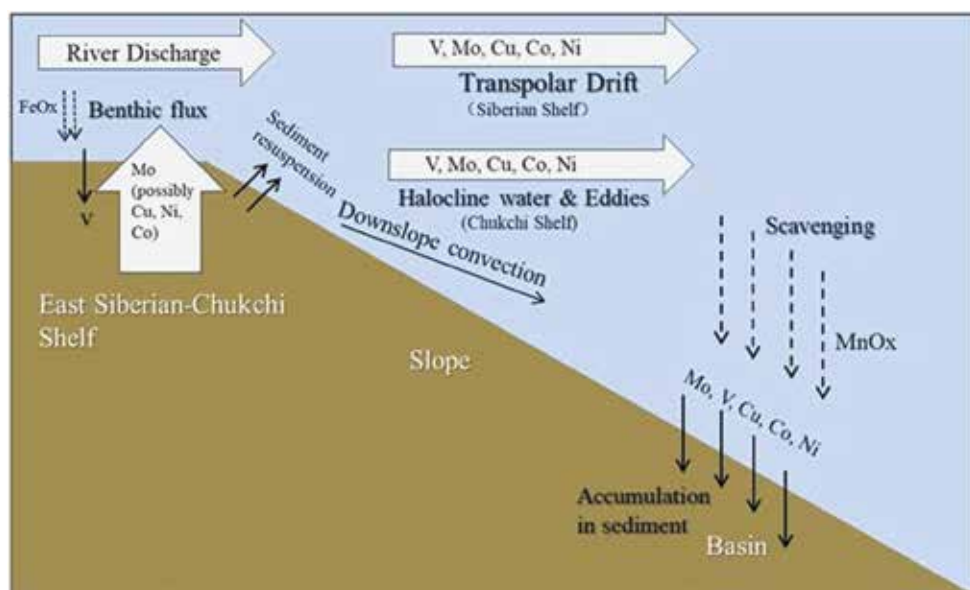


Рис. 4.4.5. Схема транспортировки и накопления следовых металлов (V, Mo, Cu, Co, Ni) с Сибирско-Чукотского шельфа в отложения прилегающих материкового склона и океанического бассейна.

Fig. 4.4.5. Scheme of transport and accumulation of trace metals (V, Mo, Cu, Co, Ni) from the Siberian-Chukotka shelf to the sediments of the adjacent continental slope and ocean basin

#### 4.4.6. Динамика биогеохимического состава осадков морской части маргинального фильтра под влиянием стока реки Раздольная (Амурский залив, Японское море) / Dynamics of the biogeochemical composition of sediments in the marine part of the marginal filter under the influence of the Razdolnaya River runoff (Amur Bay, Sea of Japan)

к.б.н. Д.М. Поляков / D.M. Polyakov

Изучено распределение химических элементов (Si, Fe, Mn, K, P, V, Cr, Co, Ni, Pb, Cu, Zn, Cd, As, Sn, Mo, Li, Rb, Cs, Sc, Ga, Y, Hf, Ta, Nb, Th, U), органического углерода (Corg) и глинистых минералов (гидроslюды, хлориты, смектиты) в субколлоидной фракции донных осадков

морской части маргинального фильтра р. Раздольная, отобранных при среднем многолетнем речном (2014 г.) и повышенном (тайфун, 2015 г.) речном стоке (Рис. 4.4.6). Выявлено, что взвесь, питающая Амурский залив, поступает из реки с повышенным количеством гидрослюды (после тайфуна) и смектитов из залива Угловой (при среднегодовом речном стоке). В результате тайфуна в залив выносятся в 2 раза больше гидрослюды по сравнению со средним многолетним речным стоком. Показано увеличение содержания элементов благодаря сорбции на глинистых минералах (гидрослюды, смектиты), вновь образованных оксигидроксидах Fe, Mn (тяжелые металлы – ТМ, U, Th) и связанное с прижизненным накоплением морским фито-, зоопланктоном (Mo, As, P) в донных осадках центральной части залива. (Поляков Д.М. // *Геохимия*. 2021. Т. 66, № 12. С. 1148–1155.).

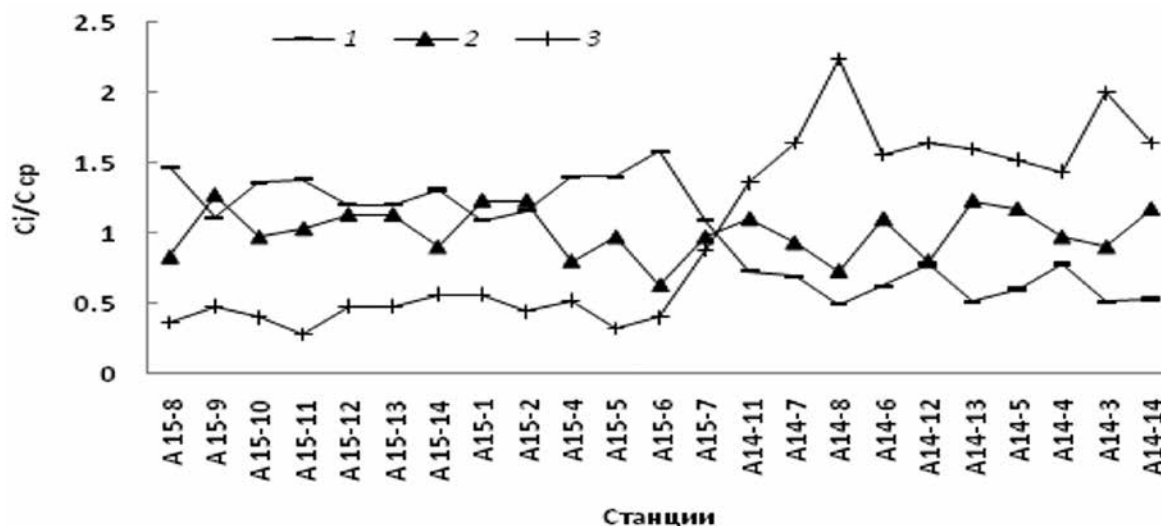


Рис. 4.4.6. Распределение отношений  $C_i/C_{sp}$  для гидрослюды (1), хлорита (2) и смектита (3) в донных осадках Амурского залива.

Fig. 4.4.6. Distribution of  $C_i/C_{sp}$  ratios for (1) hydromica, (2) chlorite, and (3) smectite in bottom sediments of the Amur Bay

#### 4.4.7. Роль ледяного покрова в формировании химического состава донных осадков восточно-сибирского шельфа / The role of the ice cover in the formation of the East Siberian Shelf bottom sediments chemical composition

д.г.-м.н. А.С. Астахов, к.г.-м.н. К.И. Аксентов, д.г.н. В.В. Плотников /  
A.S. Astakhov, K.I. Aksentov, V.V. Plotnikov

При сопоставлении гидрометеорологических данных и химического состава осадков, накопившихся за период наблюдений, созданы трансферные функции для реконструкции продолжительности безледного периода на ряде станций Чукотского, Восточно-Сибирского и Лаптевых морей. Установлено, что, помимо ранее дискутировавшихся процессов, через которые ледяной покров влияет на химический состав донных осадков (первичная биопродуктивность и редокс условия придонных вод), имеются еще несколько, являющихся преимущественно локальными, проявляющимися на восточно-сибирском шельфе: изменение водного и твердого стока с суши; изменение скорости абразии берегов; изменение структуры течений и водообмена через Берингов пролив; изменение интенсивности и направленности ледового/айсбергового разноса осадочного вещества. Показано, что универсальными геохимическими индикаторами при качественной реконструкции ледовых условий могут быть несколько элементов Br, Ca, As, Fe, Ga (табл. 4.4.7). Полученные трансферные функции могут быть использованы для реконструкции ледовых условий голоцена шельфа восточно-арктических морей РФ. (Астахов А.С., Калугин И.А., Ши Сюефа, Аксентов К.И.,

Таблица 4.4.7. Вклад (%) химических элементов в формирование трансферных функций для реконструкции продолжительности безледного периода (тире – вклад элемента менее 1%) / *Contribution (%) of chemical elements to the formation of transfer functions for the reconstruction of the duration of the ice-free period (dash – the contribution of the element is less than 1%)*

Станции		Чукотское море					Восточно-Сибирское море			Море Лаптевых				
		14S03*	b16*	14R09*	14R07*	14R08*	LV77-3**	LV77-12	LV77-33	LV77-36	LV83-32	LV83-8	LV83-16	
Элементы														
Биогенные	Br/Rb	35.0	23.6	4.6	-	12.7	-	39.7	4.7	32.6	-	-	-	
	Sr/Rb	4.0	56.4	-2.2	12.6	-	-	-9.2	-6.2	-	61.4	25.0	12.0	
	Ca/Rb	-	-	4.4	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	
Редокс-чувствительные элементы	оксидных обстановок	As/Rb	3.9	-	8.5	-	-	46.2	-	-	-	-	-	-
		Fe/Rb	-	-	14.2	-	30.2	-	-	-	29.1	-	-	-
		Mn/Rb	-	-	-1.0	-	47.1	-	-	-	-	2.3	-	-
	аноксидных обстановок	Cr/Rb	-	-	2.3	-	-	-	-	-	-	-36.3	-	14.3
		Cu/Rb	-	9.1	-6.2	-	-	-	-4.4	-	-	-	-	-
		Ni/Rb	-	-	-7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		V/Rb	-	-	-7.4	-	-	-13.3	-6.5	1.6	-	-	14.3	-
		Zn/Rb	-5.2	-	5.5	1.5	-	-25.9	-	23.2	-	-	-	-
Литогенные	Ga/Rb	14.5	-	4.5	-	-	4.5	8.1	59.4	-	-	-	-57.1	
	K/Rb	-16.0	-10.9	13.1	-64.4	-	-	32.0	-	-1.2	-	-43.8	-	
	Nb/Rb	-	-	-9.4	-	-	-	-	-	-	-	16.8	9.6	
	Zr/Rb	-	-	-1.2	-	-	-3.4	-	-4.6	-	-	-	-	
	Ti/Rb	-20.4	-	5.2	21.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Y/Rb	-	-	-2.9	-	-	-6.6	-	-	-	-	-	6.3	

#### 4.4.8. Гидротермальный рудогенез Японского моря / *Hydrothermal ore genesis of the Sea of Japan*

к.г.-м.н. Н.В. Астахова / *N.V. Astakhova*

Впервые обобщены данные по распределению железомарганцевых, фосфоритовых и баритовых рудопроявлений в Японском море (Рис. 4.4.8) и визуализирована их приуроченность к тектонически активным участкам морского дна: подводным вулканам, тектоническим уступам или к зонам глубинных разломов. Установлено, что на многих подводных вулканах, активных в неогене, распространены как фосфориты, так и маломощные марганцевые и железокремнистые корки, а на юго-западной части возвышенности Северное Ямато – совместно фосфориты, бариты и железомарганцевые корки. Эти данные позволяют говорить о том, что источниками вещества во всех случаях являются поствулканические газо-гидротермальные флюиды или гидротермальные растворы, циркулирующие по зонам глубинных разломов во время деструкции континентальной коры в южных и восточных частях моря (Астахова Н.В. // *Геология и геофизика*. 2021. Т. 62, № 9. С. 1191–1203.).

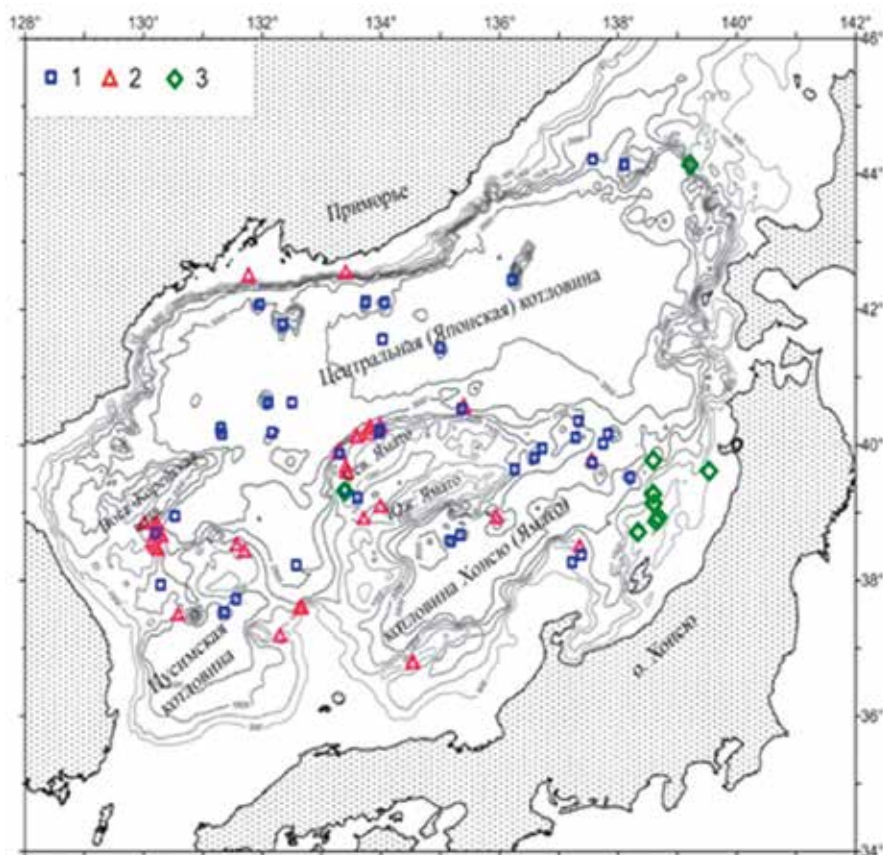


Рис. 4.4.8. Карта распространения железомарганцевых образований (1), фосфоритов (2) и баритов (3) в Японском море.

*Fig. 4.4.8. Map of the distribution of ferromanganese formations (1), phosphorites (2) and barites (3) in the Sea of Japan*

#### 4.4.9. Петрогеохимия и рудная минерализация серицит-кварцевых сланцев южного склона банки Кашеварова (Охотское море) / Petrogeochemistry and ore mineralization of sericite-quartz shales of the southern slope of the Kashevarov Bank (Sea of Okhotsk)

*к.г.-м.н. Н.В. Астахова, В.В. Иванов, к.г.-м.н. К.И. Аксентов /  
N.V. Astakhova, V.V. Ivanov, K.I. Aksentov*

Получены новые данные о наложенной рудной минерализации в мезозойских серицит-кварцевых сланцах южного склона банки Кашеварова Охотского моря. Изученные сланцы относятся к калиево-магнезиальному, высокожелезистому и высокоглиноземистому типу пород. В сланцах присутствуют многочисленные тонкие прожилки кварца, кварцевые линзы, пустотки, стенки которых выстланы щеточками кварца, иногда с микроглобулами марганца или корочками пирита, выделения Fe-Mn и Fe гидроксидов. Во всех образцах обнаружены мелкие включения Ti, Cr, Ni, Cu, Sn, Zn, Pb, W, Ba, РЗЭ в самородном виде или в виде оксидов, сульфидов, сульфатов, фосфатов или интерметаллических соединений (Рис. 4.4.9). На поверхности сланцев пятнисто развиты тонкие железомарганцевые образования с высоким содержанием никеля, черные корочки из марганцевых микроконкреций, пленки гидроксидов железа. Формирование кварцево-рудной минерализации произошло после развития трещиноватости в сланцах в результате тектонических движений. Учитывая кайнозойскую тектономагматическую активизацию в этом регионе, можно предположить, что возраст наложенной железомарганцевой минерализации в сланцах – постмиоценовый. (Астахова Н.В., Иванов В.В., Аксентов К.И. // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 5. С. 795–808.).



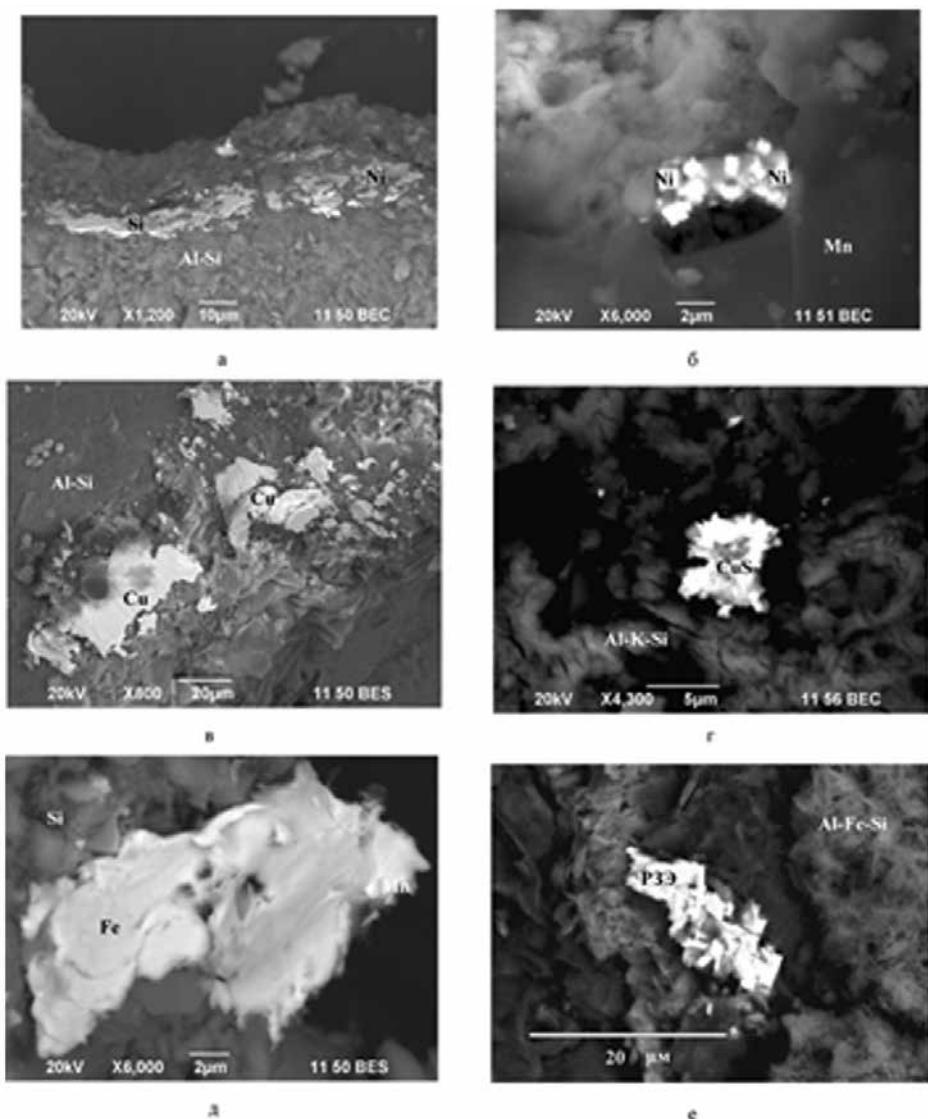


Рис. 4.4.9. Рудные зерна в сланцах банки Кашеварова. Вид в отраженных электронах: (а) – самородный никель в Al-Si матрице; (б) – самородный никель в Mn матрице; (в) – самородная медь в Al-Si матрице; (г) – сульфид меди в Al-K-Si матрице; (д) – самородное железо в кремнистой матрице; (е) – сrostки кристаллов монацита в Al-Fe-Si матрице.

*Fig. 4.4.9. Ore grains in shales of the Kashevarov Bank. View in reflected electrons: (a) native nickel in Al-Si matrix; (b) native nickel in Mn matrix; (c) native copper in Al-Si matrix; (d) copper sulfide in Al-K-Si matrix; (e) native iron in a silicon matrix; (f) intergrowths of monazite crystals in the Al-Fe-Si matrix*

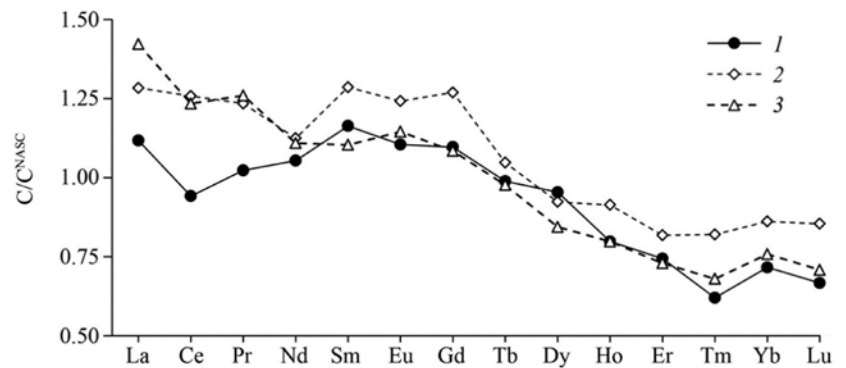
#### 4.4.10. Первые данные о распределении редкоземельных элементов в железомарганцевых образованиях моря Лаптевых / The first data on the distribution of rare earth elements in the ferromanganese formations of the Laptev Sea

к.г.-м.н. А.Н. Колесник, к.г.-м.н. О.Н. Колесник, д.г.-м.н. А.С. Астахов / A.N. Kolesnik, O.N. Kolesnik, A.S. Astakhov

Изучено распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в железомарганцевых образованиях (ЖМО) юго-восточной части моря Лаптевых. Рудное вещество представлено, главным образом, гидроксидами железа (лимонит) и определяет в ЖМО дефицит церия и отчасти обогащение средними РЗЭ (Рис. 4.4.10). Оно формировалось в ходе субокислительного диагенеза, усиленного процессами биотурбации. Заключение в ЖМО (алюмо)силикатное вещество генетически связано с донными осадками, повторяет их состав РЗЭ и, судя по всему, контролирует содержание скандия. Из-за высокой скорости образования гидроксидов, общее содержание РЗЭ в ЖМО ниже, чем в донных осадках. Результаты указывают на специфические условия формирования ЖМО на приустьевом шельфе реки Лена, при которых возможно формирование крупных осадочных тел высокожелезистых отложений. (Колесник О.Н., Колесник А.Н., Жэнь Сянвэнь, Карабцов А.А., Астахов А.С., Сюэфа Ши. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 497, № 1. С. 37–43.)

Рис. 4.4.10. Средний состав РЗЭ в ЖМО и донных осадках моря Лаптевых, нормализованный на сланец NASC. 1 – ЖМО; 2, 3 – донные осадки: 2 – вмещающие ЖМО, 3 – шельф в целом.

Fig. 4.4.10. Average REE composition in LMOs and bottom sediments of the Laptev Sea, normalized to NASC shale. 1 – LMO; 2, 3 – bottom sediments: 2 – enclosing LMOs, 3 – shelf as a whole



#### 4.4.11. Атлас диатомовых водорослей Дагинского грязевого вулкана (Восточный Сахалин) / Atlas of diatoms of the Darginsky Mud Volcano (Eastern Sakhalin)

д.г.-м.н. И.Б. Цой, Э.А. Емельянова / I.B. Tsoy, E.A. Emelyanova

Впервые представлен иллюстрированный каталог современных и вымерших диатомовых водорослей и силикофлагеллат из осадков Дагинского грязевого вулкана (ДГВ) (Рис. 4.4.11). Диатомовая флора состоит из 278 видов и разновидностей, принадлежащих 99 родам, которые относятся к разным экологическим группам. Обилие морских и солоноватоводных видов и присутствие морских планктонных силикофлагеллат указывает на преобладающее влияние лагунных вод на формирование осадков ДГВ. Систематическая часть Атласа включает таксономические ссылки и микрофотографии 170 таксонов диатомей и 3 таксона силикофлагеллат. Книга рассчитана на специалистов в области микропалеонтологии, гидробиологии, экологии, а также преподавателей, аспирантов и студентов в качестве определителя, справочника и учебного пособия (Цой И.Б., Емельянова Э.А. Атлас диатомовых водорослей Дагинского грязевого вулкана (Восточный Сахалин). Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2021. 220 с.).



Рис. 4.4.11. Местоположение изученных образцов из осадков Дагинского грязевого вулкана.

Fig. 4.4.11. Location of the studied samples from the sediments of the Darginsky mud volcano

---

**Тема: «Изучение аномальных геофизических полей как основы для исследования структуры, физических характеристик, геодинамики глубинных геосфер и прогнозирования сейсмогенных процессов в зоне дальневосточных морей и северо-западном секторе Тихого океана / The anomalous geophysical fields as a basis for studying the structure, physical characteristics, geodynamics of deep geospheres and predicting seismogenic processes in the zone of the Far Eastern seas and the northwestern sector of the Pacific Ocean»**

***Научный руководитель д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич /  
Scientific supervisor Dr. Sci. R.G. Kulinich***

**5.1. Влияние гидродинамики на приливные вариации силы тяжести в зоне перехода от континента к Японскому морю / Effect of hydrodynamics on tidal gravity variations in the transition zone from the continent to the Sea of Japan**

*к.г.-м.н. З.Н. Прошкина, к.г.-м.н. М.Г. Валитов, Т.Н. Колпашникова /  
Z.N. Proshkina, M.G. Valitov, T.N. Kolpashchikova*

Выполнена оценка вклада морских приливов в приливные вариации силы тяжести в зоне перехода от континента к Японскому морю на основе совместного анализа данных, полученных на стационарном гравиметрическом пункте «мыс Шульца» и данных наблюдений уровня моря Регионального центра предупреждения цунами Геофизической службы РАН, выполненных на акватории залива Петра Великого (Японское море). Рассчитана локальная модель воздействия морского прилива на литосферу в изучаемом районе. Выявлены расхождения локальной и глобальной моделей земного прилива. Сделан вывод о возможном присутствии в гравитационном поле региона неизученных эффектов, связанных с глубинными реологическими особенностями и существованием жидкой астеносферы в зоне перехода «континент-океан». С учетом данного фактора требуется пересмотр локальной модели твердой Земли. Выполненные исследования являются единственными на Дальнем Востоке. Полученные результаты имеют существенное значение для решения задач приливной геодинамики в сейсмоактивном регионе. (*Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Колпашникова Т.Н., Наумов С.Б // Физика Земли. 2021. № 1. С. 109–121.*)

**5.2 Структурно-плотностная неоднородность и гравитационные напряжения в земной коре Центральных Курил / Structural and density inhomogeneity and gravitational stresses in the Earth's crust of the Central Kuriles**

*д.ф.-м.н. Е.Б. Осипова / E.B. Osipova*

Продолжено механико-математическое моделирование напряжений в земной коре Центральных Курил, обусловленных её структурно-плотностной неоднородностью. Предполагается, что возникающее в этих условиях поле напряжений может быть дополнительным источником землетрясений в общей сумме геодинамических процессов. В связи с этим основное внимание уделено району Симуширского землетрясения, произошедшего здесь в 2006 г. Показано, что структурно-плотностная неоднородность коры определяет возникновение участков гравитационной неустойчивости и зон-«концентраторов» интенсивности напряжений, приуроченных к тектоническим границам блоков с разной плотностью. Показано общее увеличение напряжений в земной коре по мере приближения к зоне конвергенции Тихоокеанской и Евразийской литосферных плит в пределах

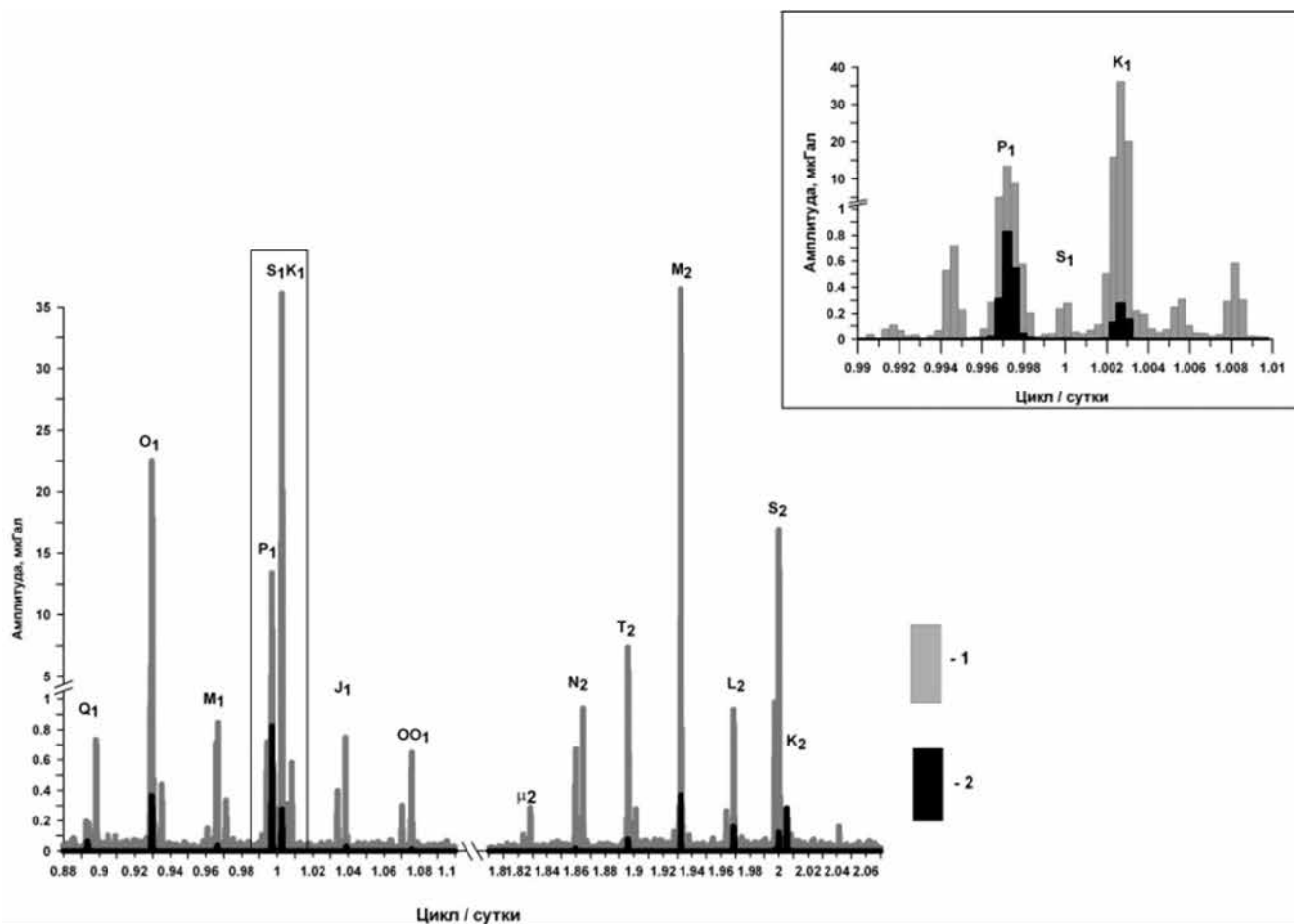


Рис. 5.1. Спектр наблюдаемых лунно-солнечных приливных вариаций силы тяжести, совмещенный со спектром приливной реакции гидросферы, рассчитанной на основе равномерных наблюдений. 1 – спектр наблюдаемых вариаций силы тяжести; 2 – спектр приливных вариаций гидросферы, рассчитанных с использованием равномерных наблюдений. На врезке показано распределение солнечных приливных волн суточного цикла. Как видно, вклад приливной реакции гидросферы здесь больше, чем вклад в лунно-солнечные вариации.

Fig. 5.1. The spectrum of observed lunar-solar tidal variations in gravity combined with the spectrum of the tidal response of the hydrosphere calculated using level gauge observations. 1 – spectrum of observed variations in gravity; 2 – spectrum of tidal variations in the hydrosphere calculated using sea level measurements. The inset shows the distribution of solar tidal waves of the diurnal cycle. We can see that the contribution of the tidal response of the hydrosphere here is greater than the contribution of the lunar-solar variations

Курило-Камчатского желоба. Полученные результаты могут быть использованы в сейсмологии при изучении механизма возникновения сейсмогенных процессов. (Осипова Е.Б. // Физическая мезомеханика. 2021. Т. 24, № 6. С. 105–115.).

### 5.3. Особенности геоэлектрического разреза прибрежной области Чукотского моря вблизи обсерватории «мыс Шмидта» / Features of the geoelectric cross-section of the coastal region of the Chukchi Sea near the observatory «Cape Schmidt»

C.C. Старжинский / S.S. Starzhinskii

Выполнена 3D инверсия магнитовариационных параметров, рассчитанных по данным обсерватории «Мыс Шмидта», в результате чего получены первые сведения о глубинном геоэлектрическом разрезе на побережье Восточной Арктики. В пределах земной коры и верхней мантии

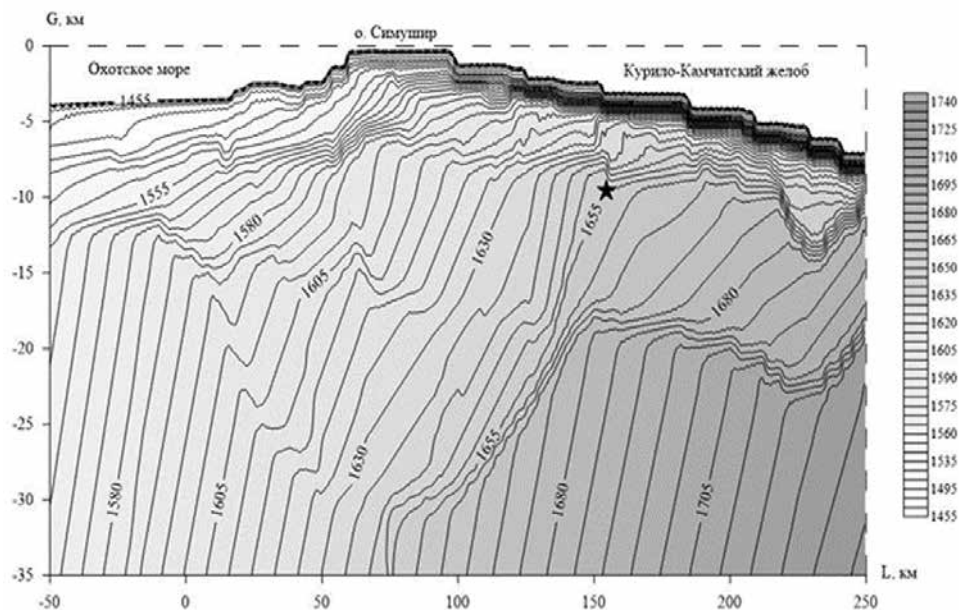


Рис. 5. 2. Поле интенсивности напряжений (ГПа) в земной коре по профилю Охотское море – о. Симушир – Курило-Камчатский желоб. Звездочкой обозначен гипоцентр Симуширского землетрясения 2006 г.

Fig.5.2. Stress intensity field (GPa) in the Earth's crust along the profile Okhotsk Sea – Simushir Island – Kurilo-Kamchatka trench. The asterisk indicates the hypocenter of the 2006 Simushir earthquake

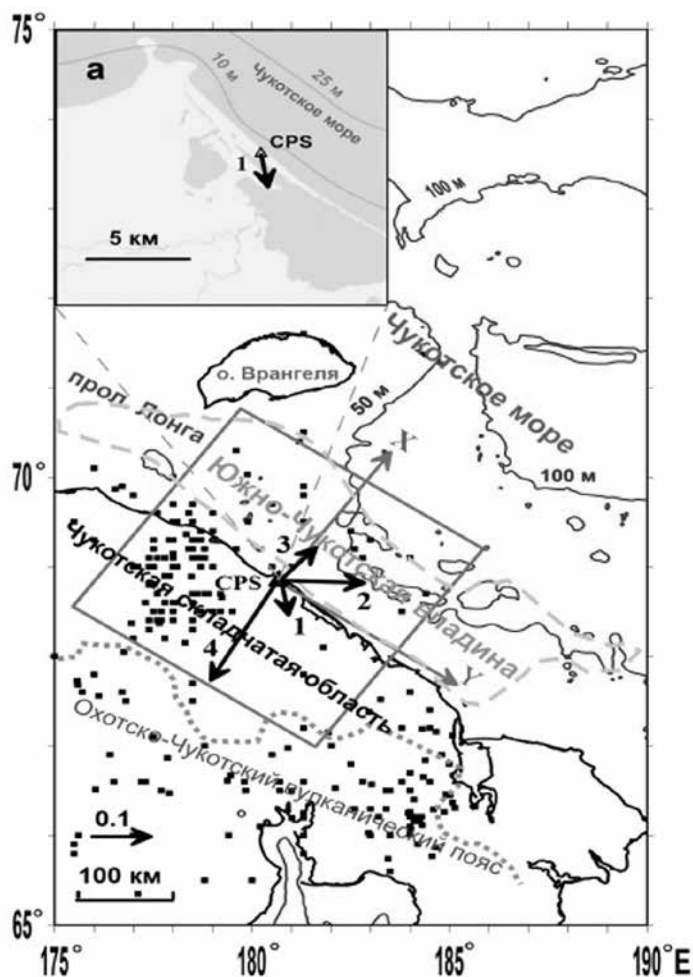


Рис. 5.3. Расположение района исследования и реальных индукционных стрелок на периодах 1 – 9.5 сек, 2 – 60 сек, 3 – 238 сек, 4 – 2388 сек на местности. Треугольником обозначен пункт наблюдения CPS – обсерватория «Мыс Шмидта». Чёрными кубиками обозначены эпицентры землетрясений. На врезке а, представлена конфигурация береговой черты, а также указана ориентировка реальной индукционной стрелки на периоде 9.5 сек.

Fig. 5.3. Location of the study area and real induction arrows at periods of 1 – 9.5 sec, 2 – 60 sec, 3 – 238 sec, 4 – 2388 sec on the ground. The triangle indicates the observation point of the CPS – the observatory “Cape Schmidt”. Earthquake epicenters are marked with black cubes. Inset a shows the configuration of the coastline, and also shows the orientation of the real induction arrow at a period of 9.5 sec.

прибрежной зоны Чукотского моря и прилегающего континента установлены проводящие геоэлектрические неоднородности. В частности, под континентом, на глубинах 50–120 км, выявлен четко выраженный проводящий верхнемантийный блок. В районе этого блока располагаются эпицентры слабых коровых землетрясений. Природа этого геоэлектрического объекта пока не ясна. Можно предположить, что его возникновение обусловлено существованием минерализованных газоводяных флюидов, заполнивших ослабленные пористые зоны в мантии и коре указанного района, либо магматическими флюидами, внедрившимися по трещинам в верхние горизонты мантии в прошлые геологические эпохи. Полученная информация может быть использована при изучении источников и причин возникновения землетрясений. (Старжинский С.С., Йошикава А., Хомутов С.Ю. // Геология и геофизика. 2021. С. 31–40.).

#### 5.4. Изменение амплитудных показателей в приливных вариациях силы тяжести в период подготовки близких землетрясений / Changes in Amplitude Parameters in Tidal Gravity Variations during the Preparatory Period of Nearby Earthquakes

к.г.-м.н. М.Г. Валитов, к.г.-м.н. З.Н. Прошкина / M.G. Valitov, Z.N. Proshkina

Выполнено исследование неприливных изменений силы тяжести, вызванные перераспределением масс в литосфере при подготовке будущего сейсмического события. Источником информации послужили долговременные и непрерывные записи показаний приливного гравиметра gPhone на стационарном гравиметрическом пункте (СГП) «мыс Шульца» (побережье зал. Петра Великого, Японское море). Для анализа разработана методика расчета приливных параметров в скользящем окне, показавшая свою эффективность в отношении главной лунной приливной волны O1. В результате обнаружено, что в период подготовки близких землетрясений в указанной приливной волне происходит снижение амплитудного параметра ( $\delta$ -фактора) (Рис. 5.4). Выявленный эффект требует

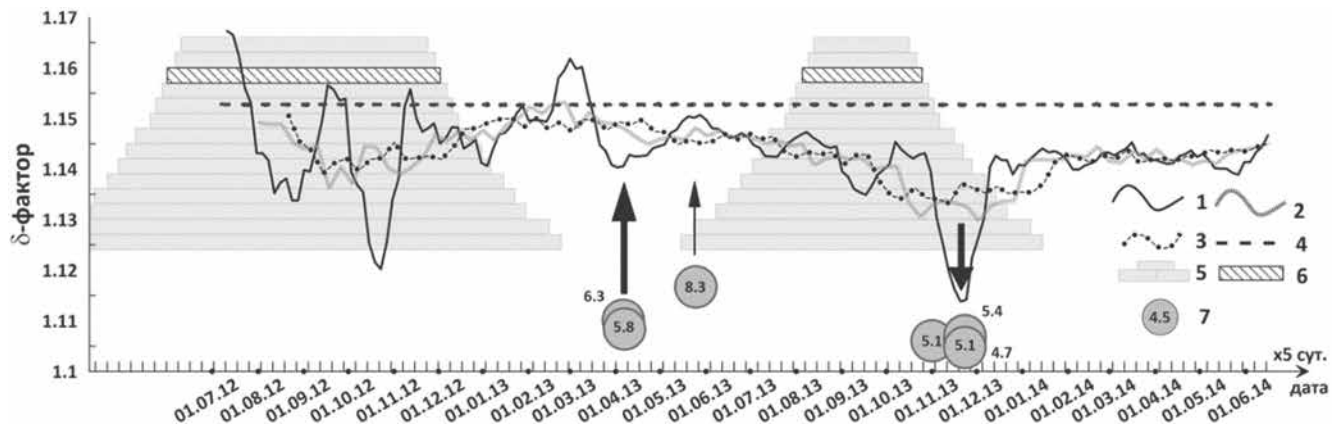


Рис. 5.4. Расчет амплитудного параметра ( $\delta$ -фактора) в скользящем окне для главной лунной приливной волны O1 (период с 2012 по 2014 г.). 1–3 – наблюдаемый  $\delta$ -фактор для ширины окна 38 сут (1), 80 сут (2) и 120 сут (3); 4 –  $\delta$ -фактор для твердой Земли по модели PREM; 5–6 – области возможного влияния интерполированных участков записи, связанных с технического простоем гравиметра, для ширины расчетного окна от 30 до 120 сут (5) и для ширины расчетного окна 38 сут (6); 7 – близкие к месту расположения СГП землетрясения с указанием магнитуды. Жирной черной стрелкой отмечены моменты ближайших землетрясений, тонкой черной стрелкой – момент удаленного землетрясения.

Fig. 5.4. Calculation of the amplitude parameter ( $\delta$ -factor) in the sliding window for the main lunar tidal wave O1 (period from 2012 to 2014). 1–3 – observed  $\delta$ -factor for a window width of 38 days (1), 80 days (2), and 120 days (3); 4 –  $\delta$ -factor for the solid Earth according to the PREM model; 5–6 – areas of possible influence of the interpolated sections of the record, associated with the technical downtime of the gravimeter, for the width of the computational window from 30 to 120 days (5) and for the width of the computational window of 38 days (6); 7 – earthquakes close to the SGS with an indication of the magnitude. The thick black arrow marks the moments of the nearest earthquakes, the thin black arrow marks the moment of the distant earthquake

дальнейшего изучения, как один из возможных предвестников землетрясений. (Валитов М.Г., Прошкина З.Н. // *Геосистемы переходных зон*. 2021. Т. 5, № 3. С. 223–228.).

### 5.5. Отражение магматизма и тектоники в геофизических полях Юго-Западного Приморья / Reflection of magmatism and tectonics in the geophysical fields of the South-Western Primorye

С.Н. Кононец, к.г.-м.н. М.Г. Валитов, Т.А. Харченко /  
S.N. Kanonets, M.G. Valitov, T.A. Kharchenko

Выполнен совместный анализ, и геологическая интерпретация аномальных геофизических полей (гравитационного, магнитного и радиоактивного) в прибрежной зоне залива Петра Великого в Юго-Западном Приморье (Рис. 5.5). Определены глубинные «корни» и границы гранитоидных батолитов юрского возраста, выходящих на поверхность в виде локальных массивов (Краскинский и Гамовский). Оконтурированы площади распространения кайнозойского магматизма. Выделена зона повышенных значений радиоактивного поля, связанная с внедрением магматических тел с повышенным содержанием калия. Уточнена сеть тектонических разломов различной глубинности и протяженности. Сделано предположение о существовании в исследованном районе долгоживущей флюидопроницаемой зоны, контролирующей магматические процессы. Полученные результаты могут быть использованы в оценке рудоносности этого района и при анализе механизмов формирования современного облика северо-западного геологического обрамления Японского моря. (Кононец С.Н, Валитов М.Г, Харченко Т.А. // *Тихоокеанская геология*. 2021. Т. 40, № 5, С. 44–58.).

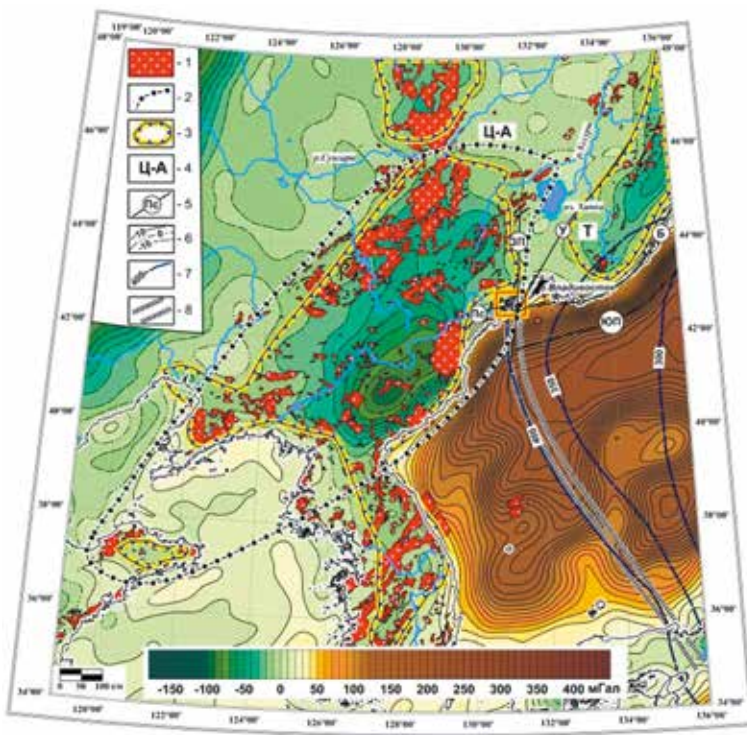


Рис. 5.5. Карта результатов интерпретации геофизических полей в зоне перехода «Северо-запад Японского моря – континент». 1 – контуры мезозойских интрузий; 2 – граница распространения Восточно-Китайского раннемезозойского вулканоплутонического пояса; 3 – участки пониженной плотности геологических объектов; 4 – складчатые системы: Ц-А – Центрально-Азиатская, Т – Тихоокеанская; 5 – разрывные нарушения: ЮП – Южно-Приморский, Пс – Посыетский, Б – Береговой, ЗП – Западно-Приморский, У – Уссурийский; 6 – изоаномалы поля силы тяжести; 7 – изоглубины гипоцентров землетрясений картирующих Япономорскую сейсмофокальную зону, км; 8 – положение сейсмолинеамента Западный Нампо – Хасан.

Fig. 5.5. Map of the results of interpretation of geophysical fields in the transition zone "Northwest Japan Sea – continent". 1 – boundaries of Mesozoic intrusions; 2 – boundary of the East China Early Mesozoic volcano-plutonic Belt; 3 – areas of lower density of geological objects; 4 – folded systems: C-A – Central Asian, T – Pacific Ocean; 5 – Faults: SP – South Primorsky, Ps – Posietsky, B – Coastal, WP – West Primorsky, U – Ussuriysky; 6 – isoanomalys of gravity field; 7 – isolines of earthquake hypocenters depth mapping the Japan Seismic Focal Zone, km; 8 – location of seismic lineament West Nampo – Khasan

**5.6. Космогеологическая индикация морфоструктурных элементов побережий и дна прилегающих акваторий (зал. Петра Великого, Японское море) / Space-geological indication of morphostructural elements of coasts and bottoms of adjacent water areas (Peter the Great Bay, Sea of Japan)**

*к.г.н. А.А. Гаврилов / A.A. Gavrilov*

Выполнено геолого-геоморфологическое дешифрирование космических снимков в пределах зоны перехода континент–Японское море в Южном Приморье (Рис. 5.6). Выявлены многочисленные группы и линейные (приразломные) ряды миоцен-плиоценовых вулканических построек и зон крупных разрывных нарушений, которые протягиваются через материковый склон от шельфа до Центральной котловины. Сочетание линейных систем небольших моногенных построек и трещинных излияний базальтов отражает рассеянный характер вулканизма в Центральной котловине, возникающий при неглубоком расположении выступов астеносферы или мантийных диапиров. Сделан вывод, что формирование и относительно быстрое опускание котловины связано с активной дефлюидизацией мантии, масштабным базальтовым вулканизмом и инъекциями глубинного базитового и ультрабазитового материала, который замещал менее плотные породы земной коры континентального типа. (Гаврилов А.А. // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 4. С. 633–648.).

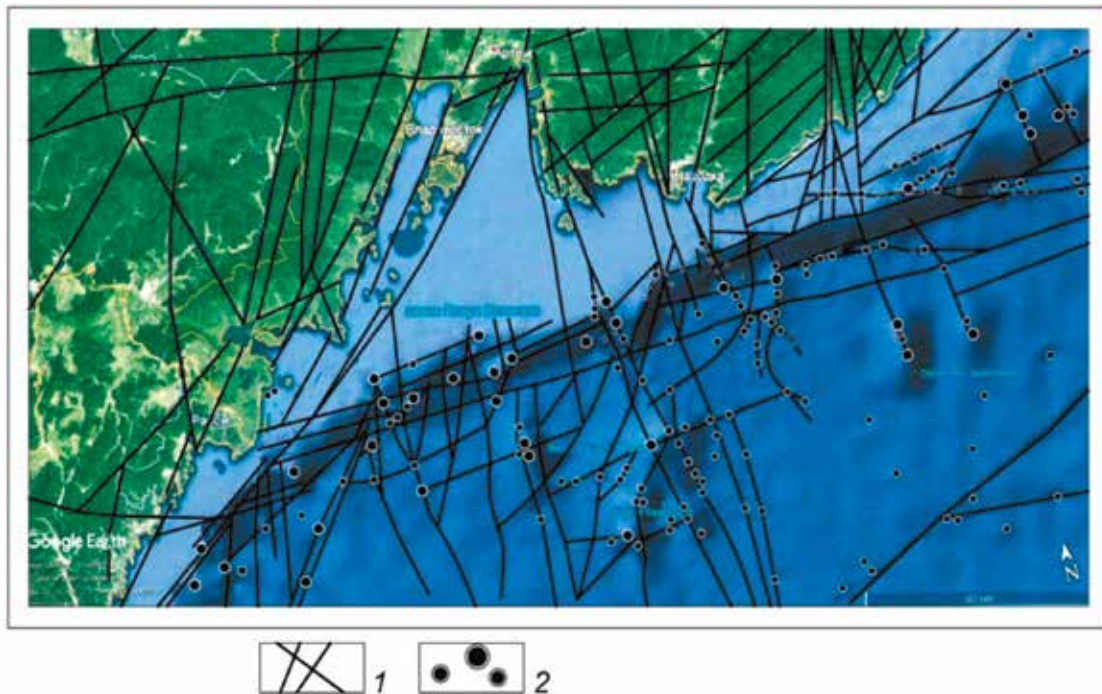


Рис. 5.6. Схема дешифрирования космического снимка дна северо-западного сектора Японского моря и прилегающей суши (Google Earth). 1 – линейменты, идентифицированные как зоны разломов; 2 – кольцевые формы рельефа дна разного размера, отождествляемые с миоцен-плиоценовыми вулканическими структурами.

*Fig. 5.6. Schematic map of the satellite image interpretation of the northwestern sector of the Sea of Japan and adjacent land (Google Earth). 1 – lineaments identified as fault zones; 2 – ring bottom topography of different sizes, identified with Miocene-Pliocene volcanic structures*



Тема «Исследования климатических, геологических, биогеохимических и экологических последствий деградации реликтовой прибрежно-шельфовой криолитозоны морей Северной Евразии / Climatic, geological, biogeochemical and ecological consequences of degradation of the relic coastal-shelf permafrost zone of the seas of Northern Eurasia»

Научные руководители: чл.-корр. РАН И.П. Семилетов, д.г.-м.н. О.В. Дударев  
Scientific supervisors: corr. member RAS I.P. Semiletov, Dr.of Sci. O.V. Dudarev

6.1. Динамика  $\text{CO}_2$  в поверхностных водах Анадырского залива в сезон открытой воды / Surface  $\text{CO}_2$  system dynamics in the Gulf of Anadyr during the open water season

к.г.н. И.И. Пипко, к.г.н. С.П. Пугач, д.г.н. И.П. Семилетов, д.г.-м.н. О.В. Дударев /  
I.I. Pipko, S.P. Pugach, I.P. Semiletov, O.V. Dudarev

Исследованы пространственные вариации параметров карбонатной системы и связанных с ними потоков  $\text{CO}_2$  в системе океан-атмосфера, в водах Анадырского залива. Установлено, что поверхностные воды интенсивно поглощали атмосферный  $\text{CO}_2$  в течение теплого сезона: средние величины потока  $\text{CO}_2$  в морскую воду в безледные периоды 1992, 2002 и 2011 гг. составили 31, 15 и 30 ммоль  $\text{CO}_2$  м<sup>-2</sup> сутки<sup>-1</sup> соответственно. Поглощение  $\text{CO}_2$  водами залива в раннелетний сезон связано с интенсивным цветением фитопланктона, а высокие скорости абсорбции  $\text{CO}_2$  в осенний сезон определялись сильными ветрами и повышенной сезонной первичной продукцией. Показано,

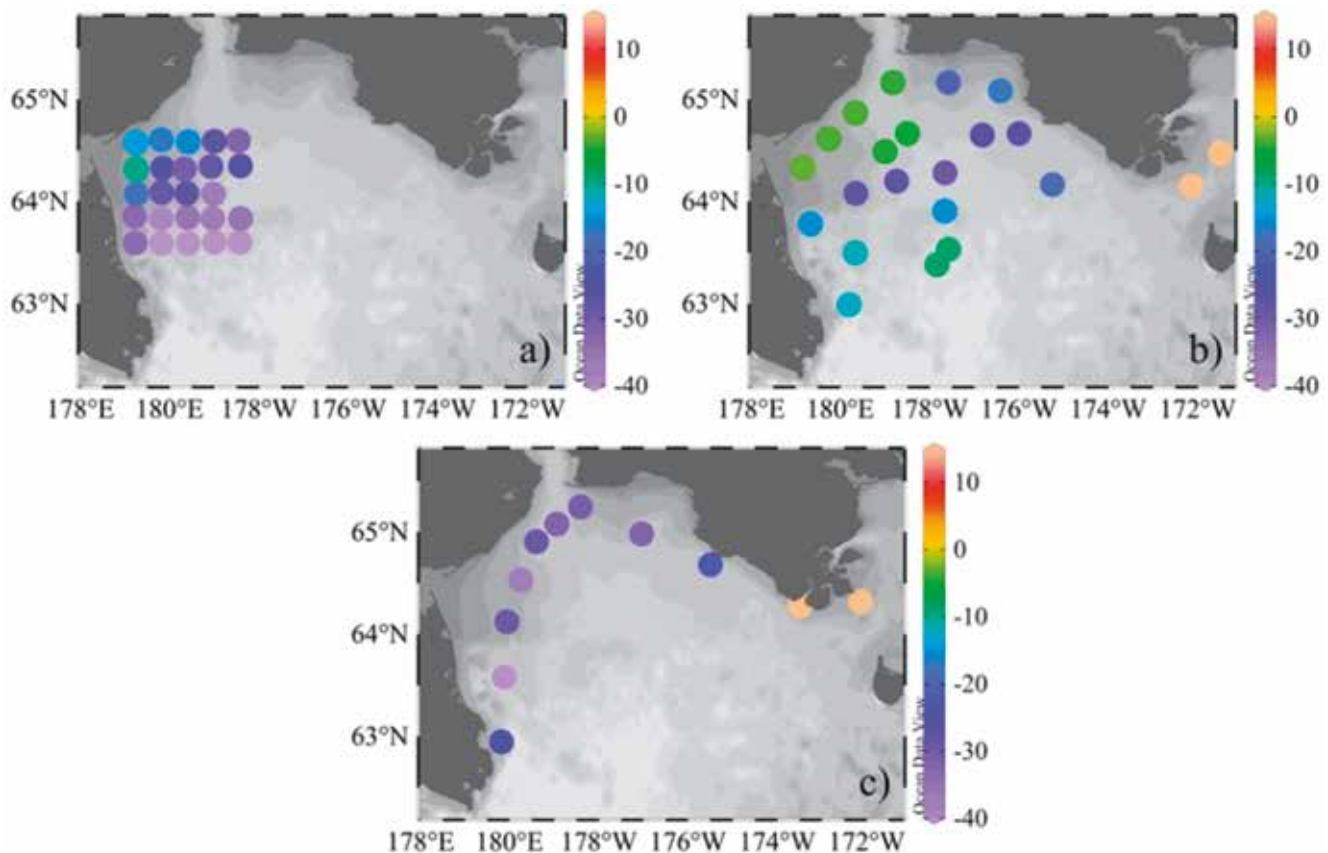


Рис. 6.1. Средние величины потока  $\text{CO}_2$  в морскую воду в безледные периоды 1992 (а), 2002 (б) и 2011 (в) гг.

Fig. 6.1. Average values of  $\text{CO}_2$  flux into sea water during ice-free periods in 1992 (a), 2002 (b) and 2011 (c)

---

что поверхностные воды залива в исследуемый период были пересыщены арагонитом, наиболее растворимой формой карбоната кальция. Единственной зоной, где поток  $\text{CO}_2$  был направлен в атмосферу, а поверхностные воды были квазиравновесны по отношению к арагониту, был Анадырский пролив – район высокой гидродинамической активности. Обнаружено, что в конце осеннего сезона Анадырское течение экспортирует через западную часть Анадырского пролива в бассейн Чирикова хорошо перемешанную, относительно холодную, соленую, богатую питательными веществами и  $\text{CO}_2$  воду. (Pipko I.I., Pugach S.P., Luchin V.A., Francis O.P., Savelieva N.I., Charkin A.N., Dudarev O.V., Semiletov I.P. // *Continental Shelf Research*. 2021. V. 217. Art.no. 104371.).

### **6.2. О динамике растворенного углерода в главном русле реки Лены в июле 2017 г. / On the dynamics of dissolved carbon in the main channel of the Lena River in July 2017**

*к.г.н. И.И. Пипко, к.г.н. С.П. Пугач и др. / I.I. Pipko, S.P. Pugach et al.*

Исследована динамика форм растворенного углерода в водах главного русла р. Лены от среднего течения (г. Якутск) до придельтовой зоны моря Лаптевых в июле 2017 г. Показано, что в летний период речные воды являлись поставщиком  $\text{CO}_2$  в атмосферу и на арктический шельф; интенсивность поступления  $\text{CO}_2$  в атмосферу изменялась от 0.8 до 137.9 ммоль м<sup>-2</sup> сутки<sup>-1</sup> при среднем значении 31.3 ммоль м<sup>-2</sup> сутки<sup>-1</sup>. Наибольшая пространственная изменчивость гидрохимических и гидрооптических характеристик наблюдалась в области среднего течения реки, что определялось вариациями расхода воды, а также влиянием притоков. Обнаруженные различия средних величин изучаемых параметров, рассчитанных на двух участках реки, сформировались на фоне высокого дождевого паводка в среднем течении и межennaleго характера стока – в нижнем. Анализ качественного состава растворенного органического вещества (РОВ), выполненный на основе его оптических характеристик, показал присутствие более лабильного РОВ в среднем течении реки по сравнению с нижним. Установлена связь оптических характеристик и состава РОВ с концентрациями растворенного  $\text{CO}_2$  в главном русле р. Лены. Показано, что оптические параметры вод являются полезным инструментом для понимания динамики и качества речного РОВ, а также его взаимосвязи с потоками  $\text{CO}_2$  в арктических реках. (Пипко И.И., Пугач С.П., Мусеева Ю.А. и др. // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т. 500, № 2. С. 208–215.).

### **6.3. Структура и изменчивость плюма реки Лена в юго-восточной части моря Лаптевых / Structure and variability of the plume of the Lena River in the southeastern part of the Laptev Sea**

*Э.А. Спивак, д.г.н. И.П. Семилетов / E.A. Spivak, I.P. Semiletov*

Исследована структура и сезонной изменчивости наиболее опресненной части плюма р. Лены в юго-восточной части моря Лаптевых, а именно, в акватории, прилегающей к восточной части дельты Лены, и в губе Буор-Хая. На основе натуральных гидрологических данных показано, что в течение летнего периода происходит аккумуляция пресноводного стока р. Лены в губе Буор-Хая. В осенний период пониженная соленость в этом полуизолированном и мелководном заливе сохраняется значительно дольше, чем в области, непосредственно прилегающей к восточной части дельты р. Лены, что нетипично для плюмов крупных рек. Таким образом, губа Буор-Хая служит резервуаром пресноводного стока в течение длительного осенне-зимнего периода. Более того, этот залив служит вторичным источником опресненных и теплых вод в юго-восточной части моря Лаптевых, сравнимым по объему со стоком р. Лены в период осенне-зимней межени. (Спивак Э.А., Осадчиев А.А., Семилетов И.П. // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 6. С. 887–899.).

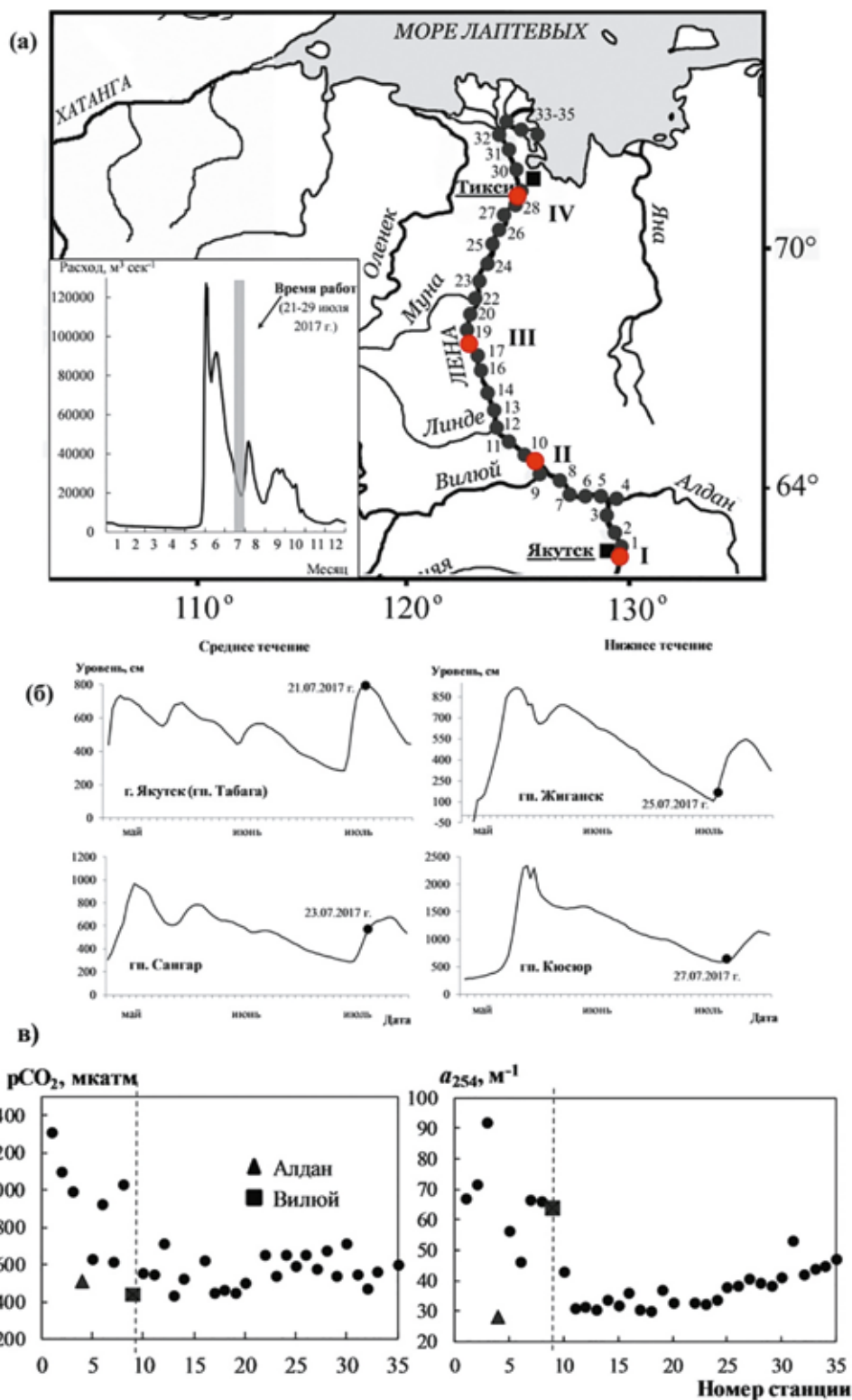


Рис. 6.2. Карта района исследований, положение комплексных станций и гидропостов (отмечены красным цветом), гидрограф реки в 2017 г. (гп Кюсюр) (а), уровень воды на различных гидропостах в главном русле р. Лены (б), распределение парциального давления  $\text{CO}_2$  и коэффициента абсорбции (в) в поверхностных водах р. Лены. Граница между средним и нижним течениями показана пунктирной линией.

Fig. 6.2. Map of the study area, position of the complex stations and gauging stations (labeled in red on the map), river hydrograph in 2017; (b) water level at the different gauging stations in the mainstem of the Lena River; (c) distribution of partial pressure of  $\text{CO}_2$  and absorption coefficient in the surface waters of the Lena River. The boundary between the middle and lower reaches is shown by the dashed line

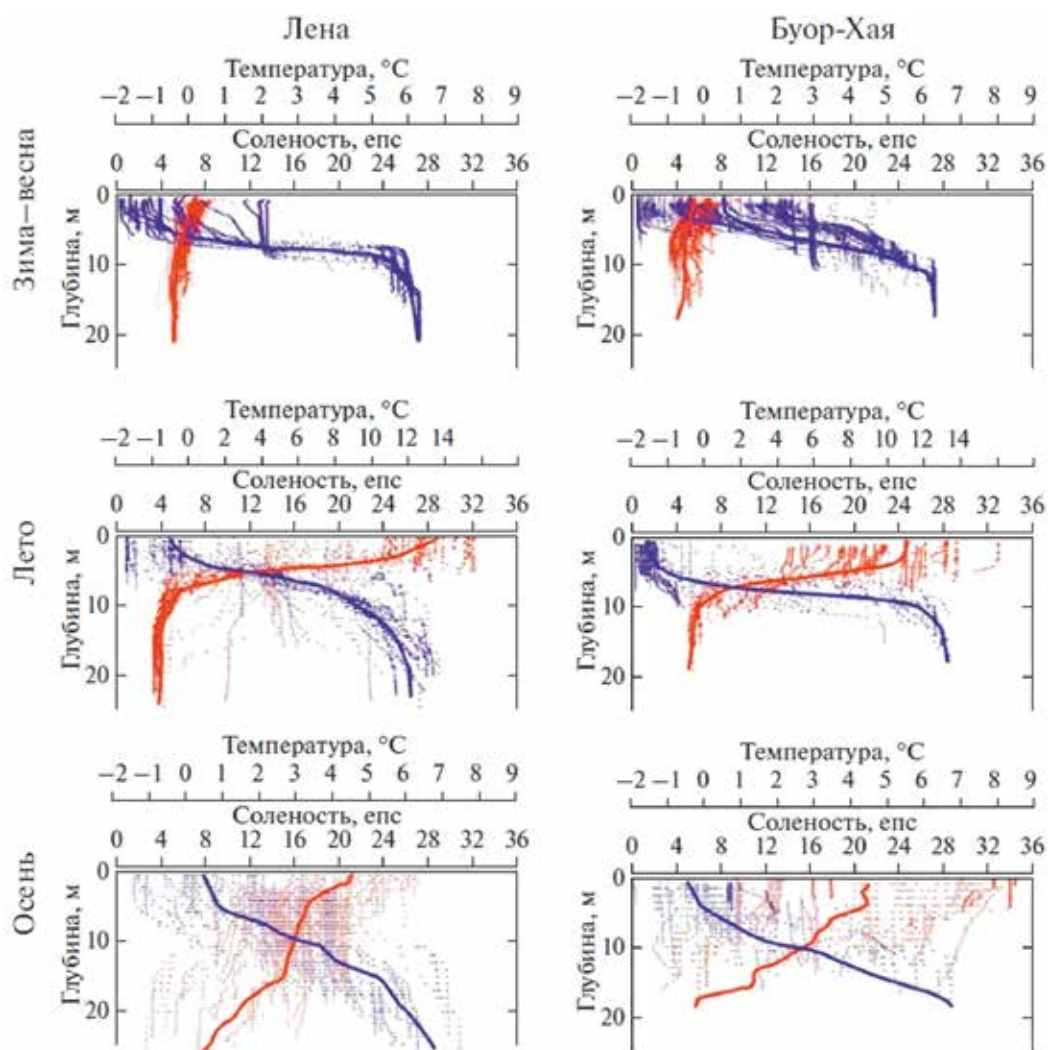


Рис. 6.3. Характерные вертикальные профили температуры (красные линии) и солёности (синие линии) в придельтовой области реки Лены и в губе Буор-Хая в различные сезоны года.

Fig. 6.3. Characteristic vertical profiles of temperature (red lines) and salinity (blue lines) in the near-delta area of the Lena River and in Buor-Khaya Bay in different seasons of the year

#### 6.4. Термические свойства донных отложений восточно-сибирских арктических морей на примере бухты Буор-Хая / Thermal properties of sediments in the East Siberian Arctic Seas: a case study in the Buor-Khaya Bay

д.г.-м.н. О.В. Дударев, д.г.н. И.П. Семилетов / O.V. Dudarev, I.P. Semiletov

Согласно натурным определениям, физическое состояние верхнего 0,5 м горизонта донных осадков на шельфе морей Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского – преимущественно незамерзшее криотическое (без льда) при температуре от  $-1,0^{\circ}$  до  $-1,4^{\circ}\text{C}$ . Значения теплопроводности колебались в диапазоне  $1,7\text{--}2,0$  Вт/(м·К) в безльדיстых песках с влажностью  $\sim 20\%$  и плотностью  $2,0\text{--}2,2$  г/см<sup>3</sup>. Средние для арктического шельфа величины теплопроводности и теплоемкости донных осадков оценены соответственно в  $0,95$  Вт/(м·К) и  $3010$  кДж/(м<sup>3</sup>·К). Мерзлые (льдосодержащие) донные осадки характеризовались повышенной теплопроводностью до  $2,5\text{--}3,0$  Вт/(м·К) при плотности  $1,9\text{--}2,0$  г/см<sup>3</sup> и влажности более  $25\text{--}30\%$ . Высокая теплопроводность объяснялась слабой засоленностью  $0,1\text{--}0,2\%$ , высокой льдистостью и умеренной талостью. Данные выводы валидированы результатами бурения во время экспедиций ТОИ ДВО РАН на подводном береговом

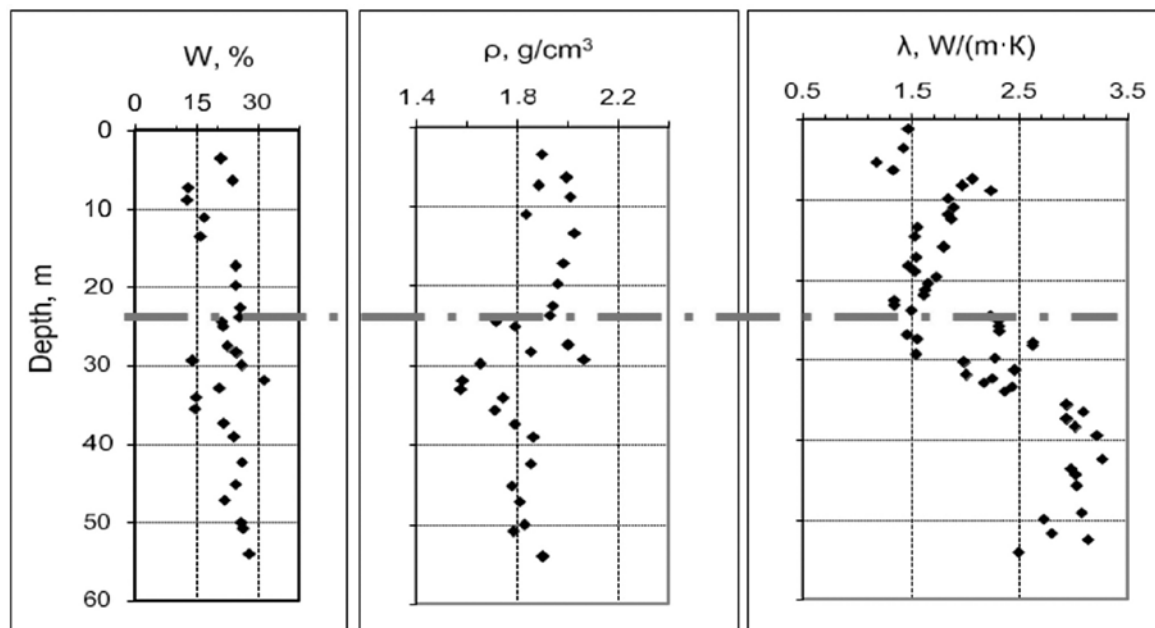


Рис. 6.4. Вертикальная изменчивость влажности ( $W$ , %), плотности ( $\rho$ , г/см<sup>3</sup>) и теплопроводности ( $\lambda$ , Вт/(м·К)) в керне донных отложений скважины 4D-12. Пунктир разделяет незамерзшие криотические (вверху) и льдистые мерзлые (внизу) отложения.

Fig. 6.4. Vertical variability of humidity ( $W$ , %), density ( $\rho$ , g/cm<sup>3</sup>) and thermal conductivity ( $\lambda$ , W/(m·K)) in the bottom sediment core of well 4D-12. The dotted line separates unfrozen cryotic (top) and icy frozen (bottom) deposits

Тема «Эколого-биогеохимические процессы в морских экосистемах: роль природных и антропогенных факторов / Ecological and biogeochemical processes in marine ecosystems: the role of natural and anthropogenic factors»

Научный руководитель д.б.н. В.П. Челомин /  
Scientific supervisor Dr. Sci. V.P. Chelomin

7.1. Ацидификация и деоксигенация вод северо-западной части Японского моря /  
Acidification and Deoxygenation of the Northwestern Japan/East Sea

д.х.н. П.Я. Тищенко, С.Г. Сагалаев, к.г.н. П.П. Тищенко и др. /  
P. Ya. Tishchenko, S.G. Sagalaev, P.P. Tishchenko et al.

Установлено уменьшение концентраций кислорода и pH, увеличение концентраций биогенных веществ (нитратов, фосфатов, силикатов), нормированного неорганического углерода и парциального давления углекислого газа по всей водной толще в северо-западной части Японского моря в период с 1999 по 2014 г. Наибольшие скорости изменений гидрохимических свойств соответствуют горизонтам 750 м. Деоксигенация и ацидификация затрагивает не только открытую часть Японского моря, но и залив Петра Великого. Основной причиной наблюдаемых изменений является эвтрофикация вод Японского моря и его шельфа, обусловленная глобальным загрязнением атмосферы окислами азота и фосфора. (Tishchenko P., Lobanov V., Kaplunenko D., Sagalaev S., Tishchenko P. // J. Mar. Sci. Eng. 2021. 9. P. 953.).

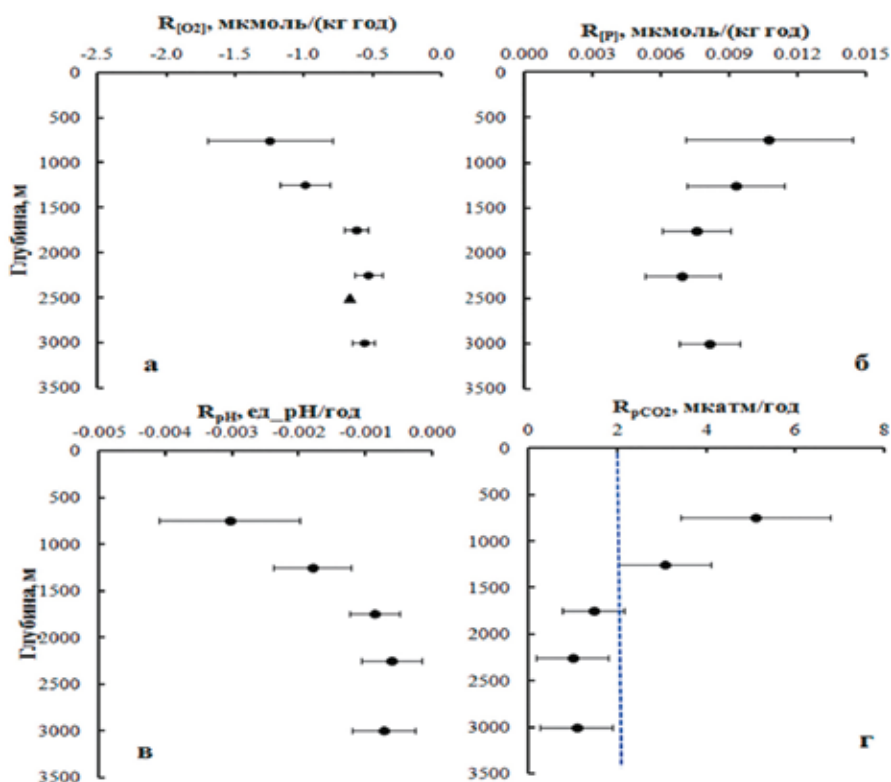


Рис. 7.1. Вертикальные профили скоростей уменьшения кислорода (а), pH (в), увеличения концентрации фосфатов (б) и парциального давления углекислого газа (г) в Японском море. Пунктирная линия соответствует скорости увеличения парциального давления углекислого газа в атмосфере.

Fig. 7.1. Vertical profiles of the rates of oxygen decrease (a), pH (c), increase in phosphate concentration (b) and carbon dioxide partial pressure (d) in the Sea of Japan. The dotted line corresponds to the rate of increase in the partial pressure of carbon dioxide in the atmosphere

## 7.2. Генотоксические свойства микрочастиц полистирола при кратковременном воздействии на гаметы морского ежа *Scaphechinus mirabilis* / Genotoxic properties of polystyrene microparticles during short-term exposure to gametes of the sea urchin *Scaphechinus mirabilis*

А. Мазур, д.б.н. В.П. Челомин, С.П. Кукла, к.б.н. В.В. Слободскова, к.б.н. Н.В. Довженко /  
A. Mazur, V.P. Chelomin, S.P. Kukla, V.V. Slobodskova., N.V. Dovzhenko

Проведены кратковременные (острые) эксперименты по воздействию микросфер полистирола (30 мкм) на целостность генома (ДНК) гамет плоского морского ежа *Scaphechinus mirabilis* с помощью метода ДНК-комет. Выявлено и количественно охарактеризовано повреждение генома в гаметах после кратковременного воздействия микрочастиц полистирола (PS). Впервые показано, что микросферы полистирола в концентрациях  $10^4$ ,  $10^5$  и  $10^6$  частиц/л оказывают генотоксическое действие при кратковременном контакте только на сперматозоиды, что выражалось в значительном увеличении уровня повреждений в ДНК (более 20%). При всех исследованных концентрациях микропластика индекс генетического повреждения в сперматозоидах превышал контрольный уровень. Однако независимо от уровня повреждения ДНК, сперматозоиды сохраняли способность оплодотворять яйцеклетки с эффективностью до 97%. В ходе экспериментов повреждений генома яйцеклеток обнаружено не было, что свидетельствует о развитой системе репарации ДНК. Полученные результаты позволяют предположить, что, микрочастицы пластика способны проявлять генотоксические свойства в отношении сперматозоидов морского ежа (Mazur A., Chelomin V.P., Zhuravel E.V., Kukla S.P., Slobodskova V.V., Dovzhenko N.V. // *J. Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9. 1088.).

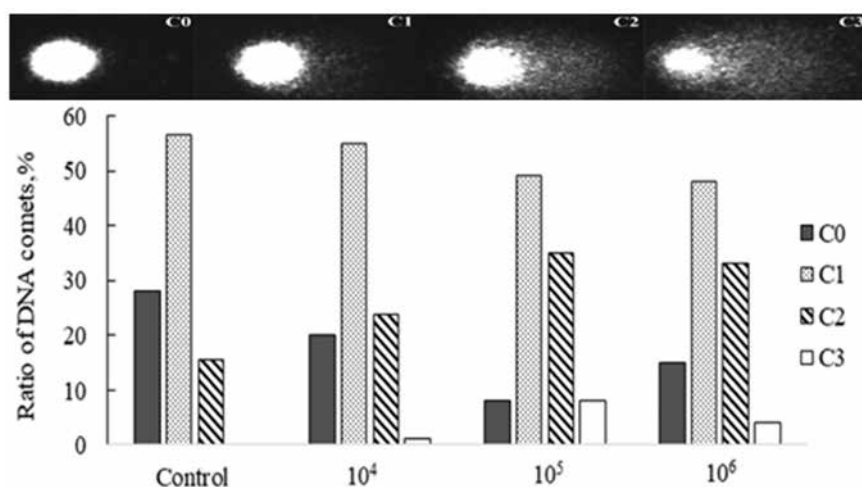


Рис. 7.2. Уровень повреждения ДНК контрольных и экспериментальных сперматозоидов морского ежа, представленный по распределению комет соответствующих классов.

Fig. 7.2. The level of DNA damage in control and experimental sea urchin spermatozoa, presented by the distribution of comets of the corresponding classes

## 7.3. Антиоксидантная система дальневосточных видов двустворчатых моллюсков в их природном местообитании / Antioxidant activity of far eastern bivalves in their natural habitat

к.б.н. А.А. Истомина, О.А. Еловская, д.б.н. В.П. Челомин /  
A. Istomina, O. Yelovskaya, V.P. Chelomin

Активность ключевых антиоксидантных ферментов: супероксиддисмутазы, каталазы, глутатионпероксидазы и глутатионредуктазы, а также уровни восстановленного глутатиона и интегральной антирадикальной активности были исследованы в пищеварительной железе и жабрах 14 видов двустворчатых моллюсков. Обсуждаются видовые и тканевые различия антиоксидантной системы исследованных моллюсков в связи с их физиологическими и биохимическими особенностями. В статье описана роль антиоксидантной системы моллюсков в адаптации к естественным условиям обитания, а также приведена взаимосвязь антиоксидантной активности с максимальной

глубиной обитания и максимальной продолжительностью жизни видов (*Istomina A.*, *Yelovskaya O.*, *Chelomin V.P.*, *Karpenko A.A.* // *Marine Environmental Research*. 2021. V. 169. 105383.).

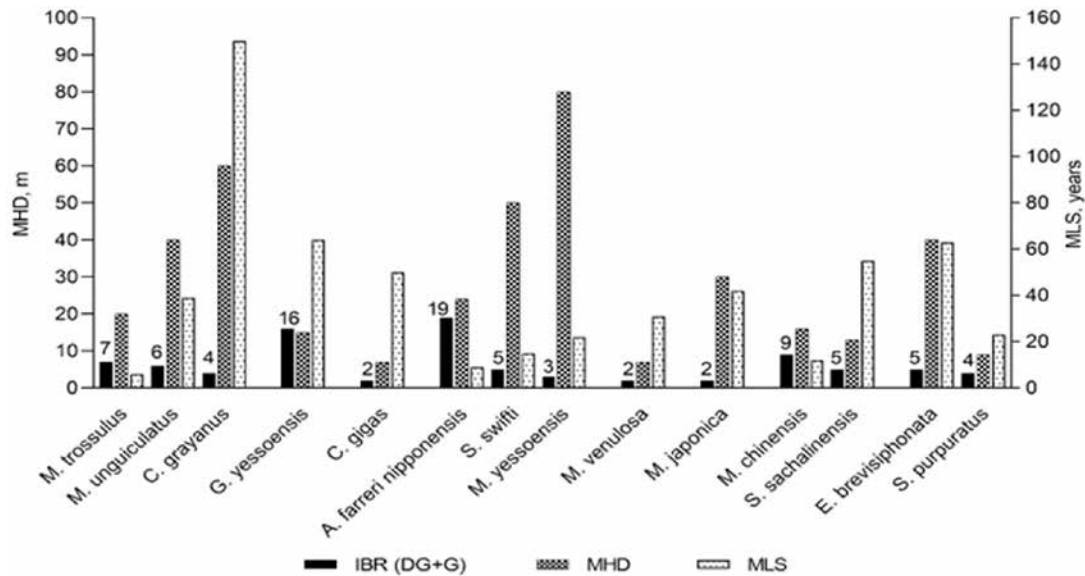


Рис. 7.3. Антиоксидантная активность IBR (DG+G), максимальная глубина обитания (MHD) и максимальная продолжительность жизни двустворчатых моллюсков; DG – пищеварительная железа; G – жабры.

Fig. 7.3. Antioxidant activity IBR (DG+G), maximum habitat depth (MHD) and maximum lifespan (MLS) of bivalve mollusks; DG – digestive gland; G – gills

#### 7.4 Роль кадмийсвязывающих белков (металлотионеинов) в оценке качества морской среды / The role of the cadmium-binding protein response of the digestive gland of the Yesso scallop *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) for marine environmental assessments

к.б.н. А.Ф. Жуковская, д.б.н. В.П. Челомин / Zhukovskaya A.F., Chelomin V.P.

Способность представителей пектинид накапливать тяжелые металлы в своих тканях позволяет использовать морские гребешки для биомониторинга загрязнения морской среды. Показано, что высокомолекулярные металлотионеин (МТ)-подобные белки (МТПБ) играют центральную роль

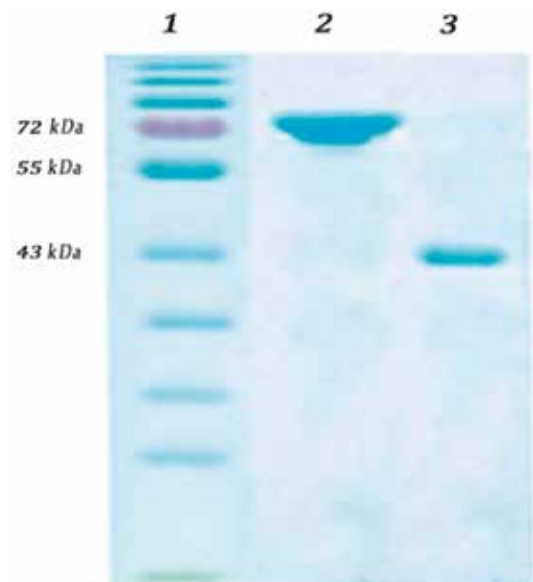


Рис.7.4. SDS-электрофорез МТПБ, выделенных FPLC из клеток пищеварительной железы *M. Yessoensis*. Дорожка 1 – смесь стандартных белков, дорожки 2 и 3 – МТПБ 1 и 2, гель был окрашен Кумасси бриллиантовым синим G-250.

Fig. 7.4. SDS-electrophoresis of MTPB isolated by FPLC from cells of the digestive gland *M. yessoensis*. Lane 1 is a mixture of standard proteins, lanes 2 and 3 are MTPB1 and 2. The gel was stained with Coomassie Brilliant Blue G-250



в этом процессе. В клетках пищеварительной железы морского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* были идентифицированы и выделены в чистом виде (см. рис.) два основных белка (МТПБ, 72 и 43 кДа), проявляющих очень высокое сродство к тяжелым металлам (кадмию, кобальту и цезию). Кроме того, эти белки присутствуют в больших количествах в клетках пищеварительной железы этого моллюска. Было показано, что МТПБ 72 кДа является основным белком реакции на стресс в районах, загрязненных кадмием или радиоактивными металлами. Мониторинг количества МТПБ в клетках морского гребешка в районах с различным уровнем антропогенного загрязнения показал, что эти белки являются надежными биологическими маркерами загрязнения морской среды тяжелыми металлами. (Zhukovskaya A., Goryachev V., Zakhartsev M. et al. // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. V. 28. P. 30986–30992.).

### 7.5. Интегрированный ответ биомаркеров при оценке качества морской среды на примере двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus* (Gould, 1850) / The integrated response of biomarkers in the assessment of the quality of the marine environment based on the example of the bivalve mollusk *Mytilus trossulus* (Gould, 1850)

С.П. Кукла, к.б.н. В.В. Слободскова, А.А. Мазур, д.б.н. В.П. Челомин /  
S.P. Kukla, V.V. Slobodskova, A.A. Mazur, V.P. Chelomin

Для оценки загрязнения морской среды в работе использован мультимаркерный подход на основе следующих биохимических показателей: стабильность лизосомальной мембраны (ЛМС), индекс генетического повреждения (GDI), активность каталазы (CAT) и глутатион-S-трансферазы (GST), уровень малонового диальдегида (MDA) и индекс кондиции (CI). Эти индикаторы были определены в тканях мидий, обитающих в акваториях с различным уровнем загрязнения. Полученные биохимические показатели были использованы для расчета индекса, отражающего интегральный ответ биомаркера (IBR). Рассчитанный индекс (IBR) соответствовал степени загрязнения морской среды, которая возрастает в ряду б. Восток < б. Козьмина < б. Золотой Рог. (Istomina A., Mazur A., Chelomin V.P., Kukla S., Slobodskova V., Zvyagintsev A., Fedorets Y., Yelovskaya O., Kolosova L. // *Russian Journal of Marine Biology.* 2021. V. 47, No 3. P. 185–192.).

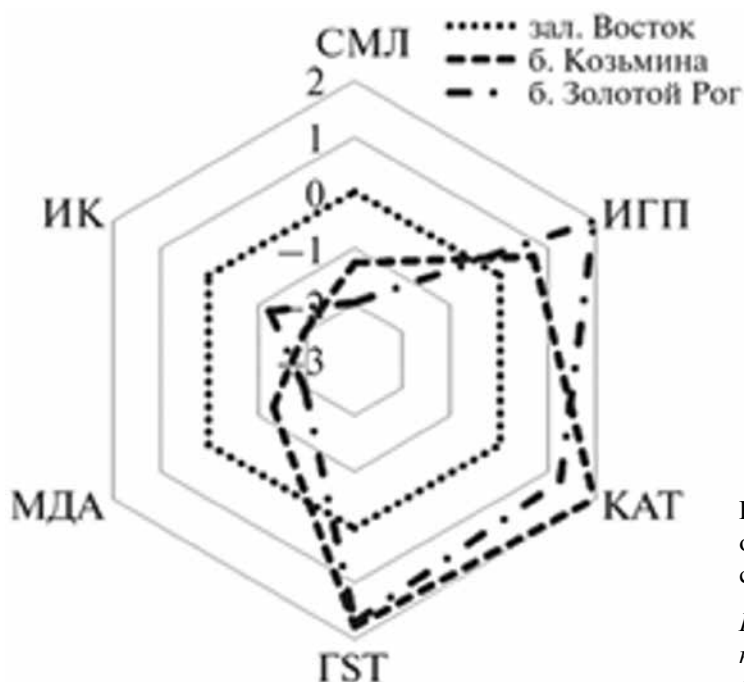


Рис.7.5. Графическое представление интегрированного ответа биомаркеров в клетках пищеварительной системы мидии из различных акваторий.

Fig.7.5. Graphical representation of the integrated response of biomarkers in the cells of the mussel digestive system from different water areas

**7.6. Наноразмерные частицы окиси титана стимулируют окислительный стресс и вызывают деструкцию генома в клетках морского двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus* / Titanium oxide nanoparticles stimulate oxidative stress and cause genome destruction in the cells of the marine bivalve mollusc *Mytilus trossulus***

*С.П. Кукла, к.б.н. В.В. Слободскова, А.А. Мазур, д.б.н. В.П. Челомин / S.P. Kukla, V.V. Slobodskova, A.A. Mazur, V.P. Chelomin*

Исследована на молекулярном уровне реакция двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus* после воздействия наночастиц  $TiO_2$  ( $TiO$ -НЧ) в концентрациях, соответствующих окружающей среде (0,2 мг/л и 1 мг/л). Результаты экспериментов показали, что  $TiO$ -НЧ в морской воде образует агрегаты диаметром от 400 нм до нескольких мкм. Тем не менее, наночастицы стимулировали в мидиях процессы окислительного повреждения, о чем свидетельствует значительное повышение уровня малонового диальдегида (МДА) в клетках жабр и пищеварительной железы. Генотоксический потенциал  $TiO_2$ -НЧ был оценен с помощью метода ДНК-комет, который выявляет первичное повреждение ДНК. В ходе экспериментов в клетках обеих тканей выявили значительное повреждение ДНК при обеих концентрациях  $TiO_2$ -НЧ. Эти результаты свидетельствуют о том, что наночастицы оксидов металлов, в частности  $TiO_2$ , попадающие в морские прибрежные воды, могут вызывать окислительный стресс и оказывать генотоксическое действие на моллюсков. Результаты этого исследования демонстрируют, что агрегация  $TiO_2$ -НЧ не снижает экотоксическую опасность, а только изменяет характер биологической реакции. Предлагается, что метод ДНК-комет может быть успешно применен в качестве эффективного инструмента для оценки риска негативного воздействия наночастиц на морских беспозвоночных. (*Kukla S., Slobodskova V., Mazur A., Chelomin V., Kamenev Ya. // Pollution. 2021. V. 7, No 1. P. 129–140.*)

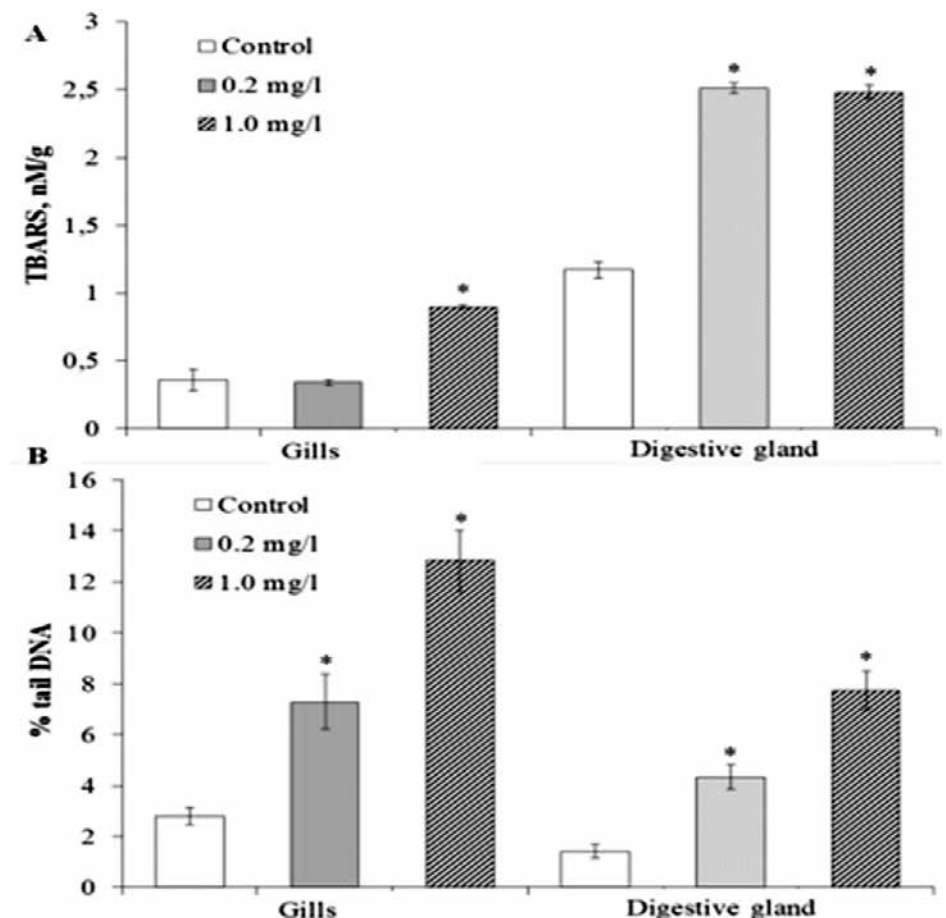


Рис. 7.6. Изменения содержания малонового диальдегида (А) и уровень повреждения ДНК (В) в клетках жабр и пищеварительной железы мидий после воздействия наночастиц  $TiO_2$ .

*Fig. 7.6. Changes in the content of malondialdehyde (A) and the level of DNA damage (B) in the cells of the gills and the digestive gland of mussels after exposure to  $TiO_2$  nanoparticles*

## 7.7. Влияние нодального прилива и ветрового апвеллинга на уровень моря, геострофические течения и распределение хлорофилла в северо-западной части Тихого океана и в Беринговом море / Impact of the nodal tide and upwelling on the sea level, geostrophic currents and chlorophyll distribution in the northwestern Pacific Ocean and Bering Sea

д.г.н. А.Г. Андреев / A.G. Andreev

Спутниковые наблюдения и данные буев Арго показали изменчивость температуры поверхностного слоя вод, уровня моря и геострофических течений в северо-западной части Тихого океана и юго-западной части Берингова моря. Установлено, что нодальные приливы с периодом 18,6 года приводят к образованию циклонической циркуляции вод в зоне пролива Ближний Берингова моря. В северо-западной части Тихого океана ослабевает западный поток вод Аляскинского струйного течения и формируется циклонический круговорот вод. Усиление/ослабление приливов сопровождается понижением/повышением температуры поверхностного слоя вод в северо-западной части Тихого океана и юго-западной части Берингова моря. Ветровой апвеллинг вызывает усиление склоновых течений и интенсифицирует антициклональные вихри в западной части Берингова моря в летний сезон. Апвеллинг приводит к понижению температуры вод и повышению биомассы автотрофного планктона и концентрации хлорофилла на границе шельфа и в зоне материкового склона. Наличие апвеллинга и вихрей следует рассматривать как один из факторов, приводящих к образованию областей с высокой концентрацией хлорофилла вблизи побережья в летний сезон (Andreev A.G // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2021. V. 57, No. 9. P. 962–968.).

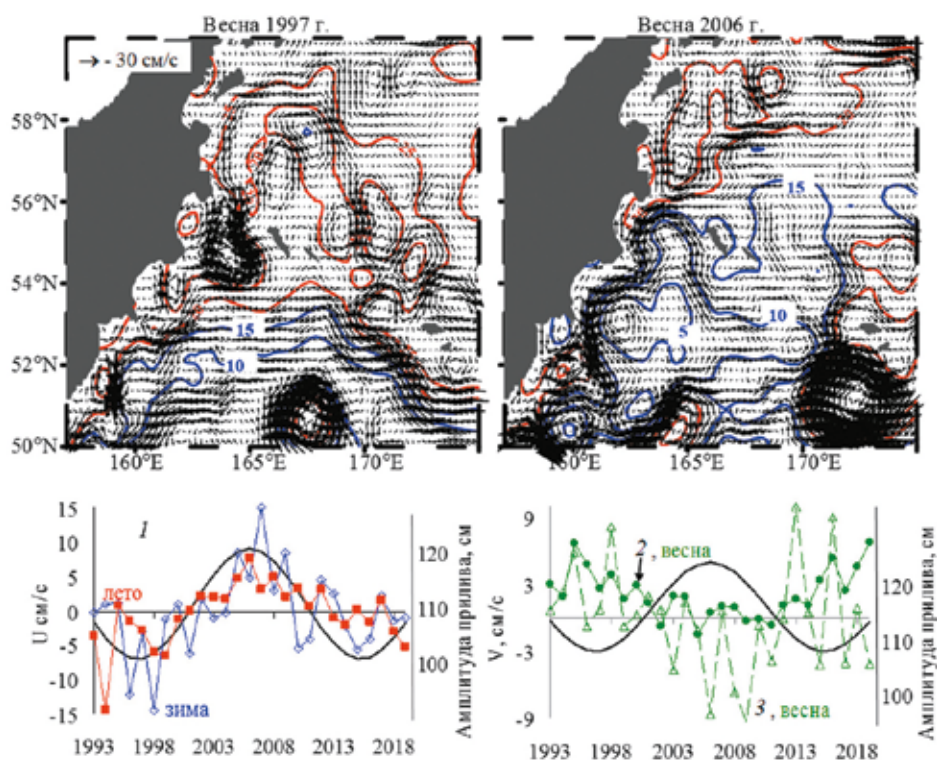


Рис. 7.7. Поля поверхностных геострофических течений и распределение уровня моря (изолинии) в Тихом океане и Беринговом море в периоды ослабления (весна 1997 г.) и усиления (весна 2006 г.) нодальных приливов и межгодовые изменения амплитуды приливов, зональной (U) и меридиональной (V) составляющей скорости течения: 1–51.6–52.1N, 161.6–164.1E; 2–53.9–54.9N, 167.1–168.1E; 3–58.4–59.4N, 167.9–168.4E.

Fig. 7.7. Fields of surface geostrophic currents and sea level distribution (isolines) in the Pacific Ocean and Bering Sea during periods of weakening (spring 1997) and strengthening (spring 2006) of nodal tides and interannual changes in tide amplitude, zonal (U) and meridional (V) current velocity components: 1–51.6–52.1N, 161.6–164.1E; 2–53.9–54.9N, 167.1–168.1E; 3–58.4–59.4N, 167.9–168.4E

## 7.8. Гидрохимические исследования в Арктике / Hydrochemical research in the Arctic

к.г.н. Н.И. Савельева, к.х.н. А.П. Недашковский / N.I. Savelieva, A.P. Nedashkovsky

В проливе Шокальского на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база Мыс Баранова» в 2018–2019 гг. выполнено наблюдение гидрохимических характеристик поверхностных вод и проведен анализ причин их временной изменчивости. Выделены 4 фазы изменчивости характеристик поверхностных вод, обусловленных влиянием речного стока, процессами вертикального перемешивания, образования и таяния льда и функционированием фитопланктона в весенне-летний период. Выполнена оценка доли речных и талых вод в составе поверхностного слоя вод пролива: доля речных вод в столбе воды составляет ~ 4%, для талых вод этот показатель близок к нулю. В периоды сильного распреснения поверхностных вод (май – июль) доля речных вод достигает десяти и более процентов. (Савельева Н.И., Добротина Е.Д., Кузьмин С.Б., Ипатов А.Ю., Гончарова А.Б., Недашковский А.П. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2021. Т. 67, № 1. С. 10–27.).

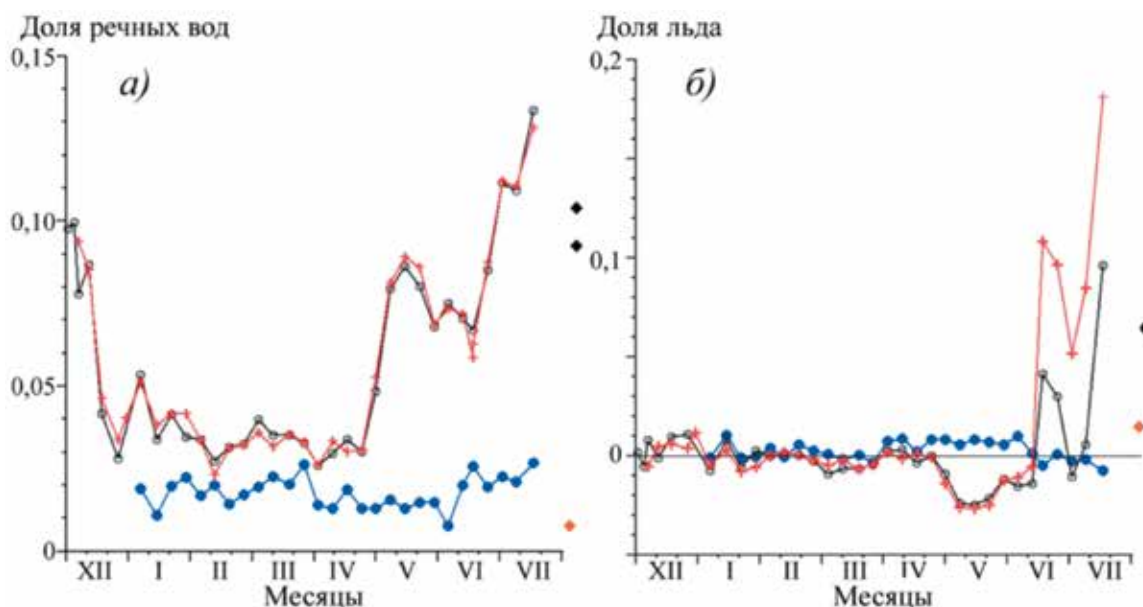


Рис. 7.8. Доля речных вод (а) и талых вод (льда) (б) в поверхностном слое (2 м – красный, 5 м – черный) и в глубинных водах (100 м – синий). Ромбики в правой части рисунков соответствуют поверхностным горизонтам в проливе Шокальского в августе 2007 г. (черный) и в котловине Нансена западнее 45° в.д. в апреле–июне 2008 г. (оранжевый).

Fig. 7.8. The proportion of river water (a) and melt water (ice) (b) in the surface layer (2 m – red, 5 m – black) and in deep waters (100 m – blue). Diamonds on the right side of the figures correspond to surface horizons in the Shokalsky Strait in August 2007 (black) and in the Nansen Basin west of 45°E. in April–June 2008 (orange)

## 7.9. Гипоксия залива Петра Великого / Hypoxia of the Peter the Great Bay

к.г.н. П.П. Тищенко, д.б.н. В.И. Звалинский, д.х.н. П.Я. Тищенко / P.P. Tishchenko, P. Ya. Tishchenko

Представлен обзор исследований гипоксии придонных вод зал. Петра Великого (ЗПВ). Рассмотрены три акватории залива, подверженные гипоксии в летний сезон: Амурский залив, Уссурийский залив и южный район Дальневосточного морского биосферного заповедника (ЮРЗ) (см. рис). Гипоксия формируется во всех акваториях в депрессиях морского дна и является автохтонной по происхождению. Адвекция гипоксичных придонных вод из впадин формирует аллохтонный тип гипоксии вод в северной части Амурского залива, в прол. Босфор-Восточный. Образование

гипоксии обусловлено микробиологической деструкцией «избыточного» фитопланктона, который является результатом эвтрофикации вод ЗПВ. Основными источниками биогенных веществ являются эвтрофированные реки Туманная (для ЮРЗ), Раздольная (для Амурского залива) и Кневичанка (для Уссурийского залива). Большой вклад в эвтрофикацию вод Уссурийского и Амурского заливов вносят коммунальные стоки Владивостока и Артема. Сравнение исторических и собственных данных по содержанию кислорода в придонных водах Амурского залива указывает на синхронизацию глобальных и региональных процессов эвтрофикации, деоксигенации, а также acidification придонных вод. (Тищенко П.П., Звалинский В.И., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я. // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201, № 3. С. 600–639.).

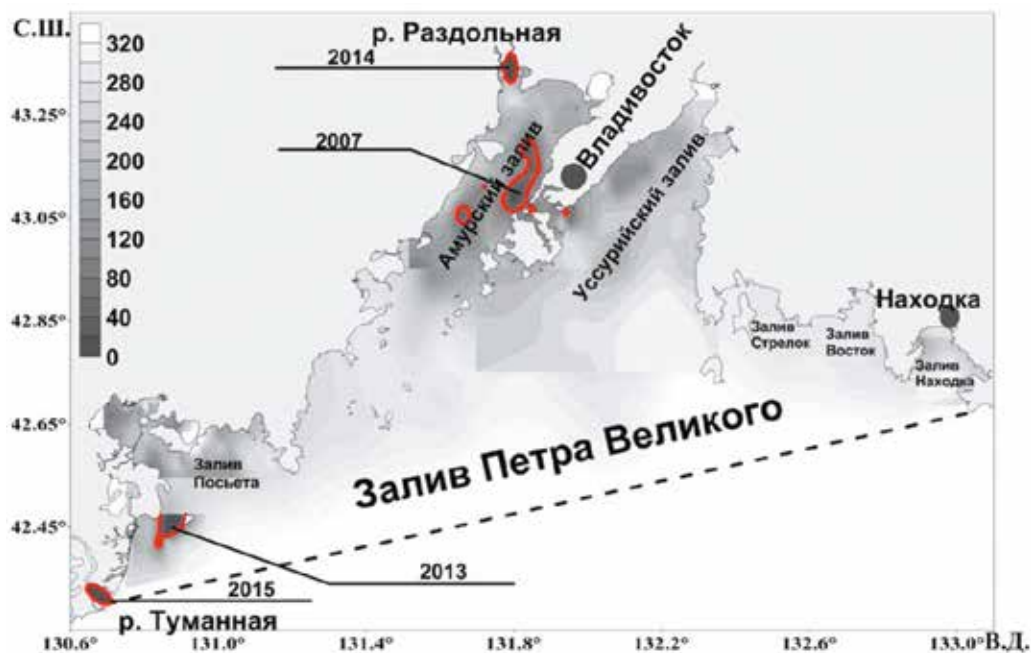


Рис. 7.9. Комбинированное распределение концентрации кислорода (мкмоль/кг) в придонных водах ЗПВ в летний сезон. Для всей акватории залива результаты получены в период с 26 августа по 3 сентября 2014 г.; для Амурского залива – 14–25 августа 2007 г.; для акватории зал. Посыета – 13–15 июля 2013 г.; для акватории о. Фуругельма – 16 августа 2013 г.; для эстуария р. Раздольной – 24, 26 сентября 2014 г.; для эстуария р. Туманной – 18 мая 2015 г. Красной изолинией отмечено пороговое значение гипоксии (76 мкмоль/кг).

Fig. 7.9. Combined distribution of oxygen concentration ( $\mu\text{mol}/\text{kg}$ ) in the near-bottom waters of the PWS in the summer season. For the entire water area of the bay, the results were obtained from August 26 to September 3, 2014; for the Amur Bay – August 14–25, 2007; for the water area of the hall. Posyet – July 13–15, 2013; for the water area Furugelma – August 16, 2013; for the estuary Razdolnoy – September 24, 26, 2014; for the estuary Foggy – May 18, 2015. The red isoline marks the threshold value of hypoxia ( $76 \mu\text{mol}/\text{kg}$ )

## 7. 10. Разгрузка грунтовых осолоненных вод в эстуарии реки Раздольной (Амурский залив) / Unloading of saline groundwater in the estuary of the Razdolnaya River (Amur Bay)

к.г.н. П.Ю. Семкин, д.х.н. П.Я. Тищенко, к.х.н. Г.Ю. Павлова, Ю.А. Барабанщиков,  
к.г.н. П.П. Тищенко / P. Yu. Semkin, P. Ya. Tishchenko, G. Yu. Pavlova,  
Yu.A. Barabanshikov, P.P. Tishchenko

Распределение радионуклидов  $^{224}\text{Ra}$  в эстуарии р. Раздольной указывает на разгрузку морских грунтовых вод на расстоянии 22 км вверх по реке от устьевого бара. Изотопный состав ( $\delta^{18}\text{O}$  и  $\delta\text{D}$ ) в зоне разгрузки определяется соотношением доли морских и речных вод. Доминирование прямых течений со скоростью до 15 см/с, повышенная активность избыточного изотопа  $^{224}\text{Ra}$

от 11.1 Бк/м<sup>3</sup> до 2.2 Бк/м<sup>3</sup> и положительная температура воды до 1.1 °С в придонном слое эстуария указывают на распространение осолоненных вод из района их разгрузки в Амурский залив. По данным автономных измерений температура в районе влияния грунтовых вод на протяжении периода ледостава в 2014 г. возросла до 2.5 °С, а толщина льда при этом снижалась вдоль зоны смешения до 20 см (толщина льда за пределами зоны смешения составляла 90 см). В качестве основной причины разгрузки грунтовых вод рассматривается интрузия морских вод в верхний водоносный горизонт и просачивание этих вод через осадок в створе с наибольшей глубиной. (Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Чаркин А.Н. и др. // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2021. № 3. С. 29–43; Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Чаркин А.Н. и др. // *Водные ресурсы*. 2021. Т. 48, № 3. С. 254–259.).

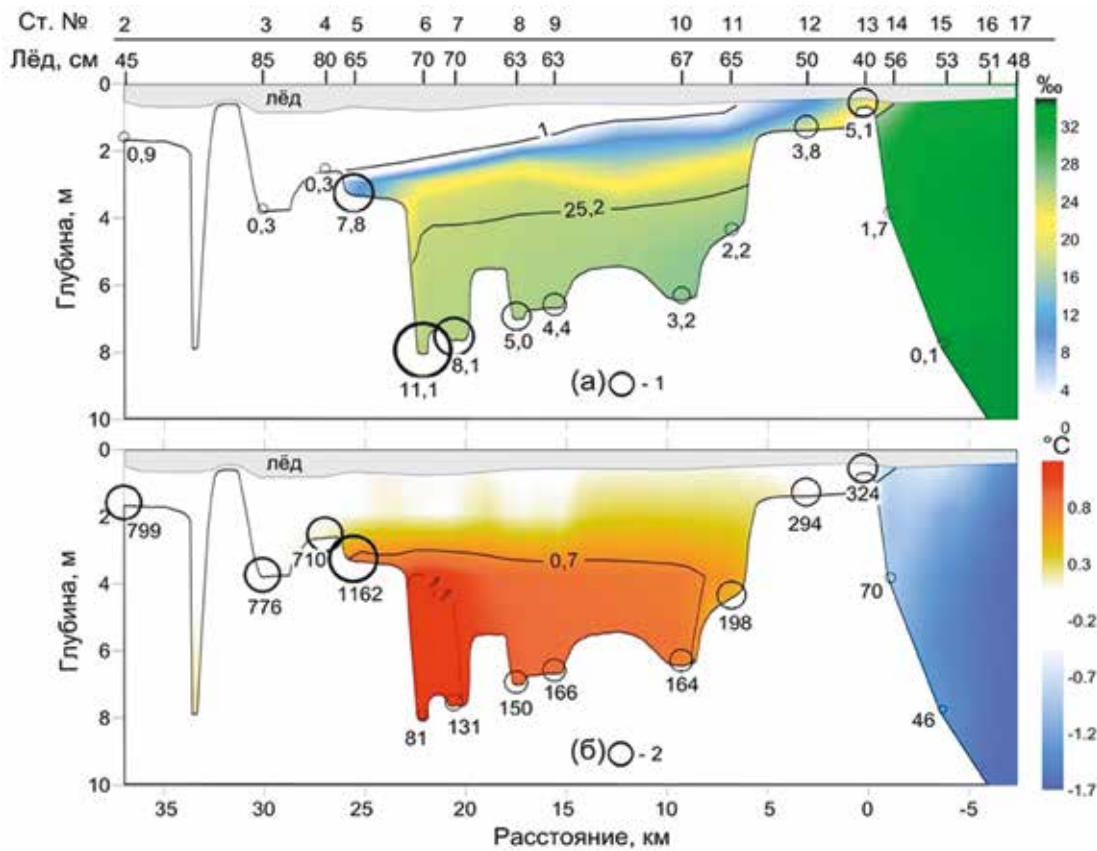


Рис. 7.10. Соленость (‰) в продольном профиле эстуария р. Раздольной – изолинии; активность изб. <sup>224</sup>Ra – 1 (Бк/м<sup>3</sup>) в придонном слое воды (а). Температура (°С) – изолинии; мутность (ftu) в придонном слое воды – 2 (б). Расстояние отсчитывается от устьевых баров реки вдоль русла, слева – река, справа – море.

Fig. 7.10. Salinity (‰) in the longitudinal profile of the estuary of the river. Razdolnoy – isolines; activity of excess <sup>224</sup>Ra – 1 (Bq/m<sup>3</sup>) in the bottom water layer (a). Temperature (°C) – isolines; turbidity (ftu) in the bottom water layer – 2 (b). The distance is measured from the mouth bar of the river along the channel, on the left – the river, on the right – the sea

**7.11. Влияние речного стока на гидрохимические характеристики вод Удской губы и залива Николая (Охотское море) в летний сезон / The influence of river runoff on the hydrochemical characteristics of the waters of the Uda Bay and Nikolay Bay (Sea of Okhotsk)**

к.г.н. П.Ю. Семкин, д.х.н. П.Я. Тищенко, к.х.н. Г.Ю. Павлова, С.Г. Сагалаев, к.г.н. П.П. Тищенко / P. Yu. Semkin, P. Ya. Tishchenko, G. Yu. Pavlova, S.G. Sagalaev, P.P. Tishchenko

Эстуарные воды в зонах смешения рек Уда и Усалин с соленостью до 8‰ в период паводка в июле 2016 г. распространялись от устьевых створов на расстояние 25 км и 2.5 км в Удской губе

и заливе Николая соответственно. В исследуемый период расход этих рек составил 4390 и 173 м<sup>3</sup>/с соответственно. Граница устьевого взморья, выделяемая по положению изогалины 30‰, в обеих зонах смешения находилась на расстоянии 85 км от устьевых створов. Речной сток – основной поставщик взвеси – ограничивал толщину фотического слоя и фотосинтез на ранней стадии зон смешения до солености воды ~24‰, где воды были источником CO<sub>2</sub> для атмосферы. На поздней стадии в зоне смешения акватория была стоком для атмосферного CO<sub>2</sub>. Главным источником неорганических форм биогенных веществ являлась минерализация автохтонного органического вещества, осевшего на дно приемных бассейнов. (Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Павлова Г.Ю. и др. // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 3. С. 387–400.).

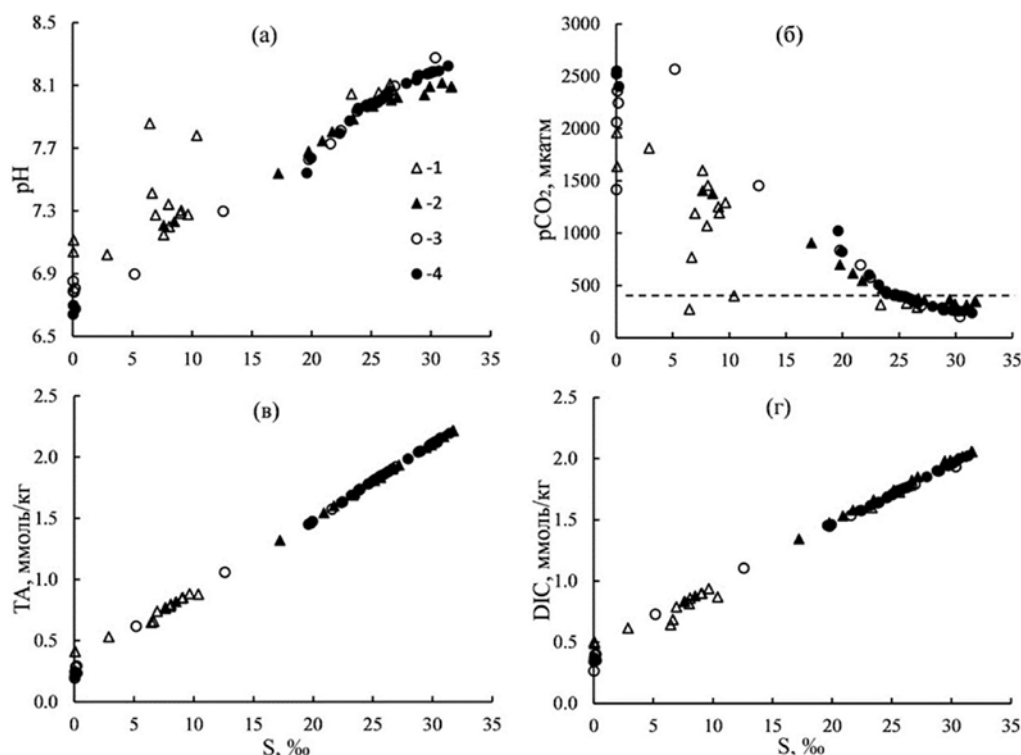


Рис. 7.11. Зависимость параметров карбонатной системы от солености в зоне смешения р. Уда (1 – поверхностный горизонт, 2 – придонный горизонт) и Усальгин (3 – поверхностный горизонт, 4 – придонный горизонт): а – pH в шкале общей концентрации ионов водорода, б – парциальное давление углекислого газа (мкатм), в – общая щелочность (ммоль/кг), г – общий растворенный неорганический углерод (ммоль/кг). Пунктирная линия соответствует  $p\text{CO}_2\text{ атм} = 400\text{ мкатм}$ .

Fig. 7.11. Dependence of the parameters of the carbonate system on salinity in the mixing zone of the river. Uda (1 – surface horizon, 2 – bottom horizon) and Usalgin (3 – surface horizon, 4 – bottom horizon): a – pH in the scale of the total concentration of hydrogen ions, b – partial pressure of carbon dioxide (mkatm), c – total alkalinity (mmol/kg), g is the total dissolved inorganic carbon (mmol/kg). The dotted line corresponds to  $p\text{CO}_2\text{ атм} = 400\text{ мкатм}$

## 7.12. Гидрохимическое состояние залива Угловой (Амурский залив) / Hydrochemical state of the Uglovoi Bay (Amur Bay)

д.х.н. П.Я. Тищенко, Ю.А. Барабанищikov, к.х.н. Г.Ю. Павлова, А.А. Рюмина, С.Г. Сагалаев, к.г.н. П.Ю. Семкин, к.г.н. П.П. Тищенко / P. Ya. Tishchenko, Yu.A. Barabanshikov, G. Yu. Pavlova, A.A. Ryumina, S.G. Sagalaev, P. Yu. Semkin, P.P. Tishchenko

Гидрохимические исследования залива Угловой, выполненные в 2020 г. с подводным фотографированием дали неожиданный результат – исчезновение лугов zostеры морской. Сезонные

гидрохимические исследования залива, а также рек впадающих в залив, показали высокий уровень эвтрофикации вод залива, обусловленный канализационными стоками и ограниченным водообменом между заливом Угловой и Амурским заливом, который обусловлен гидротехническими сооружениями (дюкер, 1982 и низководный мост, 2012). Залив характеризуется высокой мутностью вод. Высокая мутность вод привела к исчезновению лугов зостеры морской. В зимний сезон, в отсутствии ветрового перемешивания, подо льдом образуются аномалии гидро-химических параметров (низкое содержание кислорода и рН, высокие концентрации общего азота, фосфора, аммония, кремния, взвеси и парциального давления углекислого газа) (Тищенко П.Я., Барабанчиков Ю.А., Павлова Г.Ю., Рюмина А.А., Сагалаев С.Г., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Уланова О.А., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Тибенко Е.Ю. // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201, № 1. С. 138–157).

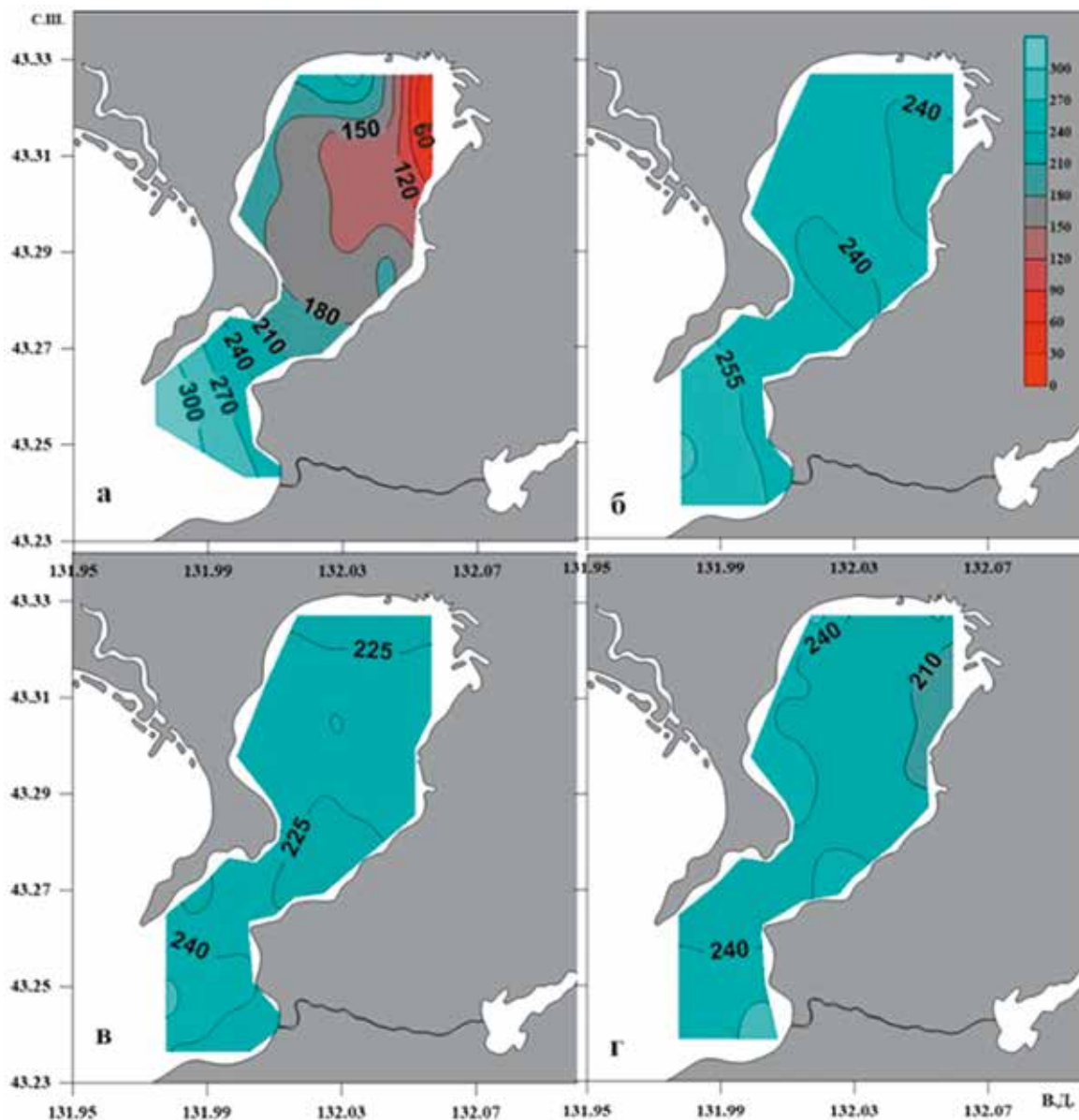


Рис. 7.12. Распределение концентрации растворенного кислорода (мкмоль/кг) в поверхностных водах залива Угловой в разные сезоны: а – 25, 26 февраля, 2020 г.; б – 13–15 мая, 2020 г.; в – 22–24 июня, 2020 г.; г – 1–3 октября, 2019 г.

Fig. 7.12. Distribution of dissolved oxygen concentration ( $\mu\text{mol} / \text{kg}$ ) in the surface waters of the Uglovoi Bay in different seasons: a – February 25, 26, 2020; b – May 13–15, 2020; c – June 22–24, 2020; d – October 1–3, 2019



### 7.13. Миграции пятнистых тюленей из залива Петра Великого (Японское море) и характер использования ими сезонных местообитаний / Migrations of spotted seals from Peter the Great Bay (Sea of Japan) and the nature of their use of seasonal habitats

к.б.н. А.М. Трухин, П.А. Пермяков, к.б.н. С.Д. Рязанов /  
A.M. Trukhin, P.A. Permyakov, S.D. Ryazanov

Методом спутниковой телеметрии впервые изучены миграции пятнистых тюленей популяции залива Петра Великого. Определены сроки, направление и скорость миграций тюленей, установлены ключевые районы летне-осеннего обитания. Помеченные после окончания сезона размножения тюлени мигрировали в мае к северу от залива в районы нагульного питания. Среднесуточная скорость весенних миграций составляла 70–135 км/сут. Двигаясь от места мечения к местам летнего нагула, тюлени преодолели расстояние от 2300 до 3100 км, при этом их миграционные галсы не выходили за пределы 200-метровой изобаты. Места нагула располагались в северной части Татарского пролива и в заливе Анива (Охотское море). С августа по октябрь каждый из тюленей придерживался относительно ограниченной акватории. Обратная миграция тюленей началась в ноябре. Двигаясь в южном направлении, тюлени использовали те же маршруты, по которым они мигрировали на север весной, однако скорость их движения была выше. Возвращение тюленей на натальные лежбища в залив Петра Великого завершилось к декабрю. (Trukhin A.M., Permyakov P.A., Ryazanov et.al. // PLoS ONE. 2021. 16(1): e0244232.).

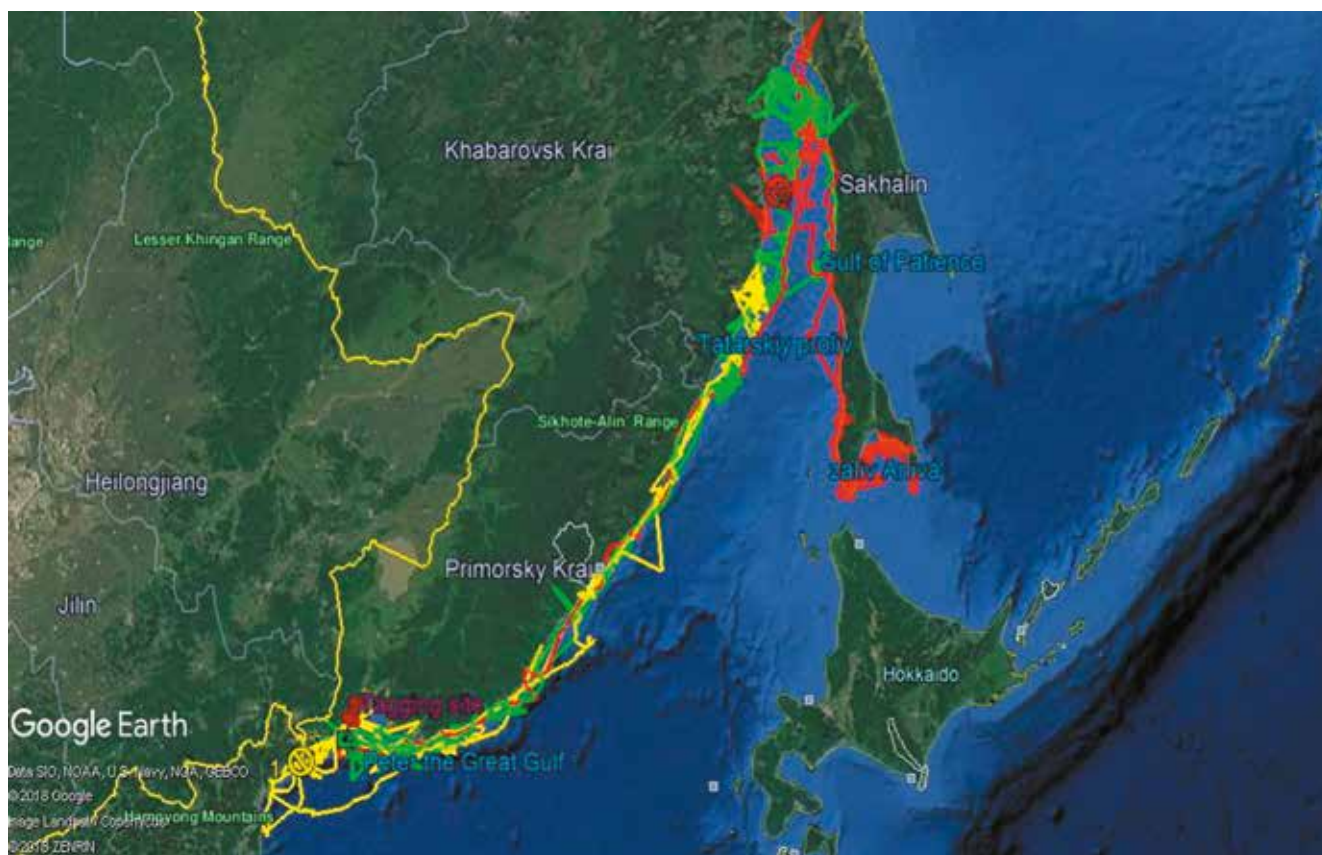


Рис. 7.13. Пути сезонных миграций пятнистых тюленей из популяции залива Петра Великого (Японское море), по результатам спутниковой телеметрии. Разным цветом отмечены пространственные перемещения отдельных особей.

Fig. 7.13. Paths of seasonal migrations of spotted seals from the population of Peter the Great Bay (Sea of Japan), according to the results of satellite telemetry. Spatial movements of individual individuals are marked with different colors

### 7.14 Анализ биогенных и небιοгенных микроэлементов в органах пары мать–плод пятнистых тюленей из Японского моря / Analysis of biogenic and non-biogenic trace elements in the organs of a mother-fetus pair of spotted seals from the Sea of Japan

к.б.н. А.М. Трухин / A.M. Trukhin

Концентрации 22-х биогенных и небιοгенных элементов (Be, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U, Hg) были определены в органах пары мать–плод пятнистого тюленя из Японского моря в период последнего триместра беременности. Концентрации одиннадцати элементов определены для пятнистого тюленя впервые. Исследовано 8 пар органов: легкое, сердце, печень, почка, кишечник, селезенка, мышца, кость. Все элементы, найденные в органах матери, были в той или иной концентрации обнаружены и в органах плода. Установлено, что у пятнистого тюленя плацента служит эффективным барьером для некоторых токсичных элементов, например, Al, Cd, Hg. В то же время в большинстве органов плода концентрация бериллия, сурьмы, тория и урана были заметно выше, чем в тех же органах самки, что указывает на то, что в период беременности организм самки избавляется от излишков неэссенциальных элементов путем их трансфера в тело плода, минуя плацентарный барьер. В некоторых органах молекулярное соотношение селена и ртути свидетельствует об антагонистической роли первого элемента. (*Simokon M.V., Trukhin A.M. // Environmental Science and Pollution Research. 2021. 28(43). P. 60622–60634.*)

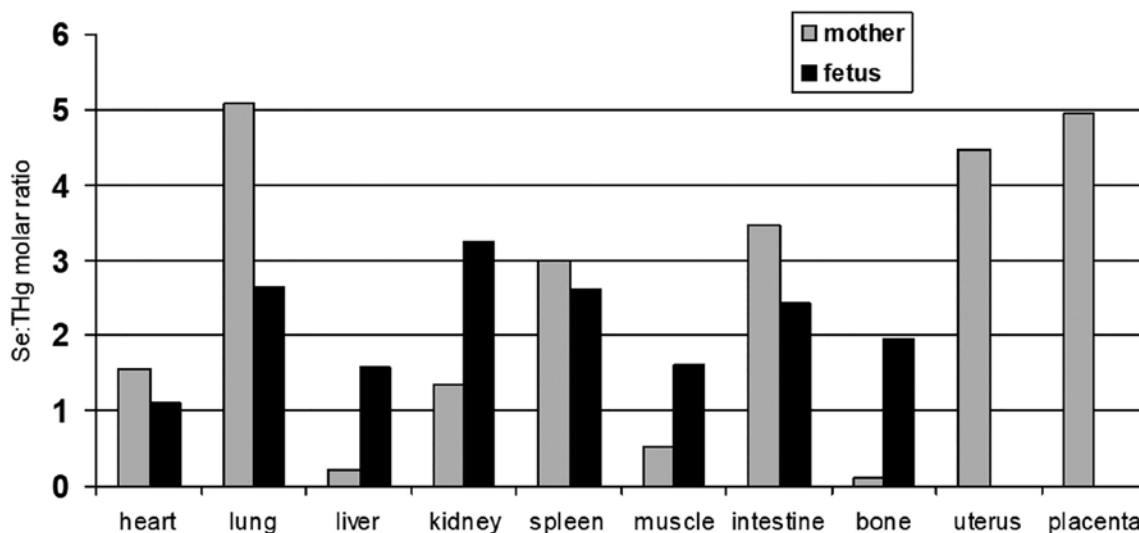


Рис. 7.14. Молярные соотношения селена и общей ртути в органах и тканях матери и плода пятнистого тюленя.

Fig. 7.14. Molar ratios of selenium and total mercury in the organs and tissues of the mother and fetus of the spotted seal

### 7.15. Сивуч (*Eumetopias jubatus*) на острове Тюленьем осенью 2018 г.: численность, структура группировки и травмирование инородными предметами / A sea lion (*Eumetopias jubatus*) on Tyuleniy Island in autumn 2018: number structure of grouping and injury by foreign objects

П.А. Пермяков, к.б.н. С.Д. Рязанов / P.A. Permyakov, S.D. Ryazanov

В октябре 2018 г. впервые обследована группировка сивуча (*Eumetopiasjubatus*) лежбища о. Тюлений в её позднем пост-репродуктивном состоянии. Исследуемая группировка – единственная из азиатской популяции сивуча, рост которой почти не прерывался с самого начала формирования в конце прошлого века. Нами была оценена численность группировки и её половозрастная

структура. Полученный результат согласуется с динамикой численности сивучей в осенне-зимнее время в прибрежных водах Японии. Среди мигрантов в группировке преобладали выходцы с охотоморских лежищ сивуча (о. Св. Ионы, Ямские о-ва), в меньшей мере были представлены тюлени с Курильского архипелага (о. Каменные Ловушки) и с западного побережья Камчатки (п-ов Козлова). Величина травмирования сивучей инородными предметами (обрывки сетей, упаковочные ленты и т.д.) оценена как низкая, что обусловлено отсутствием в пост-репродуктивной группировке взрослых самцов и молодых животных. (Ryazanov S.D., Permyakov P.A. // *Zoological Science*. 2021. V. 38, No 4. P. 311–316.).



Рис. 7.15. Расположение основных репродуктивных лежищ сивуча в России.

Fig. 7.15. Location of the main reproductive rookeries of sea lions in Russia

### 7.16. Береговой период в годовом цикле жизни кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) на крупнейшем лежище вида в северной части Тихого океана / Coastal period in the annual life cycle of the ringed seal (*Pusa hispida*) at the largest rookery of the species in the North Pacific Ocean

к.б.н. А.М. Трухин, П.А. Пермяков / A.M. Trukhin, P.A. Permyakov

Выполнено исследование динамики численности акибы в летние периоды 2014–2017 гг. Показано, что в течение неледového периода численность акибы меняется в ответ на начало/завершение массового хода мелких видов рыб. О существовании в летнее время в районе зал. Пильтун (северо-восток о-ва Сахалин) крупного берегового лежища акибы (*Pusa hispida*) стало известно сравнительно недавно, в конце прошлого века. До того считалось, что местная поливидовая агрегация ластоногих формируется исключительно ларгой (*Phoca larga*) и лахтаком (*Erignathus barbatus*). Предшествовавшие исследования показали, что сезонная динамика численности ларги, в свою очередь, реагирует на изменения в доступности более крупной ихтиофауны. Таким образом, два совместно залегающих тюленя-ихтиофага не вступают в конкурентные взаимоотношения, поскольку используют различные кормовые ресурсы. (Trukhin A.M., Permyakov P.A. // *Aquatic Mammals*. 2021. V. 47, No 2. P. 206–215.).

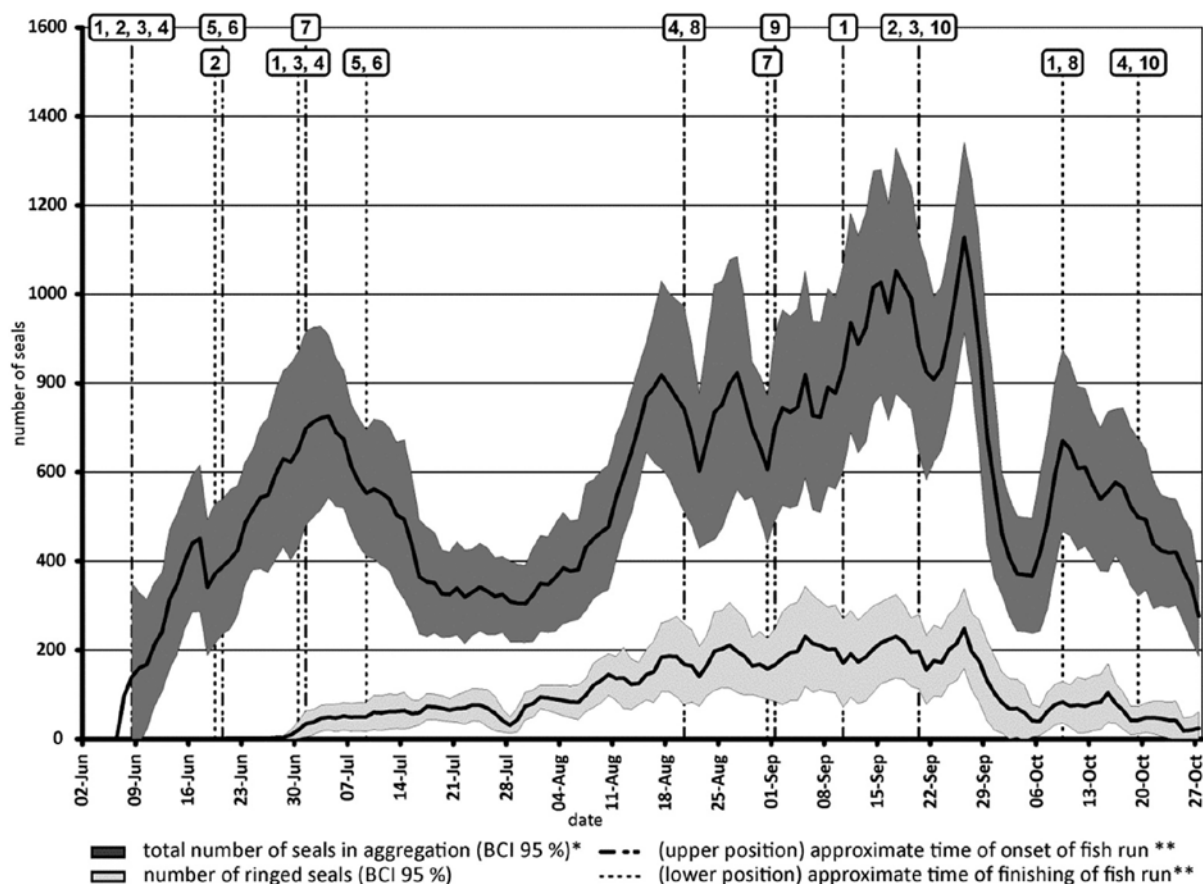


Рис. 7.16. Динамика численности настоящих тюленей (ларга [тёмное поле] и акиба [светлое поле]) на летнем лежбище зал. Пильтун, 2014–2017 гг. Дополнительно указано время начала/завершения нерестового хода основных видов проходных рыб, составляющих ихтиофауну зал. Пильтун.

Fig. 7.16. Dynamics of the number of true seals (larга [dark field] and akiba [light field]) at the summer haulout hall. Piltun, 2014–2017. Additionally, the time of the beginning/end of the spawning run of the main species of anadromous fish that make up the ichthyofauna of the Piltun Bay

### 7.17. Антропогенное воздействие на настоящих тюленей (Carnivora: Phocidae) в устье залива Пильтун (о. Сахалин) / The Anthropogenic Impact on the True Seals (Carnivora: Phocidae) at the Mouth of Pil-tun Bay (Sakhalin Island, Russia)

П.А. Пермяков, к.б.н. А.М. Трухин / P.A. Permyakov, A.M. Trukhin

Промышленное освоение севера о. Сахалин неминуемо ведёт к усилению отрицательного антропогенного воздействия на местные экосистемы. Исследование влияния антропогенного беспокойства на настоящих тюленей было предпринято в отношении береговой агрегации ластоногих, населяющих в безледовый период устье зал Пильтун. Летом местное лежбище населено тремя видами пагофильных тюленей: лахтаком, акибой и ларгой. Наше исследование выполнено в 2014–2017 гг. За это время было зарегистрировано 2445 случаев появления людей и транспортных средств вблизи лежбища, из них 514 были связаны с причинением тюленям беспокойства. Выявлено семь основных факторов антропогенного беспокойства, оценена степень беспокойства, причиняемого каждым фактором. Представителям рыбодобывающей, нефтепромысловой и туристической индустрий были даны рекомендации, реализация которых позволила существенно снизить роль отдельных факторов беспокойства к концу цикла исследований. (Пермяков П.А., Трухин А.М. // Экология. 2021. Вып. 4. С. 271–277.).

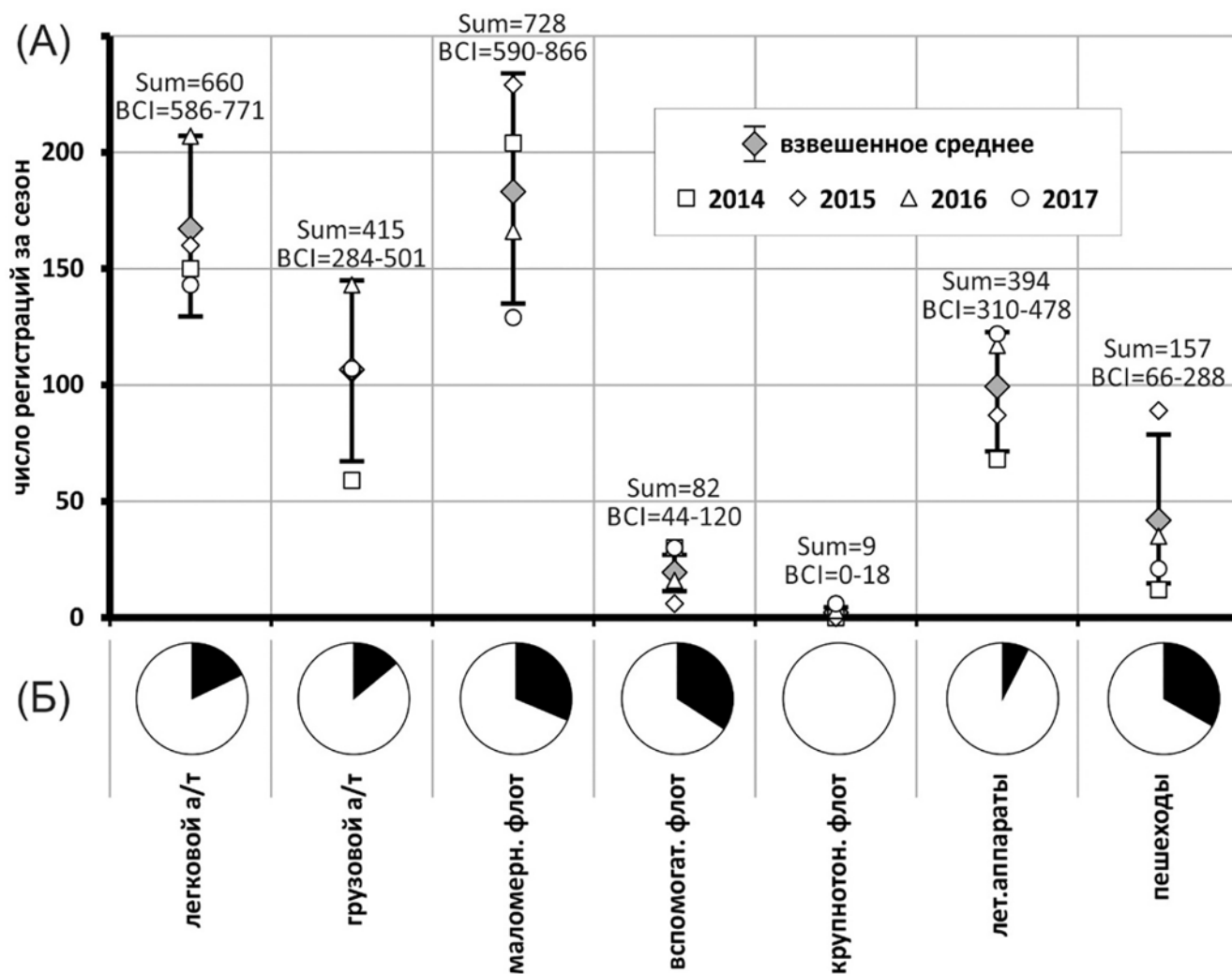


Рис. 7.17. Антропогенное воздействие на агрегацию тюленей по факторам беспокойства (А). Б – вероятность причинения тюленям значительного беспокойства (черные сектора) для каждого фактора беспокойства.

Fig. 7.17. Anthropogenic impact on seal aggregation by disturbance factors (A). B – the probability of causing significant disturbance to seals (black sectors) for each disturbance factor

### 7.18 Количественные исследования поведения двух видов морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* и *Mesocentrotus nudus* во время массового нереста *in situ* / Quantitative study of the behavior of two broadcast spawners, the sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* and *Mesocentrotus nudus* during mass spawning events *in situ*

д.б.н. П.М. Жадан, П.А. Пермяков / P.M. Zhadan, P.A. Permyakov

Мы показали, что два вида морских ежей с планктотрофной личинкой демонстрируют аналогичные поведенческие адаптации, направленные на повышение репродуктивного успеха. Высокая чувствительность морских ежей, в первую очередь самцов, к некоторым факторам среды, наиболее вероятно к фитопланктону, можно рассматривать как фундаментальную адаптацию, способствующую развитию массового нереста. Большая продолжительность нереста у самцов и повышенная двигательная активность до и во время нереста, способствующая сближению особей обоих полов, представляют собой мелкомасштабные (по времени и пространству) проявления, повышающие шансы на оплодотворение яйцеклеток и, соответственно, на репродуктивный успех. (Zhadan P.M., Vaschenko M.A., Permyakov P.A. // Peer J. 2021. V. 9. Art.no. e11058.).

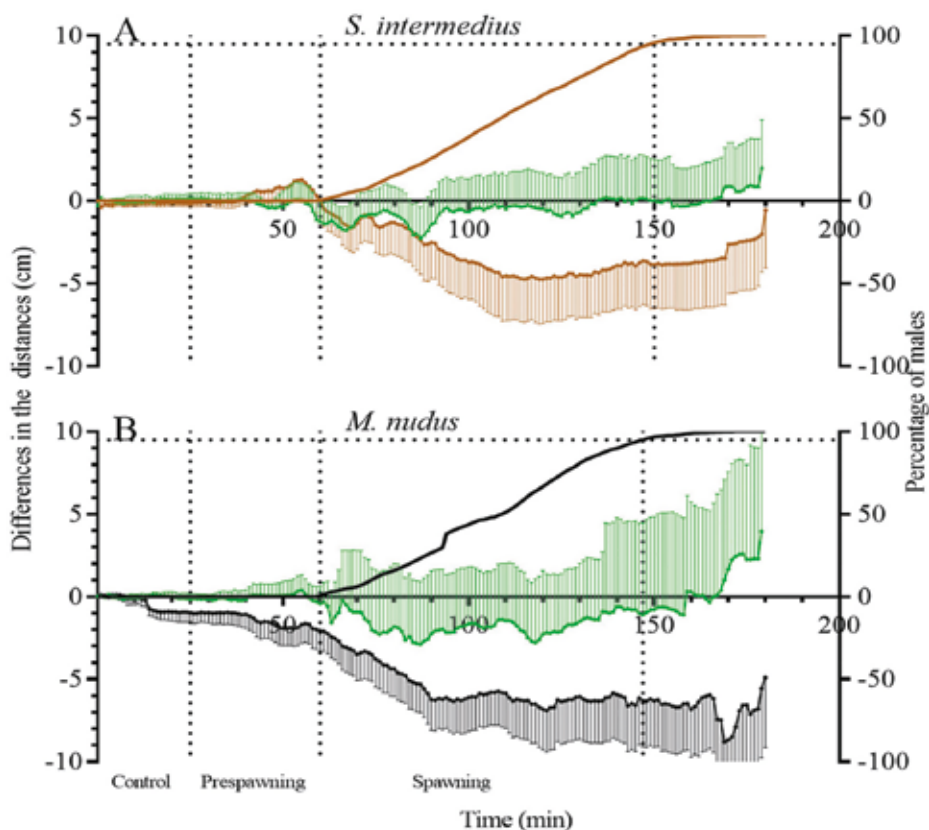


Рис. 7.18. Изменение расстояния от самцов (цвет коричневый и черный) и не нерестящихся особей (зеленый цвет) до центра масс самок.

Fig. 7.18. Change in the distance from males (brown and black) and non-spawning individuals (green) to the center of mass of females

### 7.19. Полициклические и нитрополициклические ароматические углеводороды в пяти городах Восточной Азии: сезонные характеристики, риски для здоровья и годовые колебания / Polycyclic and Nitropolycyclic Aromatics in Five East Asian Cities: Seasonal Patterns, Health Risks and Annual Variations

A.C. Нерода / N.S. Neroda

Исследованы потоки вещества (полициклических ароматических углеводородов и нитрополициклических углеводородов) в регионе Восточной Азии. Большое внимание уделено идентификации источников и механизмам переноса. Приведена информация о концентрациях, потенциальных источниках выбросов и рисках для здоровья девяти полициклических углеводородов (ПАУ) и трех нитрополициклических углеводородов (НПАУ) в составе атмосферных аэрозолей (АЭ) для пяти городов Восточной Азии в теплые и холодные периоды с 2017 по 2018 год. Результаты определения концентрации ПАУ и НПАУ указывают на относительно низкое качество воздуха в Шэньяне и Владивостоке. В этих городах существует более высокая угроза здоровью людей, чем в городах Японии. Сжигание угля в холодный период ухудшило уровень загрязнения воздуха в Шэньяне и Владивостоке и оказало влияние на японские города из-за зимнего муссона в Восточной Азии. Выбросы транспортных средств и судовых двигателей также являются потенциальными источниками ПАУ и НПАУ, особенно в Киришимае и Владивостоке, во время летнего муссона, переносающего воздушные массы из океана. Поскольку каждая страна придавала большее значение защите окружающей среды, концентрации ПАУ в этих городах снизились по сравнению с нашими прошлыми данными. Авторы считают, что многонациональное сотрудничество и регулярный одновременный

мониторинг окажут положительное влияние на снижение загрязнения воздуха в регионе Восточной Азии. (Yang L., Zhang L., Chen L., Han C., Akutagawa T., Endo O., Yamauchi M., Neroda A., Toriba A., Tang N. // *Environmental Pollution*. 2021. V. 287. P. 117360.)

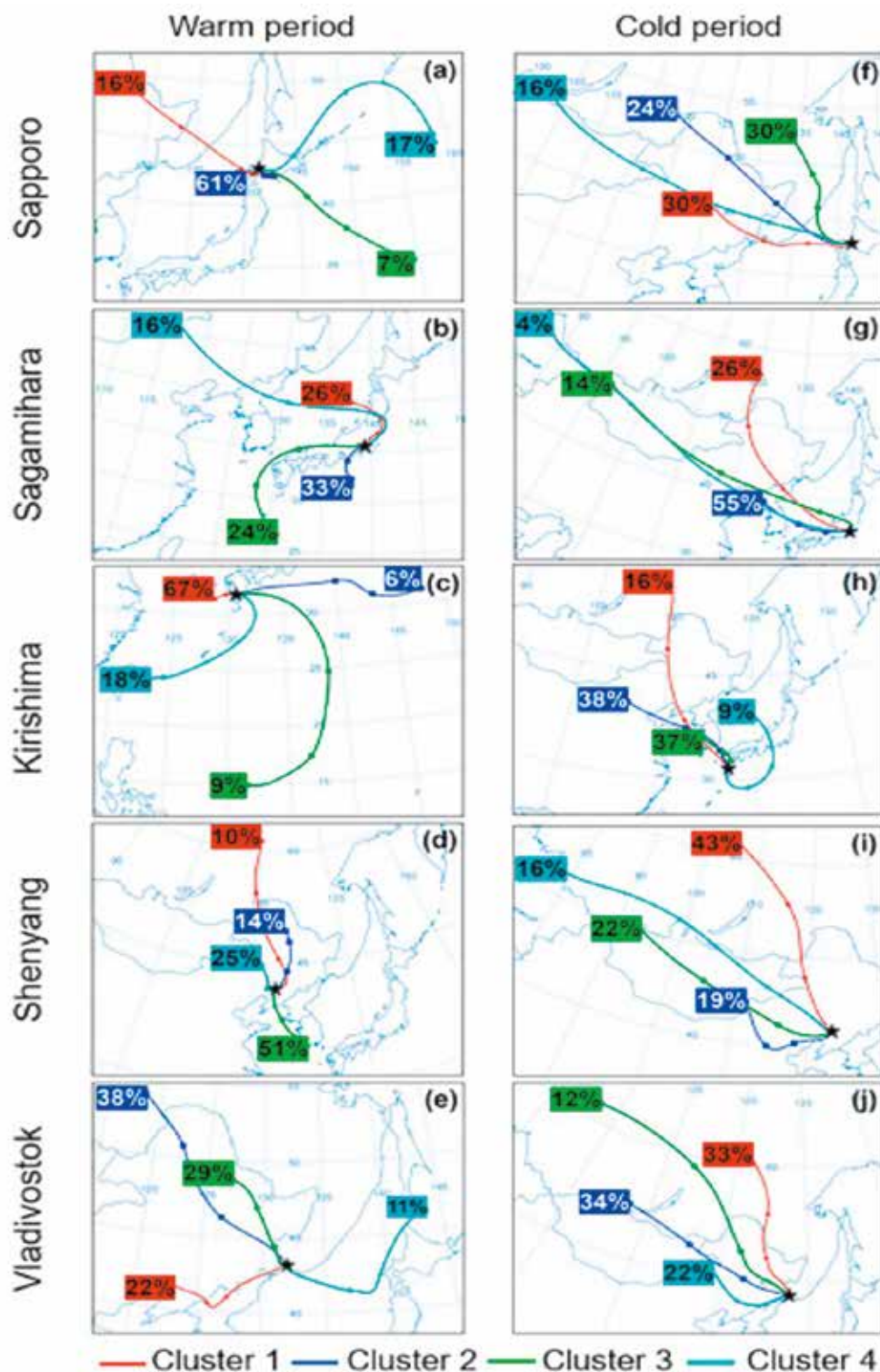


Рис. 7.19. Кластерный анализ обратных траекторий в каждом городе в теплый (a–e) и холодный (f–j) периоды.

Fig. 7.19. Cluster analysis of reverse trajectories in each city in warm (a–e) and cold (f–j) periods

**7.20. Новый морфологический признак эуконоднтовых животных (ультрамикроскопические исследования) / New morphological character of euconodont animals (ultramicroscopic studies)**

д.б.н. А.П. Касаткина / A.P. Kasatkina

Ультрамикроскопические исследования поверхностных структур показали, что эуконоднты были первобытными животными, у которых, в отличие от хордовых (ланцетника), отсутствовала развитая нервная трубка, а иннервация осуществлялась нервными сплетениями поверхностного эпителия. Новая морфологическая особенность свидетельствует о невозможности отнесения группы животных-эуконоднтов к позвоночным и хордовым и поддерживает высказанное ранее предположение об их принадлежности к самостоятельному типу – Euconodontophylea. Kasatkina et Buryi, 1997. (Гуравская Г.И., Касаткина А.П. // Вестник ДВО РАН. 2021. № 1. С. 102–104.).

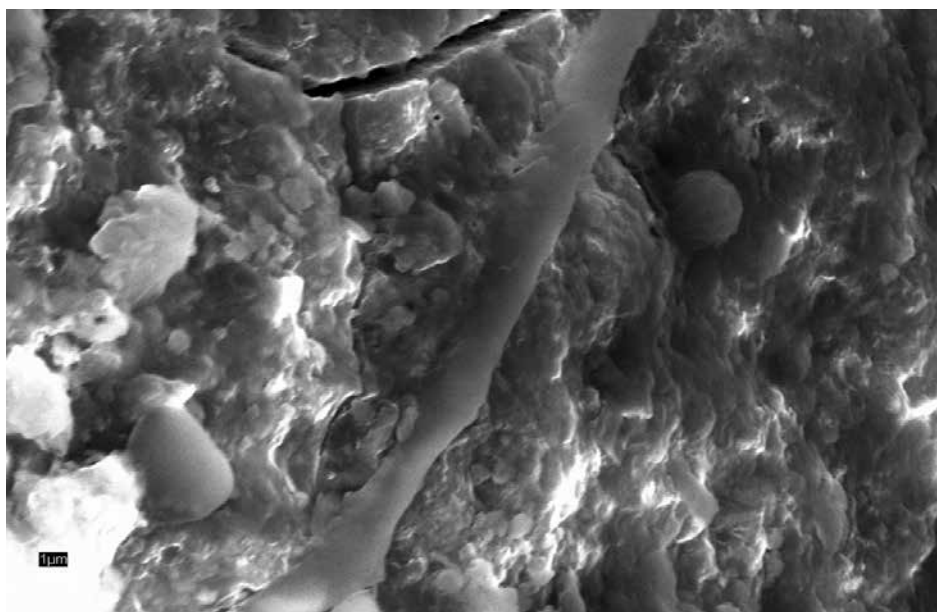


Рис. 7.20. Микроструктура эпителия *Aidanosagitta macilenta*.

*Fig. 7.20. Microstructure of the epithelium of Aidanosagitta macilenta*

**7.21. Липидный комплекс из морской бурой водоросли *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh как гиполипидемическое и антиоксидантное средство при высокожировой диете в эксперименте / Lipid complex from sea brown algae *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh as a hypolipidemic and antioxidant agent in a high-fat diet in the experiment**

к.б.н. С.Е. Фоменко, д.б.н. Н.Ф. Кушнерова, к.б.н. В.Г. Спрыгин, к.б.н. Е.С. Другова /  
*N.F. Kushnerova, S.E. Fomenko, V.G. Sprygin, E.S. Drugova*

В состав липидного комплекса *Sargassum pallidum* входили гликолипиды (35,1%), нейтральные липиды (26,4%), фосфолипиды (8,4%), а также фотосинтетические пигменты (30,1%) от общей суммы липидов. Содержание полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) составляло 63,5% от общей суммы жирных кислот, из них преобладали ПНЖК семейства n-6 (46,5%), количество ПНЖК семейства n-3 составляло 17%. Введение животным в гипержировой рацион липидный комплекс *S. pallidum* (1 г/кг массы тела) оказывало защитное действие, которое проявлялось в восстановлении весовых характеристик (массы тела и удельной массы печени), показателей липидного обмена печени (холестерин, триацилглицерины, свободные жирные кислоты), этерифицирующей функции печени, а также содержания липопротеинов в плазме крови. Сочетанное действие ПНЖК



n-3 и n-6 в составе липидного комплекса *S. pallidum* способствовало индукции ферментов глутатинового звена, обеспечивая антиоксидантную защиту организма. (Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С. // *Химия растительного сырья*. 2021. № 4. С. 105–118.).

Таблица 7.21. Химический состав липидной фракции таллома *Sargassum pallidum* /  
*Chemical composition of the lipid fraction of the Sargassum pallidum thallus*

Биохимические параметры	Показатели
Общие липиды, мг на 1 г сухой ткани	52.1 ± 2,2
Общие фосфолипиды, мг на 1 г сухой ткани	4.4 ± 0,5
Общие нейтральные липиды, мг на 1 г сухой ткани	13.8 ± 0,9
Общие гликолипиды, мг на 1 г сухой ткани	18,3 ± 1.1
Другие (фотосинтетические пигменты)	15.9 ± 1.1
<b>Нейтральные липиды, % от суммы всех фракций</b>	
Диацил гяицерины+ моноацил глицерины	18.51 ± 1.23
Свободные стерины	15.84 ± 1.14
Свободные жирные кислоты	15,42 ± 1.45
Триацилглицерины	39,21 ± 1,59
Эфиры стеринов	6.52 ± 0.54
Остаточная фракция	4,5 ± 0,41
<b>Фосфолипиды, % от суммы всех фракций</b>	
Фосфатидилэтаноламин	43.5 ± 2,1
Фосфатидил гл и церин	24.4 ± 1.5
Фосфатидилинозит	9.5 ± 0.9
Фосфатидил гидро кс и этил глицин	11,9 ± 1,1
<b>Жирные кислоты, % от суммы всех жирных кислот</b>	
14:0 (миристиновая)	4,0 ± 0,4
16:0 (пальмитиновая)	19.9 ± 1.5
16:1 п-7 (пальмитоолеиновая)	6,9 ± 0,8
18:1 п-9(олеиновая)	5.7 ± 0,6
18:2 п-6 (линолевая)	16,1 ± 0.9
18:3 п-3 (α- линоленовая)	8.2 ± 0,7
18:4 п-3 (стсаридоновая)	3.9 ± 0,1
20:3 п-6 (дигомо-у- линоленовая)	9.9 ± 0.6
20:4 п-6 (арахидоновая)	20,5 ± 1,2
20:5 п-3 (эйкозапентасновая)	4.9 ± 0,8

## 7.22. Оценка изменений биохимических показателей плазмы крови при гиперхолестериновом рационе с высокожировой нагрузкой / Evaluation of changes in biochemical parameters of blood plasma in a hypercholesterol diet with a high-fat load

д.б.н. Н.Ф. Кушнерова, к.б.н. С.Е. Фоменко, к.б.н. В.Г. Спрыгин, к.б.н. Е.С. Другова /  
*N.F. Kushnerova, S.E. Fomenko, V.G. Sprygin, E.S. Drugova*

Проведена профилактика нарушений биохимических показателей плазмы крови липидным комплексом из туники морского гидробионта асцидии пурпурной (*Halocynthia aurantium*) при гиперхолестериновом рационе. Показано, что влияние рациона сопровождалось ростом количества общих липидов в плазме крови, холестерина, липопротеинов низкой плотности, а также

снижением общих фосфолипидов и липопротеинов высокой плотности, что является показателем формирования дислипидемии. Увеличилось количество лизофракций фосфолипидов, что обусловлено активацией фосфолипаз. Снизилось количество метаболически активных фракций фосфолипидов, необходимых для функционирования мембраносвязанных ферментов. Введение в рацион липидного комплекса из экстракта асцидии пурпурной сопровождалось выраженным профилактическим действием, которое проявлялось в нормализации исследованных биохимических параметров. Липидный комплекс, содержащий широкий спектр «морских» фосфолипидов и полиненасыщенных жирных кислот семейства n-3, является важной основой для применения в качестве профилактического средства в условиях гиперхолестеринемического рациона с высокожировой нагрузкой. (Кушнерова Н.Ф., Рахманин Ю.А., Момот Т.В. и др. // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 6. С. 617–622.).

Таблица 7.22. Показатели нейтральных липидов в плазме крови крыс при дислипидемии и их коррекция липидным комплексом асцидии (% от суммы всех фракций;  $M \pm m$ ) / *Indicators of neutral lipids in the blood plasma of rats with dyslipidemia and their correction with the lipid complex of ascidia (% of the sum of all fractions;  $M \pm v = m$ )*

Липидные фракции	1-я группа Контроль	2-я группа Дислипидемия	3-я группа Дислипидемия + липидный комплекс асцидии
Триацилглицерины	21,12 ± 0,52	24,41 ± 0,57 <sup>3</sup>	21,07 ± 0,60 <sup>в</sup>
Свободные жирные кислоты	5,68 ± 0,14	9,00 ± 0,38 <sup>3</sup>	6,03 ± 0,15 <sup>в</sup>
Эфиры жирных кислот	24,12 ± 0,57	21,82 ± 0,60 <sup>1</sup>	24,00 ± 0,55 <sup>а</sup>
Холестерин	15,30 ± 0,33	18,27 ± 0,36 <sup>3</sup>	15,33 ± 0,28 <sup>в</sup>
Эфиры холестерина	24,46 ± 0,39	20,42 ± 0,36 <sup>3</sup>	25,05 ± 0,31 <sup>в</sup>
Остаточная фракция	9,32 ± 0,68	6,08 ± 0,27	8,52 ± 0,45

Примечание: различия статистически значимы при: <sup>1, а, \*</sup> –  $p < 0,05$ ; <sup>2, б, \*\*</sup> –  $p < 0,01$ ; <sup>3, в, \*\*\*</sup> –  $p < 0,001$ . Цифры справа – по сравнению с контролем, буквы – по сравнению с 2-й группой, звездочки – по сравнению с 3-й группой.

### 7.23. Влияние термостабильного токсина бактерии *Yersinia pseudotuberculosis* на функциональные и фенотипические особенности двух типов фагоцитов голотурии *Eupentacta fraudatrix* / Effect of a thermostable toxin from the bacterium *Yersinia pseudotuberculosis* on the functional and phenotypic features of two types of phagocytes in the holothurian *Eupentacta fraudatrix*

к.б.н. Л.С. Долматова, О.А. Уланова / L.S. Dolmatova, O.A. Ulanova

Исследовано влияние термостабильного токсина бактерии *Yersinia pseudotuberculosis* (ТсТҮр) на показатели функциональной активности и фенотип Ф1 и Ф2 фагоцитов голотурии *Eupentacta fraudatrix*. Установлено, что Ф1 и Ф2 фагоциты отличались по уровню апоптоза и содержанию восстановленного глутатиона, а также по экспрессии поверхностных рецепторов к некоторым растительным лектинам. Впервые выявлена способность ТсТҮр сдвигать показатели функциональной активности и фенотип Ф1 фагоцитов в сторону преобладания таковых, характерных для Ф2 типа, обладающего меньшей бактерицидной активностью. Предполагается, что ТсТҮр является важным фактором перепрограммирования фагоцитов голотурий в сторону преобладания противовоспалительного типа, что может увеличивать вирулентность *Y. Pseudotuberculosis*. (Dolmatova L.S., Ulanova O.A., Timchenko N.F // *Biology Bulletin*. 2021. V. 48, No. 4. P. 395–406.).

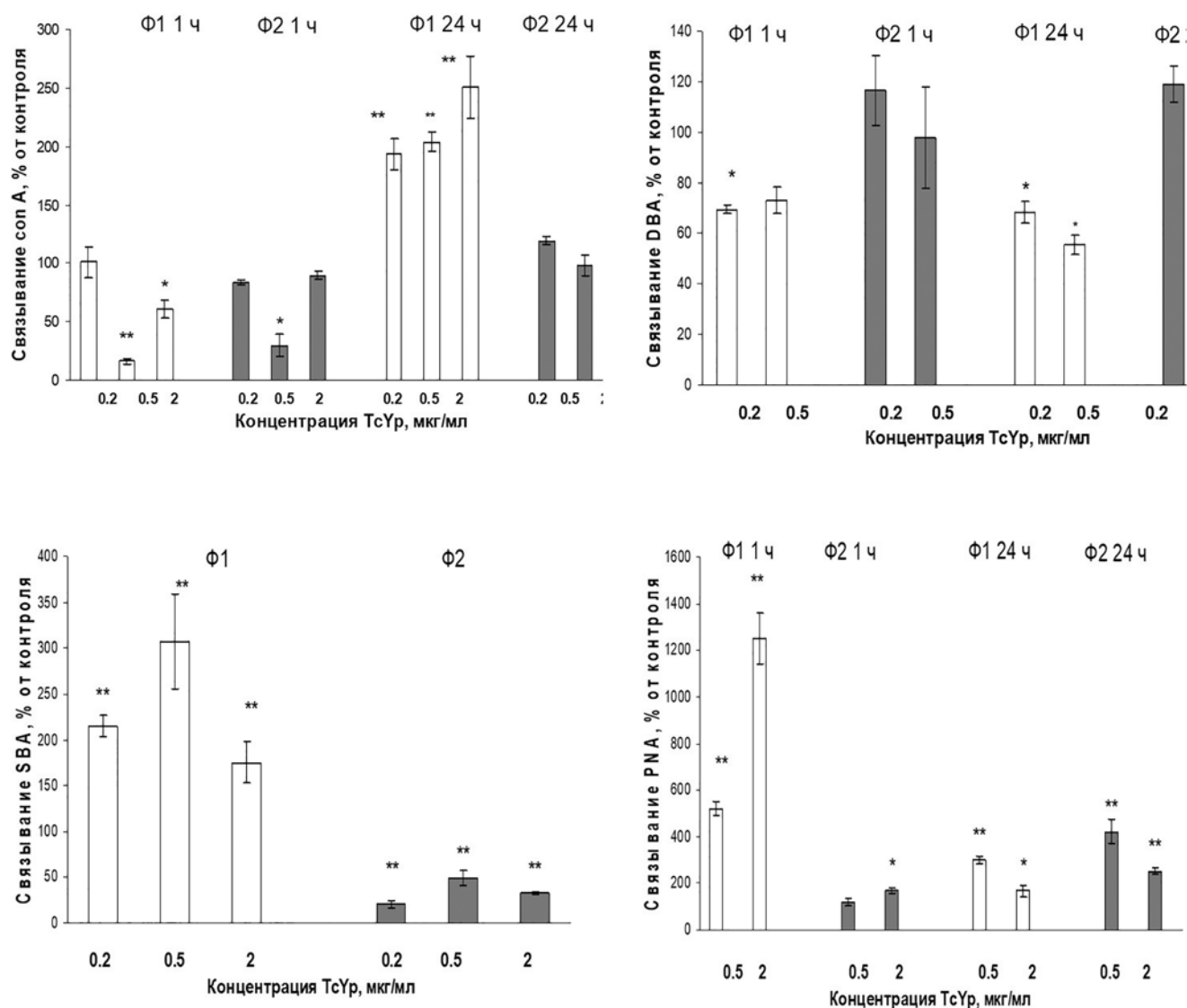


Рис. 7.23. Доля (%) фагоцитов Φ1 и Φ2 (по отношению к контролю), связывающих растительные лектины при воздействии ТсУр после 1 и 24 ч инкубации. \* –  $p < 0.05$  по сравнению с контролем; \*\* –  $p < 0.01$  по сравнению с контролем.

*Fig. 7.23. Proportion (%) of P1 and P2 phagocytes (in relation to control) that bind plant lectins when exposed to TcYp after 1 and 24 hours of incubation. \* –  $p < 0.05$  compared with control; \*\* –  $p < 0.01$  compared with control*

Тема «Газогеохимические поля Мирового океана, геодинамические процессы и потоки природных газов, влияющие на формирование геологических структур с залежами углеводородов и аутигенной минерализации / Gas geochemical fields of the World Ocean, geodynamic processes and flows of natural gases affecting the formation of geological structures with hydrocarbon deposits and authigenic mineralization»

*Научный руководитель д.г.-м.н. А.И. Обжиров  
Scientific supervisor Dr. Sci. A.I. Obzhirov*

**8.1. Геологические условия формирования и разрушения газогидратов в Охотском море / Geological Conditions of the Formation and Dissociation of Gas Hydrates in the Sea of Okhotsk**

*д.г.-м.н. А.И. Обжиров, к.г.-м.н. Н.Л. Соколова, к.г.-м.н. Ю.А. Телегин /  
A.I. Obzhirov, N.L. Sokolova, Yu.A. Telegin*

Выполнены газогеохимические исследования в Охотском море, сочетающим в себе весь необходимый набор факторов и геологических условий для реализации процессов формирования/разрушения газовых гидратов. Это развитие достаточно мощных осадочных толщ, содержащих жидкие и газообразные углеводороды, присутствие разрывных нарушений и проявление в регионе периодов сеймотектонических активизаций и стабилизаций. Обоснована важная роль газогидратов, они являются покрывкой, под которой возможно образование газовой залежи. (Обжиров А.И., Соколова Н.Л., Телегин Ю.А. // *Литология и полезные ископаемые*. 2021. № 4. С. 338–348.).

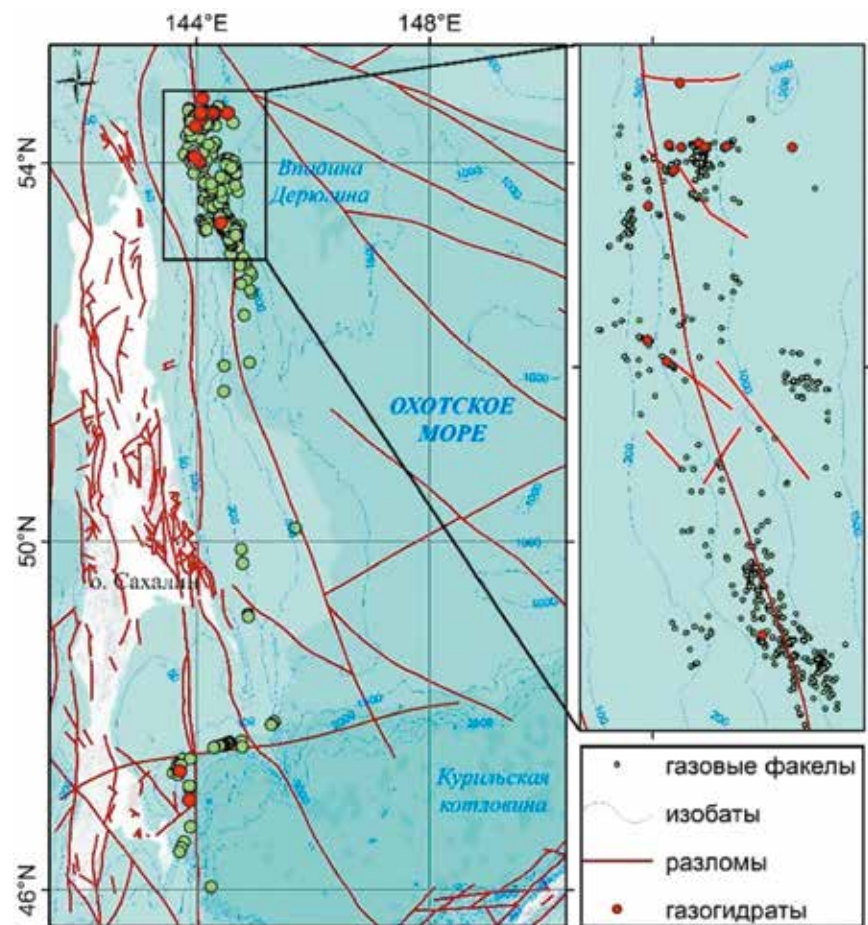


Рис. 8.1. Карта распространения газогидратов и выходов природного газа в Охотском море (слева) и площадь газовой разгрузки на северо-восточном склоне о. Сахалин (справа).

*Fig. 8.1. Map of the distribution of gas hydrates and natural gas flares in the Sea of Okhotsk (left) and the area of gas discharge on the northeastern slope of the island. Sakhalin (right)*

## 8.2. Потоки метана и скопления газогидратов в Охотском море и их экологическое значение / Methane flux and gas hydrate accumulations in the Sea of Okhotsk and their ecological aspects

к.г.-м.н. Н.Л. Соколова, к.г.-м.н. Ю.А. Телегин, д.г.-м.н. А.И. Обжиров /  
N.L. Sokolova, Yu.A. Telegin, A.I. Obzhirov

Исследования субмаринных газогидратов не теряют своей актуальности в связи с перспективой использования их в качестве энергетических ресурсов и возможного поставщика парниковых газов в атмосферу и окружающую природную среду в целом. В работе рассмотрено формирование и разрушение скоплений газогидратов в Охотском море, а также рассмотрены эти процессы с экологической точки зрения. Определены источники природных газов, способствующие формированию газогидратов, что, в свою очередь, является важным при проведении дальнейших расчетов ресурсного потенциала и определения основных направлений и масштабов влияния скоплений газогидратов на окружающую среду (Sokolova N.L., Telegin Yu.A., Obzhirov A.I. // *Vietnam Journal of Earth Sciences*. 2021. 43(3). 273–284.).

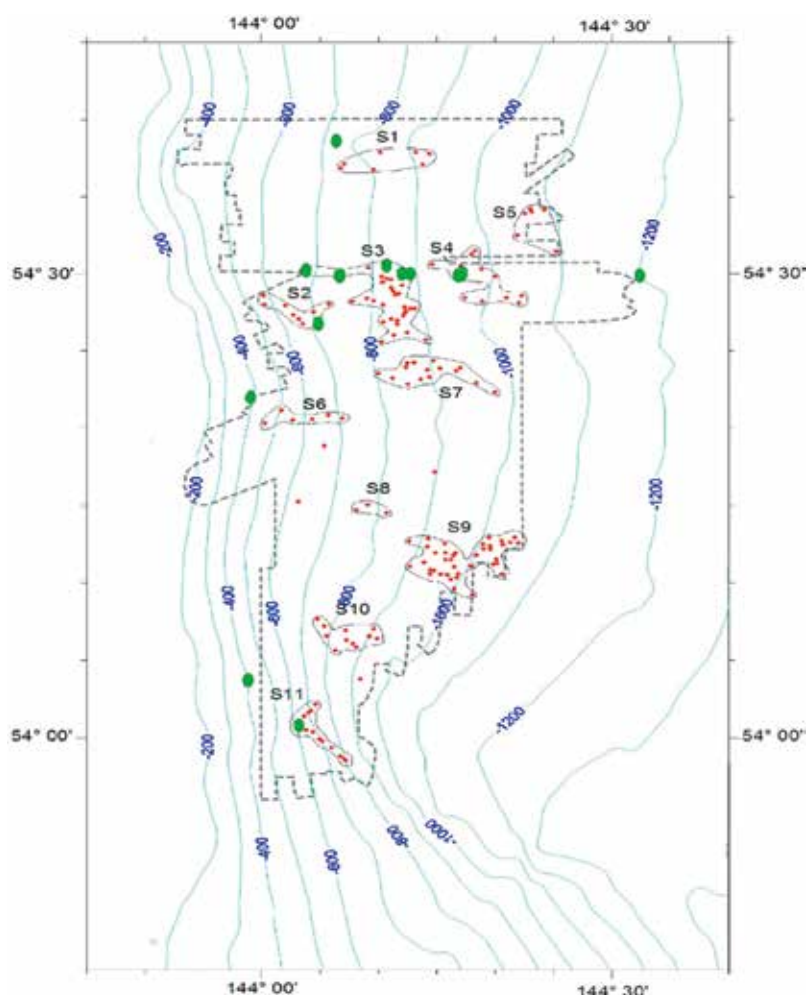


Рис. 8.2. Карта-схема распределения структур с подводной газовой разгрузкой и скоплениями газогидратов в осадке в Охотском море (Operation Report of Sakhalin Slope Gas Hydrate Project 2008. R/V Akademik M.A. Lavrentyev Cruise 44 / Y.K. Jin, H. Shoji, B. Baranov, A. Obzhirov. Korea: Published by Korea Polar Research Institute. 64 p.).

Fig. 8.2. Distribution of submarine gas discharge structures (red diamonds). Green circles – gas-hydrate accumulations. Close numbered lines mark seep fields. The closed dashed line indicates SSS (Side Scan Sonar) mapping area. (Operation Report of Sakhalin Slope Gas Hydrate Project 2008, 2008. R/V Akademik M.A. Lavrentyev Cruise 44 / Y.K. Jin, H. Shoji, B. Baranov and A. Obzhirov. Korea: Published by Korea Polar Research Institute. 64 p.)

### 8.3. Геологические условия формирования газонасыщенности донных отложений осадочных бассейнов юго-восточного сектора Восточно-Сибирского моря / Geological Implications for Gas Saturation of Bottom Sediments in Sedimentary Basins in the Southeastern Sector of the East Siberian Sea

д.г.-м.н. А.И. Гресов, к.г.-м.н. А.В. Яцук / A.I. Gresov, A.V. Yatsuk

Выполнен анализ геолого-структурного строения и потенциальных газоматеринских источников континентальной и акваториальной части Лонгского, Айонского и Пегтымельского осадочных бассейнов юго-восточного сектора Восточно-Сибирского моря (ВСМ). Впервые выделены площади аномальной газонасыщенности осадков по  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , УВГ,  $\text{H}_2$  и  $\text{He}$ , превышающие 5, 0.05 и 0.001, 0.005 и 0.005  $\text{cm}^3/\text{kg}$ , соответственно. Составлены карты распределения газонасыщенности донных осадков. Установлено, что формирование газонасыщенности донных отложений и аномальных газогеохимических полей природных и парниковых газов генетически связано с процессами смешивания газов различных газоматеринских источников, подчиняющихся правилам аддитивности, т.е. путем последовательного накопления миграционных газов. Основными геологическими факторами, влияющими на формирование и распределение газонасыщенности донных отложений, являются история геологического развития, тектоника, магматизм, литологический состав и катагенез осадочных пород, геокриологические условия, угленосность, битуминозность и нефтегазоносность района исследований. (Гресов А.И., Яцук А.В. // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 2. С. 197–215.)

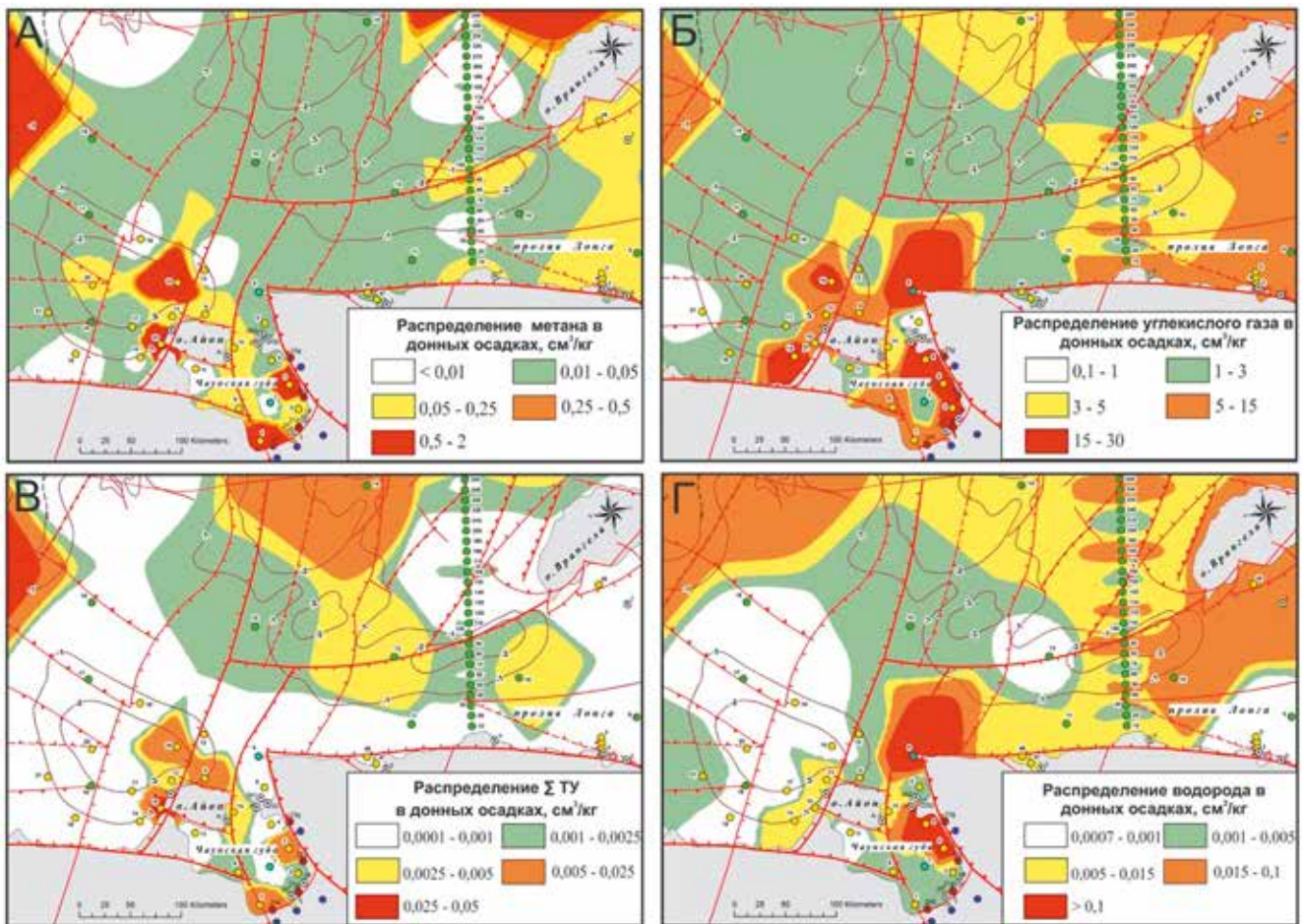


Рис. 8.3. Распределение газонасыщенности донных отложений района исследований: А –  $\text{CH}_4$ , Б –  $\text{CO}_2$ ; В – УВГ, Г –  $\text{H}_2$ .  
 Fig. 8.3. Distribution of gas saturation of bottom sediments in the study area: A –  $\text{CH}_4$ ; B –  $\text{CO}_2$ , C – hydrocarbon gases, D –  $\text{H}_2$ .

#### 8.4. Газогеохимическое районирование донных отложений осадочных бассейнов и геоструктур внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря и Северного Ледовитого океана / Gas geochemical zoning of bottom sediments of sedimentary basins and geostructures of the outer shelf of the East Siberian Sea and the Arctic Ocean

д.г.-м.н. А.И. Гресов, к.г.-м.н. А.В. Яцук, А.К. Окулов /  
A.I. Gresov, A.V. Yatsuk., A.K. Okulov

Впервые для центральной части внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря и Северного Ледовитого океана изучена газонасыщенность донных осадков и изотопно-геохимические показатели газов различных газоматеринских источников. Установлено, что в составе газовой фазы донных осадков доминируют эпигенетические газы подстилающих геологических образований предполагаемых углегазоносных формаций, магматических образований, твердых битумов, конденсатно-газовых, газоконденсатных, нефтегазовых, газонефтяных, нефтяных скоплений и залежей. Установлено, что к первой категории нефтегазоперспективности относятся площади нижней террасы и подножья котловины Подводников, ко второй – северного склона поднятия Лонга и южного крыла Северо-Чукотского бассейна. К малоперспективным площадям относится центральная часть поднятия Лонга и южная часть Северной структурной террасы. (Гресов А.И., Яцук А.В., Окулов А.К. // Разведка и охрана недр. 2021. № 8. С. 19–27; Гресов А.И., Яцук А.В., Сырбу Н.С., Окулов А.К. // Геология нефти и газа. 2021. № 5. С. 107–122.).

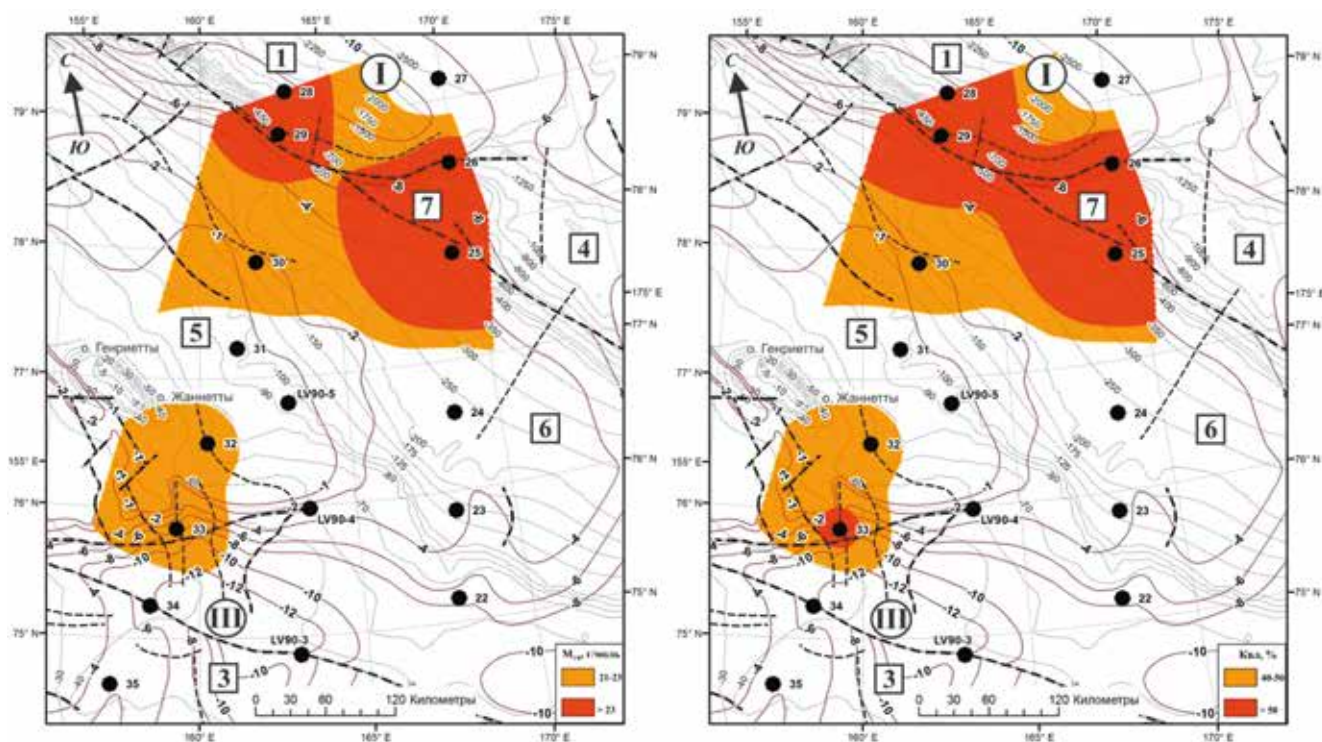


Рис. 8.4. Схематическая карта распределения УВ-газов прогнозных нефтяных и газонефтяных залежей западной и северо-западной части ВСМ и прилегающего сектора СЛО по данным газогеохимических показателей МУВ и Квл. Черные точки – станции исследований. I–III – осадочные бассейны: I – Предвосточносибирский, II – Северо-Чукотский, III – Новосибирский. 1–7 – геоструктуры района исследований.

Fig. 8.4. Schematic map of the distribution of hydrocarbon gas in prediction oil-gas deposits of the Western and North-Western parts of the ESS and the adjacent sector of the Arctic Ocean according to the data of gas geochemical indicators of  $MM_{HC}$  and  $K_{wt}$ . Black dots are research stations. Sedimentary basins: I – Cis-East Siberian, II – North Chukchi, III – Novosibirsk. 1–7 – Geostructures of the study areas

## 8.5. Газогеохимические аномалии углеводородных газов в донных осадках хребта Ломоносова и котловины Подводников Северного Ледовитого океана / Gas-Geochemical Anomalies of Hydrocarbon Gases in the Bottom Sediments of the Lomonosov Ridge and Podvodnikov Basin of the Arctic Ocean

к.г.-м.н. А.В. Яцук, д.г.-м.н. А.И. Гресов, к.г.-м.н. Ю.П. Василенко /  
A.V. Yatsuk, A.I. Gresov, Yu.P. Vasilenko

Получены новые данные о составе углеводородных газов донных осадков Лаптево-Восточносибирской окраинно-шельфовой переходной зоны, континентального склона хребта Ломоносова (ХЛ) и котловины Подводников (КП) Северного Ледовитого океана (СЛО). Определены газогеохимические показатели восьми генетических групп углеводородных газов.

Результаты настоящей работы подтверждают предполагаемые различными исследователями высокие перспективы нефтегазоносности континентального склона и глубоководных структур

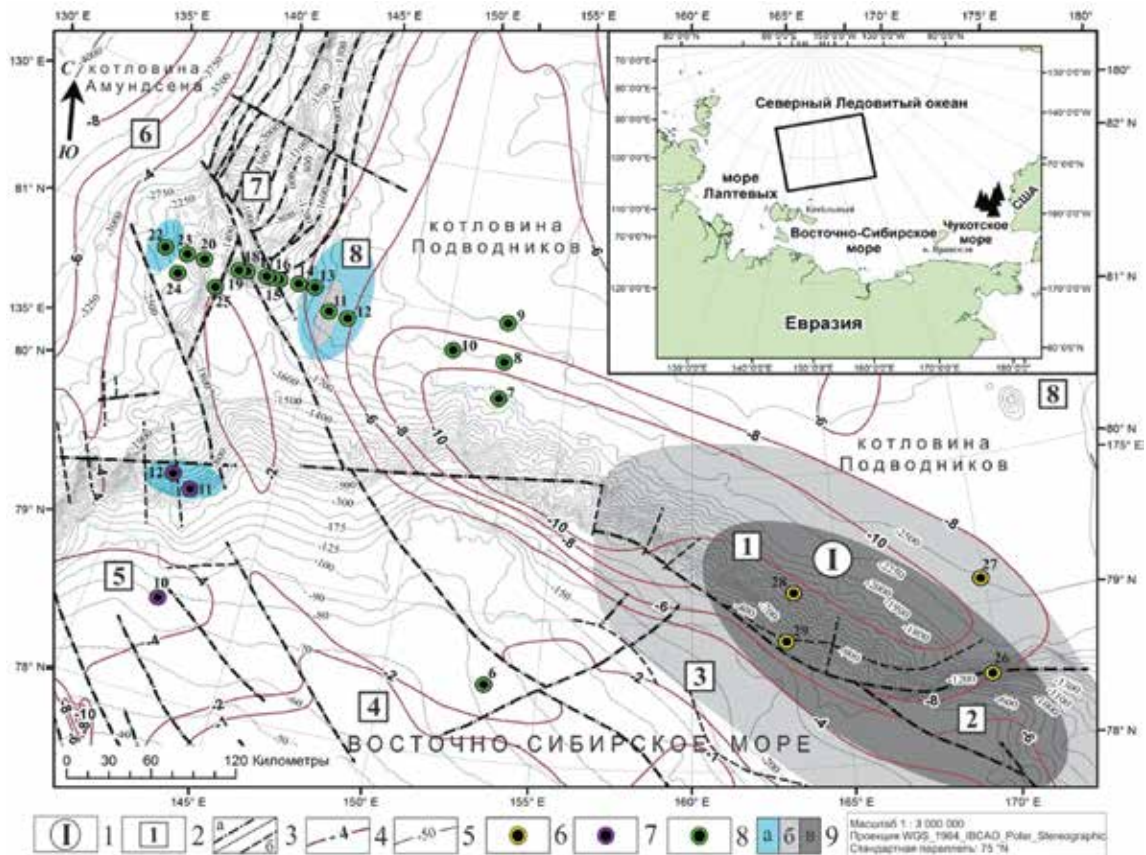


Рис. 8.5. Структурно-тектоническая схема и прогнозная карта газоматеринских источников исследованных акваторий Северного Ледовитого океана и хребта Ломоносова. Цветными зонами показаны площади распространения предполагаемых источников: синий – газогидратных скоплений, серый – газонефтяных и нефтегазовых, темно-серый – нефтяных залежей. 1 – Предвосточносибирский осадочный бассейн. 1 – Прогиб Вилькицкого, 2 – Ломоносово-Менделеевская флексура-разломная зона, 3 – Северная структурная терраса, 4 – поднятие Лонга, 5 – Северо-западная структурная терраса, 6 – Флексура-разломная зона Западного склона хребта Ломоносова, 7 – Центральная часть хребта Ломоносова, 8 – Флексура Восточного склона хребта Ломоносова.

Fig. 8.5. Structural-tectonic scheme and predictive map of gas source of the studied water areas of the Arctic Ocean and the Lomonosov Ridge. The colored zones show the distribution areas of the proposed: blue – gas hydrate accumulations?, gray – gas-oil and oil and gas, dark gray – oil deposits. 1 – Cis-East Siberian sedimentary basin. 1 – Vilkitsky Trough, 2 – Lomonosovo-Mendeleevskaya Flexuro-Fault Zone, 3 – Northern Structural Terrace, 4 – Long Rise, 5 – North-Western Structural Terrace, 6 – Flexur-Fault Zone of the Western Slope of the Lomonosov Ridge, 7 – Central Part of the Lomonosov Ridge, 8 – Flexura of the Eastern Slope of the Lomonosov Range



СЛО. Наиболее высокой нефтегазоперспективностью, исходя из полученных результатов, характеризуются котловина Подводников и центральная часть хребта Ломоносова. В исследованных акваториях необходимо проведение дополнительных комплексных поисковых газогеохимических работ. (Яцук А.В., Гресов А.И., Сергиенко В.И., Василенко Ю.П., Швалов Д.А. // Доклады Академии наук. 2021. Т. 501, № 2. С. 99–105.)

### 8.6. Распределение потоков метана на границе вода-атмосфера в различных районах Мирового океана / Distribution of methane fluxes on the water-atmosphere interface in different regions of the World Ocean

к.г.н. Г.И. Мишукова, к.г.-м.н. А.В. Яцук, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров /  
G.I. Mishukova, A.V. Yatsuk, R.B. Shakirov

Были рассчитаны потоки метана на границе раздела вода-атмосфера для 1100 точек отбора морской воды от порта Тяньцзинь до Калининграда (рейс АБП-42). Установлена сильная изменчивость потоков метана: от сильного стока (-6,7 моль/(км<sup>2</sup>·сут)) – восточная часть Атлантического океана, до аномальной интенсивности (87.3 моль/(км<sup>2</sup>·сут)) – мелководная область Индийского океана после прохождения Малаккского пролива. Около 2/3 длины профиля занимают зоны эмиссии метана умеренной интенсивности до 4 моль/(км<sup>2</sup>·сут). Локальные зоны эмиссии средней, высокой, очень высокой интенсивности регистрируются в глубоководных районах Южно-Китайского, Красного,

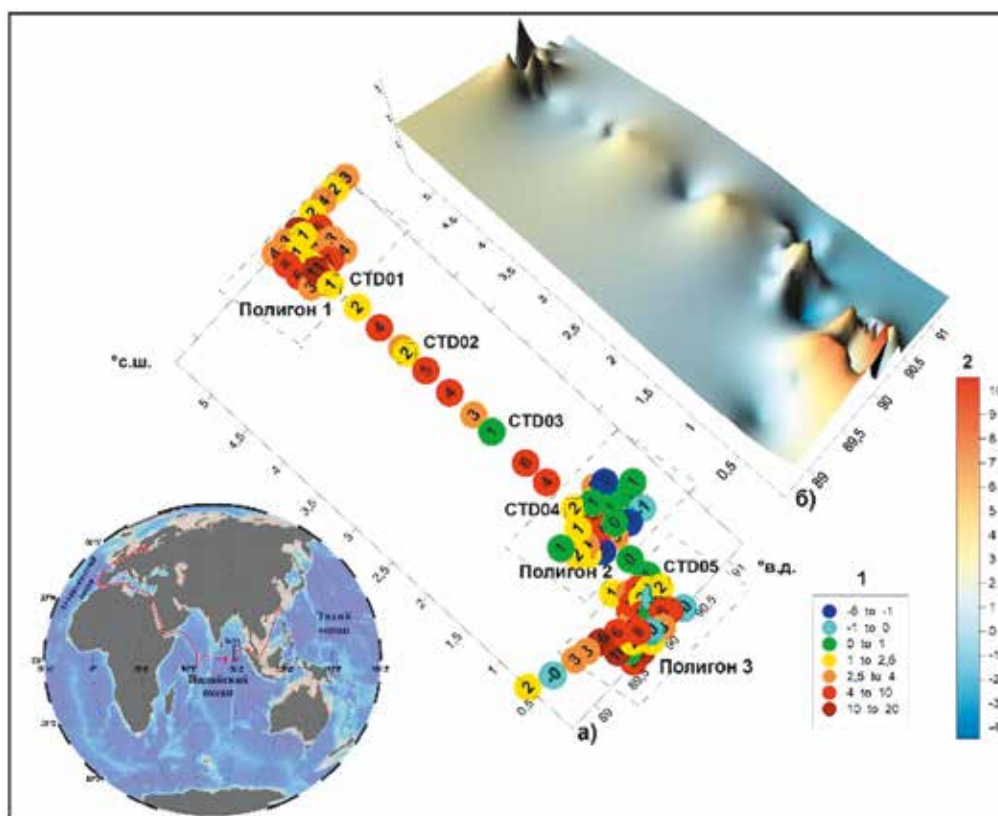


Рис. 8.6. Распределение потоков метана (моль/(км<sup>2</sup>·сут)) в районе Восточно-Индийского хребта (90° в.д.) Индийского океана. 1 – шкала потоков для (а); 2 – шкала потоков для (б), величина потоков показана цветом и цифрами. Ромбиками обозначено положение STD станций. На врезке маршрут экспедиционного судна и район детального исследования (ВИХ).

Fig. 8.6. Distribution of methane fluxes (mol/(km<sup>2</sup>·day)) in the East Indian Ridge (90° E) of the Indian Ocean. 1 – flux scale for (a); 2 – flux scale for (b), the value of the flux is shown in color and numbers. Rhombic indicate the position of CTD stations. On the sidebar is the route of the expedition vessel and the area of detailed study (East Indian Ridge)

Средиземного морей, в открытых водах Индийского и Атлантического океанов. Локальные районы поглощения метана из атмосферы обнаружены в Южно-Китайском, Средиземном, Северном, Балтийском морях, на акватории Индийского океана. Отдельные кратковременные повышения концентрации метана в поверхностном слое морской воды и распределение содержаний метана в водной толще, вероятно, являются следствием движения водных масс, влияния биохимических процессов и поступления метана из локальных литосферных источников, предположительно природного происхождения (активные подводные геологические объекты). (Мишукова Г.И., Яцук А.В., Шакиров Р.Б. // *Геосистемы переходных зон*. 2021. Т. 5, № 3. С. 240–254.).

### 8.7. Потоки метана на границе вода-атмосфера и газогеохимические аномалии в донных отложениях северо-западной части Японского моря / Methane Fluxes on the Water-Atmosphere Interface and Gas-geochemical Anomalies in the Bottom Sediments in the Northwestern Part of the Sea of Japan

к.г.н. Г.И. Мишукова, к.г.-м.н. А.В. Яцук, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, к.г.-м.н. Н.С. Сырбу и др. / G.I. Mishukova, A.V. Yatsuk, R.B. Shakirov, N.S. Syrbu et al.

Детализация особенностей пересыщения поверхностных вод метаном, относительно его равновесных содержаний в атмосфере, возникновение аномалий метана в поверхностном слое морской воды и в осадочной толще на полигонах в Японском море показала, что изучаемая акватория является районом устойчивой эмиссии метана в атмосферу (подтверждено настоящими и предыдущими исследованиями). На большом количестве проб показано, что при общих невысоких значениях потока метана отчетливо выделяются локальные участки с повышенными

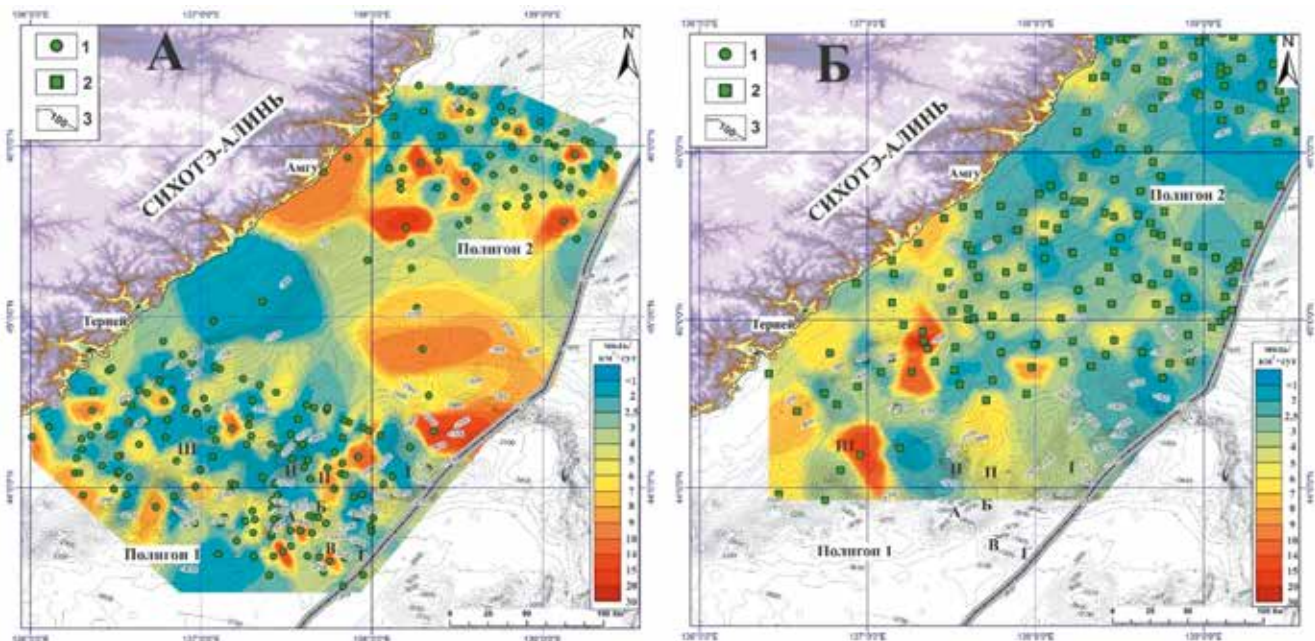


Рис. 8.7. Карты распределения потоков метана на границе вода-атмосфера на акватории северо-западной части Японского моря, на основании рейсов НИС «Академик М.А. Лаврентьев»: (А) LV81, май 2018 г.; (Б) LV85, май-июнь 2019 г. Условные обозначения: 1 – станции отбора проб воды, LV81; 2 – станции отбора проб воды, LV85; 3 – изобаты. Подводные возвышенности: I – Витязя, II – Алпатова, III – Лаврентьева. Вулканические постройки (горы): А – Ольга, Б – Владимира, В – Брат-1, Г – Брат-2.

Fig. 8.7. Maps of methane flux distribution on the water-atmosphere interface in the water area of the northwestern part of the Sea of Japan (for cruises of R/V "Akademik M.A. Lavrentiev"): (A) LV81, May 2018; (B) LV85, May-June 2019. Legend: 1 – water sampling stations, LV81; 2 – water sampling stations, LV85; 3 – isobaths; Underwater heights: I – Vityaz, II – Alpatov, III – Lavrentiev. Volcanic structures (mountains): A – Olga, B – Vladimir, C – Brat-1 and D – Brat-2

---

значениями. Локальные зоны повышенных значений потоков метана (более 4 моль/(км<sup>2</sup>×сут), вероятно, обусловлены особенностями газоактивности осадочной толщи и тектоническим строением дна. Источниками обнаруженных газогеохимических аномалий в донных осадках района могут быть газогенерирующие осадочные толщи, метаморфогенные и магматические газы, характеризующие современную тектоническую активность района исследований. Индикаторами активных подводных источников является компонентный состав углеводородных газов и специфические бактериальные сообщества. (Мишукова Г.И., Яцук А.В., Шакиров Р.Б., Сырбу Н.С., Валитов М.Г., Пономарева А.Л., Мишукова О.В. // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 12. С. 1686–1704.).

#### **8.8. Особенности аномальных газогеохимических полей в Восточно-Дерюгинском грабене Охотского моря / Peculiarities of anomalous gas geochemical fields in the East Deryuginsky graben of the Sea of Okhotsk**

*д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, А.Л. Веникова, к.г.-м.н. Н.Л. Соколова,  
д.г.-м.н. А.И. Обжиров, к.г.-м.н. Е.В. Мальцева /  
R.B. Shakirov, A.L. Venikova, N.L. Sokolova,  
A.I. Obzhirov, E.V. Maltceva*

В донных отложениях Восточно-Дерюгинского грабена обнаружены метан и его гомологи – этилен, этан, пропилен, пропан. Наблюдается общая закономерность возрастания концентраций метана вниз по разрезу с различным градиентом, отражающим газонасыщенность осадков. Наибольший градиент обнаружен в зонах разломов. В отдельные аномальные зоны можно выделить участок «баритовых холмов» в северо-восточной части впадины Дерюгина, Кашеваровский прогиб, желоб Макарова и участок на склоне Курильской котловины. Все они демонстрируют потоки миграционных газов. В Восточно-Дерюгинском грабене Охотского моря находится уникальный выход метана, пространственно приуроченный к зоне локальной аутигенной барит-карбонатной минерализации. Изучаемый участок расположен в пределах района, в котором существуют геолого-тектонические условия, создающие возможность в основном газовой реализации органического вещества осадочных пород и восходящей миграции флюида вдоль глубинной зоны проницаемости (Шакиров Р.Б., Веникова А.Л., Соколова Н.Л., Обжиров А.И., Веселов О.В., Мальцева Е.В., Кузиев Ф.В., Лексин В.К. // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 3. С. 229–239.).

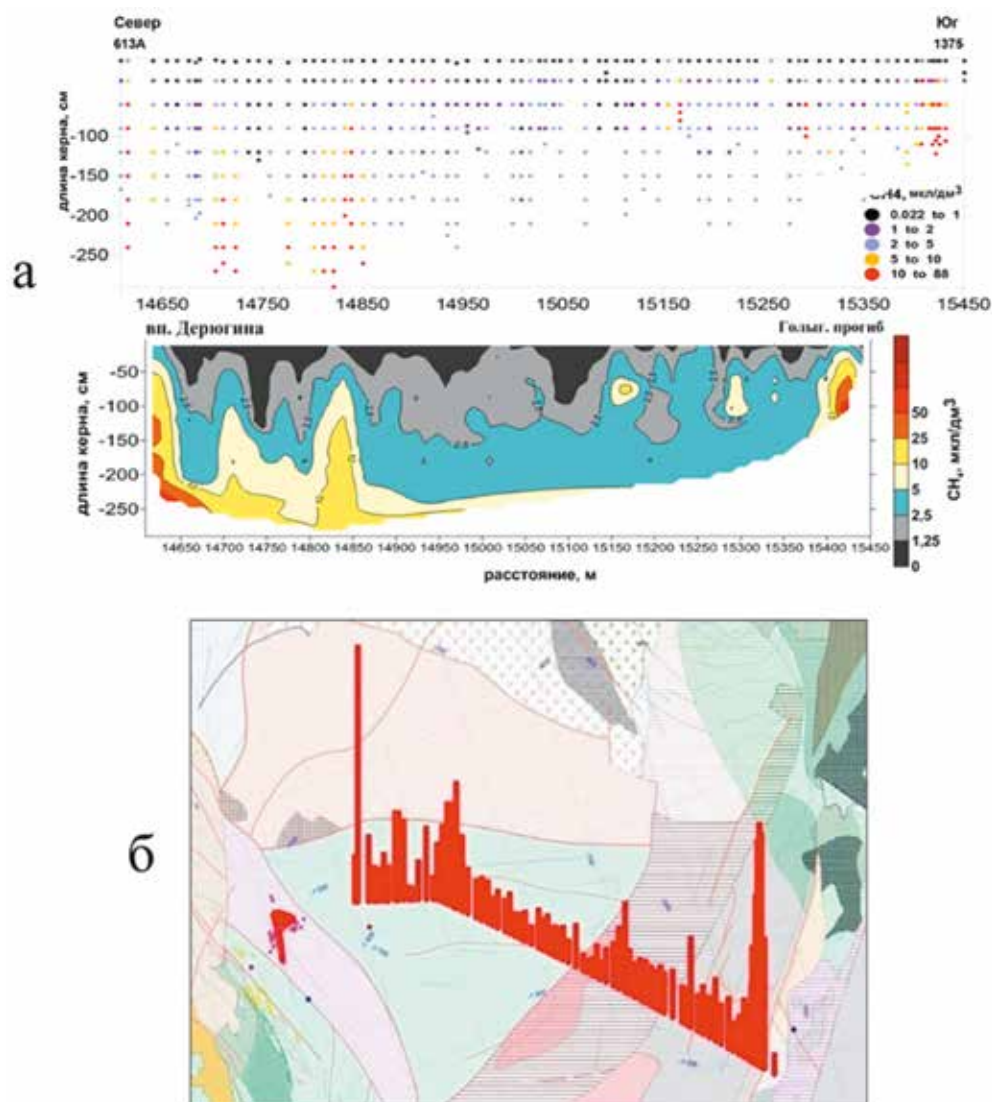


Рис. 8.8. Распределение метана ( $\mu\text{л}/\text{дм}^3$ ) в осадках Охотского моря по профилю 1-ОМ, 2009 г., (а), градациями желтого и красного показаны «слепые» аномальные геохимические поля метана; (б) Столбчатые диаграммы содержания метана в осадках построены по логарифмической шкале. Красный полигон – залежь газогидратов; розовые и синие точки – газовые «факелы»; розовые овалы – локальные структуры; желтые – нефтегазовые месторождения; красные линии – разломные зоны (фрагмент тектонической карты районирования Охотоморской нефтегазоносной провинции. Харахинов В.В., 1998).

*Fig. 8.8. Methane distribution ( $\mu\text{l}/\text{dm}^3$ ) in the sediments of the Sea of Okhotsk along the 1-OM profile, 2009 (a) Yellow and red gradations show “blind” anomalous geochemical methane fields; (b) Bar graphs of methane content in precipitation plotted on a logarithmic scale. Red polygon – gas hydrate deposit; pink and blue dots – gas “torches”; pink ovals – local structures; yellow – oil and gas fields; red lines are fault zones. (Fragment of the tectonic map of the zoning of the Okhotsk oil and gas province by V.V. Kharakhinov, 1998)*

Тема «Разработка и внедрение перспективных методов исследования состояния окружающей среды и её ресурсного потенциала в условиях активизации промышленного развития России в Дальневосточном и Арктическом регионах / Development and implementation of promising methods for studying the state of the environment and its resource potential, in the context of intensifying the industrial development of Russia in the Far Eastern and Arctic regions»

Научный руководитель к.г.-м.н. А.Н. Чаркин  
Scientific supervisor Phd. A.N. Charkin

9.1. Геологические исследования верхней осадочной толщи чаунской губы в 60-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Опарин» / Geological Studies of the Upper Sedimentary Strata of Chaun Bay during Cruise 60 of the R/V Akademik Oparin

к.г.-м.н. А.Н. Чаркин, А.Е. Леусов, к.г.н. П.Ю. Семкин /  
A.N. Charkin, A.E. Leusov, P. Yu. Semkin

Проведены комплексные геологические исследования в губе Чаунская, Восточно-Сибирское море. Зафиксированное в экспедиции морфологическое разнообразие железо-марганцевых корок (ст. 42, 43, 58, 59, 67, 69) наряду с их различной зрелостью и пестрым пространственным распределением свидетельствует об активном протекании на дне Чаунской губы процессов рудогенеза.

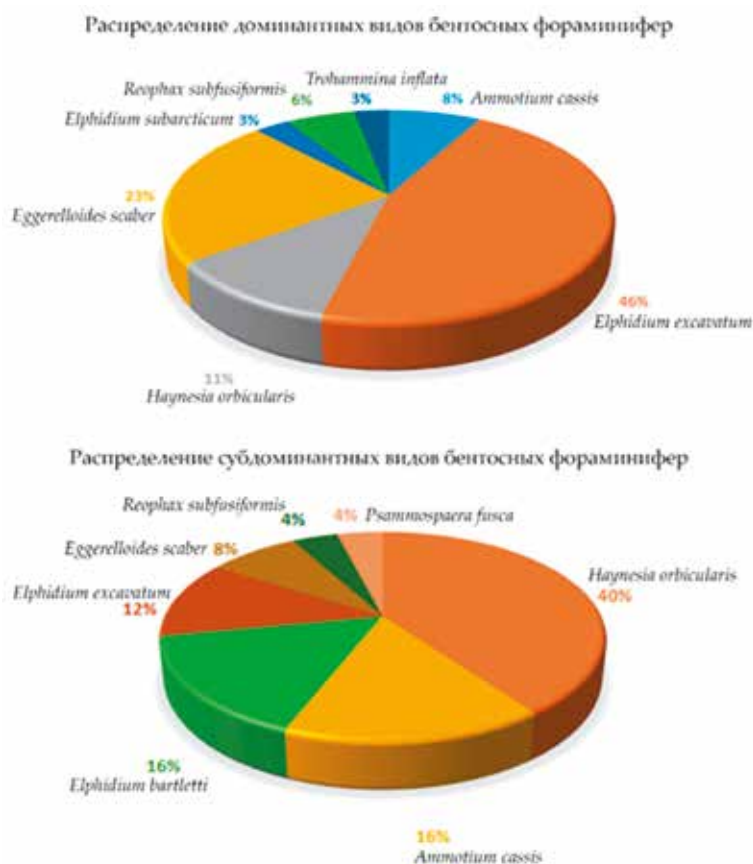


Рис. 9.1. Процентное распределение доминантных и субдоминантных видов в Чаунской губе.

Fig. 9.1. Percentage distribution of dominant and subdominant species in Chaunskaya Bay

По данным фораминиферового анализа был выделен 41 вид бентосных фораминифер, из которых 19 видов обладают агглютинированным скелетом, остальные – секреционно-известковым. Наибольшая встречаемость и численность фауны бентосных фораминифер наблюдается в устьевой и кутовой частях Чаунской губы, а также у берегов мыса Наглойнын и в проливе Певек. Видовое разнообразие варьируется от 3 до 12 видов в пробе (Рис. 1). Основная масса видов бентосных фораминифер представлена арктической и атлантической фауной, однако обнаружены и тихоокеанские представители. (*Ulyantsev A.S., Charkin A.N., Syomin V.L., Kireenko L.A., Botsul S.A., Leusov A.E., Semkin P. Yu., Kukla S.P. // Oceanology. 2021. V. 61, No. 4. P. 584–585.*)

## 9.2. Распределение атмосферной газообразной элементарной ртути (Hg (0)) от Японского моря до Арктики и потоков уклонения Hg (0) в морях Восточной Арктики / Distribution of atmospheric gaseous elemental mercury (Hg (0)) from the Sea of Japan to the Arctic, and Hg (0) evasion fluxes in the Eastern Arctic Seas

к.г.-м.н. В.В. Калинин, Е.А. Лопатников, д.г.-м.н. А.С. Астахов, М.В. Иванов /  
*V.V. Kalinchuk, E.A. Lopatnikov, A.S. Astakhov, M.V. Ivanov*

Осенью 2018 г. в северо-западной части Тихого океана и в Восточно-Арктических морях проведены непрерывные измерения концентраций газообразной элементарной ртути (Hg(0)) в морском пограничном слое атмосферы. Концентрации Hg(0) в воздухе изменялись в диапазоне 1,02–2,50 нг/м<sup>3</sup> ( $1,45 \pm 0,12$  нг/м<sup>3</sup>; n = 2518). Значения в дальневосточных морях были ниже по сравнению с предыдущими наблюдениями. Анализ взвешенных по концентрациям обратных траекторий движения воздушных масс выявил три региона-источника, оказывавших влияние на концентрацию Hg(0) в воздухе: 1) северо-восток Китая и регион Желтого моря; 2) Курило-Камчатский район Тихого

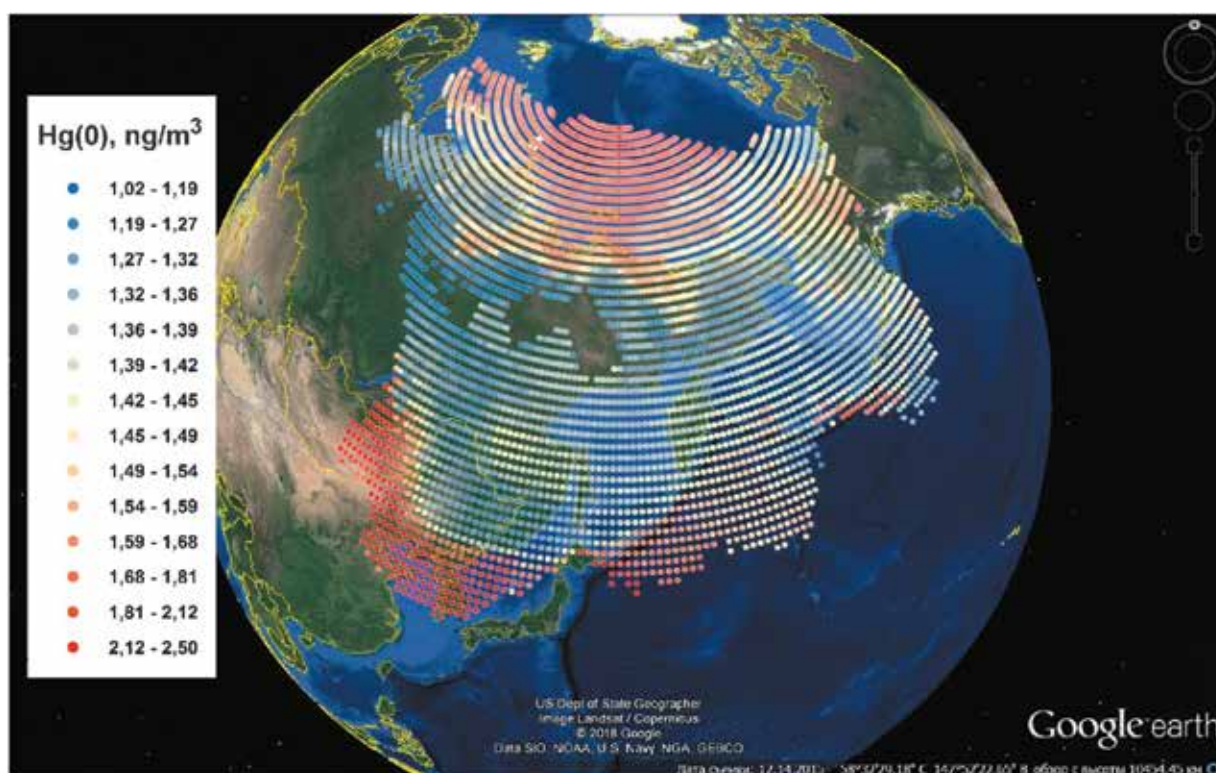


Рис. 9.2. Значения по сетке (1° × 1°) обратных траекторий движения воздушных масс, взвешенных по концентрациям Hg(0).

*Fig. 9.2. Grid (1° × 1°) values of back trajectories of air masses weighted*

---

океана и район Командорских и Алеутских островов; 3) Арктический регион. В Арктике потоки Hg(0) из моря в атмосферу были на тех же низких уровнях, которые наблюдались ранее в районах северных морей (0,28–1,35 нг/м<sup>2</sup>/ч, в среднем, 0,70 ± 0,26 нг/м<sup>2</sup>/ч, N = 29). В морях Восточной Арктики потоки Hg(0) в значительной степени зависели от речного стока. В Северном Ледовитом океане они отрицательно коррелировали с температурой воды и положительно коррелировали с соленостью. Наши результаты согласуются с гипотезой о том, что Северный Ледовитый океан является источником атмосферной Hg(0) в конце лета и осенью. (*Kalinchuk V.V., Lopatnikov E.A., Astakhov A.S., Ivanov M.V., Hu L. // Science of the Total Environment. 2021. V. 753. P. 142003.*)

---

**Тема «Технологии дистанционного зондирования Земли и наземных измерительных систем в комплексных исследованиях динамических явлений в океане и атмосфере / Technologies remote sensing of the Earth and ground-based measuring systems in complex studies of dynamic phenomena in the ocean and atmosphere»**

**Научные руководители: к.ф.-м.н. П.А. Салюк, д.ф.-м.н. М.С. Пермяков**  
**Scientific supervisors: Ph.D. P.A. Salyuk., Dr. of Sci. M.S. Permyakov**

**10.1. Ледяной шторм в Приморье 18–19 ноября 2020 г. / Ice storm in Primorye November 18–19, 2020**

*к.г.н. И.А. Гурвич, к.г.н. М.К. Пичугин, А.В. Баранюк, Е.С. Хазанова / I.A. Gurvich, M.K. Pichugin, A.V. Baranyuk, E.S. Khazanova*

Выполнен комплексный анализ катастрофического погодного явления, зарегистрированного в Приморском крае 18–19 ноября 2020 г., определяемого как «ледяной шторм». Применялись в комплексе контактные измерения, мультисенсорное спутниковое зондирование и реанализы высокого разрешения. Пространственное распределение зон осадков, оценки их количества и интенсивности получены из измерений многоканального микроволнового радиометра GMI (Microwave Imager) и радиолокатора DPR (Dual-frequency Precipitation Radar) со спутника GPM (The Global Precipitation Measurement). По данным реанализов ERA5 и ERA5-Land Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF) установлено, что осадки формировались в нижней тропосфере при положительных температурах воздуха. Сравнение с имеющимися фактическими измерениями показало репрезентативность полученных модельных данных. Применение существующих методов идентификации к конкретному случаю позволило выделить области с благоприятными для ледяного дождя условиями общей площадью ~ 89000 км<sup>2</sup>. В зону благоприятных условий попали более 70% метеостанций в Приморье с сообщениями о ледяном дожде и гололёде. Предполагается, что использование спутниковых измерений совместно с данными реанализов высокого разрешения значительно расширит возможности климатологических исследований ледяных дождей. (*Гурвич И.А., Пичугин М.К., Баранюк А.В., Хазанова Е.С. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 6. С. 241–252.*)

**10.2. Анализ многоугловых поляризационных измерений спутникового радиометра PARASOL над оптически сложными водами Бохайского залива / Analysis of multi-angle polarization measurements of the PARASOL satellite radiometer over the optically complex waters of the Bohai Bay**

*к.ф.-м.н. П.А. Салюк, И.Е. Стёпочкин, к.ф.-м.н. К.А. Шмирко, к.ф.-м.н. И.А. Голик / P.A. Salyuk, I.E. Stepochkin, K.A. Shmirko, I.A. Golik*

Проанализированы особенности использования многоугловых поляризационных измерений спутникового радиометра PARASOL для изучения характеристик атмосферного аэрозоля над оптически сложными водами Бохайского залива при различных состояниях атмосферы и различном оптическом типе подстилающей морской толщи во временной период  $\pm 6$  дней около пылевой бури, распространившейся над Жёлтым морем 1–2 марта 2008 г. Рассчитанные значения степеней поляризации при фазовых углах около 90° имели тенденцию к увеличению по мере уменьшения размера атмосферных частиц при переходе от состояния сплошной облачности к пылевой буре



и к атмосферной водной дымке. В случае чистой атмосферы существенное влияние на получаемые результаты оказывал речной сток, который уменьшал степень поляризации излучения за счёт многократного рассеяния на взвешенных частицах в морской толще. Использование многоволновых поляризационных измерений позволяет анализировать такие сложные для интерпретации ситуации, как пыль в облаках или детектирование пылевых бурь над речным выносом. (Салюк П.А., Стёпочкин И.Е., Шмирко К.А., Голик И.А. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18, № 5. С. 255–265.).

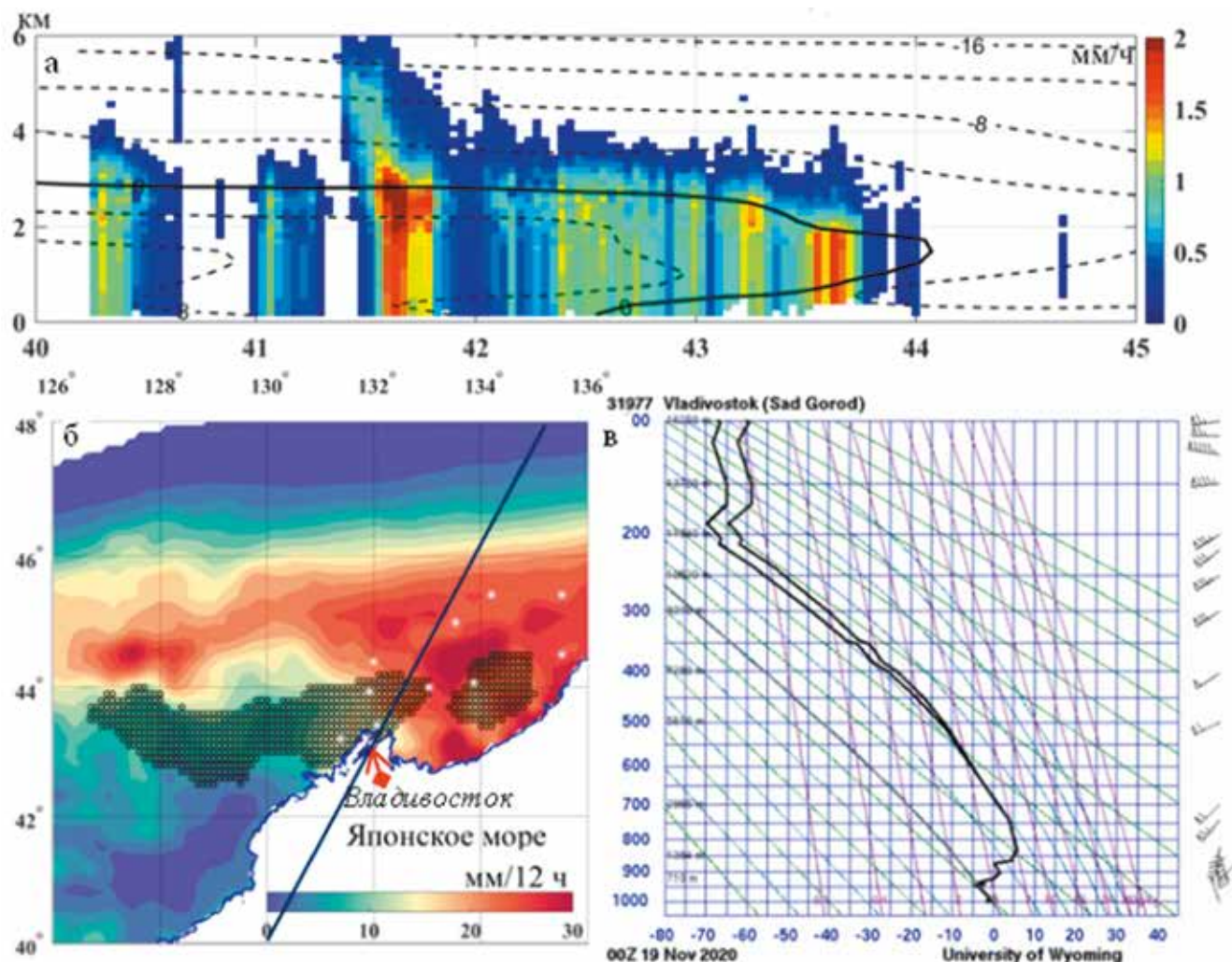


Рис. 10.1. Вертикальный профиль температуры воздуха и интенсивности осадков по данным реанализа ERA5 (а) в 12:00 GMT 18 ноября 2020 г.; сумма осадков за 12 ч (21:00 GMT 18 ноября – 09:00 GMT 19 ноября) по реанализу ERA5-Land (б); аэрологическая диаграмма по данным радиозондирования атмосферы на аэрологической станции «Садгород» (Владивосток) в 00:00 GMT 19 ноября 2020 г. (в). Черными кружочками на (а) обозначены области, где условия формирования ледяного дождя выполнялись более 6 ч, белыми точками нанесены метеостанции, где регистрировался ледяной дождь и гололедные явления, вертикальное сечение (а) показано синей линией на фрагменте (б) рисунка.

*Fig. 10.1. Vertical profile of air temperature and precipitation intensity from ERA5 reanalysis data (a) at 12:00 GMT on November 18, 2020; total precipitation for 12 hours (21:00 GMT November 18–09:00 GMT November 19) from ERA5-Land reanalysis (b); aerological diagram based on atmospheric radio sounding data at the Sadgorod aerological station (Vladivostok) at 00:00 GMT on November 19, 2020 (c). The black circles in (a) indicate the areas where the conditions for the formation of freezing rain were fulfilled for more than 6 hours, the white dots indicate the weather stations where freezing rain and ice events were recorded; the vertical section (a) is shown by the blue line in the fragment (b) of the figure*

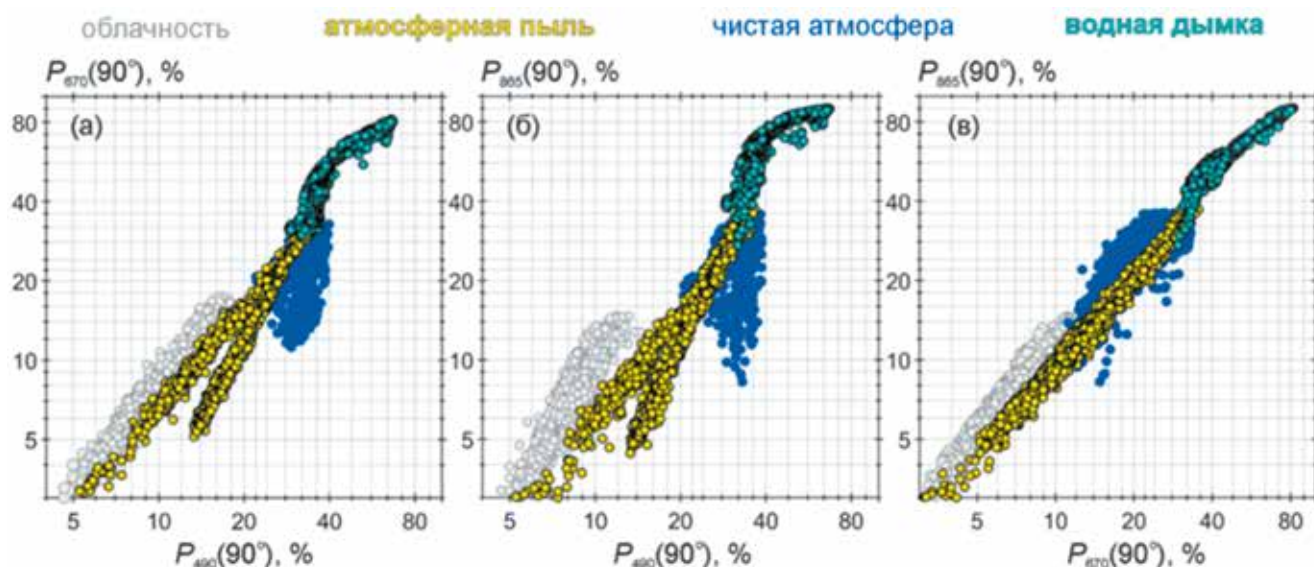


Рис. 10.2. Единые диаграммы рассеяния степени поляризации  $P_{\lambda}(90^{\circ})$  для трёх комбинаций длин волн (490, 670 и 865 нм) при различных состояниях атмосферы и для различного оптического типа морской толщи Бохайского залива: серый цвет – сплошная облачность; жёлтый – пыль и водяные облака с пылью; синий – чистая атмосфера над морской поверхностью с речным выносом и без влияния реки; голубой – атмосферная водяная дымка.

Fig. 10.2. Unified scatterplots of the degree of polarization  $P_{\lambda}(90^{\circ})$  for three combinations of wavelengths (490, 670, and 865 nm) at different atmospheric conditions and for different optical types of the marine strata of the Bohai Bay: gray color – overcast; yellow – dust and water clouds with dust; blue – clean atmosphere above the sea surface with river drift and no river influence; light blue – atmospheric water haze

### 10.3. Внезапное стратосферное потепление в январе 2021 года по микроволновым измерениям со спутника «Метеор-М» № 2-2 / Streltsov Microwave radiometer MTVZA-GY on new Russian satellite Meteor-M No 2-2 and sudden stratospheric warming over Antarctica

д.ф.-м.н. Л.М. Митник, В.П. Кулешов, к.ф.-м.н. М.Л. Митник /  
L.M. Mitnik, V.P. Kuleshov, M.L. Mitnik

Обнаружено внезапное стратосферное потепление (ВСП) над Северным полушарием по результатам обработки измерений в диапазоне частот 52–57 ГГц, выполненных многоканальным микроволновым (МВ) радиометром MTVZA-GY с метеорологического спутника «Метеор-М» № 2–2. Исследована пространственно-временная эволюция температуры различных слоев стратосферы от возникновения (декабрь 2020 г.) до максимального развития и диссипации ВСП (конец января 2021 г.). До потепления 25 декабря температура на высотах от 15 до 35 км составляла 180–240 К и в полях яркостной температуры Тя (каналы О5-О8) отчетливо выделялся холодный полярный вихрь (см. рис.). 5 января яркостная температура стратосферы, включая область над Северным полюсом, увеличилась (Митник и др., 2021). Возросла и минимальная температура в области вихря. 15 января разница между максимальными и минимальными значениями Тя во всех слоях стратосферы заметно снизилась. ВСП вызвало ярко выраженные аномалии погоды в Северной Америке, Азии и Европе. (Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18, № 3. С. 139–148; Mitnik L.M., Kuleshov V.P., Mitnik M.L., Chernyavski G.M., Cherny I.V., Streltsov A.M. // *IEEE Journal of Selected Topics of Applied Remote Sensing*. 2021. V. 15. P. 820–830.).

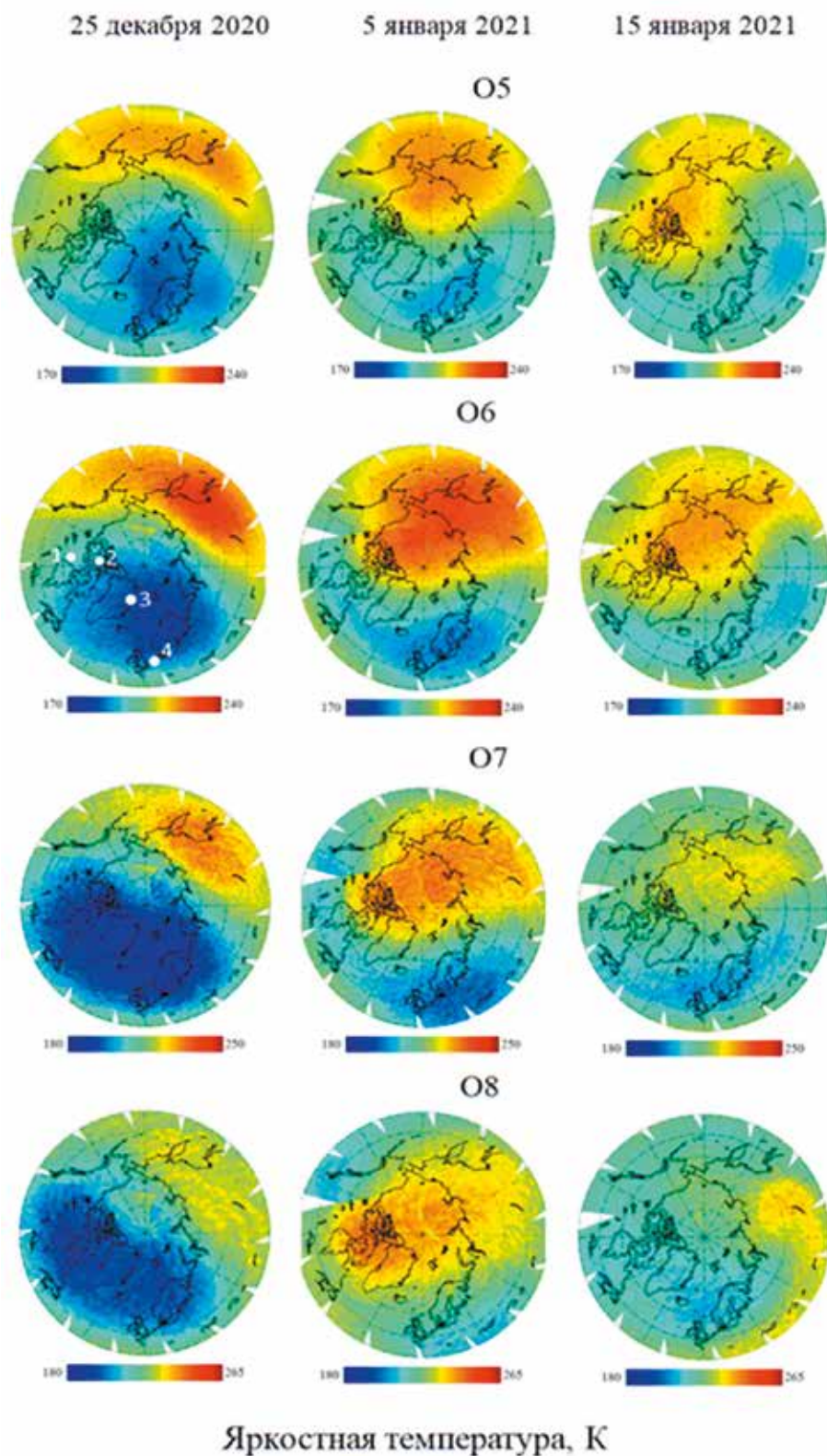


Рис. 10.3.1. Изменчивость яркостной температуры над областью к северу от 40° с.ш. до и во время внезапного потепления стратосферы по данным радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника «Метеор-М» № 2-2.

*Fig. 10.3.1. Brightness temperature variability over the area north of 40°N. before and during the sudden warming of the stratosphere according to the data of the MTVZA-GYa radiometer from the Meteor-M satellite No. 2-2*

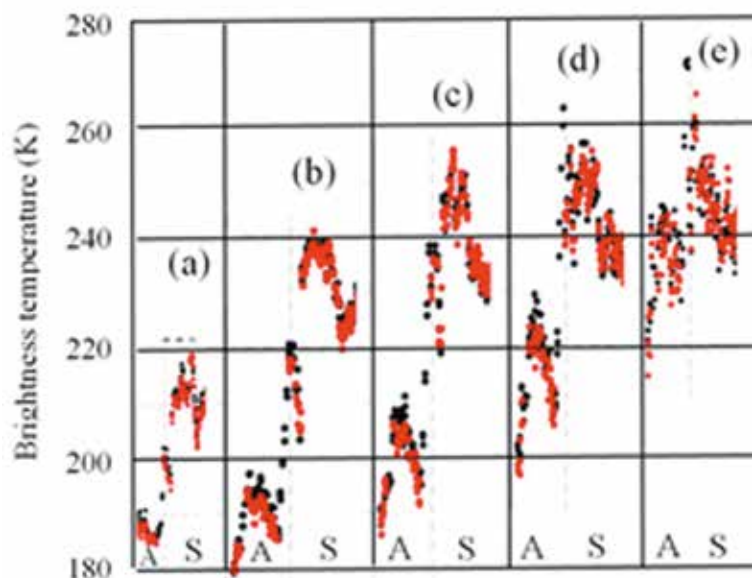


Рис. 10.3.2. Временные ряды яркостных температур температурных каналов O5 (а), O6 (б), O7 (в), O8 (г), O9 (е) и O10 (ф), измеренные MTVZA-GY над районом станции Concordia (Антарктида) с 6 августа по 30 сентября 2019 г. на восходящих (красные точки) и нисходящих (темные точки) орбитах. А – август, S – сентябрь.

*Fig. 10.3.2. Time series of brightness temperatures of temperature channels O5 (a), O6 (b), O7 (c), O8 (d), O9 (e) and O10 (f) measured by MTVZA-GY over the area of Concordia station (Antarctica) from August 6 to September 30, 2019 in ascending (red dots) and descending (dark dots) orbits. A – August, S – September*

#### **10.4. Анализ гидробиологических и гидрооптических характеристик в субмезомасштабных вихрях в заливе Петра Великого с помощью одновременных in-situ и дистанционных измерений / Analysis of hydrobiological and hydrooptical characteristics in submesoscale eddies in Peter the Great Bay using simultaneous in-situ and remote sensing measurements**

*Н.А. Липинская, к.ф.-м.н. П.А. Салюк / N.A. Lipinskaya, P.A. Salyuk*

Выполнен анализ гидробиологических и гидрооптических характеристик в субмезомасштабных вихрях в зал. Петра Великого как процессов, оказывающих влияние на стратификацию оптически-активных компонентов в верхнем слое моря и значения коэффициентов яркости моря. Показано, что вихри характеризуются пониженной соленостью и повышенным содержанием окрашенного растворенного органического вещества (ОРОВ), что может быть обусловлено вовлечением вод р. Туманной. В дистанционных данных наибольший контраст вихря относительно прилегающих вод достигается на длине волны 412 нм за счет влияния поглощения света ОРОВ. Контраст проявления вихря заметен и в дистанционных определениях концентрации Chl-a. Глубина основной части вихря составила 5–7 метров и полностью находилась в зоне, наблюдаемой со спутника в видимом спектральном диапазоне. Результат может быть использован для дистанционного детектирования субмезомасштабных вихрей, которые могут переносить воды р. Туманной в акватории Дальневосточного заповедника, районы выращивания аквакультуры и рекреационные зоны Хасанского района Приморского края. (Липинская Н.А., Салюк П.А. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. Т. 14, № 3. С. 111–121.).

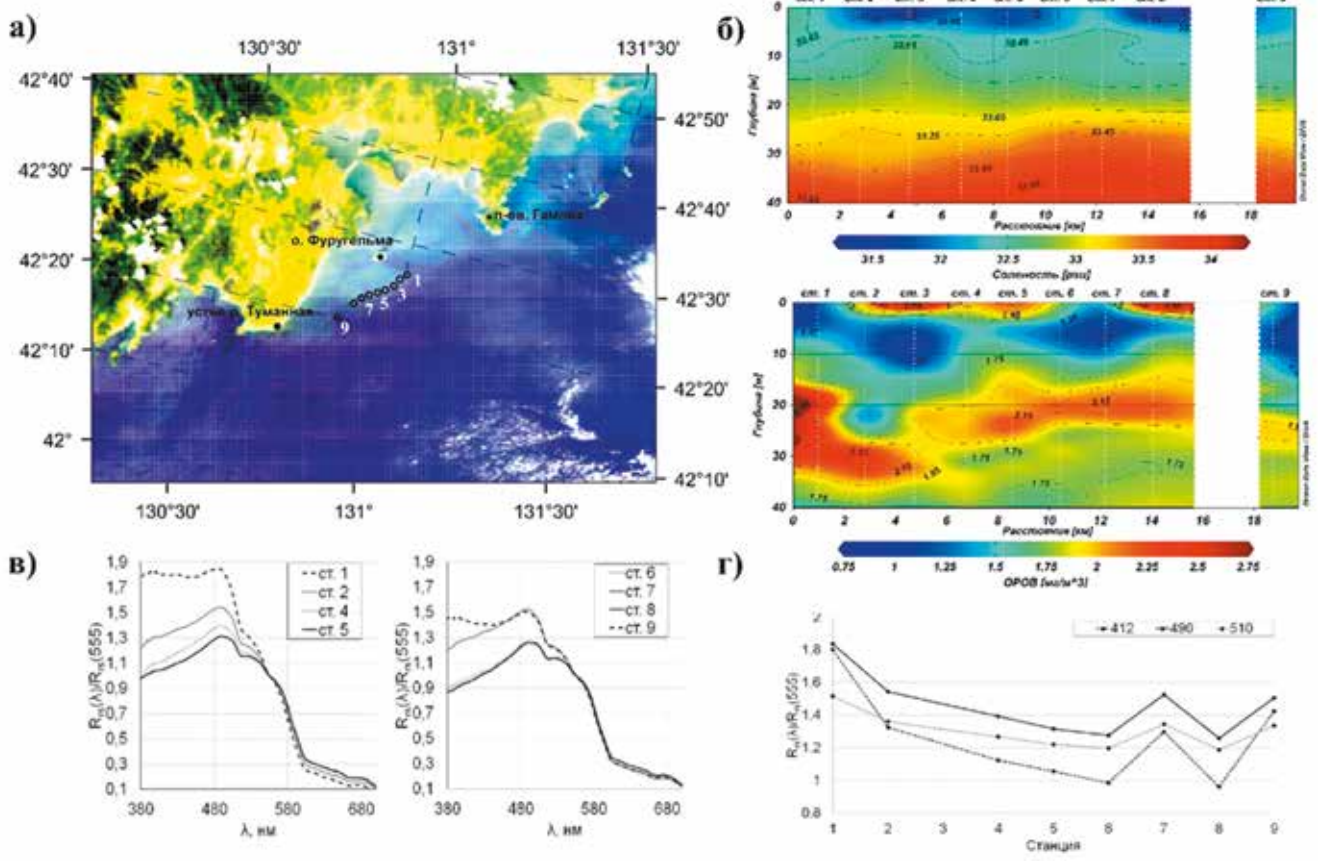


Рис. 10.4. а) спутниковое RGB изображение с коррекцией цветовых уровней со сканера MODIS-Aqua 04.09.2009 (04:15 UTC) с местоположением судовых станций; б) глубинные профили: соленость, концентрация ОРОВ; в) спектры коэффициентов яркости моря при прохождении вихря: 1 – до вихря по ходу движения судна, 2, 4, 5, 6 – в струе на периферии вихря, 7 – между периферией и ядром вихря, 8 – около ядра вихря, 9 – после вихря по ходу движения судна; г) – изменчивость индексов цвета на станциях.

Fig. 10.4. a) RGB satellite image with color level correction from MODIS-Aqua scanner on 04.09.2009 (04:15 UTC) with the location of ship stations; б) Depth profiles: salinity, CDOM concentration; в) Spectra of the brightness coefficients of the sea during the passage of the eddy: 1 – before the eddy in the direction of the vessel, 2, 4, 5, 6 – in the jet at the periphery of the eddy, 7 – between the periphery and the core of the eddy, 8 – near the core of the eddy, 9 – after vortex in the direction of the vessel; г) Variability of color indices at stations

### 10.5. Восстановление полного комплекса оптических характеристик для оценки тепло-содержания в южной части Баренцева моря в июне 2021 г. / Reconstruction of a full set of optical characteristics for heat content estimation in the southern part of the Barents Sea in June, 2021

к.ф.-м.н. П.А. Салюк, И.Е. Степочкин / P.A. Salyuk, I.E. Stepochkin

Выполнено восстановление полного набора оптических характеристик (без учета поляризации) с помощью гидрооптических моделей по судовым и спутниковым данным сканеров цвета MODIS и OLCI для оценки величин поглощения солнечной энергии в толще морской воды. Для настройки моделей использованы результаты судовых измерений показателей поглощения и ослабления света, восходящих и нисходящих спектральных потоков солнечной радиации и спектральных коэффициентов яркости толщи моря, выполненных в южной части Баренцева моря 14 июня 2021 г. Сопоставление результатов моделирования с данными судовых измерений позволило провести валидацию полученных результатов и подтвердило правильность настройки выбранных моделей, что

оправдывает их применение для расчета тепловых потоков по спутниковым данным в областях вод первого типа. Результаты расчета показывают, что в исследованном регионе суммарное поглощение света в толще воды слабо зависит от наличия и концентрации взвешенных частиц и растворенных веществ. Их наличие в морской воде приводит к перераспределению поглощаемой солнечной энергии по глубине, значительно увеличивая поглощаемую долю в верхних слоях водной толщи. (Глуховец Д.И., Салюк П.А., Шеберстов С.В., Вазюля С.В., Салинг И.В., Степочкин И.Е. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18, № 5. С. 214–225.)

Таблица 10.5. Результаты расчета суточных значений потока солнечного излучения (400–700 нм) и его поглощения в толще морской воды / *The results of calculating the daily values of the solar radiation flux (400–700 nm) and its absorption in the sea water column*

z, м	Станция 7013, ASD, ICAM		Станция 7013, ASD, GIOP		Станция 7013, MODIS, GIOP		Станция 7013, чистая вода		Точка 7013*, MODIS, GIOP	
	МДж/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>3</sup>	МДж/м <sup>2</sup>	МДж/м <sup>3</sup>
0	12.56	2.60	12.557	2.4	12.468	2.46	12.499	1.89	12.48	2.86
1	9.93		10.088		9.993		10.609		9.60	
4	5.57	0.84	6.0235	0.79	5.917	0.80	7.780	0.51	4.98	0.86
5	4.72		5.217		5.111		7.272		4.11	
9	2.57	0.33	3.117	0.34	3.024	0.34	5.990	0.22	2.01	0.31
10	2.22		2.762		2.675		5.768		1.70	
14	1.27	0.16	1.729	0.18	1.663	0.18	5.061	0.14	0.88	0.13
15	1.11		1.542		1.481		4.915		0.75	
19	0.65	0.08	0.981	0.10	0.937	0.10	4.415	0.11	0.39	0.06
20	0.57		0.877		0.837		4.306		0.34	
<b>Суммарное поглощение в толще воды, Σ</b>										
Σ, МДж/м <sup>2</sup>	12.29		12.29		12.28		12.31		12.29	
Σ, %	97.87		97.91		98.51		98.46		98.49	

### 10.6. Обнаружение разлива нефтепродуктов в виде эмульсий и отдельных пленок на поверхности Берингова моря с помощью гиперспектральной оптической радиометрии в августе 2013 г. / *Detection of an oil spill in the form of emulsions and individual films on the surface of the Bering Sea using hyperspectral optical radiometry in August 2013*

*И.Е. Стёпочкин, к.ф.-м.н. П.А. Салюк / I.E. Stepochkin, P.A. Salyuk*

Проанализированы дистанционно измеренные спектры коэффициентов яркости моря в районе загрязнения сырой нефтью марки Urals, которая находилась в морской среде в виде эмульсий и отдельных пленок в Беринговом море около м. Наварин 4 августа 2013 г. Дополнительно использованы in-situ данные проточных флуориметрических измерений концентрации хлорофилла-«а» и окрашенного растворенного органического вещества на глубине 4 м, где влияния загрязнения зафиксировано не было. Проведен анализ влияния нефти на регрессионные соотношения между дистанционными и in-situ измерениями. Получен предварительный вариант способа обнаружения нефтяного загрязнения на морской поверхности, находящегося в эмульгированном виде и в виде небольших пленок порядка 1 кв. м, с помощью дистанционных измерений спектров коэффициента яркости моря. (Стёпочкин И.Е., Салюк П.А., Качур В.А. // *Оптика атмосферы и океана*. 2021. Т. 34, № 1 (384). С. 61–67.)

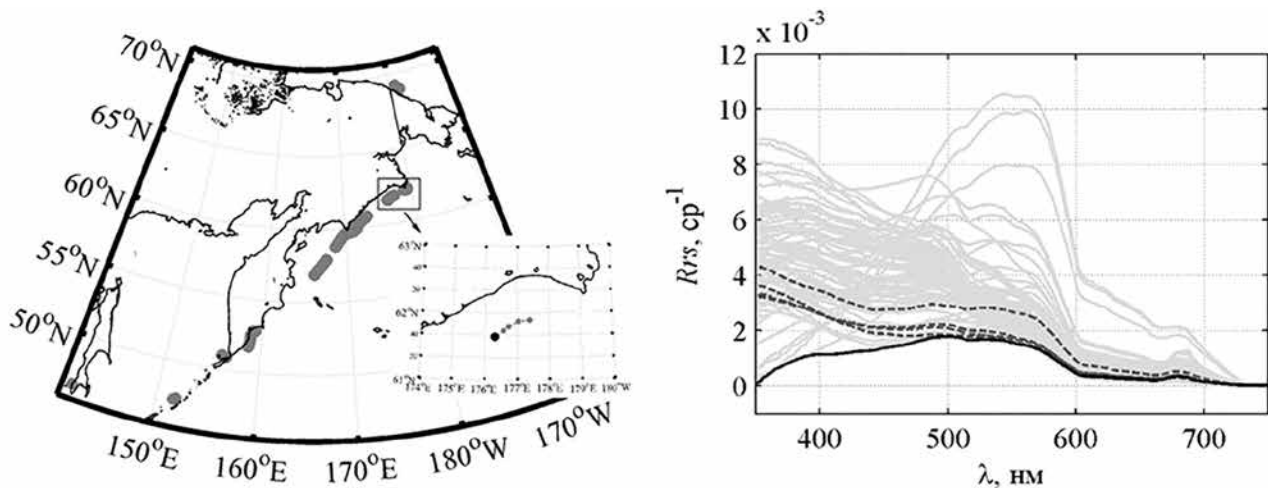


Рис. 10.6. Карта и результат проведенных дистанционных измерений спектров коэффициентов яркости моря в августе 2013 г. Большой черной точкой на карте и сплошной толстой линией отмечен спектр коэффициента яркости моря, соответствующий наличию нефтяного загрязнения. Пунктирными сплошными линиями показаны спектры, измеренные в тот же день рядом с нефтяным загрязнением.

*Fig. 10.6. Map and the result of remote measurements of the spectra of the sea brightness coefficients in August 2013. A large black dot on the map and a solid thick line mark the spectrum of the sea brightness coefficient, corresponding to the presence of oil pollution. The dotted solid lines show the spectra measured on the same day near the oil pollution*

### 10.7. Исследование спектральных характеристик двухимпульсного лазерного пробоя водных растворов $MnCl_2$ в поле ультразвука / Investigation of Spectral Characteristics of Two-Pulse Laser Breakdown of $MnCl_2$ Aqueous Solutions in the Ultrasonic Field

*к.ф.-м.н. А.В. Буланов, к.ф.-м.н. Е.В. Соседко / A.V. Bulanov, E.V. Sosedko*

Проанализированы пространственные спектры концентрации хлорофилла «а» (Chla) и температуры поверхности моря (SST) по данным судовых и спутниковых измерений в районе антициклонического вихря в Южно-Китайском море в феврале-марте 2004 г. Отмечено возможное влияние

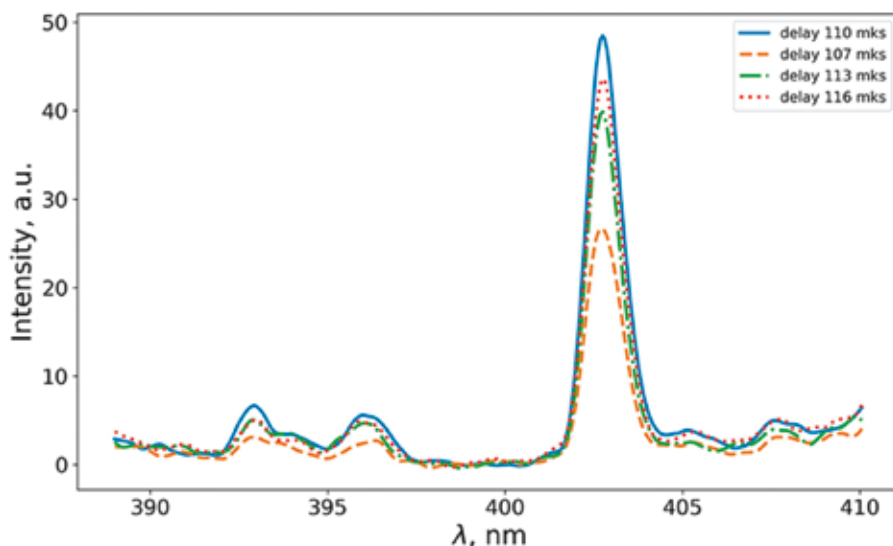


Рис. 10.7. Зависимость интенсивности линии Mn I от включения задержки фазы акустического поля при одноимпульсном возбуждении в поле ультразвука.

*Fig. 10.7. Dependence of the intensity of the Mn I line on the inclusion of a delay in the phase of the acoustic field during single-pulse excitation in the ultrasound field*

на пространственную изменчивость исследуемых характеристик двух типов динамики и биологических факторов, связанных с зимним цветением фитопланктона. Сравнение пространственных спектров, рассчитанных из судовых измерений Chla и SST (проточным флуориметром и термо-солинографом), со спектрами, рассчитанными по спутниковым данным второго уровня (MODIS/Terra и SeaWiFS/SeaStar), показало, что наклоны спектров SST совпадают в пределах ошибок, но наклоны спектров Chla отличаются в два раза, что указывает на значительное пространственное сглаживание полей Chla в спутниковых данных, а также связано в различиях в «природе» анализируемых сигналов (флуоресценция хлорофилла-а и поглощение света клетками фитопланктона). Полученные результаты могут быть использованы для изучения фитопланктонных сообществ, и разделения вкладов гидрологических и биологических процессов в поля цвета морской поверхности. (Буланов А.В., Нагорный И.Г., Соседко Е.В. // Письма в журнал технической физики. 2021. Т. 47, вып. 5. С. 12–15.).

### 10.8. Исследование проявлений и характеристик внутренних волн по данным спутниковых изображений со сканера цвета моря GOCI-COMS-1 / Study of the manifestations and characteristics of internal waves according to satellite images from the GOCI-COMS-1 sea color scanner

*Н.А. Липинская, к.ф.-м.н. П.А. Салюк / N.A. Lipinskaya, P.A. Salyuk*

Исследованы возможности детектирования признаков внутренних волн (ВВ) в акватории Японского моря по данным спутникового зондирования цвета моря. Проведен анализ движения пакета внутренних волн в южной части Японского моря по спутниковым данным среднего разрешения с оптического радиометра GOCI, установленного на геостационарном спутнике COMS-1 (8 снимков в день с интервалом 1 час, разрешение 500 м). Определены пространственно-временные характеристики внутренних волн: количество волн в пакете, длина дуги волны, расстояние между гребнями, фазовая скорость волны по соседним спутниковым изображениям, вариации хлорофилла-а. Проведена дополнительная оценка амплитуды внутренних волн с привлечением данных

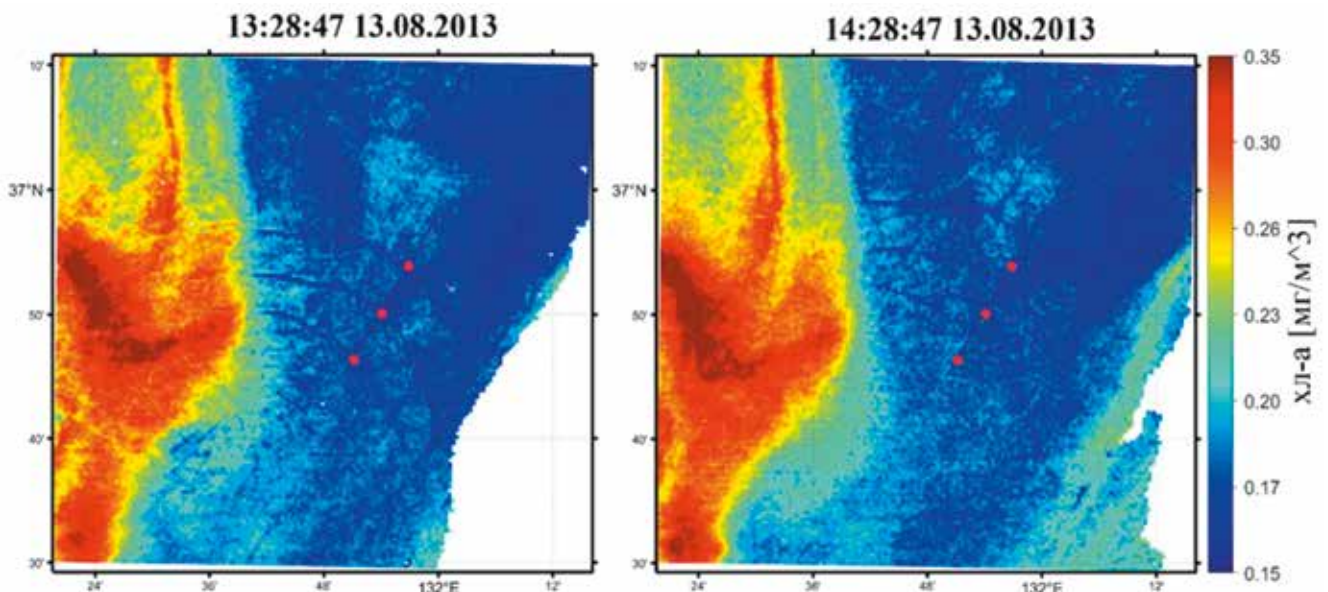


Рис. 10.8. Спутниковые снимки GOCI-COMS с проявлением ВВ в поле концентрации хл-а, 2013.08.13 с интервалом в 1 час в южной части Японского моря.

*Fig. 10.8. Satellite images of GOCI-COMS with the manifestation of internal waves in the field of chl-a concentration, 2013.08.13 with an interval of 1 hour in the southern part of the Sea of Japan*



океанографического реанализа модели NUCOM. На основании полученных результатов определены условия, при которых по данным о цвете океана, полученных со спутников, можно обнаружить некоторые типы ВВ вследствие их проявления в вариациях яркости моря в пространстве и времени за счет изменения вертикальной стратификации оптически активных компонентов и оценить амплитуду ВВ. (Литинская Н.А., Салюк П.А. // *Подводные исследования и робототехника*. 2021. № 3 (37). С. 16–22.).

### 10.9. Сравнение данных глобальной сети локализации молний WWLLN и стандартных наблюдений на метеостанциях юга Дальнего Востока России / Comparison of World Wide Lightning Location Network (WWLLN) Data and Standard Observations at Weather Stations in the Southern Russian Far East

к.г.н. Т.И. Клещева, к.г.н. Е.Ю. Поталова, д.ф.-м.н. М.С. Пермяков /  
T.I. Kleshcheva, E. Yu Potalova., M.S. Permyakov

Проведено сравнение данных стандартных наблюдений на 20 метеорологических станциях и данных глобальной сети локализации молний (WWLLN) на юге Дальнего Востока России за период 2009–2018 гг. Получены оценки оптимальных радиусов круговой области выборки данных сети WWLLN, при которых достигается их наилучшая согласованность с данными наблюдений на станциях по числу дней с грозами. Показано, что эти радиусы лежат в диапазоне от 12 до 36 км при среднем значении 23 км. Дневные их значения меньше ночных – 21 и 26 км соответственно. (Клещева Т.И., Поталова Е.Ю., Пермяков М.С. // *Метеорология и гидрология*. 2021. № 6. С. 89–98.).

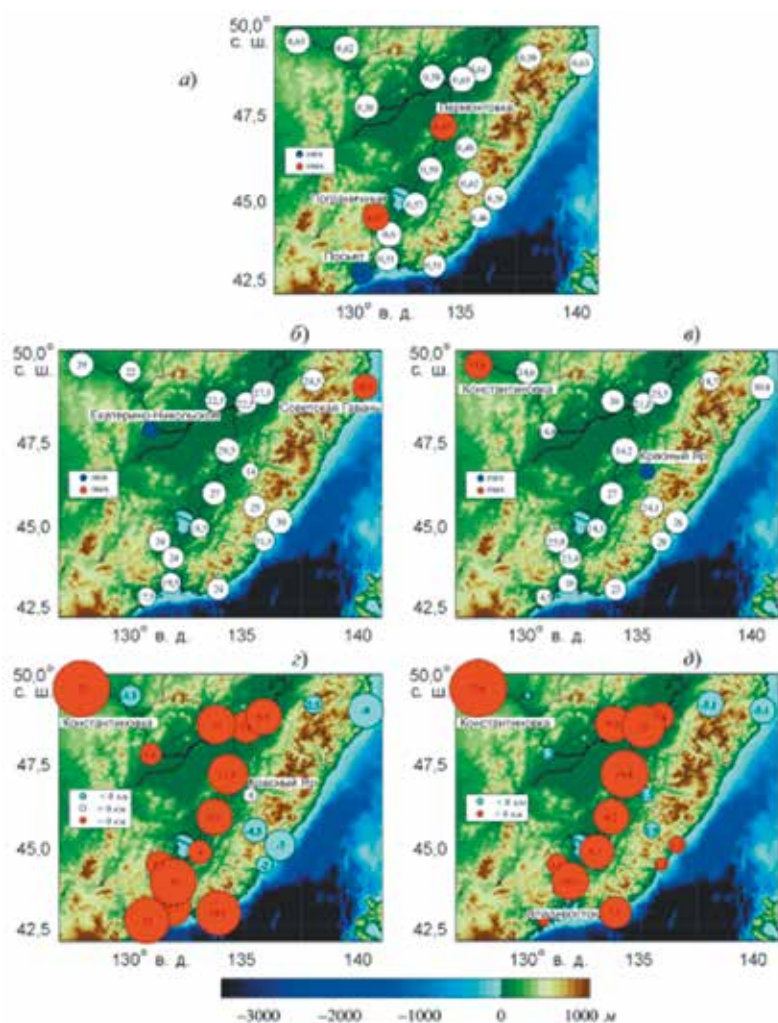


Рис. 10.9. Индексы сопряженности числа дней с грозой по данным метеостанций и по данным сети WWLLN (а), оптимальные радиусы, определенные по максимуму индекса сопряженности (б) и по равенству числа дней с грозами на станциях и по данным WWLLN (в) и разница значений этих радиусов ночью и днем (г и д).

Fig. 10.9. Indices of contingency of the number of days with thunderstorms according to weather stations and data from the WWLLN network (a), optimal radii determined from the maximum contingency index (б) and from the equality of the number of days with thunderstorms at stations and in WWLLN data (в) and their difference values at night and day (г and д)

## 10.10. Влияние тайфуна «Гони» на продукционные характеристики прибрежных вод залива Посыета Японского моря / Influence of Typhoon Goni on the Productive Characteristics of Coastal Waters of Posyet Bay, Sea of Japan

к.б.н. С.П. Захарков, к.б.н. Т.Н. Гордейчук, Ю.В. Шамбарова, к.г.н. Е.А. Штрайхерт /  
S.P. Zakharkov, T.N. Gordeichuk, Yu.V. Shambarova, E.A. Shtraikhert

В работе рассматриваются последствия, вызванные прохождением тайфуна «Гони» в прибрежных водах зал. Посыета Японского моря. Для решения поставленной в работе цели привлекались спутниковые данные, которые позволили наблюдать изменения экосистемы на больших акваториях и установить, что произошедшие в результате воздействия тайфуна изменения, приближают прибрежную зону к состоянию эстуариев рек. С помощью профилографа SBE-19plus в ходе прибрежных экспедиций измерялись гидрологические характеристики: температура (Т), соленость (S) и гидробиологические показатели флуоресценции хлорофилла-а (ФХЛ) и окрашенного растворенного органического вещества (ОРОВ) спустя неделю после прохождения тайфуна. Для выявления влияния тайфуна на экосистему данные, измеренные после прохождения тайфуна, сравнивались с соответствующими показателями, полученными в близких координатах в одни и те же дни, но годом ранее, без тайфуна. Выявлена высокая связь между концентрацией хлорофилла-а

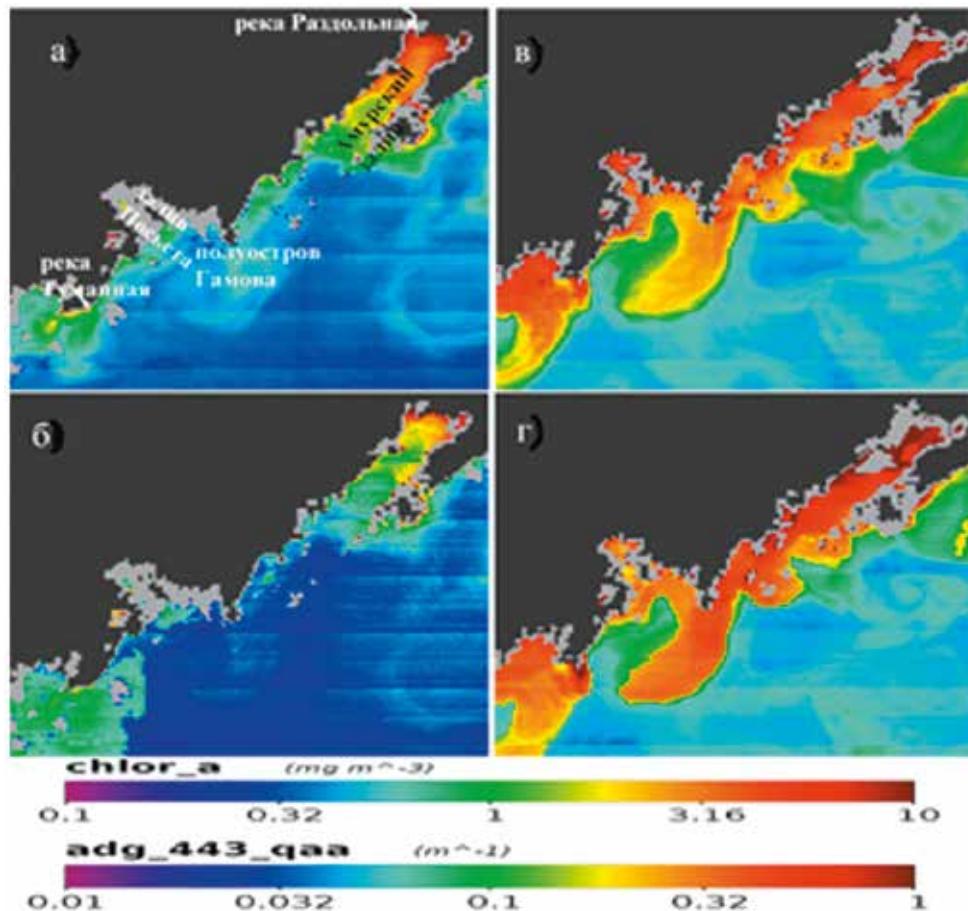


Рис. 10.10. Распределение Кхл (а, в) и поглощение света детритом и желтым веществом adg (б, г) в западной части зал. Петра Великого в осенний период в 2014 г. (а, б) без прохождения тайфуна и в 2015 г. (в, г) после прохождения тайфуна «Гони».

Fig. 10.10. Kchl distribution (a, c) and light absorption by detritus and yellow matter adg (b, d) in the western part of the bay. Peter the Great in the autumn period in 2014 (a, b) without the passage of the typhoon and in 2015 (c, d) after the passage of the typhoon «Goni»

(Кхл) и поступлением пресных вод с континента. Показано, что ОРОВ определяется, наряду с континентальным выносом, автохтонными процессами. (Захарков С.П., Гордейчук Т.Н., Шамба-рова Ю.В., Штрайхерт Е.А. // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 2. С. 222–232.).

### 10.11. Применение спутниковых наблюдений для изучения изменений условий гипоксии в придонных водах западной части залива Петра Великого (Японское море) / Application of satellite observations to study the changes of hypoxic conditions in near-bottom water in the western part of Peter the Great Bay (the Sea of Japan)

к.г.н. Е.А. Штрайхерт, к.б.н. С.П. Захарков, к.ф.-м.н. А.Ю. Лазарюк /  
E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov, A. Yu. Lazaryuk

Впервые проанализированы возможности применения спутниковых наблюдений цвета вод для изучения изменения гипоксических условий в придонных водах западной части залива Петра Великого. Сравнение между спутниковыми и судовыми оценками концентрации хлорофилла-а

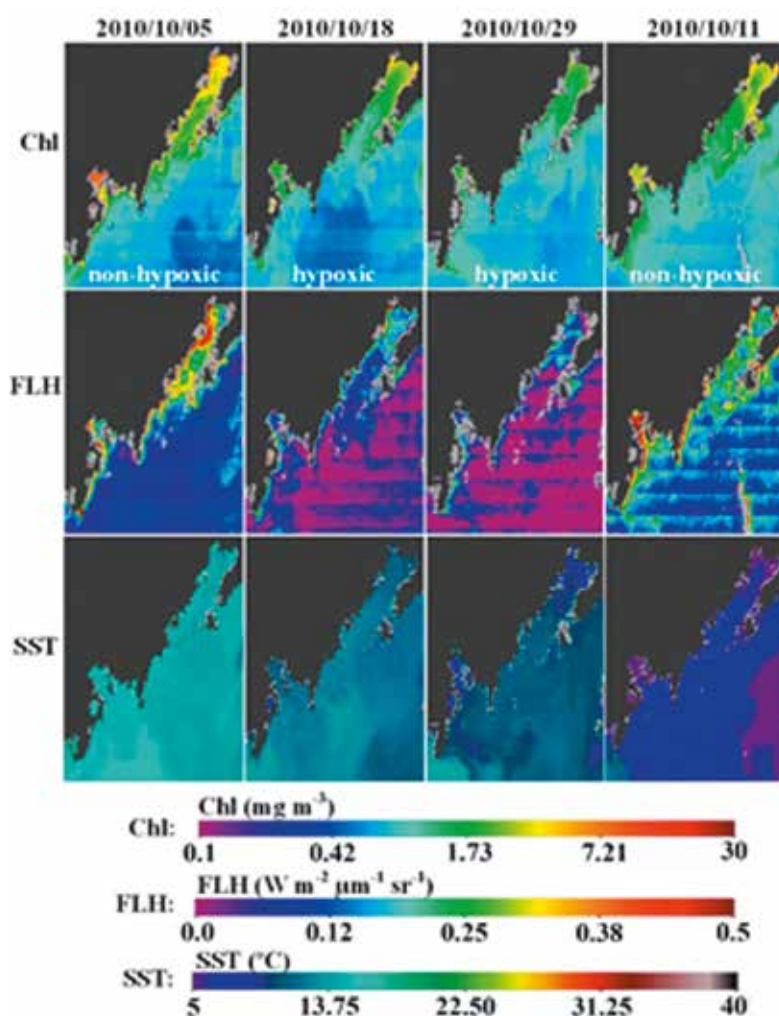


Рис. 10.11. Изменения распределений характеристик Chl, FLH, SST, полученных по спутниковым данным. Распределения показывают гипоксические/не гипоксические условия. Серые области на изображениях характеристик цвета вод означают отсутствие спутниковых данных. Эти местоположения указывают на ошибочные значения температуры на её спутниковых распределениях.

Fig. 10.11. Changes in distributions of characteristics Chl, FLH, SST obtained from satellite data. The distributions show hypoxic/non-hypoxic conditions. Gray areas in images of water color characteristics indicate the absence of satellite data. These locations indicate erroneous temperature values on its satellite distributions

---

(Кхл) показало, что их взаимосвязь изменяется под воздействием гидрометеорологических условий и поэтому спутниковые наблюдения в таких водах полезны для выявления изменений в особенностях распределений характеристик, поскольку они вызываются определёнными процессами. Полученные зависимости Кхл от температуры поверхности моря и скорости ветра показали, что изменения этого параметра отражают проявление материкового стока и вентиляции вод. Поскольку эти процессы влияют также на гипоксию вод, то изменение Кхл отражает изменение гипоксических условий. Выводы, полученные при сопоставлении изменений распределений характеристик цвета вод по спутниковым данным и содержания кислорода в придонном слое, будут полезны при оценке изменения гипоксических условий в придонном слое по данным спутникового зондирования. (*Shtraikhert E.A., Zakharkov S.P., Lazaryuk A.Yu. // Advances in Space Research. 2021. V. 67, Iss. 4. P. 1284–1302.*).

Тема «Разработка новых методов и средств исследования и освоения морских акваторий. Развитие методов диагностики и повышения эффективности функционирования сложных акустических систем / Development of new methods and means of marine areas study and reclamation. Development of methods for diagnosing and improving the efficiency of complex acoustic systems»

Научный руководитель д.т.н. Ю.Н. Моргунов  
Supervisor Dr. Sci. Yu.N. Morgunov

11.1. Экспериментальное исследование импульсной характеристики волновода Японского моря с использованием псевдослучайных последовательностей в приложении к навигации подводных объектов / Experimental study of the impulse response function variability of underwater sound channel in the Sea of Japan using pseudorandom sequences and its application to long-range acoustic navigation

Д.т.н. Ю.Н. Моргунов, к.т.н. В.В. Безответных, к.ф-м.н. А.В. Буренин, к.т.н. А.А. Голов, к.т.н. М.С. Лебедев, к.ф-м.н. П.С. Петров / Yu.N. Morgunov, V.V. Bezotvetnykh, A.V. Burenin, A.A. Golov, M.S. Lebedev, P.S. Petrov

Исследованы особенности формирования импульсных откликов при приеме сигналов с различной частотной полосой и длительностью символов. С позиции модовой теории распространения звука в волноводе глубокого океана рассмотрен феномен разделения приходов акустической энергии во взаимнокорреляционной функции принятых сигналов. Показано, что применение широкополосных сигналов с короткими символами максимально реализует преимущество корреляционного приема при концентрации акустической энергии вблизи оси подводного звукового канала, что приводит к уменьшению потерь на расширение фронта волны при распространении сигналов данного типа. Выполнены оценки дистанций, на которых происходит разделение приходов для различных модальных компонент сигнала при различных количествах периодов несущей частоты на один символ M-последовательности и обоснована возможность формирования наиболее выраженного максимума взаимно-корреляционной функции, соответствующего уплотненной группе приходов для мод малых номеров. (Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Буренин А.В., Голов А.А., Лебедев М.С., Петров П.С. // Акустический журнал. 2021. Т. 67, № 3. С. 291–297.)

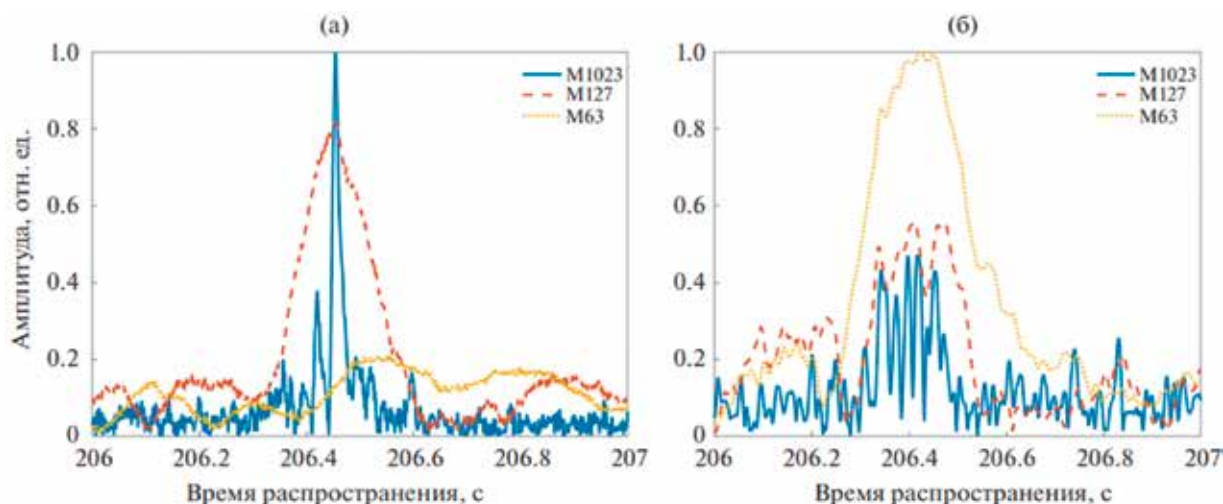


Рис. 11.1. Импульсная характеристика принятых сигналов: (а) – посылка № 27; (б) – посылка № 16.

Fig.11.1. Impulse response of received signals: (a) – frame No. 27; (b) – frame No 1

## 11.2. Исследование особенностей формирования импульсных откликов в подводных звуковых каналах при дальнем распространении широкополосных сигналов / The research of features of formation of impulse responses in underwater sound channels at long range propagation of broadband signals

к.ф.-м.н. А.В. Буренин, Е.А. Войтенко, к.т.н. М.С. Лебедев,  
 д.т.н. Ю.Н. Моргунов, к.т.н. А.А. Тагильцев / A.V. Burenin, E.A. Voitenko,  
 M.S. Lebedev, Yu.N. Morgunov, A.A. Tagiltsev

Выполнены экспериментальные и теоретические исследования по распространению и приему в подводных звуковых каналах широкополосных импульсных сигналов на основе псевдослучайных последовательностей. Анализ полученных импульсных характеристик указывает на наличие предпосылок для повышения помехоустойчивости приема навигационных и командных сигналов, а также увеличения дальности действия при неизменной мощности излучения. Цель специально выполненных экспериментальных работ заключалась в получении исходных данных для повышения эффективности навигационных систем дальнего радиуса действия путем оптимизации характеристик излучаемых сигналов. Исследованы особенности формирования импульсных откликов при приеме сигналов с различной частотной полосой и длительностью символов, а также динамика

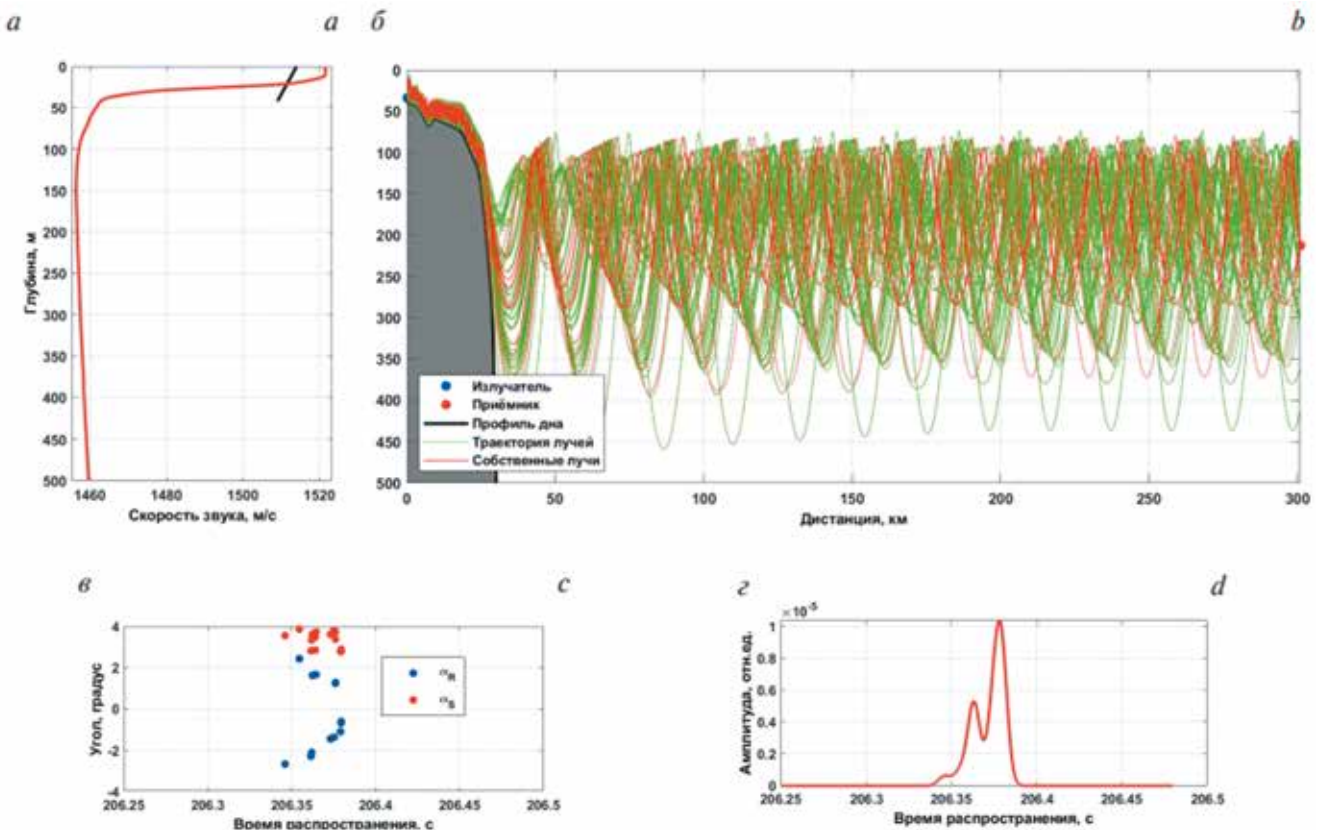


Рис. 11.2. Моделирование характеристик волновода. а – вертикальный разрез поля скорости звука в точке излучения (черная кривая) и точке приема (красная кривая); б – лучевая структура акустического поля: зелёным цветом представлены все лучевые траектории, захваченные подводным звуковым каналом, красным цветом – собственные лучи; в – углы скольжения собственных лучей в точке излучения (красные точки) и точке приема (синие точки); г – теоретическая оценка импульсной характеристики волновода в точке приёма.

Fig. 11.2 Modeling the features of the waveguide. а – vertical sound speed profile at the source point (black curve) and the receiving point (red curve); б – ray structure of the acoustic field: green color represents all ray paths captured by the underwater sound channel, red – eigen rays; в – the slice angles of its own rays at the point of source (red points) and the point of receiver (blue points); д – theoretical estimate of the impulse response of the waveguide at the receiving point

структуры откликов при смещениях глубины приёмного гидрофона относительно оси подводных звуковых каналов. На основе лучевых представлений осуществлена физическая интерпретация полученных экспериментальных результатов для практического применения в решении актуальных задач гидроакустики и океанологии. (Буренин А.В., Войтенко Е.А., Лебедев М.С., Моргунов Ю.Н., Тагильцев А.А. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021, Т. 14, № 3. С. 65–70.).

### 11.3. Особенности формирования импульсных характеристик волноводов при дальнем распространении акустических сигналов в подводных звуковых каналах / Features of the formation of the pulse characteristics of waveguides by the long-range propagation of acoustic signals in underwater sound channels

акад. В.А. Акуличев, к.ф.-м.н. А.В. Буренин, Е.А. Войтенко, к.т.н. М.С. Лебедев, д.т.н. Ю.Н. Моргунов, к.т.н. А.А. Тагильцев / V.A. Akulichyev, A.V. Burenin, E.A. Voitenko, M.S. Lebedev, Yu.N. Morgunov, A.A. Tagiltsev

Обсуждаются результаты экспериментальных исследований особенностей распространения и приема широкополосных импульсных сигналов в подводном звуковом канале (ПЗК) на удалении 300 км от источника. Исследованы закономерности формирования импульсных откликов при приеме фазоманипулированных сигналов с различной частотной полосой и длительностью символов. С позиции лучевой теории распространения звука в волноводе глубокого океана осуществлена физическая интерпретация полученных результатов и сделаны практические выводы для решения задач позиционирования автономных подводных платформ. (Акуличев В.А., Буренин А.В., Войтенко Е.А., Лебедев М.С., Моргунов Ю.Н., Тагильцев А.А. // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т. 498, № 2. С. 171–174.).

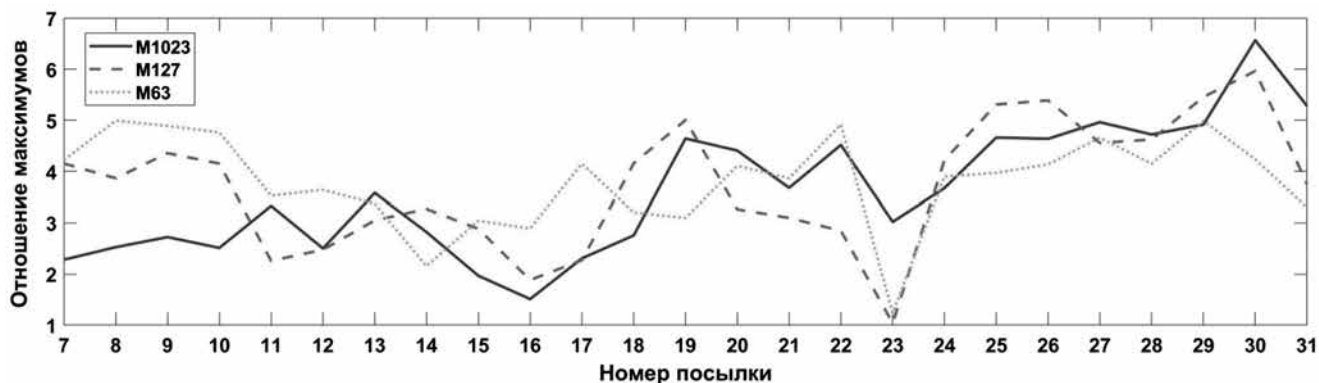


Рис. 11.3. Зависимости максимальных значений ВКФ принятых сигналов с различными длительностями символов с репликами излученных, относительно корреляционного шума.

Fig. 11.3. Dependences of the maximum CCF values of the received signals with various symbol lengths with replicates of emitted signals relative to the correlation noise

### 11.4. Анализ гармоник свистящих звуков в шумах форсированного выдоха человека / Analysis of the harmonics of wheezing sounds in human forced exhalation noise

к.ф.-м.н. М.А. Сафронова, А.Д. Ширяев, д.т.н. В.И. Коренбаум / M.A. Safronova, A.D. Shiryaev, V.I. Korenbaum

Впервые проведен анализ состава, соотношения и распределения по поверхности грудной клетки спектральных гармоник свистящих звуков форсированного выдоха (СФВ), записанных 11-ю акустическими датчиками по поверхности грудной клетки, на выборках здоровых лиц

(n = 9) и больных респираторными заболеваниями (n = 10). Выявленное сходство основных частот СФВ и преимущественное распределение гармоник в центральных отделах легких (табл. 11.4) доказывает, что наиболее вероятной причиной возникновения гармоник СФВ представляется нелинейность в источнике их формирования, который может находиться в трахее и крупных бронхах.

Предполагаемым механизмом возникновения нелинейности в источнике при генерации СФВ является взаимодействие турбулентных вихрей воздушного потока с упругой стенкой центральных дыхательных путей бронхиального дерева человека. Полученные результаты перспективны для дальнейшего развития методов акустической диагностики. (Сафронова М.А., Ширяев А.Д., Коренбаум В.И. // *Акустический журнал*. 2021. Т. 67, № 4. С. 454–464.).

Таблица 11.4. Частоты встречаемости гармоник СФВ по поверхности грудной клетки, % /  
*Frequencies of occurrence of harmonics of SPV on the surface of the chest, %*

№ канала/channel number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
здоровые (n = 9)/ healthy (n = 9)	100	78	78	78	22	33	44	56	67	44	33
больные (n = 10) /sick (n = 10)	100	80	60	60	60	20	30	20	20	20	0

### 11.5. Новый метод анализа шумов форсированного выдоха для контроля водолазов после погружения / A new method for analyzing forced expiratory noise to monitor divers after diving

*О.И. Кабанцова, к.ф.-м.н. В.В. Малаева, к.ф.-м.н. М.А. Сафронова, к.ф.-м.н. А.Е. Костив, С.Н. Шин, д.т.н. В.И. Коренбаум / O.I. Kabantsova, V.V. Malaeva, M.A. Safronova, A.E. Kostiv, S.N. Shin, V.I. Korenbaum*

Впервые проведено исследование удельных полосовых энергий и продолжительностей трахеальных шумов форсированного выдоха (ФВ) на выборке из 25 водолазов, совершавших однократные погружения в кислородном снаряжении замкнутого цикла типа FROGS (AquaLung). Путем статистического анализа было установлено значимое снижение только одного полосового параметра AR1400-1600 (удельная полосовая энергия в полосе частот 1400–1600 Гц) (табл. 11.5). С точки зрения акустико-биомеханической интерпретации, снижение величины параметра AR1400-1600 может являться следствием сужения мелких дыхательных путей. Одной из вероятных причин снижения просвета мелких ДП при данном воздействии может быть токсическое влияние кислорода в дыхательной смеси, вызывающее воспаление в области мелких дыхательных путей. Полученные результаты перспективны для разработки акустических методов контроля состояния дыхательной системы водолазов. (Кабанцова О.И., Малаева В.В., Сафронова М.А., Костив А.Е., Шин С.Н., Коренбаум В.И. // *Материалы IX конф. молодых ученых, 29–30 апреля 2021 г., Владивосток, Россия. Владивосток: ТОИ, 2021. С. 192–196.*)

Таблица 11.5. Статистически значимые акустические параметры в выборке /  
*Statistically significant acoustic parameters in the sample*

	до погружения/ before diving (Me; UQ; LQ)	после погружения/ after diving (Me; UQ; LQ)	Тест Вилкоксона/ Test Vilkoksona p-level
AR1400-1600	0.05; 0.04; 0.09	0.05; 0.04; 0.06	0.03



## 11.6. Метод нелинейного акустического зондирования для диагностики подводных газовых факелов в море / Nonlinear acoustic sounding method for diagnostics of underwater gas flares in the sea

д.ф.-м.н. В.А. Буланов, И.В. Корсков / V.A. Bulanov, I.V. Korskov

Получены новые результаты, указывающие на неклассический характер рассеяния звука в микронеоднородных средах с учетом нелокальной релаксации: вода с пузырьковыми облаками, ледовой шугой, плотными скоплениями планктона и т.п. Разработаны теоретические модели нелинейного рассеяния звука для зондирования подводных газовых факелов и выполнены оценки на этой основе по зондированию факелов в Охотском море в рейсе № 92 НИС «Акад. М.А. Лаврентьев» (16.04–25.05.2021). Разработаны новые методы многочастотного акустического зондирования морской среды с использованием скользящего гетеродина, позволяющие реализовать высокое отношение сигнал/шум. На основе разработанных методов получены новые результаты по распределению планктона с высоким пространственным разрешением в Охотском и Японском морях вдоль протяженных трасс, а также по акустической спектроскопии пузырьков в воде, что позволило проводить оперативную оценку газосодержания и акустических характеристик воды при различных состояниях моря вплоть до штормовых. (Корсков И.В. // Приборы и техника эксперимента. 2021. № 2. С. 151–152; Буланов В.А. // Физика геосфер: сб. ст. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2021. С. 19–22.).

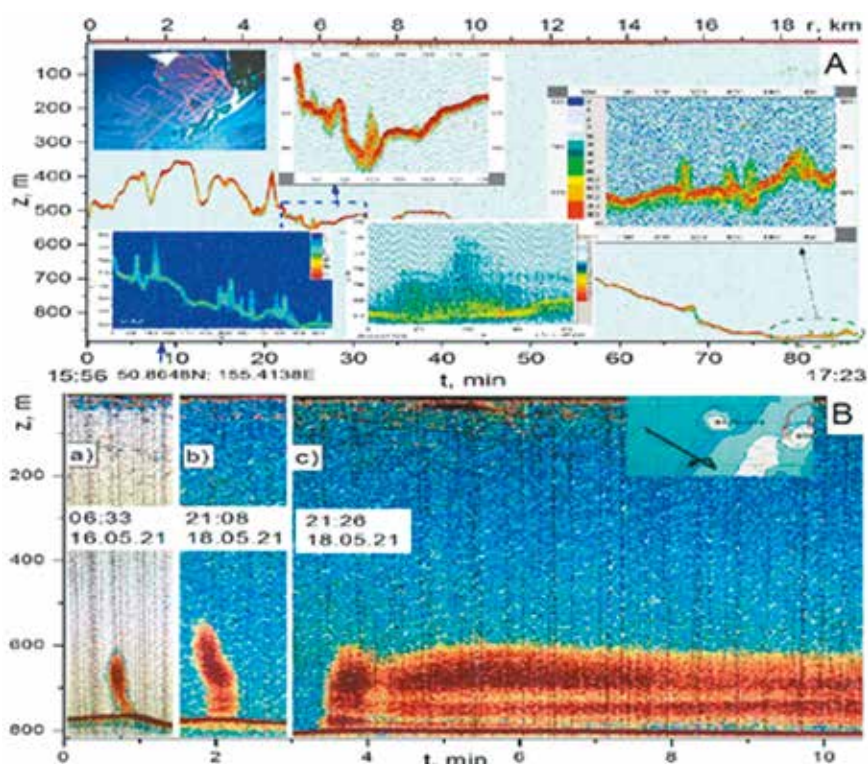


Рис. 11.6. Акустическая регистрация глубоководных крупномасштабных «мягких» придонных неоднородностей (А) и газовых факелов (В: а, б – различные факелы в различные дни наблюдения, с – факел б спустя 13 минут и подробно сканированный в дрейфе) вблизи о. Атласова и о. Парамушир в Охотском море на частоте 24 кГц. В верхнем слое моря показана регистрация вклада планктона в рассеяние звука до глубины около 100 м (нижний плакат В, часть с) и вклада приповерхностных облаков до глубины около 10–15 метров (часть трассы с 6 до 16 км, А).

Fig. 11.6. Acoustic registration of deep-sea large-scale “soft” near-bottom irregularities (A) and gas flares (B: a, b – different flares on different days of observation, c – torch b after 13 minutes and scanned in detail in the drift) near Atlasov Island and Paramushir in the Sea of Okhotsk at a frequency of 24 kHz. In the upper layer of the sea, the recording of the contribution of plankton to sound scattering to a depth of about 100 m (lower poster B, part c) and the contribution of near-surface clouds to a depth of about 10–15 meters (part of the path from 6 to 16 km, A) are shown

Тема «Исследование состояния и изменений природной среды на основе комплексного анализа и моделирования гидрометеорологических, биогеохимических, геологических процессов и ресурсов Дальнего Востока / Investigation of the state and changes in the natural environment based on comprehensive analysis and modeling of hydrometeorological, biogeochemical, geological processes and resources of the Far East»»

(молодежная лаборатория)

Научный руководитель к.г.-м.н. Н.С. Сырбу  
Scientific supervisor Phd. N.S. Syrбу

12.1. Сравнительный анализ микробиома глубоководных отложений в районах распространения метанового флюида Японского и Охотского морей / Comparative analysis of deep-sea sediment microbiome in areas of methane fluids in the Sea of Japan and the Sea of Okhotsk

к.б.н. А.Л. Пономарева, А.И. Еськова, к.г.-м.н. А.В. Яцук, к.х.н. Н.С. Полоник,  
д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, д.г.-м.н. А.И. Обжиров / A.L. Ponomareva,  
A.I. Eskova, A.V. Yatsuk, N.S. Polonik, R.B. Shakirov, A.I. Obzhirov

Сравнительный анализ микробиомов донных отложений метановых сипов Японского и Охотского морей показал, что наибольшее различия наблюдаются в домене Archaea. В Японском море преобладают *Euryarchaeota*, представленная в основном галофильными метагенными прокариотами. А в Охотском море – *Crenarchaeota*, которые являются в основном термофильными метанотрофами. В бактериальных сообществах преобладают бактерии филумов *Firmicutes* и *Gamma proteobacteria*. В Японском море зафиксированы классы JS1, *Aminicenantia*, которые ранее фиксировали в газогидратных залежах. (Богатыренко Е.А., Ким А.В., Дункай Т.И., Пономарева А.Л., Еськова А.И., Сидоренко М.Л., Окулов А.К. // Биология моря. 2021. Т. 47. № 3. С. 209–216.).

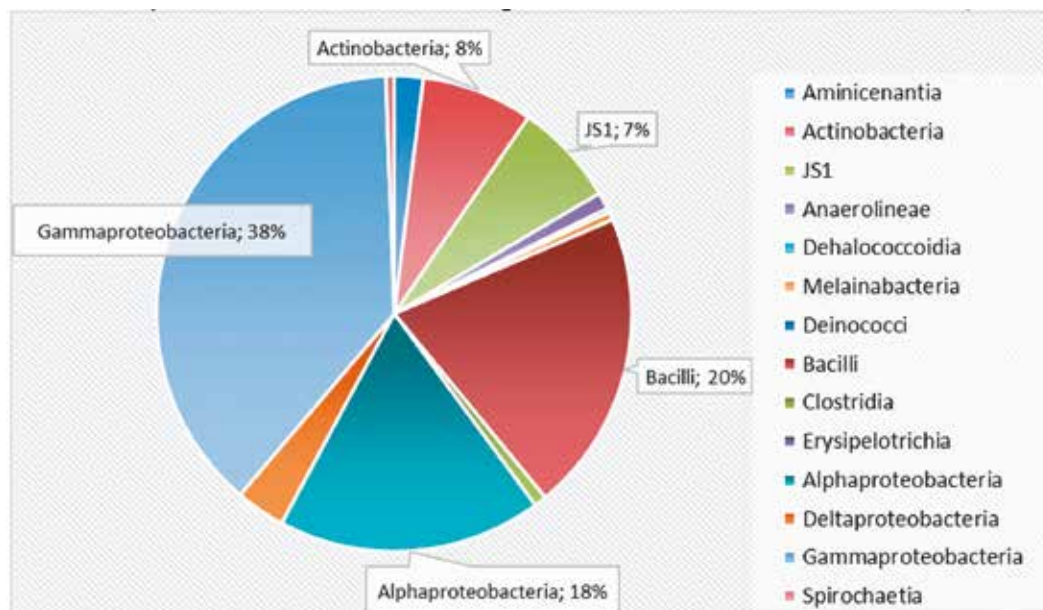


Рис. 12.1. Разнообразие бактериальных сообществ донных отложений газовых сипов в Японском море.

Fig. 12.1. Diversity of bacterial communities of bottom sediments of gas seeps in the Sea of Japan

## 12.2. Геологические условия формирования газогеохимических полей, в том числе гелия и водорода, в воде и осадках привьетнамской части Южно-Китайского моря / Distribution of Gases in Bottom Sediments of the Southwestern Sub-Basin South China Sea (Bien Dong)

к.г.-м.н. Н.С. Сырбу, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, Т.С. Якимов,  
А.О. Холмогоров, к.г.-м.н. Ю.А. Телегин / N.S. Syrbu, R.B. Shakirov,  
T.S. Iakimov, A.O. Kholmogorov, Yu.A. Telegin

Изучено пространственное распределение гелия и водорода в осадке в трёх осадочных бассейнах: Красной реки, Фу Хань и Нам Кон Сон (Вьетнам). На основе данных изотопного состава углерода метана и углерода углекислого газа в осадках привьетнамской части Южно-Китайского моря установлен возможный генезис потока газа. В толще воды Южно-Китайского моря впервые найдены аномалии метана (до 5000 нл/л), которые сравнимы с аномалиями на нефтегазоносном шельфе и газогидратоносном склоне о-ва Сахалин. В южной части острова Катба (залив Тонкин) впервые обнаружены метаморфизованные осадочные и вулканические породы, что говорит о внедрении эндогенного тела в осадочную толщу и ее дальнейшее преобразование. В связи с открытием в 2020 г. крупного газового месторождения Кен Бау на южном окончании осадочного бассейна Красной реки был подтвержден прогноз ученых ТОИ ДВО РАН о наличии значительных запасов углеводородов в этом районе. (Сырбу Н.С., Кыюнг Д.Х., Якимов Т.С., Холмогоров А.О., Телегин Ю.А., Тсуногай У. // Георесурсы. 2021. Т. 23, № 3. С. 132–142; Le Duc Luong, Obzhirov A., Nguyen Hoang, Shakirov R., Le Duc Anh, Syrbu N.S., Dang Minh Tuan, Nguyen Van Tao, Tran Thi Huong, Do Huy Cuong, Kholmogorov A.O., Phan Van Binh, Mishukova O.V., Eskova A.I. // Russ. J. Pac. Geol. 2021. V. 15, No. 2. P. 144–154.)

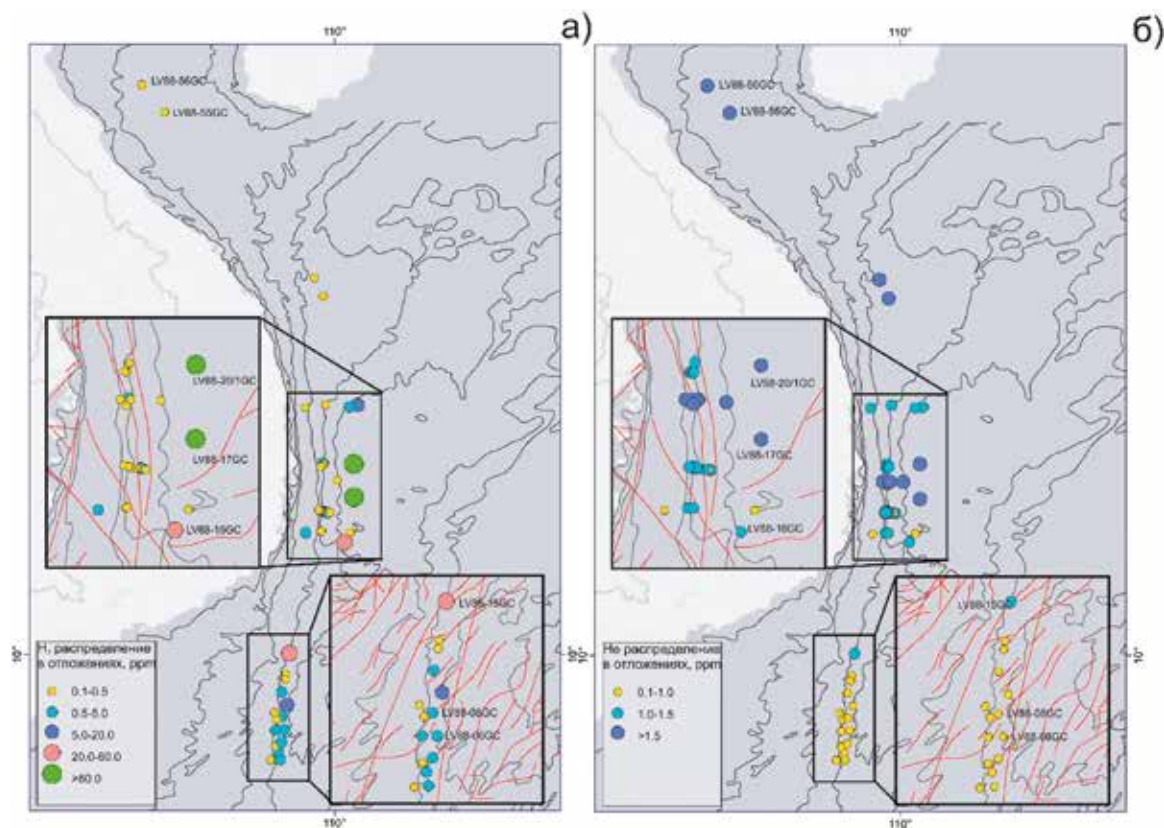


Рис. 12.2. Концентрации водорода (а) и гелия (б) в кернах осадков на шельфе Вьетнама, НИС «Академик М.А. Лаврентьев», рейс № 88, 2019 г.

Fig. 12.2. Concentrations of hydrogen (a) and helium (b) in sediment cores on the shelf of Vietnam, R/V «Akademik M.A. Lavrentiev», cruises No. 88, 2019

Тема «Комплексные исследования окружающей среды Южного океана /  
Integrated Studies of the Southern Ocean Environment»

*Научный руководитель д.г.-м.н. Р.Б Шакиров*  
*Scientific supervisor Dr. Sci. R.B. Shakirov*

**13.1. Первые определения концентрации метана в проливе Антарктик (Южный Океан)  
/ First determinations of methane concentration in the Antarctic Strait (Southern Ocean)**

*к.х.н. Н.С. Полоник, к.б.н. А.Л. Пономарева, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров /*  
*N.S. Polonik, A.L. Ponomareva, R.B. Shakirov*

Получены первые сведения о распределении метана в водной толще пролива Антарктик (Атлантический сектор Южного океана) по результатам экспедиции РАН на НИС «Академик Мстислав Келдыш», 79-й рейс. В глубоководной части пролива на глубине более 400 м выявлена устойчивая зона с повышенной концентрацией растворенного метана (до 7,53 нмоль/л). По данным параллельных измерений концентрация метана в придонном слое пролива значительно превышает среднюю концентрацию метана в море Уэдделла. Наиболее важным результатом исследований пролива Антарктик является обнаружение устойчивой стабильной зоны с повышенной концентрацией метана на двух разрезах в придонном слое в глубокой части пролива ниже изобаты 400 метров. Вероятно, что повышение концентрации метана в придонном слое воды связано с перемещением водных масс из глубоководной части пролива Антарктик (Полоник Н.С., Пономарева А.Л., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 4. С. 539–542.).

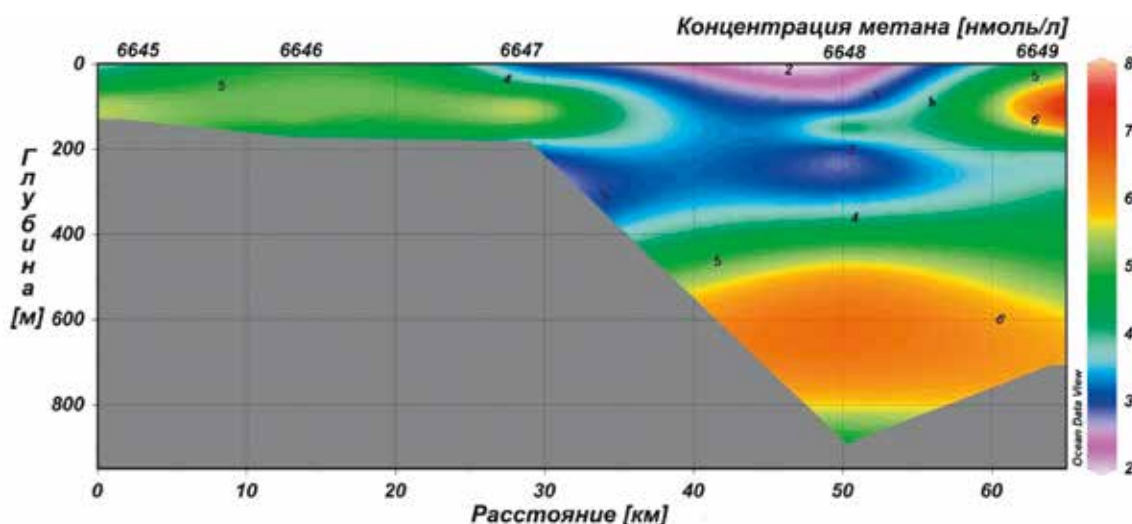


Рис. 13.1. Диаграмма распределения метана в проливе Антарктик (13 февраля 2020 г.).

*Fig. 13.1. Diagram of the distribution of methane in the Antarctic Strait (February 13, 2020)*

**13.2. Изменчивость биооптических характеристик морской поверхности в районе Фолклендского течения и Патагонского шельфа / Variability of Bio-Optical Characteristics of Surface Water Layer in the Falkland Current and the Patagonian Shelf**

*к.ф.-м.н. П.А. Салюк, к.г.н. Е.А. Штрайхерт, к.б.н. С.П. Захарков /*  
*P.A. Salyuk, E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov*

Выполнен анализ пространственной изменчивости и вертикального распределения биооптических характеристик морской воды в зоне взаимодействия Фолклендского (Мальвинского)

течения с водами Патагонского шельфа и проведена оценка влияния глубины положения максимума концентрации хлорофилла-а на спектральные коэффициенты яркости моря, регистрируемые со спутника. Натурные данные для исследований получены во 2-м этапе 79-го рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» 12 и 13 января 2020 г., где вдоль 45,8° ю.ш. проведены измерения на ходу судна в проточной системе и выполнены станции в Фолклендском течении, а также на западной периферии течения над кромкой шельфа. Дополнительно использованы спутниковые данные по цвету моря, полученные с помощью радиометров MODIS-Terra и OLCI-Sentinel-3В, и данные океанографического реанализа. Показано, что в районе взаимодействия Фолклендского течения с водами Патагонского шельфа наблюдается чередование зон поднятия и опускания вод, приводящих к изменению глубины максимума концентрации хлорофилла-а, что, в свою очередь, может сказываться на вариациях коэффициентов яркости моря, регистрируемых со спутников. Установлена глубина слоя (14 м), в пределах которого положение максимума хлорофилла-а оказывало значимое влияние на форму спектра и значения коэффициентов яркости моря. (Салюк П.А., Глуховец Д.И., Липинская Н.А., Моисеева Н.А., Чурилова Т.Я., Пономарев В.И., Аглова Е.А., Артемьев В.А., Латушкин А.А., Майор А.Ю. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021 г. Т. 18, № 6. С. 200–213.).

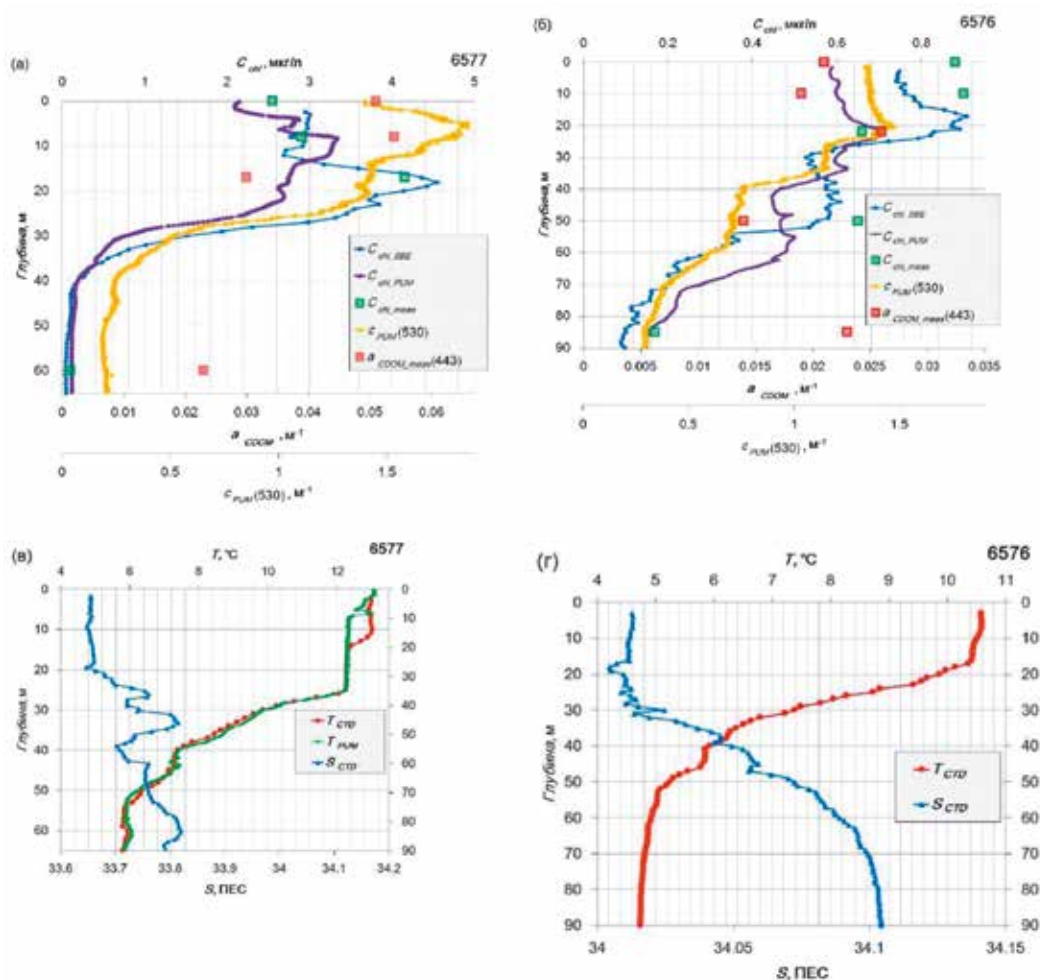


Рис. 13.2. Вертикальные профили гидрологических и биооптических параметров на станциях 6576 (Фолклендское течение) и 6577 (зона максимальных концентраций хл-а), полученные с помощью зондов SBE-911, ПУМ-200 и лабораторных измерений.

Fig. 13.2. Vertical profiles of hydrological and biooptical parameters at stations 6576 (Falkland current) and 6577 (zone of maximum chl-a concentrations), obtained with SBE-911, PUM-200 probes and laboratory measurements

### 13.3. Биооптические характеристики поверхностного слоя воды на трансатлантическом разрезе в 2019–2020 гг. / Bio-Optical Characteristics of Surface Water Layer during Transatlantic Transect in 2019–2020

к.ф.-м.н. П.А. Салюк, к.г.н. Е.А. Штрайхерт, к.б.н. С.П. Захарков /  
P.A. Salyuk, E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov

Выполнено исследование изменчивости биооптических характеристик поверхностного слоя вод, полученных на трансатлантическом разрезе в декабре 2019 – январе 2020 г. и в конце декабря 2021 г. По судовым и спутниковым данным подтверждены основные закономерности макромасштабного распределения биооптических характеристик, выделены основные зоны биологической продуктивности. Спутниковые интерполированные данные VIIRS о концентрации хлорофилла на большей части маршрута хорошо соответствуют результатам судовых измерений:  $\rho = 0,86$  для

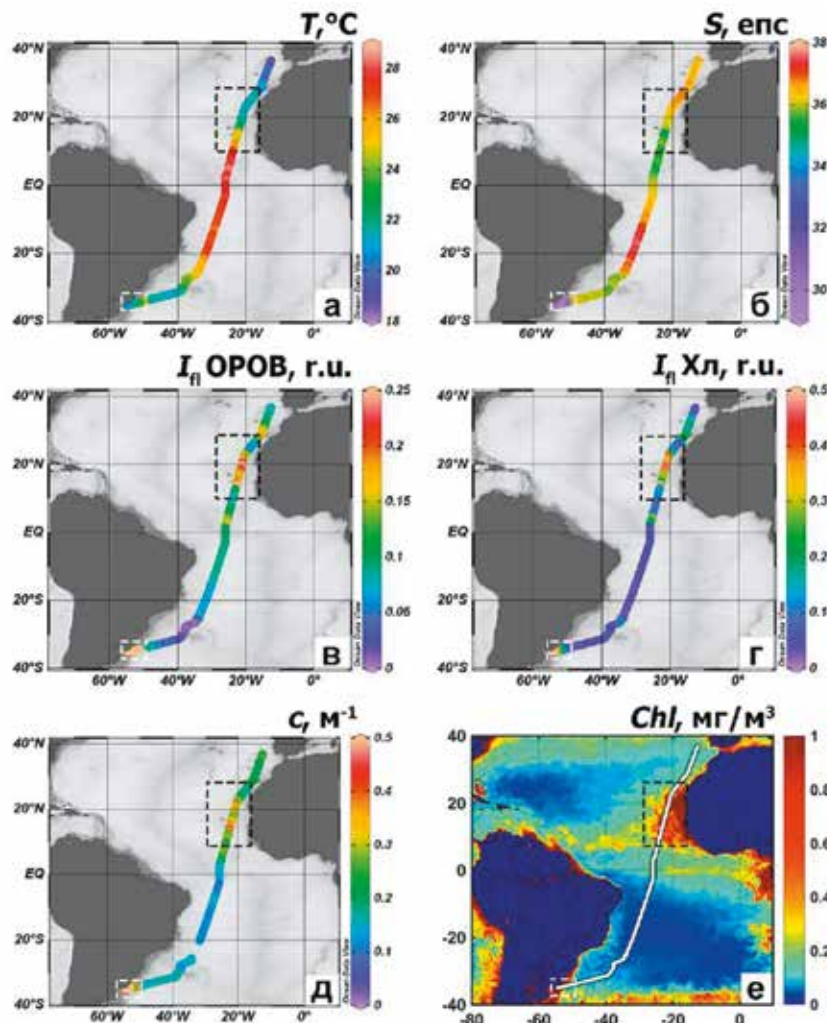


Рис. 13.3. Пространственные распределения температуры (а), солёности (б), интенсивностей флуоресценции ОРОВ (в) и хлорофилла-а (г), показателя ослабления (д) в поверхностном слое вод, а также концентрация хлорофилла-а по интерполированным данным VIIRS за 18 декабря 2019 г. (е). Пунктиром выделена область, соответствующая данным VIIRS за 12 декабря 2019 г.

Fig.13.3. Spatial distributions of temperature (a), salinity (b), and intensities of ODS (c) and chl-a (d) fluorescence, attenuation index (e) in the surface water layer, and chl-a concentration according to interpolated VIIRS data for December 18, 2019 (f). The dotted line marks the area VIIRS data for December 12, 2019

---

сравнения со значениями показателя ослабления на всем разрезе;  $\rho = 0,88$  для сравнения с интенсивностью флуоресценции хлорофилла-а на участке разреза у залива Ла-Плата. При разделении маршрута на четыре участка и последующим применением отдельных линейных преобразований общий коэффициент корреляции между спутниковыми и судовыми флуоресцентными оценками концентрации хлорофилла-а существенно увеличивается до 0,91. В целом, отмечается существенное улучшение точности работы современных спутниковых алгоритмов, которое, в первую очередь, связывается с использованием оценки концентрации хлорофилла-а по данным судовых непрерывных абсорбционных измерений (*Glukhovets D.I., Salyuk P.A., Artemiev V.A., Shtraikhert E.A., Zakharkov S.P. // Oceanology. 2021. V. 61, № 6. P. 872–880.*).

1. Agarwal N., Kondrashov D., Dueben P., Ryzhov E.A., Berloff P. A Comparison of Data-Driven Approaches to Build Low-Dimensional Ocean Models // *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 2021. V. 13, № 9. Art.no. e2021MS002537.
2. Agarwal N., Ryzhov E., Kondrashov D., Berloff P. Correlation-based flow decomposition and statistical analysis of the eddy forcing // *Journal of Fluid Mechanics*. 2021. V. 924. Art.no. A5.
3. Aksentov K.I., Astakhov A.S., Ivanov M.V., Xuefa Shi, Limin Hu, Alatortsev A.V., Sattarova V.V., Mariash A.A., Melgunov M.S. Assessment of mercury levels in modern sediments of the East Siberian Sea // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. V. 168. Art.no. 112426.
4. Ando K., Lin X., Villanoy C., Danchenkov M., Lee J.-H., He H.-J., Liu Q., Liu Y., Lobanov V., Ma X.-L., Mulyadi H.A., Nagano A., Ren J.-L., Syahailatua A., Tian Y., Wu L., Zhang J., Zhang L., Zhao M., Zheng J., Ma S., Zhu W. Half-Century of Scientific Advancements Since the Cooperative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions (CSK) Programme – Need for a new Kuroshio Research // *Progress in Oceanography*. 2021. V. 193. Art.no. 102513.
5. Barnard P., Moomaw W., Fioramonti L., Laurance W., Mahmoud M., O’Sullivan J., Rapley C., Rees W., Rhodes J., Ripple W., Semiletov I.P., Talberth J., Tucker C., Wysham D., Ziervogel G. World scientists’ warnings into action, local to global // *Science Progress*. 2021. V. 104, № 4. C. 1–32.
6. Belonenko T.V., Zinchenko V.A., Fedorov A.M., Budyansky M.V., Prants S.V., Uleysky M. Yu. Interaction of the Lofoten Vortex with a Satellite Cyclone // *Pure and Applied Geophysics*. 2021. V. 178, № 1. C. 287–300.
7. Berloff P., Ryzhov E., Shevchenko I. On dynamically unresolved oceanic mesoscale motions // *Journal of Fluid Mechanics*. 2021. V. 920. Art.no. A41.
8. Bessonova E.A., Koptev A.A., Zverev S.A., Zheldak E.M., Petukhov V.I. Geomagnetic survey for solving ecology problems on aquatory seaport with high level of electromagnetic noise (Golden Horn bay, Peter the Great gulf, sea of Japan) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 666, № 6. Art.no. 062149.
9. Bovsun M.A., Castaldi S., Nesterova O., Semal V., Sakara N., Brikmans A., Khokhlova A., Karpenko T. Effect of Biochar on Soil CO<sub>2</sub> Fluxes from Agricultural Field Experiments in Russian Far East // *Agronomy*. 2021. V. 11, № 8. Art.no. 1559.
10. Bovsun M.A., Castaldi S., Nesterova O., Semal V., Sakara N.A., Brikmans A.V., Khokhlova A.I., Karpenko T. Effect of Biochar on Soil CO<sub>2</sub> Fluxes from Agricultural Field Experiments in Russian Far East // *Agronomy*. 2021. V. 11, № 8. Art.no. 1559.
11. Chava A., Gebruk A., Kolbasova G., Krylov A., Tanurkov A., Gorbushkin A., Konovalova O., Migali D., Ermilova Y., Shabalin N., Chava V., Semiletov I.P., Mokievsky V. At the Interface of Marine Disciplines: Use of Autonomous Seafloor Equipment for Studies of Biofouling Below the Shallow-Water Zone // *Oceanography*. 2021. V. 34, № 3. Art.no. 302.
12. Chelomina G.N., Kukla S.P., Chelomin V.P., Doanh P.N. Genotoxicity of *Paragonimus heterotremus* Infection in a Rat Model of Simultaneous Pulmonary and Hepatic Paragonimiasis // *Biomedicines*. 2021. V. 9, № 9. Art.no. 1180.
13. Chudnovskii V.M., Guzev M.A., Yusupov V.I., Fursenko R.V., Okajima J. Study of methods for controlling direction and velocity of liquid jets formed during subcooled boiling // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2021. V. 173. Art.no. 121250.
14. Chuvilin E., Bukhanov B., Grebenkin S., Tumskoy V., Shakhova N.E., Dudarev O.V., Semiletov I.P., Spasennykh M. Thermal properties of sediments in the East Siberian Arctic Seas: A case study in the Buor-Khaya Bay // *Marine and Petroleum Geology*. 2021. V. 123. Art.no. 104672.
15. Dolgikh G.I., Budrin S.S. Method of studying modulation effects of wind and swell waves on tidal and seiche oscillations // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, № 9. Art.no. 926.
16. Dolgikh G.I., Chupin V.A., Gusev E.S., Timoshina G.A. Cyclonic process of the “voice of the sea” microseism generation and its remote monitoring // *Remote sensing*. 2021. T. 13, № 17. Art.no. 3452.



17. *Dolgikh G.I., Dolgikh S.G.* Deformation Anomalies Accompanying Tsunami Origination // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, № 2. Art.no. 1144.
18. *Dolgikh G.I., Gromasheva O.S., Dolgikh S.G., Plotnikov A.A.* Dynamics and transformation of sea surface gravity waves at the shelf of decreasing depth // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, № 8. Art.no. 861.
19. *Dolmatov I. Yu., Nizhnichenko V.A., Dolmatova L.S.* Matrix metalloproteinases and tissue inhibitors of metalloproteinases in Echinoderms: structure and possible functions // *Cells*. 2021. T. 10. Art.no. 2331.
20. *Dolmatova L.S.* Tumor-associated macrophages as potential targets for anti-cancer activity of marine invertebrate-derived compounds // *Current Pharmaceutical Design*. 2021. T. 27, № 28. C. 3139–3160.
21. *Dong Z., Shi X., Zou J., Zou X., Dou R., Wu Y., Liu Y., Ge C., Gorbarenko S.* Paleoceanographic insights on meridional ventilation variations in the Japan Sea since the Last Glacial Maximum: A radiolarian assemblage perspective // *Global and Planetary Change*. 2021. V. 200. Art.no. 103456.
22. *Dou R., Zou J., Shi X., Zhu A., Dong Z., Gorbarenko S., He L., Gao J., Zhang Y. and Cui J.* Geochemical and Isotopic Evidence for Provenance of the Western Sea of Japan Over the Last 30000 Years // *Frontiers in Earth Science*. 2021. V. 9. Art.no. 638178.
23. *Evstigneeva T.A., Cherepanova M.V., Gorbarenko S.A., Shi X., Bosin A.A., Utkin I.V.* Millennial-scale environmental changes in the northwestern Japan Sea during the last glacial cycle // *Boreas*. 2021. V. 50, № 4. C. 967–982.
24. *Fedorov A.M., Belonenko T.V., Budyansky M.V., Prants S.V., Uleysky M. Yu., Bashmachnikov I.L.* Lagrangian Modeling of Water Circulation in the Lofoten Basin // *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 2021. T. 96. Art.no. 101258.
25. *Fedorov S., Yakimov T., Kalgin V.* The Distribution of Noble Metals in Metasomatites of the Kirchenovskoye Deposit (Transbaikalia) // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Intern. science and technology conf. «Earth science», 8–10 December 2020, Vladivostok, Russian Federation. 2021. V. 666. Art.no. 042016.
26. *Fershalov A.Y., Fershalov Y.Y., Fershalov M.Y.* Principles of designing gas microturbine stages // *Energy*. 2021. V. 218. Art.no. 119488.
27. *Fischenko V.K., Goncharova A.A., Dolgikh G.I., Zimin P.S., Subote A.E., Klescheva N.A., Golik A.V.* Express Image and Video Analysis Technology QAVIS: Application in System for Video Monitoring of Peter the Great Bay (Sea of Japan/East Sea) // *Journal of Marine Science and Engineering*. Special Issue «Sea Level Fluctuations». 2021. V. 9, № 10. Art.no. 1073.
28. *Gorbarenko S., Malakhova G.* Orbital and suborbital environmental changes in the Western Bering Sea during the last 172 ka Inferred from Diatom and Productivity Proxies // *Global and Planetary Change*. 2021. V. 198. Art.no. 103405.
29. *Gorbarenko S., Shi X., Bosin A., Liu Y., Artemova A., Zou J., Yanchenko E., Vasilenko Y., Wu Y., Hu L.* Timing and Mechanisms of the Formation of the Dark Layers in the Sea of Japan During the Last 40 kyr // *Frontiers in Earth Science*. 2021. V. 9. Art.no. 647495.
30. *Grinko A.A., Goncharov I.V., Oblasov N.V., Gershelis E.V., Shaldybin M.V., Shakhova N.E., Zarubin A.G., Ruban A.S., Dudarev O.V., Veklich M.A., Mazurov A.K., Semiletov I.P.* Characterization of Organic Matter of the Laptev Sea Eroded Coastal Sediments: A Case Study from the Cape Muostakh, Bykovsky Peninsula // *Geosciences*. 2021. V. 11. Art.no. 83.
31. *Guseva N., Moiseeva Y., Purgina D., Gershelis E., Yakushev E.V., Semiletov I.P.* The Impact of Methane Seepage on the Pore-Water Geochemistry across the East Siberian Arctic Shelf // *Water*. 2021. V. 13. Art. no. 397.
32. *Istomina A., Yelovskaya O., Chelomin V., Karpenko A., Zvyagintsev A.* Antioxidant activity of Far Eastern bivalves in their natural habitat // *Marine Environmental Research*. 2021. T. 169. Art.no. 105383.
33. *Kalinchuk V.V., Lopatnikov E.A., Astakhov A.S., Ivanov M.V., Limin Hu.* Distribution of atmospheric gaseous elemental mercury (Hg(0)) from the Sea of Japan to the Arctic and Hg(0) evasion fluxes in the Eastern Arctic Seas: Results from a joint Russian-Chinese cruise in fall 2018 // *Science of the Total Environment*. 2021. V. 753. Art.no. 142003.

- 
34. *Kazak M., Koshel K., Petrov P.* Generalized form of the invariant imbedding method and its application to the study of back-scattering in shallow-water acoustics // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9. Art.no. 1033.
  35. *Kleshcheva T.I., Permyakov M.S., Salyuk P.A., Golik I.A.* Wavenumber spectra of the chlorophyll “a” concentration and the sea surface temperature in the area of the anticyclonic eddy in the South China Sea // *Journal of Oceanography*. 2021 V. 77, № 2. C. 259–267.
  36. *Kolesnichenko I., Kolesnichenko L.G., Vorobyev S.N., Shirokova L.S., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Vorobev R.S., Shavrina U., Kirpotin S.N., Pokrovsky O.S.* Landscape, Soil, Lithology, Climate and Permafrost Control on Dissolved Carbon, Major and Trace Elements in the Ob River, Western Siberia // *Water*. 2021. V. 13. Art.no. 3189.
  37. *Korenbaum V., Chernysheva T., Galay V., Galay R., Ustinov A., Zakharkov S., Bunkin N.* Possible Effect of Human-Experimenter on Homeopathic-Like Aqueous Preparations // *Water*. 2021. V. 13, № 11. Art. no. 1475.
  38. *Krylov A.A., Egorov I.V., Kovachev S.A., Ilinskiy D.A., Ganzha O.Y., Timashkevich G.K., Roginskiy K.A., Kulikov M.E., Novikov M.A., Ivanov V.N., Radiuk E.A., Rukavishnikova D.D., Neeshpapa A.A., Velichko G.O., Lobkovsky L.I., Medvedev I.P., Semiletov I.P.* Ocean-Bottom Seismographs Based on Broadband MET Sensors: Architecture and Deployment Case Study in the Arctic // *Sensors*. 2021. V. 21. Art.no. 3979.
  39. *Kukla S., Slobodskova V., Mazur A., Chelomin V., Kamenev Ya.* Genotoxic Testing of Titanium Dioxide Nanoparticles in Far Eastern Mussels, *Mytilus Trossulus* // *Pollution*. 2021. V. 7, № 1. C. 129–140.
  40. *L’Her A., Reinert M., Prants S., Carton X., Morvan M.* Eddy formation in the bays of Kamchatka and fluxes to the open ocean // *Ocean Dynamics*. 2021. V. 71, № 5. C. 601–612.
  41. *Le Dinh Mau, Vlasova G.A., Demenok M.N., Pham Sy Hoan, Nguyen Van Tuan, Nguyen Duc Thinh, Pham Ba Trung, Tran Van Binh, Nguyen Thi Thuy Dung.* Distribution features of meteorological parameters in Truong Sa archipelago area // *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*. 2020. V. 20, № 4. C. 405–416.
  42. *Le Duc Anh, Nguyen Hoang, Phung Van Phach, Malinovskii A.I., Shakirov R.B., Kasatkin S.R., Golozubov V.V., Bui Van Nam, Mai Duc Dong, Ngo Bich Huong, Pham Thu Hien.* Establishing calculation method for chemical composition of primitive magma in the Cenozoic in South Central coast region and the adjacent continental shelf of Vietnam // *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*. 2019. V. 19, № 3B. C. 55–70.
  43. *Le Duc Anh, Nguyen Nhu Trung, Nguyen Hoang, Ngo Xuan Thanh, Ngo Bich Huong, Mai Duc Dong, Shakirov R., Trinh Hoa Thu, Bui Van Nam.* Geochemical characteristics of sediments in the southwestern part of central oceanic basin of the East Vietnam Sea // *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*. 2020. V. 20, № 4B. C. 1–16.
  44. *Li Li, Yanguang Liu, Xiaojing Wang, Huaqiang Su, Limin Hu, Gang Yang, Zhongqiao Li, Bosin A., Astakhov A., Jianfang Chen, Xuefa Shi.* Enrichment of trace metals (V, Cu, Co, Ni, and Mo) in Arctic sediments – from Siberian Arctic shelves to the basin // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2021. V. 126, № 4. Art.no. e2020JC016960.
  45. *Luong L.D., Nguyen H., Shinjo R., Shakirov R.B., Obzhairov A.I.* Chemical, mineralogical and physicochemical features of surface saline muds from Southwestern sub-basin of the East Vietnam Sea: Implication for new peloids // *Vietnam Journal of Earth Sciences*. 2021. V. 43, № 4. C. 496–508.
  46. *Makarov D.V., Komissarov A.A.* Modelling of sound propagation in the ocean using the matrix propagator // *Proc. of Meetings on Acoustics: 179-th Meeting of the Acoustical Society of America*. 2021. V. 42. Art.no. 055004.
  47. *Makseev D.S., Kalgin V.Y., Fedorov S.A.* Indicator Elements of Hydrocarbon Accumulations in the Southern Part of the Tatar Strait and the Northern Circuit of the Central Depression of the Sea of Japan // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. Intern. science and technology conf. «Earth science», 8–10 December 2020, Vladivostok, Russian Federation. 2021. V. 666. Art.no. 032029.
  48. *Martens J., Romankevich E., Semiletov I.P., Wild B., Dongen B., Vonk J., Tesi T., Shakhova N.E., Dudarev O.V., Kosmach D.A., Vetrov A., Lobkovsky L., Belyaev N., Macdonald L., Pie A., Eglinton T.,*

- 
- Haghipour N., Dahle S., Carroll M., Aström E., Grebmeier J., Cooper L., Possnert G., Gustafsson O.* CASCADE – The Circum-Arctic Sediment CARbon DatabaSE // *Earth System Science Data*. 2021. V. 13. P. 2561–2572.
49. *Mau Dinh Le, Vlasova G., Dung Thi Thuy Nguyen.* Distribution features of the typhoons in the South China Sea // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2021. V. 21. Art.no. ES1001.
50. *Mazur A.A., Chelomin V.P., Zhuravel E.V., Kukla S.P., Slobodskova V.V., Dovzhenko N.V.* Genotoxicity of Polystyrene (PS) Microspheres in Short-Term Exposure to Gametes of the Sand Dollar *Scaphechinus mirabilis* (Agassiz, 1864) (Echinodermata, Echinoidea) // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9. Art.no. 1088.
51. *Mitnik L.M., Kuleshov V.P., Mitnik M.L., Chernyavski G.M., Cherny I.V., Streltsov A.M.* Microwave radiometer MTVZA-GY on new Russian satellite Meteor-M No 2–2 and sudden stratospheric warming over Antarctica // *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2021. V. 15. P. 820–830.
52. *Mozherovsky A.V.* Practical application of the mineralogical mapping method for stratigraphy of the cretaceous deposits of Southern Primorye (Russian Far East) // *Mineral*. 2021. T. 11, № 8. C. 1–12.
53. *Nguyen Van Hoanga, Shakirov R., Hoang Ngoc Had, Trinh Hoai Thue, Syrbu N., Khokhlova A.* Assessment of Soil and Groundwater Heavy Metal Contamination by Finite Element Modelling with Freundlich Isotherm Adsorption Parameters in Waste Landfill Kieu Ky in Hanoi, Vietnam // *Eurasian Soil Science*. 2021. V. 54, № 12. C. 1876–1887.
54. *Osadchiev A.A., Frey D., Spivak E.A., Shchuka S., Tilinina N., Semiletov I.P.* Structure and Inter-Annual Variability of the Freshened Surface Layer in the Laptev and East-Siberian Seas During Ice-Free Periods // *Frontiers in Marine Science*. 2021. V. 8. Art.no. 1871.
55. *Ostrovskii A., Stepanov D., Kaplunenko D., Park J.-H., Park Y.-G., Tishchenko P.* Turbulent mixing and its contribution to the oxygen flux in the northwestern boundary current region of the Japan/East Sea, April–October 2015 // *Journal of Marine Systems*. 2021. V. 224. Art.no. 103619.
56. *Panichev A.M., Seredkin I.V., Makarevich R.A., Golokhvast K.S., Chekryzhov I. Yu., Vakh E.A., Kholodov A.S., Trepet S.A., Ivanov V.V., Ostapenko D.S., Eskina T.G., Bibina K.V., Stolyarova T.A., Mitina E.I.* A study of Kudurs used by wild animals located on the water sources high in REE content in the Caucasus nature reserve // *Environmental Geochemistry and Health*. 2021. V. 43, № 1. C. 91–112.
57. *Petaja T., Ganzei K.S., Lappalainen H.K., Risto Makkonen K.T., Raisanen J., Chalov S., Kulmala M., Zilitinkevich S., Baklanov P. Ya., Shakirov R.B., Mishina N.V., Egidarev E.G., Kondrat'ev I.I.* Research agenda for the Russian Far East and utilization of multi-platform comprehensive environmental observations // *International Journal of Digital Earth*. 2021. V. 14, № 3. C. 311–337.
58. *Pipko I.I., Pugach S.P., Luchin V.A., Francis O.P., Savelieva N.I., Charkin A.N., Dudarev O.V., Semiletov I.P.* Surface CO<sub>2</sub> system dynamics in the Gulf of Anadyr during the open water season // *Continental Shelf Research*. 2021. V. 217. Art.no. 104371.
59. *Pogojeva M., Zhdanov I., Berezina A., Lapenkov A., Kosmach D.A., Osadchiev A., Hanke G., Semiletov I.P., Yakushev E.V.* Distribution of floating marine macro-litter in relation to oceanographic characteristics in the Russian Arctic Seas // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. V. 166. Art.no. 112201.
60. *Ponomareva V., Pendea I.F., Zelenin E., Portnyagin M., Gorbach N., Pevzner M., Plechova A., Derkachev A.N., Rogozin A., Garbe-Schonberg D.* The first continuous late Pleistocene tephra record from Kamchatka Peninsula (NW Pacific) and its volcanological and paleogeographic implications // *Quaternary Science Reviews* // 2021. T. 257. Art.no. 106838.
61. *...Prants S.V., ...* Altimetry for the future: Building on 25 years of progress // *Advances in Space Research*. 2021. V. 68, № 2. C. 319–363.
62. *Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M. Yu., Kulik V.V.* Lagrangian fronts and saury catch locations in the Northwestern Pacific in 2004–2019 // *Journal of Marine Systems*. 2021. T. 222. Art.no. 103605.
63. *Rogachev K.A., Shlyk N.V.* Record-breaking warming in the Kamchatka Current halocline // *Ocean Dynamics*. 2021. T. 71, № 5. C. 545–557.

- 
64. *Ryazanov S.D., Permyakov P.A.* Steller sea lion (*Eumetopias jubatus*) at Tuleny Island, Russia in autumn 2018: abundance, composition, and entanglement // *Zoological Science*. 2021. V. 38, № 4. C. 311–316.
  65. *Samylina O.S., Rusanova I.I., Tarnovetskiia I.Y., Yakushev E.V., Grinko A.A., Zakharova E.E., Merkela A.Y., Kanapatskiya T.A., Semiletov I.P., Pimenova N.V.* On the Possibility of Aerobic Methane Production by Pelagic Microbial Communities of the Laptev Sea // *Microbiology*. 2021. V. 90, № 2. P. 145–157.
  66. *Sattarova V., Aksentov K., Alatorsev A., Le Duc Luong, Shakirov R., Ivanov M., Legkodimov A.* Distribution and contamination assessment of trace metals in surface sediments of the South China Sea, Vietnam // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. V. 173, Pt.A. Art.no. 113045.
  67. *Sattarova V., Aksentov K., Astakhov A., Xuefa Shi, Limin Hu, Alatorsev A., Mariash A., Yaroshchuk E.* Trace metals in surface sediments from the Laptev and East Siberian Seas: Levels, enrichment, contamination assessment and sources // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. V. 173. Art.no. 112997.
  68. *Sattarova V.V., Aksentov K.I.* Trace metals in deep-sea sediments collected from Kuril Basin (Sea of Okhotsk) and Kuril-Kamchatka Trench area // *Marine Pollution Bulletin*. 2021. V. 164. Art.no. 112055.
  69. *Serebryany A.N., Konstantinov O.G.* New data on internal waves on the sea shelf based on combined monitoring with panoramic camera and ADCP. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 17, № 6. С. 122–126.
  70. *Sereda A.V., Mikhaylichenko Y.G., Baklanov P.Y., Kachur A.N., Lappo A.D., Danilova L.V.* Contribution of an Integrated Maritime Policy to the Dialogue of Civilisations: The Asia-Pacific Case // *Journal of Marine Science and Engineering. Special Issue «Marine Technologies and Maritime Spatial Planning»*. 2021. V. 9, № 6. Art.no. 610.
  71. *Shtraikhert E.A., Zakharkov S.P., Lazaryuk A. Yu.* Application of satellite observations to study the changes of hypoxic conditions in near-bottom water in the western part of Peter the Great Bay (the Sea of Japan) // *Advances in Space Research*. 2021. V. 67, № 4. C. 1284–1302.
  72. *Simokon M.V., Trukhin A.M.* Analysis of essential and non-essential trace elements in the organs of a mother–fetus pair of spotted seals (*Phoca largha*) from the Sea of Japan // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. V. 28, № 43. C. 60622–60634.
  73. *Simonenko S.V.* The Confirmed Validity of the Explanatory Aspect of the Thermohydrodynamic Theory Concerning the Evaluated Maximal Magnitude of the Strongest Earthquake during the Considered Intensification of the Global Natural Processes from December 7, 2019 to April 18, 2020 AD // *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 2021. V. 9, № 6. C. 185–197.
  74. *Simonenko S.V.* The Thermohydrodynamic Theory Concerning the Forthcoming Intensification of the Global Natural Processes from December 7, 2019 to April 18, 2020 AD // *Energy Research*. 2021. V. 5, № 1. C. 30–5.
  75. *Smirnov S.V., Yaroshchuk I.O., Shvyrev A.N., Kosheleva A.V., Pivovarov A.A., Samchenko A.N.* Resonant oscillations in the western part of the Peter the Great Gulf in the Sea of Japan // *Natural Hazards. Special Issue on the global perspective on meteotsunami science*. 2021. V. 106, № 2. C. 1729–1745.
  76. *Sokolova N.L., Telegin Yu., Obzhirov A.I.* Methane flux and gas hydrate accumulations in the Sea of Okhotsk and their ecological aspect // *Vietnam Journal of Earth Sciences*. 2021. V. 43, № 3. C. 273–284.
  77. *Steinbach J., Holmstrand H., Shcherbakova K., Kosmach D., Brüchert V., Shakhova N., Salyuk A., Sapart C.J., Chernykh D., Noormets R., Semiletov I., Gustafsson Ö.* Source apportionment of methane escaping the subsea permafrost system in the outer Eurasian Arctic Shelf // *Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2021. V. 118, № 10. Art.no. E2019672118.
  78. *Syrbu N., Le Duc Luong, Kholmogorov A., Nguyen Hoang.* Formation of anomalous gas fields of helium and hydrogen in the Cat Ba, Co To and Bach Long Vi islands, northern Vietnam // *Vietnam Journal of Earth Sciences*. 2021. V. 43, № 3. C. 301–315.
  79. *Taoliang Zhang, Rujian Wang, Wenshen Xiao, Leonid Polyak, Astakhov A., Linsen Dong, Chunjuan Wang, Yanguang Liu, Xuefa Shi.* Characteristics of terrigenous components of Amerasian Arctic Ocean surface sediments: Implications for reconstructing provenance and transport modes // *Marine Geology*. 2021. T. 437, № 11. Art.no. 106497.

80. *Tishchenko P. Ya., Lobanov V.B., Kaplunenko D.D., Sagalaev S.G., Tishchenko P.P.* Acidification and Deoxygenation of the Northwestern Japan/East Sea // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9, № 9. Art.no. 953.
81. *Trukhin A.M., Permyakov P.A., Ryazanov S.D., Lobanov V.B., Kim Hyun Woo, Choi Young Min, Sohn Hawsun.* Migrations of young spotted seals (*Phoca largha*) from Peter the Great Bay, Sea of Japan/East Sea, and the pattern of their use of seasonal habitats // *Plos One*. 2021. V. 16, № 1. Art.no. e0244232.
82. *Trukhin A.T., Permyakov P.A.* The Onshore Period in the Annual Life Cycle of Ringed Seals (*Pusa hispida*) at the Largest Haulout Site of the Species in the North Pacific // *Aquatic Mammals*. 2021. V. 47, № 2. C. 206–215.
83. *Wang K., Shi X., Zou J., Liu Y., Yao Z., Gorbarenko S.A.* Spatial Distribution and Provenance of Detrital Minerals of Surface Sediment in the Okhotsk Sea // *Frontiers in Earth Science*. 2021. V. 9. Art.no. 636850.
84. *Wang Xiaoyu, Zhao Jinping, Lobanov V.B., Kaplunenko D.D., Rudykh Ya.N., He Yan, Chen Xianya.* Distribution and Transport of Water Masses in the East Siberian Sea and Their Impacts on the Arctic Halocline // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. V. 126, № 8. Art. no. e2020JC016523.
85. *Wang, A., Yao, Z., Shi, X., Wang, K., Zou, J., Liu, Y., Wu, Y., Gorbarenko, S.A.* Orbital and Millennial Variations in Sea Ice in the Southwestern Okhotsk Sea Since the Last Interglacial Period and Their Implications // *Frontiers in Earth Science*. 2021. V. 9. Art.no. 710797.
86. *Yakushev E., Gebruk A., Osadchiv A., Pakhomova S., Lusher A., Berezina A., Bavel B., Vorozheikina E., Chernykh D., Kolbasova G., Razgon I., Semiletov I.* Microplastics distribution in the Eurasian Arctic is affected by Atlantic waters and Siberian rivers // *Communications Earth and Environment*. 2021. V. 2. Art.no. 23.
87. *Yang L., Zhang L., Chen L., Han C., Akutagawa T., Endo O., Yamauchi M., Neroda A., Toriba A., Tang N.* Polycyclic aromatic hydrocarbons and nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in five East Asian cities: Seasonal characteristics, health risks, and yearly variations // *Environmental Pollution*. 2021. V. 287. C. 117360.
88. *Yang Q., Jenkins S.F., Lerner G.A., Li W., Suzuki T., McLean D., Derkachev A.N., Utkin I.V., Wei H., Xu J., Pan B.* The Millennium Eruption of Changbaishan Tianchi Volcano is VEI 6, not 7 // *Bulletin of Volcanology*. 2021. V. 83. C. 1–10.
89. *Zakharenko A.D., Trofimov M. Yu., Petrov P.S.* Improving the Performance of Mode-Based Sound Propagation Models by Using Perturbation Formulae for Eigenvalues and Eigenfunctions // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2021. V. 9. Art.no. 934.
90. *Zhadan P.M., Vaschenko M.A., Permyakov P.A.* Quantitative study of the behavior of two broadcast spawners, the sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* and *Mesocentrotus nudus*, during mass spawning events in situ // *Peer J*. 2021. V. 9. Art.no. e11058.
91. *Zhong, Y., Liu, Y., Gong, X., Wilson, D.J., Lu, Z., Liu, J., Song, T., Gorbarenko, S.A., Shi, X., Yang, X., Liu, Q.* Coupled Impacts of Atmospheric Circulation and Sea-Ice on Late Pleistocene Terrigenous Sediment Dynamics in the Subarctic Pacific Ocean // *Geophysical Research Letters*. 2021. V. 48. Art. no. e2021GL095312.
92. *Zhu F., Gulin O.E., Yaroshchuk I.O.* Average intensity of low-frequency sound and its fluctuations in a shallow sea with a range-dependent random impedance of the liquid bottom // *Applied Sciences*. 2021. V. 11, № 23. Art.no. 11575.

#### Статьи в российских журналах / *Articles in Russian Journals*

93. *Glukhovets D.I., Salyuk P.A., Artemiev V.A., Shtraikhert E.A., Zakharkov S.P.* Variability of Bio-Optical Characteristics of Surface Water Layer during Transatlantic Transect in 2019–2020 // *Oceanology*. 2021. V. 61, № 6. P. 872–880.
94. *Hoang Nguyen Van, Shakirov R., Thu Trinh Hoai, Syrbu N., Eskova A.I.* Characteristics of Sediment Heavy Metal Levels in Lead-zinc Ore Cho Don District Area, Bac Kan Province, Vietnam // *Lithology and Mineral Resources*. 2021. V. 56, № 3. C. 278–292.

- 
95. *Kosheleva A.V., Yaroshchuk I.O., Khrapchenkov F.F., Pivovarov A.A., Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Korotchenko R.A.* Upwelling on the Narrow Shelf of the Sea of Japan in 2011 // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. Т. 14, № 1. С. 31–42.
96. *Obzhairov A.I., Polonik N.S., Ponomareva A.L., Vereshchagina O.V., Telegin Yu.A., Syrbu N.S., Flint M.V.* Distribution Patterns of Methane, Hydrogen, and Helium in the Water Column of the Kara Sea // *Oceanology*. 2021. V. 61, № 6. С. 881–891.
97. *Polonik N.S., Ponomareva A.L., Eskova A.I., Shakirov R.B., Obzhairov A.I., Morozov E.G.* Distribution and Sources of Methane in the Water Layers of the Antarctic Straits: Bransfield Strait and Antarctic Sound // *Oceanology*. 2021. V. 61, № 6. P. 892–898.
98. *Prants S.V., Kon'kov L.E., Didov A.A.* Three-dimensional nonlinear dynamics of cold atoms in an optical lattice and its realizations // *Journal of Russian Laser Research*. 2021. Т. 42, № 5. С. 558–568.
99. *Sorokin M.A., Petrov P.S., Kaplunenko D.D., Golov A.A., Morgunov Yu.N.* Predicting effective propagation velocities of acoustic signals using an ocean circulation model // *Acoustical Physics*. 2021. V. 102, № 97. С. 501–511.
100. *Trusenkova O.O., Lobanov V.B., Primachev E.V.* Sea Level Intra-Annual Variability in the Coastal Northwestern Part of the Sea of Japan // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2021. V. 14, № 1. С. 54–62.
101. *Tyshchenko A.G., Zaikin O.S., Sorokin M.A., Petrov P.S.* A program based on the wide-angle mode parabolic equations method for computing acoustic fields in shallow water // *Acoustical Physics*. 2021. Т. 67, № 5. С. 533–541.
102. *Vasilenko L.N., Vasilenko Yu.P.* Pleistocene radiolarian biostratigraphy of the submarine Vityaz Ridge, Northwest Pacific // *Marine Micropaleontology*. 2021. V. 169. Art.no. 102040.
103. *Zakharenko A.D., Trofimov M. Yu., Petrov P.S.* Modal perturbation theory for the case of bathymetry variations in shallow-water acoustics // *Russian Journal of Mathematical Physics*. 2021. Т. 28. С. 257–262.
104. *Zhukovskaya A.F., Goryachev V.A., Zakhartsev M., Chelomin V.P.* The role of the cadmium-binding protein response of the digestive gland of the Yesso scallop *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) for marine environmental assessments // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. V. 2, № 24. С. 30986–30992.
105. *Акуличев В.А., Буренин А.В., Войтенко Е.А., Лебедев М.С., Моргунов Ю.Н., Тагильцев А.А.* Особенности формирования импульсных характеристик волноводов при дальнем распространении акустических сигналов в подводных звуковых каналах // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2021. Т. 498, № 2. С. 171–174.
106. *Алаторцев А.В., Иванов М.В., Аксентов К.И.* Содержания ртути в донных осадках Восточно-Сибирского, Лаптевых морей и прилегающей части Северного Ледовитого океана // *Вестник Морского государственного университета*. 2021. № 86. С. 46–51.
107. *Андреев А.Г.* Изменения температуры, уровня моря и геострофических течений в северо-западной части Тихого океана и юго-западной части Берингова моря под воздействием нодального прилива // *Исследование Земли из космоса*. 2021. № 1. С. 3–11.
108. *Артекин Р.А., Федорец Ю.В., Вострецов Ю.В.* Рыболовство неолитического населения в заливе Петра Великого около 4100 л.н. (по материалам памятника Клерк-5) // *Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке*. 2021. № 3(57). С. 14–23.
109. *Астахов А.С., Калугин И.А., Ши Сюефа, Аксентов К.И., Дарьин А.В., Ху Лимин, Бабич В.В., Мельгунов М.С., Плотников В.В.* Роль ледяного покрова в формировании химического состава донных осадков восточно-сибирского шельфа // *Геохимия*. 2021. Т. 66, № 6. С. 526–540.
110. *Астахова Н.В.* Гидротермальный рудогенез Японского моря // *Геология и геофизика*. 2021. Т. 62, № 9. С. 1191–1203.
111. *Астахова Н.В., Иванов В.В., Аксентов К.И.* Петрогеохимия и рудная минерализация серицит-кварцевых сланцев южного склона банки Кашеварова (Охотское море) // *Океанология*. 2021. Т. 61, № 5. С. 795–808.

- 
112. *Барабанищikov Ю.А., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Звалинский В.И., Михайлик Т.А., Тищенко П.П.* Особенности временной изменчивости содержания кислорода в зарослях *Zostera marina* Linnaeus, 1753 в бухте Воевода (Амурский залив, Японское море) // Морской биологический журнал = Marine Biological Journal. 2021. Т. 6, № 1. С. 3–16.
113. *Бессонова Е.А., Базаров Б.А., Именохоев Н.В., Миягашев Д.А.* Особенности пространственной организации городища Баян-Ундэр (по результатам георадиолокации) // Мультидисциплинарные исследования в археологии. 2020. № 2. С. 136–151.
114. *Богатыренко Е.А., Ким А.В., Дункай Т.И., Пономарева А.Л., Еськова А.И., Сидоренко М.Л., Окулов А.К.* Таксономическое разнообразие культивируемых углеводородокисляющих бактерий в Японском море // Биология моря. 2021. Т. 47, № 3. С. 209–216.
115. *Буланов А.В., Нагорный И.Г., Соседко Е.В.* Исследование спектральных характеристик двухимпульсного лазерного пробоя водных растворов  $MnCl_2$  в поле ультразвука // Письма в Журнал технической физики. 2021. Т. 47, № 5. С. 12–15.
116. *Буренин А.В., Войтенко Е.А., Лебедев М.С., Моргунов Ю.Н., Тагильцев А.А.* Исследование особенностей формирования импульсных откликов в подводных звуковых каналах при дальнем распространении широкополосных сигналов // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2021. Т. 14, № 3. С. 65–70.
117. *Валитов М.Г., Прошкина З.Н.* Изменение амплитудных показателей в приливных вариациях силы тяжести в период подготовки близких землетрясений // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 3. С. 223–228.
118. *Гаврилов А.А.* Космогеологическая индикация морфоструктурных элементов побережий и дна прилегающих акваторий (зал. Петра Великого, Японское море) // Океанология. 2021. Т. 61, № 4. С. 633–648.
119. *Гаврилов А.А.* Вопросы методологии геолого-геоморфологических исследований для целей металлогении // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. Т. 51, № 3. С. 84–95.
120. *Гаврилов А.А.* Эндогенная геоморфология в Тихоокеанском институте географии: история исследований // Тихоокеанская география. 2021. № 3. С. 31–42.
121. *Гаврилов А.А., Моисеевская Е.Б.* Глеб Иванович Худяков (20. 11. 1928–13.06. 2011) // Тихоокеанская география. 2021. № 2 (6). С. 85–86.
122. *Глуховец Д.И., Салюк П.А., Шеберстов С.В., Вазюля С.В., Салинг И.В., Стёпочкин И.Е.* Восстановление полного комплекса оптических характеристик для оценки теплосодержания в южной части Баренцева моря в июне 2021 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 5. С. 214–225.
123. *Гордейчук Т.В., Казачек М.В.* Яркая сонолюминесценция металлов в концентрированных водных растворах хлоридов Ca и Na // Фотоника. 2021. Т. 15, № 8. С. 666–673.
124. *Гресов А.И., Яцук А.В.* Геологические условия формирования газонасыщенности донных отложений осадочных бассейнов юго-восточного сектора Восточно-Сибирского моря // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 2. С. 197–215.
125. *Гресов А.И., Яцук А.В., Окулов А.К.* Газоматеринские источники углеводородных газов донных отложений внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря и котловины подводников Северного Ледовитого океана // Разведка и охрана недр. Геология и методика поисков и разведки месторождений. 2021. № 8. С. 19–27.
126. *Гресов А.И., Яцук А.В., Сырбу Н.С., Окулов А.К.* Газогеохимическое районирование донных отложений осадочных бассейнов и геоструктур внешнего шельфа Восточно-Сибирского моря и Северного Ледовитого океана // Геология нефти и газа. 2021. № 5. С. 107–122.
127. *Гуравская Г.И., Касаткина А.П.* Новый морфологический признак эукодонтовых животных (ультрамикроскопические исследования) // Вестник ДВО РАН. 2021. № 1. С. 102–104.
128. *Гурвич И.А., Пичугин М.К., Баранюк А.В., Хазанова Е.С.* Ледяной шторм в Приморье 18–19 ноября 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 6. С. 241–252.

129. Держачев А.Н., Николаева Н.А., Цой И.Б., Баранов Б.В., Баринов Н.Н., Можеровский А.В., Крылов А.А., Кузнецов А.Б., Минами Х., Хачикубо А. Долгоживущий центр газовой-флюидной эманации на западном склоне Курильской котловины (Охотское море) // Литология и полезные ископаемые. 2021. Т. 56, № 4. С. 311–337.
130. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Чупин В.А. Пеленгование геосферных возмущений лазерными деформографами // Фотоника. 2021. Т. 15, № 8. С. 656–665.
131. Долгих Г.И., Долгих С.Г. Учет воздействия атмосферного давления на деформацию земной коры // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500, № 2. С. 168–172.
132. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Особенности применения лазерных деформографов классического и маятникового типов // Фотоника. 2021. Т. 15, № 6. С. 474–483.
133. Долгих Г.И., Чупин В.А., Гусев Е.С., Овчаренко В.В. Пеленг зон генерации микросейсм «голоса моря» // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 501, № 2. С. 226–230.
134. Долматова Л.С., Уланова О.А., Тимченко Н.Ф. Влияние термостабильного токсина бактерии *Yersinia pseudotuberculosis* на функциональные и фенотипические особенности двух типов фагоцитов голотурии *Eupentacta fraudatrix* // Известия Российской академии наук. Сер. Биологическая. 2021. Т. 48, № 4. С. 341–353.
135. Другова Е.С., Кушнерова Н.Ф., Мерзляков В.Ю., Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г., Момот Т.В. Влияние интоксикации сероуглеродом на биохимические показатели крови и их коррекция растительными фенольными соединениями в эксперименте // Journal of Siberian Medical Sciences. 2021. № 2. С. 15–25.
136. Емельянова Е.А., Мельниченко Ю.И., Пугачев А.А., Ли Н.С. Петролого-геохимические особенности базальтов станций драгирования 2776 и 2764 (Филиппинское море) // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 2. С. 78–89.
137. Еськова А.И., Пономарева А.Л., Легкодимов А.А., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Распространение и характеристика микроорганизмов, участвующих в деструкции углеводов в морских отложениях (обзор литературы) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. Т. 51, № 3. С. 58–65.
138. Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Таранова С.Н. Мезомасштабные вихри в Беринговом море по данным спутниковой альтеметрии // Исследование Земли из космоса. 2021. № 5. С. 46–65.
139. Захарков С.П., Гордейчук Т.Н., Шамбарова Ю.В., Штрайхерт Е.А. Влияние тайфуна «Гони» на продукционные характеристики прибрежных вод залива Посьета Японского моря // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 2. С. 222–232.
140. Зацерковный А.В., Нурминский Е.А. Нейросетевой анализ транспортных потоков городских агломераций на основе данных публичных камер видеонаблюдения // Компьютерные исследования и моделирование. 2021. Т. 13, № 2. С. 305–318.
141. Изосов Л.А., Мельниченко Ю.И., Чупрынин В.И., Ли Н.С., Казанский Б.А., Емельянова Т.А., Лепешко В.В., Осипова Е.Б. Особенности тектонической эволюции Западно-Тихоокеанского региона: Формирование литосферных вихрей // Региональные проблемы. 2021. Т. 24, № 1. С. 10–25.
142. Истомина А.А., Мазур А.А., Челомин В.П., Кукла С.П., Слободскова В.В., Звягинцев А.Ю., Федорец Ю.В., Еловская О.А., Колосова Л.Ф. Интегрированный ответ биомаркеров при оценке качества морской среды на примере двустворчатого моллюска // Биология моря. 2021. Т. 47, № 3. С. 176–183.
143. Казак М.С., Петров П.С., Кошель К.В. Исследование обратного рассеяния акустических мод на неоднородностях рельефа дна с использованием метода инвариантного погружения // Подводные исследования и робототехника. 2021. № 2 (36). С. 76–80.
144. Казачек М.В., Гордейчук Т.В. Определение времени жизни люминесценции  $\text{Ce}^{3+}$  методом время-коррелированного счета фотонов при сонолюминесценции водного раствора  $\text{CeCl}_3$  // Оптика и спектроскопия. 2021. Т. 129, № 9. С. 1152–1155.
145. Каплуненко Д.Д., Дубина В.А., Моргунов Ю.Н., Голов А.А. Восстановление горизонтальных полей скорости звука в японском море на основе спутниковых и модельных данных // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 36, № 2. С. 28–40.



146. Караев В.Ю., Панфилова М.А., Митник Л.М., Рябкова М.С., Титченко Ю.А., Мешков Е.М. Обратное рассеяние радиолокационного сигнала СВЧ диапазона однолетним морским льдом при малых углах падения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 3. С. 229–241.
147. Катрасов С.В., Бугаец А.Н., Жариков В.В., Масленников С.И., Лысенко В.Н., Барабанищikov Ю.А., Тищенко П.Я. Оценка продуктивности плантаций двусторчатых моллюсков на основе результатов моделирования // Океанология. 2021. Т. 61, № 5. С. 759–768.
148. Клещёва Т.И., Поталова Е.Ю., Пермьяков М.С. Сравнение данных глобальной сети локализации молний WWLLN и стандартных наблюдений на метеостанциях юга Данного Востока // Метеорология и гидрология. 2021. № 6. С. 89–98.
149. Ковтунович П.Ю., Сафронова Л.С., Орешкина Т.В., Цой И.Б., Дмитриева Т.В. Новые данные о возрасте и вещественном составе лиманской свиты о. Сахалин // Тихоокеанская геология. 2021. № 6. С. 39–49.
150. Козицкий С.Б., Козицкая И.С. Электромагнитные поля, индуцированные поверхностными кольцевыми волнами в глубоком море // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 36, № 2. С. 66–75.
151. Колесник О.Н., Колесник А.Н., Жэнь Сянвэнь, Карабцов А.А., Астахов А.С., Сюэфа Ши. Первые данные о распределении редкоземельных элементов в железомарганцевых образованиях моря Лаптевых // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 497, № 1. С. 37–43.
152. Кононец С.Н., Валитов М.Г., Харченко Т.А. Отражение магматизма и тектоники в геофизических полях юго-западного приморья // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 5. С. 44–58.
153. Корсков И.В. Аппаратурный комплекс для многочастотного акустического зондирования морской среды // Приборы и техника эксперимента. 2021. № 2. С. 151–152.
154. Косьяненко А.А., Иваненко Н.В., Ярусова С.Б., Раков В.А., Косьяненко Д.В., Жуковская А.Ф., Жевтун И.Г. Содержание металлов в тканях Пурпурной Асцидии *Halocynthia Aurantium Pallas, 1787 (Ascidacea, Stolidobranchia)* из прибрежных акваторий Японского моря // Биология моря. 2021. Т. 47, № 5. С. 357–378.
155. Кушнерова Н.Ф., Рахманин Ю.А., Момот Т.В., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Мерзляков В.Ю., Лесникова Л.Н., Федянина Л.Н. Оценка изменений биохимических показателей плазмы крови при гиперхолестериневом рационе с высокожировой нагрузкой // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 6. С. 617–622.
156. Лазарюк А.Ю., Кильматов Т.Р., Марьина Е.Н., Кустова Е.В. Особенности сезонной изменчивости гидрологического режима бухты Новик (остров Русский, залив Петра Великого, Японское море) // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 6. С. 680–695.
157. Лазарюк А.Ю., Радовец А.В., Христофорова Н.К. Влияние тайфуна Майсак на экологическую ситуацию в материковых прибрежьях Дальневосточного морского заповедника в сентябре 2020 г. (Приморский край, Россия) // Биота и среда природных территорий. 2021. № 4. С. 85–101.
158. Ле Д.Л., Обжиров А.И., Нгуен Х., Шакиров Р.Б., Ле Д.А., Сырбу Н.С., Данг М.Т., Нгуен В.Т., Тран Т.Х., До Х.К., Холмогоров А.О., Пхан В.Б., Мишукова О.В., Еськова А.И. Распределение газов в донных отложениях юго-западного суббассейна Южно-Китайского моря // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 2. С. 67–77.
159. Лебедев Е.Б., Кавун В.Я., Трухин А.М. Обнаружение нового лежбища кольчатой нерпы (*Pusa hispida Schreber, 1775*) (Phocidae) на острове Сахалин // Биология моря. 2021. Т. 47, № 4. С. 281–284.
160. Леошико О.А., Долгих Г.И. Исследование динамики собственных колебаний земли с периодом 20,5 мин лазерно-интерференционным методом // Вестник ДВО РАН. 2021. Т. 2, № 216. С. 34–41.
161. Леонова Т.Д., Белоус О.В. Типизация берегов Западного Приохотья и тенденции их развитию // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2021. Т. 85, № 3. С. 422–432.
162. Липинская Н.А., Салюк П.А. Анализ гидробиологических и гидрооптических характеристик в субмезомасштабных вихрях в заливе Петра Великого с помощью одновременных in-situ и дистанционных измерений // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2021. Т. 14, № 3. С. 111–121.

163. *Литинская Н.А., Салюк П.А.* Исследование проявлений и характеристик внутренних волн по данным спутниковых изображений со сканера цвета моря GOCI-COMS-1 // Подводные исследования и робототехника. 2021. № 3 (37). С. 16–22.
164. *Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Ким Г., Нам С., Марьяна Е.Н., Хан Х., Попов О.С., Тищенко П.П., Власова Г.А., Зверев С.А., Ким Б., Ким Е., Ким С.Ю., Леусов А.Э., Ли И., Ли Ходжун, Ли Хёнджи, Марьяш А.А., Прушковская И.А., Рудых Я.Н., Рю Ё., Рюмина А.А., Сагалаев С.Г., Семкин П.Ю., Сё Х., Цой В., Чён С.Х., Чой Ч., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Уланова О.А., Шлык Н.В.* Исследование состояния и изменчивости окружающей среды Японского моря в 58-м рейсе НИС «Академик Опарин» // Океанология. 2021. Т. 61, № 4. С. 669–672.
165. *Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Марьяна Е.Н., Прушковская И.А., Тищенко П.Я., Калинин В.В., Колтунов А.М., Максеев Д.С., Сагалаев С.Г., Юрикова Д.А., Акулова Э.А., Апарина К.А., Загоруйко О.И., Зверев С.А., Крайников Г.А., Кукла С.П., Леусов А.Э., Лукьянова Н.Б., Рюмина А.А., Семкин П.Ю., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Юрикова Е.А., Юрцев А.Ю., Якимов Т.С.* Исследование состояния и изменчивости вод северо-западной части Японского моря в осенне-зимний период в 62-м рейсе НИС «Академик Опарин» // Океанология. 2021. Т. 61, № 5. С. 838–840.
166. *Лучин В.А., Голов А.А., Шешегов А.В., Дубина В.А., Моргунов Ю.Н.* Использование массивов многолетних океанологических данных и опорных гидроакустических сигналов для уточнения методики расчета эффективной скорости звука на акустических трассах в охотском море // Подводные исследования и робототехника. 2021. № 2(36). С. 4–17.
167. *Лысенко А.В., Шатилина Т.А., Гайко Л.А.* Влияние гидрометеорологических условий на динамику вылова (численности) приморской горбуши *Oncorhynchus Gorbusha* (Salmonidae) на основе ретроспективных данных (Японское море, Татарский пролив) // Вопросы ихтиологии. 2021. Т. 61, № 2. С. 206–218.
168. *Макаров Д.В.* Применение метода дискретного представления переменных для формирования амплитудно-фазовых распределений поля на вертикальной антенной решетке в волноводе // Акустический журнал. 2021. Т. 67, № 4. С. 413–430.
169. *Макаров Д.В., Аллилуев А.Д.* Об экспериментальном определении пропагатора акустического поля // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 35, № 1. С. 80–84.
170. *Макаров Д.В., Холмогоров А.О., Шакиров Р.Б.* Влияние покмарков на распространение низкочастотного звука в мелком море // Подводные исследования и робототехника. Средства и методы подводных исследований. 2021. Т. 38, № 4. С. 60–71.
171. *Манульчев Д.С., Рутенко А.Н.* Исследование распространения импульсного сигнала в бухте витязь Японского моря на основе экспериментальных и модельных данных // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 37, № 3. С. 90–96.
172. *Мельниченко Н.А., Тюевев А.В., Лазарюк А.Ю., Кустова Е.В., Абрамов А.С.* Пористость, проницаемость и структура морского льда в бухте Новик (остров Русский) по данным гидрологических измерений, МРТ и КТ // Вестник ДВО РАН. 2021. № 1. С. 49–57.
173. *Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л.* Внезапное стратосферное потепление в январе 2021 года по микроволновым измерениям со спутника “Метеор-М” № 2–2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 3. С. 139–148.
174. *Мишукова Г.И., Яцук А.В., Шакиров Р.Б.* Распределение потоков метана на границе вода–атмосфера в различных районах Мирового океана // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 3. С. 240–254.
175. *Мишукова Г.И., Яцук А.В., Шакиров Р.Б., Сырбу Н.С., Валитов М.Г., Пономарева А.Л., Мишукова О.В.* Потоки метана на границе вода–атмосфера и газогеохимические аномалии в донных отложениях северо-западной части Японского моря // Геология и геофизика. 2021. Т. 62, № 12. С. 1686–1704.
176. *Можеровский А.В.* Аутигенные минералы вулканогенно-осадочных пород палеозойско-кайнозойского возраста Южного Приморья // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 6. С. 100–110.
177. *Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Голов А.А., Буренин А.В., Лебедев М.С., Петров П.С.* Экспериментальное исследование импульсной характеристики волновода Японского моря с использованием

- псевдослучайных последовательностей в приложении к навигации удаленных объектов // Акустический журнал. 2021. Т. 67, № 3. С. 291–297.
178. Моренко Д.Н., Юсупов В.И., Абушкин И.А., Пахалюк Ю.П., Гузев М.А., Чудновский В.М. Акустические эффекты эндовазальной лазерной облитерации // Флебология. 2021. Т. 15, № 4. С. 258–266.
179. Мороз В.В., Шатилина Т.А., Рудых Н.И. Формирование аномальных термических режимов в северной части Татарского пролива и Амурском лимане под воздействием атмосферных процессов // Вестник ДВО РАН. 2021. № 6. С. 101–110.
180. Нестерова О.В., Семаль В.А., Бовсун М.А., Васенев И.И., Брикманс А.В., Карпенко Т.Ю., Сакара Н.А. Изменение свойств агропочв юга Дальнего Востока России при внесении биочара // Агрехимический вестник. 2021. № 5. С. 18–23.
181. Николаева Н.А., Деркачев А.Н., Уткин И.В. Минеральный состав осадков как индикатор источников поставки и особенностей распределения обломочного материала в Охотском море // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 1. С. 87–98.
182. Новотрясов В.В. Определение фоновых параметров слоистой слабодиспергирующей мелкой воды // Прикладная механика и техническая физика. 2021. Т. 62, № 1. С. 88–96.
183. Обжиров А.И. Геологическая история формирования газогидратов // Евразийское Научное Объединение. 2021. Т. 78, № 8–4. С. 318–322.
184. Обжиров А.И. Геологические рассказы. Российский путь в современной науке // Евразийское Научное Объединение. Геолого-минералогические науки. 2021. Т. 72, № 2–6. С. 444–453.
185. Обжиров А.И. Наукометрический психоз, который ослабляет эффективность науки // Евразийское Научное Объединение. Геолого-минералогические науки. 2021. Т. 76, № 6–2. С. 147–149.
186. Обжиров А.И. Новая методика изучения и разработки газогидратов // Евразийское Научное Объединение. 2021. Т. 79, № 9–4. С. 290–298.
187. Обжиров А.И. Реформирование науки и Академии РАН // Евразийское Научное Объединение. Геолого-минералогические науки. 2021. Т. 76, № 6–2. С. 149–151.
188. Обжиров А.И. Углекислый газ, метан и детективные истории // Природа. Раздел Геохимия. 2021. № 12 (1276). С. 57–60.
189. Обжиров А.И., Соколова Н.Л., Телегин Ю.А. Геологические условия формирования и разрушения газогидратов в Охотском море. Аспекты тектоники и генезиса // Литология и полезные ископаемые. 2021. № 4. С. 338–348.
190. Осипова Е.Б. Гравитационные напряжения и слоисто-блоковые структуры в земной коре // Физическая мезомеханика. 2021. Т. 24, № 6. С. 105–115.
191. Пак В.В. Исследование тектонических движений в зоне перехода океан-континент // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 37, № 3. С. 75–81.
192. Паничев А.М., Барановская Н.В., Чекрыжов И.Ю., Середкин И.В., Вах Е.А., Беляновская А. Редкоземельные элементы как причинный фактор геофагии среди растительноядных животных // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. V. 499, № 1. С. 82–86.
193. Пермяков П.А., Трухин А.М. Антропогенное воздействие на настоящих тюленей (Carnivora: Phocidae) в устье залива Пильгун (о. Сахалин) // Экология. 2021. № 4. С. 271–277.
194. Петрищевский А.М., Емельянова Т.А., Изосов Л.А. Возрастные взаимоотношения рифтогенеза, субдукции и плюмовых процессов на восточной окраине Азии // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2021. № 4 (52). С. 22–45.
195. Петрищевский А.М., Изосов Л.А., Емельянова Т.А., Васильева М.А., Ли Н.С. Строение, реология, петрология и геодинамика тектоносферы Японского моря // Океанология. Т. 61, № 1. С. 116–131.
196. Пивоваров А.А., Ярошук И.О., Долгих Г.И., Швырев А.Н., Самченко А.Н. Автономный акустический регистратор и его применение в составе гидрофизического комплекса // Приборы и техника эксперимента. 2021. № 3. С. 123–128.
197. Пипко И.И., Пугач С.П., Моисеева Ю.А., Дударев О.В., Ретина И.А., Сергиенко В.И., Семилетов И.П. О динамике растворенного углерода в главном русле реки Лены в июле 2017 г. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500, № 2. С. 208–215.

- 
198. *Плетнев С.П.* Основные типы осадочных пород палеогена на гайотах Магеллановых гор (Тихий океан) // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 1. С. 99–111.
199. *Плотников В.В., Вакульская Н.М., Дубина В.А.* Состояние и изменчивость сплоченности и возраста льда в Беринговом море // Метеорология и гидрология. 2021. № 2. С. 80–87.
200. *Плотников В.В., Дубина В.А., Кислова С.И.* Оценка возможности долгосрочного моделирования состояния ледяного покрова (распределения сплоченности льда) в Японском море // Вестник ДВО РАН. 2021. № 1. С. 58–64.
201. *Полоник Н.С., Пономарева А.Л., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И.* Первые определения концентрации метана в проливе Антарктик (Южный океан) // Океанология. 2021. Т. 61, № 4. С. 539–542.
202. *Полухин А.А., Морозов Е.Г., Тищенко П.П., Фрей Д.И., Артемьев В.А., Борисенко Г.В., Видничук А.В., Марьина Е.Н., Медведев Е.В., Попов О.С., Селиверстова А.М., Чульцова А.Л.* Структура вод пролива Брансфилда (Антарктика) в январе 2020 г.: гидрофизические, оптические и гидрохимические особенности // Океанология. 2021. Т. 61, № 5. С. 724–736.
203. *Поляков Д.М.* Динамика биогеохимического состава осадков морской части маргинального фильтра под влиянием стока реки Раздольная (Амурский залив, Японское море) // Геохимия. 2021. Т. 66, № 12. С. 1148–1155.
204. *Пономарева А.Л., Полоник Н.С., Обжиров А.И., Шакиров Р.Б., Григоров Р.А., Шмале О., Мау С.* Взаимосвязь распределения метана и психро-мезо и термофильных углеводородокисляющих микроорганизмов в донных отложениях в Карском море // Геосистемы переходных зон = Geosystems of Transition Zones. 2021. Т. 5, № 4. С. 389–398.
205. *Пранц С.В.* Вихри глубоководных желобов северо-западной части Тихого океана: обзор // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2021. V. 57, № 4. С. 387–400.
206. *Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Колпащикова Т.Н., Ли Н.С., Цовбун Н.М.* Глубинное строение зоны перехода «п-ов Индокитай – Южно-Китайское море» по геофизическим данным // Океанология. 2021. Т. 61, № 6. С. 994–1005.
207. *Прошкина З.Н., Валитов М.Г., Колпащикова Т.Н., Наумов С.Б.* Оценка влияния гидродинамики на приливные вариации силы тяжести в зоне перехода от континента к японскому морю // Физика Земли. 2021. № 1. С. 109–121.
208. *Рамазин А.Н., Лазарюк А.Ю.* Результаты исследования метрологических характеристик профилографа YSI CastAway-CTD // Труды ВНИРО. 2021. Т. 184. С. 125–139.
209. *Ростов И.Д., Дмитриева Е.В.* Региональные особенности межгодовых изменений температуры воды в субарктической зоне Тихого океана // Метеорология и гидрология. 2021. № 2. С. 67–79.
210. *Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И.* Климатические изменения термических условий в тихоокеанской субарктике в условиях современного глобального потепления // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 2. С. 162–178.
211. *Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И.* Межгодовая изменчивость термических условий во внетропической зоне южной части Тихого океана на рубеже XX–XXI веков // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 6. С. 659–679.
212. *Рутенко А.Н., Ущиповский В.Г., Манульчев Д.С., Радаев И.Р., Сизов Д.А., Фершалов М.Ю.* Натурные и модельные исследования акустических сигналов, генерируемых раком-шелкуном в б. Витязь Японского моря // Акустический журнал. 2021. Т. 67, № 6. С. 684–694.
213. *Савельева Н.И., Добротина Е.Д., Кузьмин С.Б., Ипатов А.Ю., Гончарова А.Б., Недашковский А.П.* Изменчивость гидрохимических характеристик поверхностных вод пролива Шакальский по результатам наблюдений на научно-исследовательской станции «Ледовая база мыс Баранова» в 2018–2019 гг. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2021. Т. 67, № 1. С. 10–27.
214. *Салюк П.А., Глуховец Д.И., Липинская Н.А., Моисеева Н.А., Чурилова Т.Я., Пономарев В.И., Аглова Е.А., Артемьев В.А., Латушкин А.А., Майор А.Ю.* Изменчивость биооптических характеристик морской поверхности в районе Фолклендского течения и Патагонского шельфа // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 6. С. 200–213.

215. Салюк П.А., Стёпочкин И.Е., Шмирко К.А., Голик И.А. Анализ многоугловых поляризационных измерений спутникового радиометра PARASOL над оптически сложными водами Бохайского залива // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18, № 5. С. 255–265.
216. Самченко А.Н., Яроцук И.О. Использование вейвлет-анализа в изучении рельефа дна залива Петра Великого Японского моря // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2021. Т. 3, № 2. С. 155–165.
217. Сафронова М.А., Ширяев А.Д., Коренбаум В.И. Анализ гармоник свистящих звуков в шумах форсированного выдоха человека // Акустический журнал. 2021. Т. 67, № 4. С. 454–464.
218. Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Ходоренко Н.Д., Шкирникова Е.М., Швецова М.Г. Влияние речного стока на гидрохимические характеристики вод Удской губы и залива Николая (Охотское море) в летний сезон // Океанология. 2021. Т. 61, № 3. С. 387–400.
219. Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Чаркин А.Н., Павлова Г.Ю., Анисимова Е.В., Барабанищikov Ю.А., Михайлик Т.А., Тибенко Е.Ю., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М. Изотопные, гидрологические и гидрохимические индикаторы разгрузки грунтовых вод в эстуарии р. Раздольной (Амурский залив, Японское море) в период ледостава // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2021. № 3. С. 29–43.
220. Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Чаркин А.Н., Павлова Г.Ю., Тищенко П.П., Анисимова Е.В., Барабанищikov Ю.А., Леусов А.Э., Михайлик Т.А., Тибенко Е.Ю., Чиждова Т.Л. Разгрузка грунтовых осоложенных вод в эстуарии реки Раздольной (Амурский залив) в феврале 2020 г. // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 3. С. 254–259.
221. Смирнова О.Л., Бессонова Е.А., Емельянова Т.А. Мезозойские радиолярии из ритмично-слоистых отложений островов архипелага Римского-Корсакова (залив Петра Великого, Японское море) и их значение для определения границы триаса и юры // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 2. С. 39–54.
222. Соколова Е.Б., Мишукова Г.И., Салюк П.А., Шакиров Р.Б. Совместный анализ вертикальных профилей гидрооптических параметров и концентрации растворенного метана в воде в Беринговом море и в восточном секторе Арктики // Подводные исследования и робототехника. 2021. № 1 (35). С. 60–69.
223. Сорокин М.А., Петров П.С., Каплуненко Д.Д., Голов А.А., Моргунов Ю.Н. Прогноз эффективной скорости распространения акустических сигналов на основе модели циркуляции океана // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 67, № 5. С. 521–532.
224. Спивак Э.А., Осадчиев А.А., Семилетов И.П. Структура и изменчивость плюма реки Лены в юго-восточной части моря Лаптевых // Океанология. 2021. Т. 61, № 6. С. 887–899.
225. Старжинский С.С., Йошикава А., Хомутов С.Ю. Особенности геоэлектрического разреза прибрежной области Чукотского моря вблизи обсерватории «мыс Шмидта» // Геология и геофизика. 2021. С. 31–40.
226. Стёпочкин И.Е., Салюк П.А., Качур В.А. Обнаружение разлива нефтепродуктов в виде эмульсий и отдельных пленок на поверхности Берингова моря с помощью гиперспектральной оптической радиометрии в августе 2013 г. // Оптика атмосферы и океана. 2021. Т. 34, № 1. С. 61–67.
227. Сырбу Н.С., Кыонг Д.Х., Якимов Т.С., Холмогоров А.О., Телегин Ю.А., Тсуногай У. Геологические условия формирования газогеохимических полей, в том числе гелия и водорода, в воде и осадках привьетнамской части Южно-Китайского моря // Георесурсы. 2021. Т. 23, № 3. С. 132–142.
228. Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Бойко Е.В., Валитов М.Г., Калиш Е.Н., Стусь Ю.Ф., Носов Д.А., Сизиков И.С. Некоторые особенности современных техногенных движений земной коры // Геодинамика и тектонофизика. 2021. Т. 12, № 3. С. 776–791.
229. Тищенко П.П., Звалинский В.И., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я. Гипоксия залива Петра Великого // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201, № 3. С. 600–639.
230. Тищенко П.Я., Барабанищikov Ю.А., Павлова Г.Ю., Рюмина А.А., Сагалаев С.Г., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Уланова О.А., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Тибенко Е.Ю. Гидрохимическое состояние залива Углогого (Амурский залив) в разные сезоны // Известия ТИНРО. 2021. Т. 201, № 1. С. 138–157.

231. Трусенкова О.О., Лобанов В.Б., Ладыченко С.Ю., Каплуненко Д.Д. Дрейф поверхностных лагранжевых буев в центральной части Японского моря в октябре – ноябре 2011 г. // Исследование Земли из космоса. 2021. № 1. С. 12–24.
232. Трусенкова О.О., Островский А.Г., Лазарюк А.Ю., Лобанов В.Б. Эволюция термохалинной стратификации северо-западной части Японского моря: синоптическая изменчивость и внутригодовые колебания // Океанология. 2021. V. 61, № 3. С. 366–376.
233. Ульянцев А.С., Чаркин А.Н., Семин В.Л., Киреенко Л.А., Боцул С.А., Леусов А.Э., Семкин П.Ю., Кукла С.П. Геологические исследования верхней осадочной толщи Чаунской губы в 60-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Опарин». 2021. Т. 61, № 4. С. 666–668.
234. Файман П.А., Пранц С.В., Будянский М.В., Улейский М.Ю. Моделирование распространения тихоокеанских вод в Охотском море // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2021. Т. 57, № 3. С. 372–384.
235. Фершалов М.Ю., Петров П.С., Манульчев Д.С., Захаренко А.Д. Обобщение метода геоакустической инверсии по записи импульсного сигнала одиночным гидрофоном с учетом неоднородностей батиметрии // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 35, № 1. С. 51–59.
236. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г. Метаболические изменения в организме студентов под действием учебной нагрузки, профилактика нарушений // Физиология человека. 2021. Т. 47, № 6. С. 56–64.
237. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Мерзляков В.Ю., Лесникова Л.Н. Липидный комплекс из морской бурой водоросли *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh как гипополидеммическое и антиоксидантное средство при высокожировой диете в эксперименте // Химия растительного сырья. 2021. № 4. С. 105–118.
238. Чан Т.З., Кулинич Р.Г., Нгуен К.М., Нгуен В.С., Чан Т.З., Нгуен Ч.Т., Нгуен Б.Д., Чан Ч.Л., Нгуен К.З., Данг С.Т., Дао Д.Ч., Нгуен Т.С. Изучение возможности реактивации разломов в западной части Южно-Китайского моря как источника опасных геологических процессов // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 6. С. 68–84.
239. Черных Д.В., Саломатин А.С., Юсупов В.И., Шахова Н.Е., Космач Д.А., Дударев О.В., Гершелис Е.В., Силионов В.И., Ананьев Р.А., Гринько А.А., Семилетов И.П. Акустические исследования глубоководных газовых факелов Охотского моря // Известия Томского политехнического ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 10. С. 57–68.
240. Шакиров Р.Б., Веникова А.Л., Соколова Н.Л., Обжиров А.И., Веселов О.В., Мальцева Е.В., Кузив Ф.В., Лексин В.К. Особенности аномальных газогеохимических полей в Восточно-Дерюгинском грабене Охотского моря // Геосистемы переходных зон. 2021. Т. 5, № 3. С. 229–239.
241. Шакиров Р.Б., Кыонг До Хуи, Обжиров А.И., Валитов М.Г., Ли Н.С., Легкодимов А.А., Калгин В.Ю., Еськова А.И., Прошкина З.Н., Телегин Ю.А., Стороженко А.В., Иванов М.В., Плетнев С.П., Съедин В.Т., Буланов А.В., Швалов Д.А., Липинская Н.А., Бовсун М.А., Максеев Д.С., Тхань Нгуен Чун, Ань Ле Дык, Лыон Ле Дык. Геолого-геофизические и океанографические исследования в Южно-Китайском море в 88-м рейсе научно-исследовательского судна “Академик М.А. Лаврентьев” // Океанология. 2021. Т. 61, № 1. С. 165–168.
242. Швец В.А., Долгих Г.И., Плотников А.А., Яковенко С.В. Разработка и исследование системы контроля состояния приборов лазерно-интерференционного геофизического комплекса // Измерительная техника. 2021. Т. 3. С. 22–28.
243. Щуров В.А., Ляшков А.С., Щеглов С.Г., Ткаченко Е.С. Фундаментальные явления в океане, обусловленные векторной природой акустической интенсивности // Подводные исследования и робототехника. 2021. Т. 2, № 36. С. 47–56.
244. Якук А.В., Гресов А.И., Сергиенко В.И., Василенко Ю.П., Швалов Д.А. Газогеохимические аномалии углеводородных газов в донных осадках хребта Ломоносова и котловины Подводников Северного Ледовитого океана // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 501, № 2. С. 219–225.

## Книги / Books

1. *Коллектив авторов.* Геолого-геофизические и океанографические исследования западной части Южно-Китайского моря и прилегающего континента (по результатам 88 рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» и береговых экспедиций 2010–2020 гг.) / *Гл. ред. д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров. Ред.: к.г.-м.н. М.Г. Валитов, Н.С. Лу; д-р Нгуен Хоан, ИГН ВАНТ, Вьетнам; д-р Фун Ван Фать, ИМГТ ВАНТ, Вьетнам. Рецензенты: д.г.-м.н. А.В. Можеровский; к.г.н. К.С. Ганзей, ТИГ ДВО РАН.* Москва: ГЕОС, 2021. 414 с.
2. *Некрасова М.И., Буторина Т.Е., Левенец И.Р., Еловская О.А., Шевченко О.Г., Лебедев Е.Б.* Морские организмы бухты Северная – модельной акватории марикультуры в заливе Петра Великого / Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, ТОИ ДВО РАН, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет. Владивосток, 2021. 231 с.
3. Океанологические исследования: IX конф. молодых ученых, 29–30 апр. 2021 г., Владивосток / *Оргкомитет: к.г.н. Лобанов В.Б., д.б.н. Челомин В.П., к.г.н. Савельева Н.И. Ответственный за выпуск: Прушковская И.А.* Владивосток, 2021. 205 с. [Эл. ресурс]. <https://www.poi.dvo.ru/conf/phg2021>.
4. Основные результаты научно-исследовательских работ ТОИ ДВО РАН за 2020 г. / *Гл. ред. к.г.н. Н.И. Савельева.* В-восток: ТОИ ДВО РАН, 2021. 146 с.
5. Физика геосфер: двенадцатый Всеросс. симпоз., 6–10 сентября 2021 г., Владивосток. *Оргкомитет: акад. Долгих Г.И., д.ф.-м.н. Ярошук И.О., д.ф.-м.н. Дзюба В.П.* Владивосток, 2021. 253 с. [Эл. ресурс]. <https://www.poi.dvo.ru/conf/phg2021>
6. *Цой И.Б., Емельянова Э.А.* Атлас диатомовых водорослей Дагинского грязевого вулкана (Восточный Сахалин) / *Отв. ред.: д.г.н. В.С. Пушкарь. Рецензенты: к.б.н. Т.В. Никулина, д.б.н. Л.И. Рябушко.* В-восток: ИП Мироманова И.В., 2021. 220 с.

## Патенты / Patents

1. *Автономный подводный зонд – флуориметр:* Пат. № 2763651 С1 / Крикун В.А., Салюк П.А. – з. № 2020100300, заявл. 11.01.2021; зарег. и опубл. 19.08.2021, БИ № 23.
2. *Буксируемый подводный гамма-зонд:* Пат. № 2760711 С1 / Чаркин А.Н., Гуленко Т.А., Ярошук Е.И., Дуйсекулов М.А., Альшев С.Ю. – з. № 2021110724, заявл. 15.04.2021; зарег. и опубл. 29.11.2021, БИ № 34.
3. *Водоотборное устройство:* Пат. № 202449 U1 / Холмогоров А.О. – з. № 2020136360, заявл. 03.2011, зарег. и опубл. 18.02.2021, БИ 5.
4. *Лазерно-интерференционный гидрофон:* Пат. № 2742935 С1 / Яковенко С.В. – з. № 2020120713, заявл. 16.06.2020; зарег. и опубл. 11.02.2021, БИ № 5.
5. *Линейный электропривод:* Пат. № 2753469 С1 / Ковалев С.Н. – з. № 2021105429, заявл. 02.03.2021, зарег. и опубл. 17.08.2021, БИ № 23.
6. *Маятниковый калибровочный вибростенд:* Пат. № 2749702 С1 / Ковалев С.Н. – з. № 2020140090, заявл. 4.12.2020; зарег. и опубл. 16.06.2021, БИ № 17.
7. *Мобильное устройство для определения параметров векторных приемников:* Пат. № 2742870 С1 / Ковалев С.Н. – з. № 2020122790, заявл. 03.07.2020, зарег. и опубл. 11.02.2021, БИ № 5.
8. *Мобильное устройство для определения цветовых характеристик горных пород:* Пат. № 2741268 С1 / Колесник А.Н., Босин А.А. – з. № 2020115938, заявл. 20.04.2020; опубл. 22.01.2021, БИ № 3.
9. *Способ диагностики состояния вентиляционной функции легких человека (варианты):* Пат. № 2743244 С1 / Коренбаум В.И., Почекутова И.А., Костив А.Е., Кабанцова О.И., Малаева В.В., Сафронова М.А. – з. № 2020120711, заявл. 16.06.2020; зарег. и опубл. 16.02.2021, БИ № 5.
10. *Способ приема сейсмической и гидроакустической волн у дна водоема и устройство для его осуществления:* Пат. № 2740334 С1 / Коренбаум В.И., Горовой С.В., Дорожко В.М., Бородин А.Е. – з. № 2020123339, заявл. 07.07.2020; зарег. и опубл. 13.01.2021, БИ № 2.

---

### Программы для ЭВМ / *Computer's Programmes*

11. Программа ЭВМ «Программа расчета коэффициентов отражения в мелководье с неоднородностью дна с помощью метода инвариантного погружения» / Свидетельство о регистрации № 2021662987 / Казак М.С. – з. № 2021622114, заявл.30.07.2021; зарег. и опубл. 10.08.2021, Бюл. № 8.
12. Программа ЭВМ «Универсальная программа преобразования геофизических сигналов с переменным шагом дискретизации аргумента в сигналы с постоянным шагом дискретизации (*UnidecGeo*)» / Свидетельство о регистрации № 2021666758 / Гончарова А.А., Фищенко В.К. – з. № 2021669350, заявл. 29.11.2021; зарег. и опубл. 02.12.2021, Бюл. № 12.
13. Программа ЭВМ «Численное решение уравнения мелкой воды для ограниченного бассейна в пакете *FgeeFem++*»: Свидетельство о регистрации № 2021613494 / Удалов А.А. – з. № 2021612552, заявл. 02.03.2021; зарег. и опубл. 09.03.2021, Бюл. № 3.

### Базы данных / *Data Bases*

14. База данных гравиметрических исследований акватории Татарского пролива / Свидетельство о регистрации № 2021620481 / Валитов М.Г., Колпащикова Т.Н., Прошкина З.Н. – з. № 2021620354 заявл. 02.03.2021; зарег. и опубл.11.03.2021, Бюл. № 3.
15. База данных «Магнитная восприимчивость горных пород островов залива Петра Великого (Японское море)» / Свидетельство о регистрации № 2021621272 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Емельянова Т.А., Червинская И.В. – з. № 2021621149, заявл.07.06.2021; зарег. и опубл. 15.06.2021, Бюл. № 6.
16. База данных «Цифровая модель аномального магнитного поля залива Петра Великого (Японское море)» / Свидетельство о регистрации № 2021620480 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Коптев А.А., Червинская И.В. – з. № 2021620353, заявл. 04.03.2021; зарег. и опубл.11.03.2021, Бюл. № 3.
17. База данных «Цифровая модель аномального магнитного поля островов залива Петра Великого (Японское море)» / Свидетельство о регистрации № 2021620595 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Коптев А.А., Червинская И.В. – з. № 2021620479, заявл. 22.03.2021; зарег. и опубл.29.03.2021, Бюл. № 4.
18. База данных «Цифровая модель приращений аномального магнитного поля М 1: 2000 отдельных участков прибрежной акватории залива Петра Великого (Японское море)» / Свидетельство о регистрации № 2021620667 / Бессонова Е.А., Зверев С.А., Коптев А.А., Червинская И.В. – з. № 2021620564, заявл. 02.04.2021; зарег. и опубл.08.04.2021, Бюл. № 4.



Научное издание

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ  
ЗА 2021 ГОД**

В авторской редакции

Компьютерная верстка *С.В. Филатов*

Подписано в печать 22.06.2022 г.  
Формат 60x84/8. Усл. п. л. 17,7. Уч.-изд. л. 14,6.  
Тираж 50 экз. Заказ ИВ 220894

Издательство ООО «Дальнаука»  
690106, г. Владивосток, пр. Красного Знамени, 10, каб. 20  
Тел. +7 9242630160. E-mail: [naukadv2000@mail.ru](mailto:naukadv2000@mail.ru)  
<http://www.dalnauka.ru>

Отпечатано в ООО «ПСП95»  
г. Владивосток, ул. Русская, 65, корпус 10

