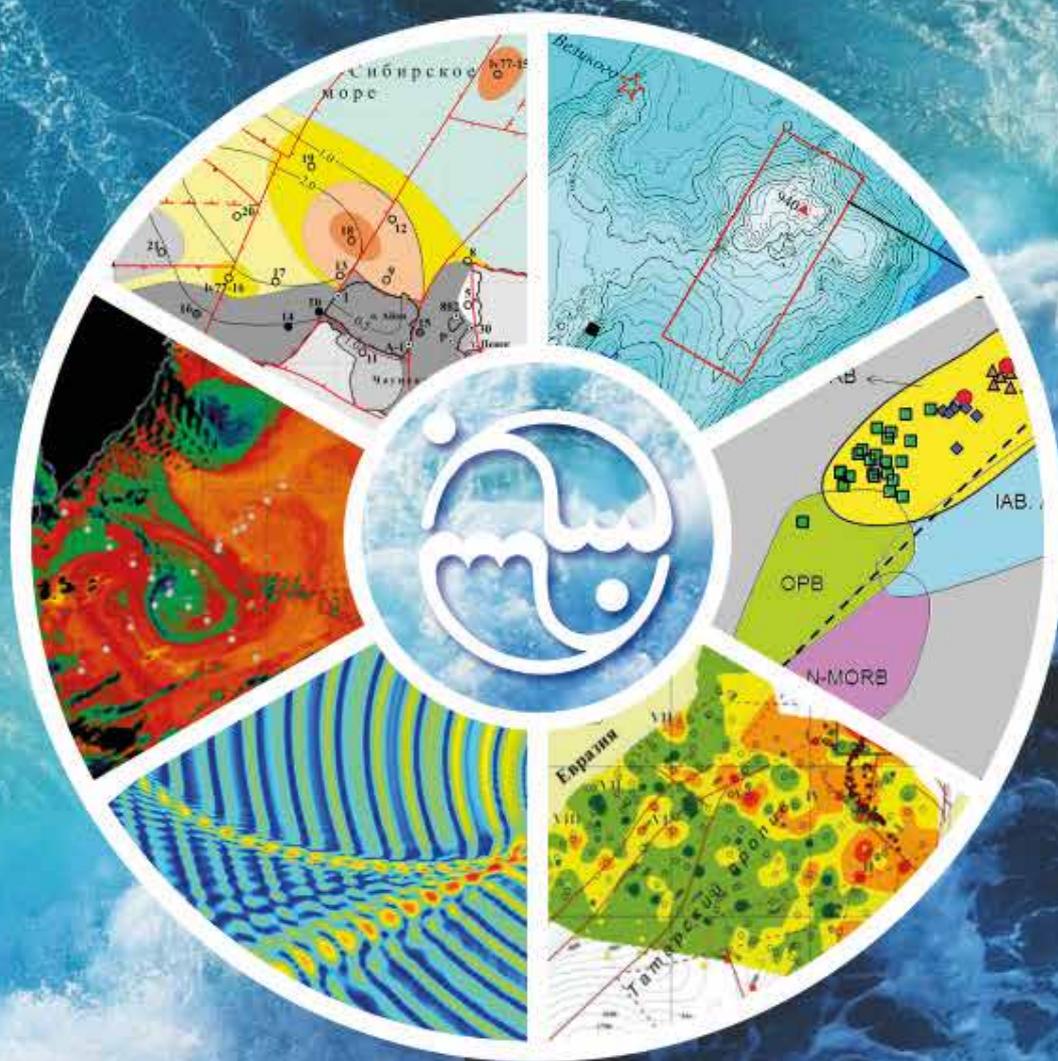


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева
Дальневосточного отделения Российской академии наук



Основные результаты научно-исследовательских работ за 2020 г.

Владивосток
2021

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

**ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
РАБОТ ЗА 2020 г.**

Владивосток
2021

УДК 551.46

Основные результаты научно-исследовательских работ за 2020 г. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2021. 146 с., 107 ил., 223 источника.

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

Редколлегия:

директор к.г.н. *В.Б. Лобанов*
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*
д.г.-м.н. *Р.Б. Шакиров*

Утверждено к печати Ученым советом ТОИ ДВО РАН

ВВЕДЕНИЕ

В отчетном 2020 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 2013-2020 годы, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 03 декабря 2012 г. № 2237-р; Планом НИР, утвержденным Ученым советом ТОИ ДВО РАН 13 декабря 2018 г., с дополнениями от 12 сентября 2019 г., и в рамках государственного задания на 2020 год и плановый период с 2019 по 2020 г., утвержденный Министерством науки и высшего образования 19 апреля 2019 г.

В 2020 году Институт выполнял работы по 52 темам, 6 из которых закончены в отчетном году. Работы выполнялись в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг. по 14 темам, а также по Программе фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Президиумом Российской академии наук.

Научные исследования проводились по 30 грантам РФФИ, 23 из которых были завершены в отчетном году; по 6 грантам Российского научного фонда; по проекту Фонда перспективных исследований; по договорам с зарубежными партнерами по 3 проектам; по договорам с российскими организациями в рамках хоздоговорной тематики по 3 темам.

В отчетный период сотрудниками Института защищены: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «акустика» (Стробыкин Д.С.), диссертация на соискание доктора физико – математических наук по специальности «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (Осипова Е.Б.).

На 31 декабря 2020 года в аспирантуре Института обучались 14 человек, все с отрывом от производства. В 2020 г. в аспирантуру поступили 6 человек: по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (специальность 01.04.02 – «теоретическая физика») – 1 человек; по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле (специальность 25.00.09 – «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», специальность 25.00.28 – «океанология») – 5 человек. 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 проводятся научные исследования в рамках 4 международных лабораторий: Совместная Вьетнамо-Российская лаборатория по морским геонаукам, основанная Институтом морской геологии и геофизики (ИМГГ), Вьетнамской академией 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 КНР по изучению океана и климата.

В 2020 г. проведено 7 морских экспедиций в Японское, Охотское и Берингово моря, Южно-Китайское море, в том числе: Российско-японская научная экспедиция, VII Российско-ки-

тайская морская экспедиция, Российско-вьетнамская экспедиция, Российско-корейская экспедиция по исследованию Японского моря.

На 31 декабря 2020 года численность сотрудников Института составляла 557 человек, из них 205 – научных сотрудников, в том числе 2 академика, 1 член-корреспондент РАН, 39 докторов наук, 130 кандидатов наук. 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. Ярощук И.О.
- 2/3. Лаборатория акустической океанографии – к.ф.-м.н., с.н.с. Саломатин А.С.
- 2/4. Лаборатория акустического зондирования океана – д.ф.-м.н. Рутенко А.Н.

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 – к.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. Никифоров В.М.
- 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 – д.г.-м.н., с.н.с. Астахов А.С.
- 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 2020 году сотрудниками Института опубликованы 338 научных работ, в том числе 2 монографии; 224 статьи в журналах (из них: в российских – 148, в зарубежных – 76); 23 статьи в сборниках научных статей; 12 охраняемых объектов интеллектуальной собственности, зарегистрированных на территории Российской Федерации. Опубликовано 75 докладов и тезисов докладов, из них на российских конференциях – 59, на зарубежных – 16.

В настоящем издании представлены основные результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ТОИ ДВО РАН в 2020 г. Представленные результаты характеризуют современное состояние исследований по основным направлениям деятельности Института.

Тема «Математическое моделирование и анализ динамических процессов
в океане / Mathematical modeling and analysis of dynamic processes
in the ocean»

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

1.1. Наблюдение и лагранжев анализ квазистационарных вихрей Камчатского
желоба / Observation and Lagrangian analysis of quasi-stationary Kamchatka trench
eddies

д.ф.-м.н. С.В. Пранц, к.г.н. В.Б. Лобанов, к.ф.-м.н. М.В. Будянский, А.Ф. Сергеев,
к.ф.-м.н. М.Ю. Улейский /
S.V. Prants, V.B. Lobanov, M.V. Budyansky, A.F. Sergeev, M.Yu. Uleysky

Расчет и анализ ежесуточных лагранжевых карт в альтиметрическом поле скорости за последние 25 лет позволили обнаружить район вблизи южной оконечности Камчатки, где мезомасштабные антициклонические вихри могут стагнировать над Курило-Камчатским желобом в течение многих месяцев. Идентифицировано и изучено 24 квазистационарных вихря, которые «генетически» связаны с антициклонами, генерируемыми в заливах и затем мигрирующими на юг вместе с течением, подпитывая квазистационарные вихри и поддерживая их устойчивость. СТД-съемка квазистационарного вихря в сентябре 2017 г. показала вертикальную структуру с теплым поверхностным слоем, холодным и распресненным подповерхностным слоем и теплым промежуточным слоем вод, захваченных в ядре вихря. С помощью лагранжевых карт различных индикаторов был проанализирован жизненный цикл этого вихря в течение 8 месяцев от рождения до расщепления и окончательного распада. Проведен анализ различных факторов и механизмов, поддерживающих стагнацию Камчатских вихрей над желобом (рис. 1.1). (Prants S.V., Budyansky M.V., Lobanov V.B., Sergeev A.F., Uleysky M.Yu. // Journal of Geophysical Research (Oceans). 2020. V. 125, № 6. e2020JC016187).

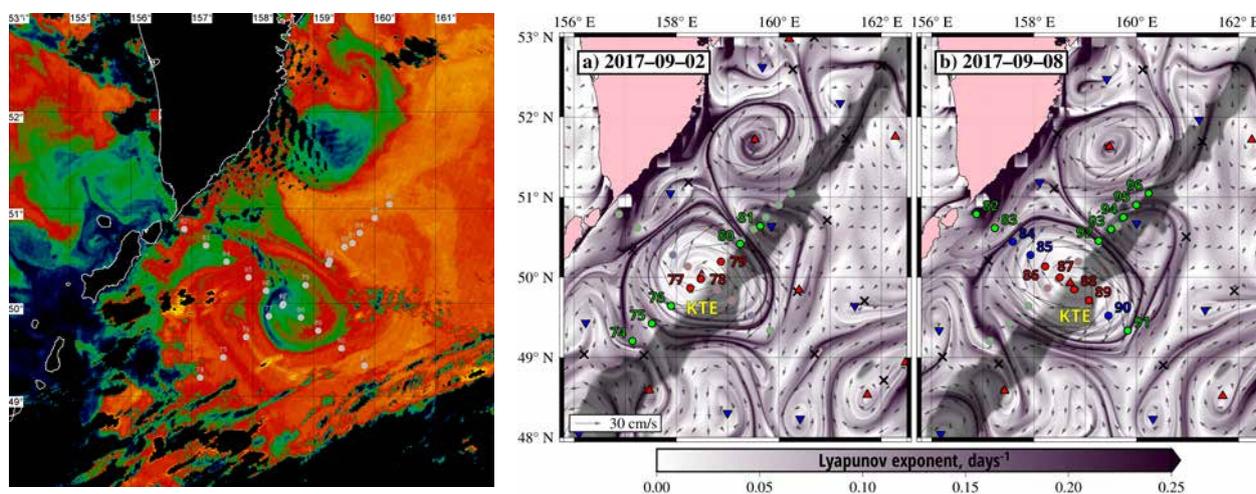


Рис. 1.1. Квазистационарный Камчатский вихрь 2017 г. над желобом (лев.) в поле температуры поверхности моря и (прав.) в поле рассчитанного показателя Ляпунова. Показаны СТД разрезы со станцией в центре вихря № 88, совпадающей с расчетной эллиптической точкой центра вихря с точностью в нескольких км.

Fig. 1.1. Quasi-stationary Kamchatka eddy of 2017 above the trench (left) in the field of sea surface temperature and (right) in the field of the calculated Lyapunov exponent. The CTD sections are shown with the station at the center of eddy no. 88, which coincides with the calculated elliptical point of the eddy center with an accuracy of several kilometers

1.2. Кластеризация плавающих примесей в окрестности вихрей в регулярном модельном поле скорости / Clustering of Floating Tracer Due to Mesoscale Vortex and Submesoscale Fields

к.ф.-м.н. Д.В Степанов, д.ф.-м.н. Е.А. Рыжов, д.ф.-м.н. К.В. Кошель /
D.V. Stepanov, E.A. Ryzhov, K.V. Koshel

Изучена проблема рассеяния и агрегации плавающих трассеров (пластик и нефть) в океане, зависящих от кинематических характеристик поля скорости на поверхности океана. Важным аспектом плавающих примесей является их способность образовывать ярко выраженные кластеры, которые представляют собой скопления в изолированных пятнах. Понимание и предсказание динамики этого явления является одной из проблем современной океанографии. Проведено моделирование кластеризации примеси в окрестности вихрей в регулярном модельном поле скорости с добавлением случайного дивергентного поля скорости. Показано, что на малых временах эффективность и скорость кластеризации возрастают в окрестности вихрей (рис. 1.2). При дальнейшем увеличении времени эффективность и скорость кластеризации падают. На больших временах кластеры начинают разрушаться под действием эффектов хаотической адвекции. (Stepanov D.V., Ryzhov E.A., Zagumennov A.A., Berloff P., Koshel K.V. // Geophys. Res. Lett. 2020. V. 47, N 3. P. e2019GL086504; Stepanov D.V., Ryzhov E.A., Berloff, Koshel K.V. // Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics. 2020. V. 114, 4-5. P. 690-714).

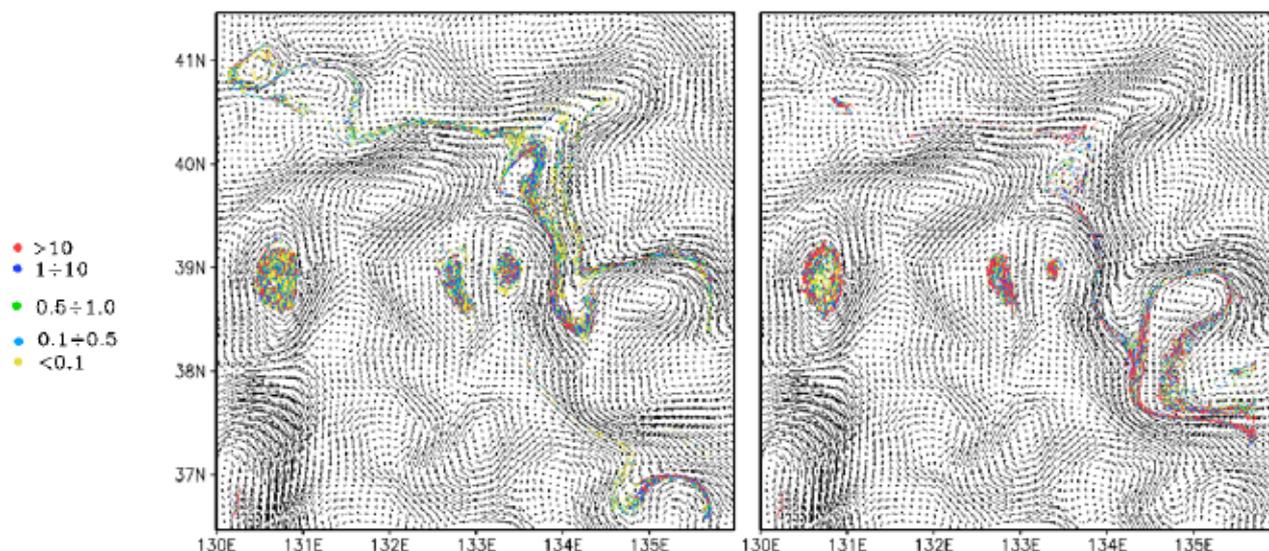


Рис. 1.2. Пример распределения трассеров через 40 суток без добавления случайного поля (слева) и со слабо дивергентным случайным полем (справа).

Fig. 1.2. An example of the distribution of tracers after 40 days without adding a random field (left) and with a weakly divergent random field (right)

1.3. Новая методика моделирования распространения звука в океане / Wide-angle mode parabolic equations for the modelling of horizontal refraction in underwater acoustics and their numerical solution on unbounded domains

к.ф.-м.н. П.С. Петров, А.Г. Тыщенко / P.S. Petrov, A.G. Tyshchenko

Разработана и апробирована новая методика моделирования распространения звука в океане, основанная на численном решении широкоугольных и псевдодифференциальных мо-

довых параболических уравнений (ШМПУ/ПДМПУ). Акустическое поле в океане представляется в виде разложения по акустическим модам, причем для коэффициентов разложения выводятся адиабатические уравнения однонаправленного распространения, обеспечивающие сохранение энергетических характеристик поля. Для моделирования поля точечного источника разработан новый стартер – начальное условие в задаче Коши для ШМПУ/ПДМПУ. Методика обеспечивает существенно более высокую скорость выполнения расчетов, чем другие известные подходы к моделированию распространения звука в трехмерных океанических волноводах. На основе этой методики разработан прототип комплекса прикладных программ для расчета уровней акустических шумов на акватории с заданной гидрологией и батиметрией по данным опорного точечного измерения (рис. 1.3). (Petrov P.S., Ehrhardt M., Tyshchenko A.G., Petrov P.N. // Journal of Sound and Vibration. 2020. V. 484, art. no. 115526; Petrov P.S., Antoine X. // Journal of Computational Physics. 2020. V. 410, art. no. 109392).

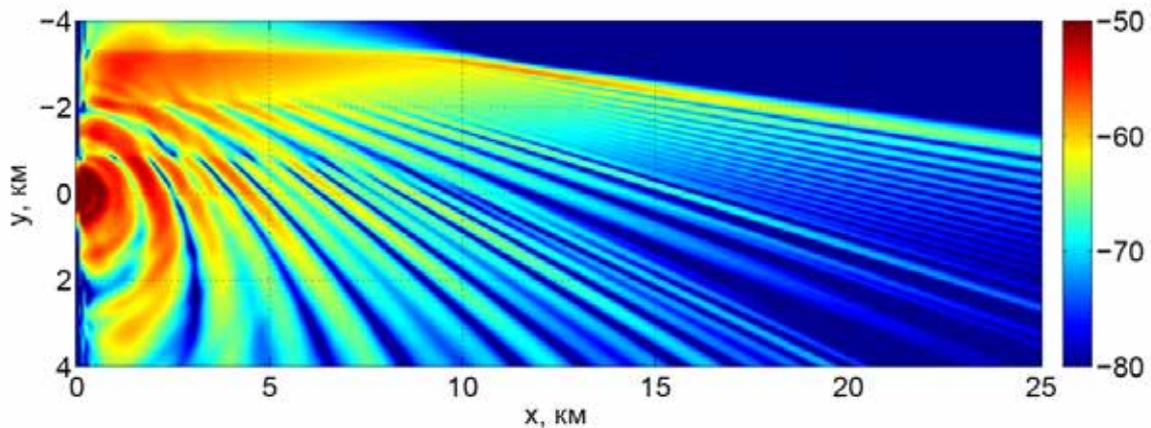


Рис. 1.3. Акустическое поле точечного источника с частотой 25 Гц в сечении клиновидного прибрежного волновода горизонтальной плоскостью, рассчитанное с помощью ПДМПУ. В данной задаче разработанная методика обеспечивает точный расчет поля даже с шагом 1 км в направлении оси x , что и обеспечивает высокую скорость вычислений.

Fig. 1.3. Acoustic field of a point source with a frequency of 25 Hz in the horizontal section of a wedge-shaped coastal waveguide, calculated using a PDMPU. In this task, the developed technique provides an accurate calculation of the field even with a step of 1 km in the direction of the x axis, which ensures a high speed of calculations

1.4. Исследование вклада мезомасштабной динамики в перераспределение тепла в Японском море / Investigation of the contribution of mesoscale dynamics to the redistribution of heat in the Sea of Japan

*к.ф.-м.н. Д.В. Степанов, д.ф.-м.н. Е.А. Рыжов, д.ф.-м.н. К.В. Кошель /
D.V. Stepanov, E.A. Ryzhov, K.V. Koshel*

Исследовался вклад мезомасштабной динамики в перераспределение тепла в Японском море на основе данных численного моделирования циркуляции с 1990 по 2010 гг. Расчет циркуляции проводился с помощью модели INMOM на высоком пространственном разрешении, которое позволило явно воспроизвести мезомасштабную динамику в южной части моря. Получены количественные оценки интенсивности мезомасштабной динамики, установлено, что бароклинная неустойчивость крупномасштабных течений является ведущим механизмом ее генерации. Показано, что с мезомасштабной динамикой связан меридиональный поток тепла, благодаря которому осуществляется интенсивный теплообмен через субполярный фронт,

разделяющий бассейн моря на северную и южную части. Получены оценки интенсивности меридионального теплообмена, обусловленного мезомасштабной динамикой. Установлено, что интенсивность этого теплообмена сильно неоднородна по пространству и изменяется в течение года. (Stepanov D.V., Ryzhov E.A., Berloff P., Koshel K.V. // Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics. 2020. V. 114, N 4-5. P. 690-714).

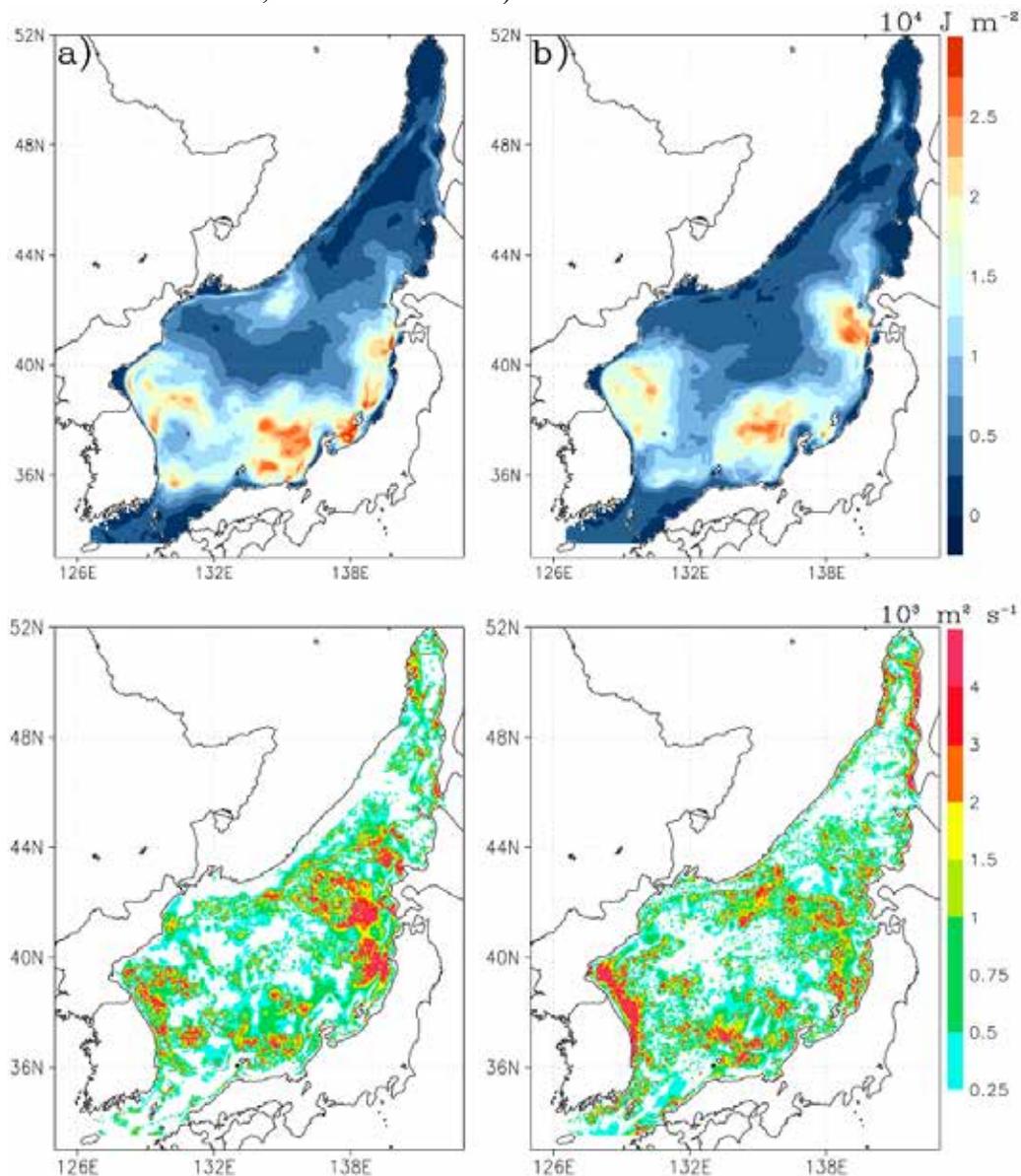


Рис.1.4. Интенсивность мезомасштабной динамики (вихревая кинетическая энергия) (верхний ряд) и интенсивность меридионального теплообмена (меридиональный коэффициент турбулентной диффузии тепла) (нижний ряд): зимой (а) и летом (b) в Японском море. Максимальные значения энергии связаны с крупномасштабными течениями. Интенсивная мезомасштабная динамика наблюдается в первой половине года. Интенсивный меридиональный теплообмен связан не только с южной, но и северной частью Японского моря.

Fig.1.4. Intensity of mesoscale dynamics (eddy kinetic energy) (top row) and intensity of meridional heat transfer (meridional coefficient of turbulent heat diffusion) (bottom row): in winter (a) and summer (b) in the Japan Sea. The maximum values are associated with large-scale flows. Intense mesoscale dynamics is observed in the first half of the year. Intense meridional heat transfer is associated not only with the southern, but also with the northern part of the Japan Sea

1.5. Нелинейная диагностика мелкого моря, стратифицированного по плотности, со слабой дисперсией и слабой нелинейностью / Nonlinear diagnostic of a shallow sea stratified by density with weak dispersion and weak nonlinearity

д.ф.-м.н. В.В. Новотрясов / V.V. Novotryasov

Сформулирован нестандартный метод определения параметров солитонов внутренних волн в шельфовых зонах океана. Метод основан на данных прямых измерений пространственно-временных характеристик внутренних волновых боров: скорости расширения его волновой зоны, скорости и амплитуды лидирующего солитона, фазовой скорости линейной внутренней волны, представляющей его задний фронт. По данным эксперимента, поставленного осенью 2013 года, с использованием предлагаемой методики были определены значения параметров гидрофизического фона на морском полигоне ТОИ ДВО РАН. Значения этих параметров составили: $\alpha \sim 0,023\text{с}^{-1}$, $\beta \sim 36,7\text{м}^3\text{с}^{-1}$ и $c_0 c_0 \sim 0,38\text{ мс}^{-1}$. Сравнение этих значений и значений, полученных по гидрологическим данным с помощью стандартной методики, показало удовлетворительное соответствие между ними. Следует отметить, что предложенная схема определения параметров гидрофизического фона для слабо нелинейных внутренних волн по данным измерений их параметров в морских условиях во многих отношениях (финансовом, техническом, методическом) менее затратная по сравнению со стандартной методикой их определения. (Novotryasov V.V. // *Journal of Physics: Conference Series* T. 1666. Art. no. 012067).

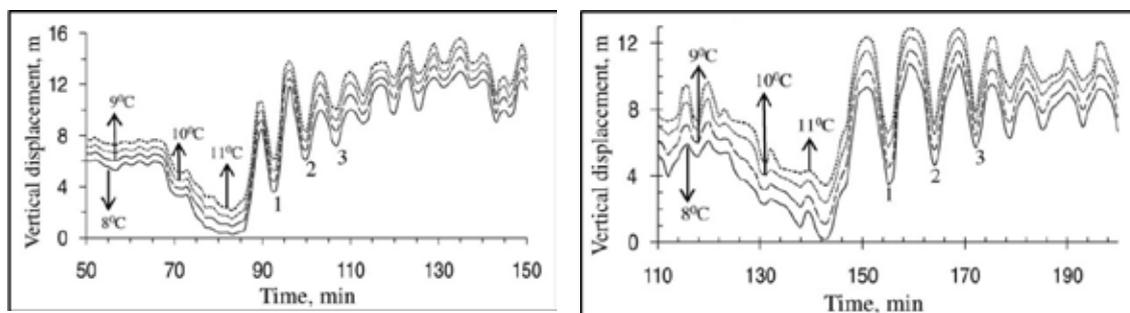


Рис.1.5. Волнограммы внутреннего ундулярного бора, зарегистрированного в октябре 2013 г. на двух соседних станциях. Цифрами 1, 2, 3 отмечены солитоноподобные пульсации в лидирующей группе бора, параметры которых послужили для расчёта гидрофизического фона в районе полигона.

Fig. 1.5. Waveforms of the inner undular boron recorded in October 2013 at two neighboring stations. Numbers 1, 2, 3 mark soliton-like pulsations in the leading boron group, the parameters of which were used to calculate the hydrophysical background in the area of the test site

1.6. Многокомпонентная конвекция в геофизической гидродинамике / Multicomponent convection in geophysical hydrodynamics

к.ф.-м.н. С.Б. Козицкий / S.B. Kozitskiy

Многокомпонентная конвекция в геофизической гидродинамике часто может успешно моделироваться системами амплитудных уравнений типа Гинзбурга-Ландау. Такие уравнения выводятся из исходных уравнений гидродинамики асимптотическими методами. Решения этих уравнений в широком диапазоне параметров описывают состояния диффузионного хаоса, которые имеют вид динамических конвективных структур. Пространственная автокорреляционная функция этих решений имеет выраженный локализованный характер, спектр мощности

является непрерывным, но при этом видно, что в формировании конвективных структур участвует лишь ограниченное число спектральных компонент. Это позволяет предположить, что аттрактор в таких системах имеет конечную размерность, и число положительных показателей Ляпунова также конечно. Поэтому, представляет интерес исследование количественных характеристик диффузионного хаоса.

В настоящей работе мы оценили показатели Ляпунова для комплексного уравнения Гинзбурга-Ландау, выведенного в предыдущих публикациях и описывающего трехмерную двухкомпонентную конвекцию в бесконечном по горизонтали слое жидкости при больших числах Рэлея. Само уравнение численно моделировалось псевдоспектральным ETD-методом при помощи пакета программ, разработанного нами ранее. Для конкретного случая хаотической конвекции вычислены первые 180 показателей Ляпунова, 164 из которых положительны. Оказалось, что величины этих показателей хорошо приближаются полиномом 4-го порядка, зависящим от номера показателя. При этом максимальный показатель $\lambda_1 = 1.17$. Также оценена размерность Каплана-Йорке хаотического аттрактора $D = 317$. (Kozitskiy S.B. // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2020. V. 84. P. 105172-1 – 105172-7).

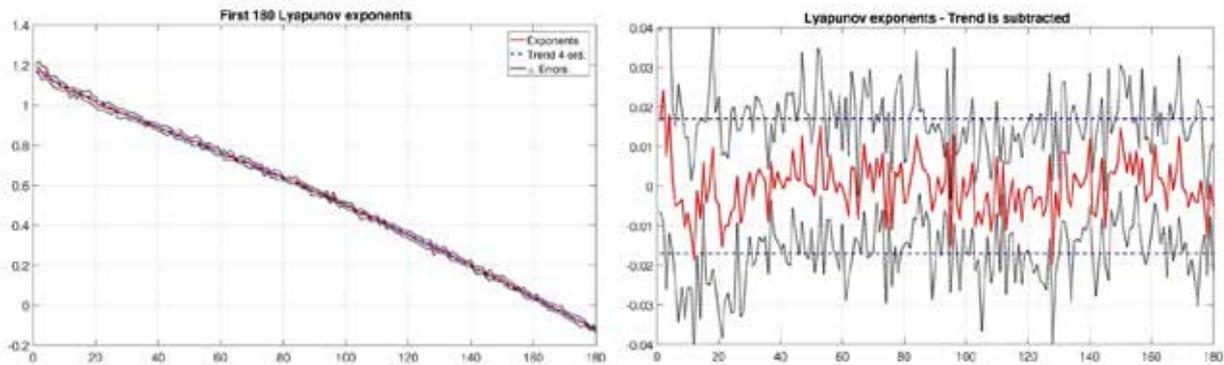


Рис.1.6. Первые 180 показателей Ляпунова для уравнения типа CGLE (Гинзбурга-Ландау), описывающего конвективные структуры (слева) и тот же график с исключенным полиномиальным трендом и оценкой среднеквадратичной ошибки вычислений для каждого из показателей (справа). Средняя ошибка по всем показателям составляет 0.017.

Fig. 1.6. The first 180 Lyapunov exponents for an equation of the CGLE (Ginzburg-Landau) type describing convective structures (left) and the same graph with the excluded polynomial trend and an estimate of the mean square error of calculations for each of the exponents (right). The average error for all indicators is 0.017

1.7. Комплексная численная модель медленного течения многофазной жидкости / Complex numerical model of a slow flow in a multiphase fluid

к.ф.-м.н. В.В. Пак / V.V. Pak

Разработана двумерная комплексная численная модель медленного течения многофазной жидкости на больших временах в расчетной области, состоящей из относительно толстого слоя двухфазной жидкости, покрытого тонким многослойным вязким пластом. На границе сопряжения разнородных подобластей происходит массообмен между легким компонентом двухфазного слоя и нижним слоем многослойного пласта. Общая система уравнений соединяет в себе уравнения вязкой компактии, описывающие течение в двухфазном слое, с уравнениями Рейнольдса – в пласте. Проведено численное моделирование процесса аккумуляции разуплотненной неоднородности в мантии Западно-Тихоокеанской зоны перехода океан–континент.

Модельные исследования механизма образования активных океанических окраин являются одной из основных проблем глобальной тектоники, так как для глубокого и всестороннего изучения этого процесса необходимы не только качественные представления, но и количественные характеристики глубинных движений и распределения напряжений. Численные результаты представлены на рис. 1.7. (Пак В.В. // *Вычислительная механика сплошных сред*. 2020. Т. 13, № 2. С. 150–160).

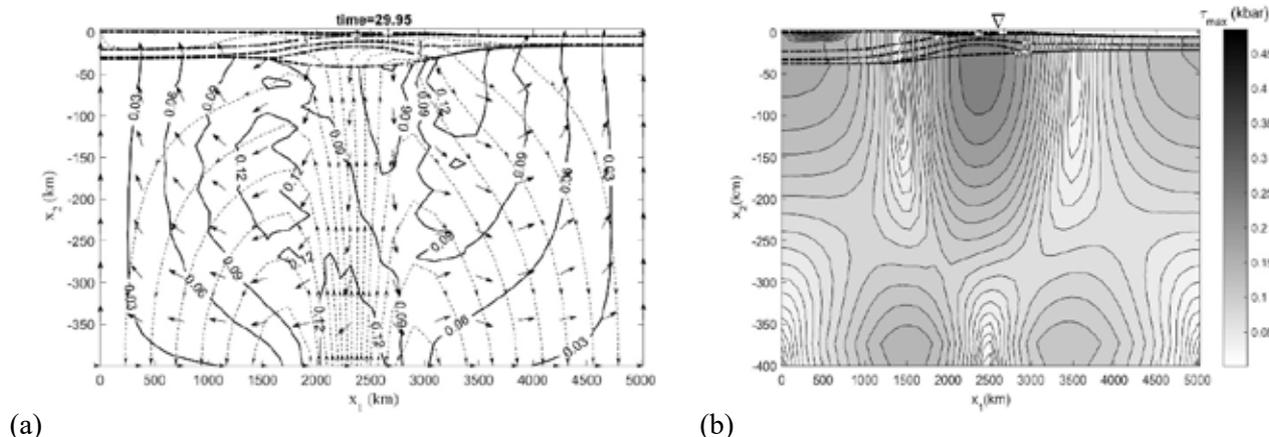


Рис. 1.7. (а) Поле скоростей в литосфере зоны перехода океан-континент в момент времени 30 млн. лет во всей расчетной области. Сплошными линиями показан модуль скорости тяжелой фазы, пунктирными линиями со стрелками – линии тока легкой фазы, стрелками – направления потока легкой фазы. (б) Поле максимальных скалывающих напряжений в литосфере зоны перехода океан-континент во всей расчетной области через ~30 млн лет (треугольником на поверхности показано расположение формирующегося желоба). Толстыми штрихпунктирными линиями показаны границы раздела земной коры: 1 – дневная поверхность, 2 – граница между осадочным чехлом и гранитным слоем, 3 – граница между гранитным и базальтовыми слоями, 4 – граница между верхним и нижним базальтовыми слоями, 5 – граница между нижним базальтовым слоем и мантийной неоднородностью, 6 – граница между неоднородностью и верхней мантией.

Fig. 1.7. (a) The velocity field in the lithosphere of the ocean-continent transition zone at the time of 30 million years in the entire computational domain. Solid lines show the velocity modulus of the heavy phase, dashed lines with arrows - streamlines of the light phase, arrows - the direction of flow of the light phase. (b) The field of maximum shear stresses in the lithosphere of the ocean-continent transition zone in the entire computational domain after ~30 Ma (the triangle on the surface shows the location of the forming trench). Thick dash-dotted lines show the boundaries of the earth's crust: - day surface, - the boundary between the sedimentary cover and the granite layer, - the boundary between the granite and basalt layers, - the boundary between the upper and lower basalt layers, - the boundary between the lower basalt layer and mantle heterogeneity, - the boundary between the heterogeneity and the upper mantle

1.8. Об эффективной реализации теории нормальных мод для мелководных волноводов с неоднородной батиметрией / Effective realization of the theory of normal modes for shallow-water waveguides with inhomogeneous bathymetry

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

Моделирование распространения звука в акустике океана может выполняться с использованием теории нормальных волн. При наличии в решаемой задаче неоднородностей батиметрии большая часть вычислительного времени тратится при этом на расчет модовых функций и волновых чисел в нескольких поперечных сечениях исследуемого волновода. Значительную часть этого времени можно сэкономить, используя для расчета указанных величин теорию возмущений. Построена теория возмущений решения задачи Штурма-Лиувилля для модовых функций и волновых чисел, вызванных вариациями глубины моря. Данный вопрос может быть

сведен к классической задаче о возмущении потенциала в стационарном уравнении Шредингера путем определенной замены переменных. В явном виде приведены формулы теории возмущений первого и второго порядка для модовых функций и волновых чисел. Представлен пример использования этих формул и выполнен анализ их точности. Описанный подход позволяет значительно повысить вычислительную эффективность моделирования распространения звука в нерегулярных волноводах мелкого моря при сохранении того же уровня точности, что достигается при отдельном решении задачи Штурма-Лиувилля в каждом поперечном сечении. (Захаренко А.Д., Петров П.С., Трофимов М.Ю. // *Подводные исследования и робототехника*. 2020. Т. 34, № 4. С. 66-69).

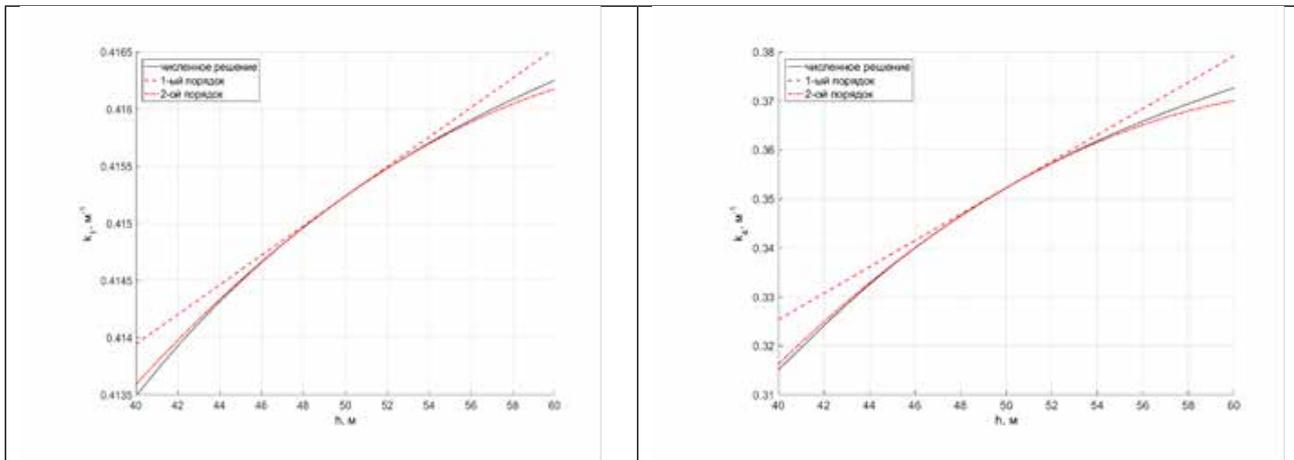


Рис. 1.8. Зависимость горизонтальных волновых чисел первой (слева) и четвертой (справа) мод от глубины моря и аппроксимация этих зависимостей с помощью теории возмущений первого (штриховая линия) и второго порядков (штрих-пунктирная линия).

Fig. 1.8. Dependence of the horizontal wavenumbers of the first (left) and fourth (right) modes on the sea depth and approximation of these dependences using perturbation theory of the first (dashed line) and second orders (dash-dotted line)

1.9. О методе модового параболического уравнения для упругих сред / On the mode parabolic equation method for elastic media

к.ф.-м.н. С.Б. Козицкий / S.B. Kozitskiy

Развит подход к получению системы модовых параболических уравнений (МПУ) для трехмерных слоистых упругих сред без ограничения слабой упругости, основанный на обобщенном методе многомасштабных разложений. Как малый параметр ε традиционно выбрано отношение типичной длины волны к типичному размеру горизонтальных неоднородностей. Введены медленные пространственные переменные $X = \varepsilon x$ и $Y = \varepsilon^{1/2} y$, и постулированы разложения для упругих модулей и плотности. Решения для смещений $U = (u, v, w)^T$ ищутся в виде асимптотических рядов по степеням малого параметра. С учетом всех сделанных допущений разлагаем уравнения эластодинамики и собираем члены с одинаковыми степенями ε . При $O(\varepsilon^0)$ получается спектральная задача $L(k)\Phi = 0$, представляющая собой систему из двух уравнений для взаимодействующих волн сжатия и сдвиговых волн вертикальной поляризации. и k – собственное число. В эти уравнения существенным образом входит функция $\delta(X, z) = 2\gamma_0\mu_{0z}\omega^{-2}$, норму которой при высоких частотах или для медленно меняющейся по вертикали стратификации среды можно считать малым параметром, что позволяет использовать теорию возмущений для получения собственных функций и собственных чисел. При $O(\varepsilon)$ получается неоднородная краевая задача, условие разрешимости для ко-

торой имеет вид МПУ. В простейшем случае без учета взаимодействий мод выведена система адиабатических МПУ для амплитуд мод ($j = M, \dots, N$):

$$2ik_j \alpha_{1j} A_{j,X} + ik_{j,X} \alpha_{2j} A + \alpha_{3j} A_{j,Y} + \alpha_{4j} A_j = 0.$$

Здесь коэффициенты α_j имеют громоздкую форму, но в акустическом пределе они сводятся к известным выражениям для акустических МПУ. (Kozitskiy S.B. // Intern. Conf. "Days on Diffraction 2020": Abstracts, May 25 – 29, 2020, St. Petersburg, 2020. С. 24).

1.10. Об адиабатическом распространении звука в мелком море с изогнутым подводным каньоном / On adiabatic sound propagation in a shallow sea with a curved underwater canyon

М.С. Казак, к.ф.-м.н. П.С. Петров / M.S. Kazak, P.S. Petrov

Рассмотрена задача о распространении звука в волноводе мелкого моря с неоднородностью батиметрии в виде неглубокого кольцеобразного подводного каньона (рис. 1.10). Описана новая методика расчёта звукового поля в волноводе с осевой симметрией в случае, когда источник не лежит на оси. Она основана на разделении переменных в уравнениях горизонтальной рефракции для модовых амплитуд и представлении решения в виде двойного ряда. Данная методика может быть использована в широком классе задач рассеяние звука на неоднородностях среды различного типа, обнаруживающих вращательную симметрию, например, на синоптических вихрях. Также установлена связь между членами ряда, составляющего решение, и горизонтальными лучами, которые фокусируются в области над каньоном. Наконец, получена оценка доли энергии, захватываемой каньоном, в зависимости от расположения точечного источника звука. (Казак М.С., Петров П.С. // Акустический журнал. 2020. Т. 66, № 6, С. 613–621).

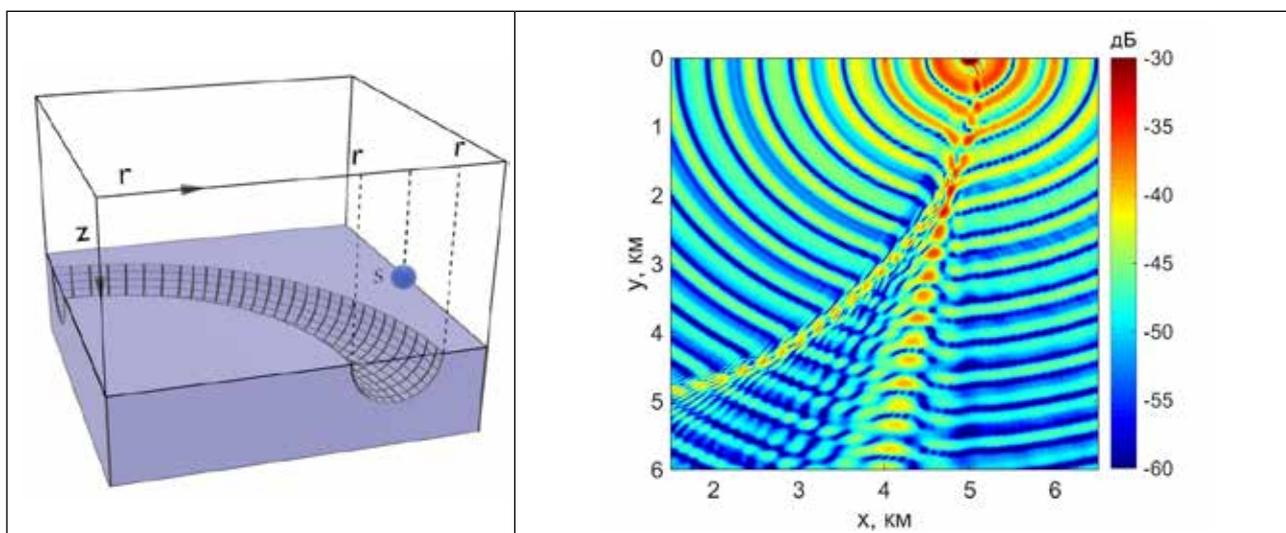


Рис. 1.10. Схема волновода мелкого моря с круговым подводным каньоном. Точечный источник S расположен в воде (левая панель); контурный график интенсивности звукового поля (в дБ отн 1 м от источника), сформированного точечным источником частоты 50 Гц в волноводе мелкого моря с подводным каньоном (правая панель).

Figure 1.10. Scheme of a shallow sea waveguide with a circular underwater canyon. Point source S is located in the water (left panel); contour plot of the intensity of the sound field (in dB re 1 m from the source), formed by a point source of frequency 50 Hz in the waveguide of a shallow sea with an underwater canyon (right panel)

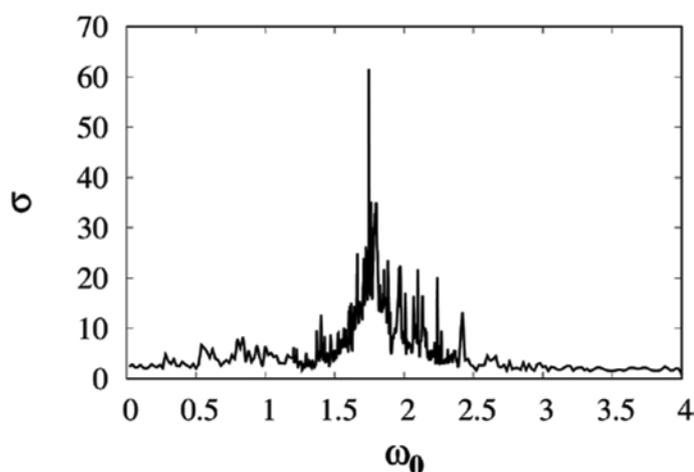
1.11. Транспорт через вырожденные торы и переход между локализованным и делокализованным состояниями волн в квазислучайных средах / Transport through degenerate tori and quantum-to-classical crossover in a driven Aubry-Andre model

*А.А. Дидов, Л.Е. Коньков, д.ф.-м.н. Д.В. Макаров
/ A.A. Didov, L.E. Kon'kov, D.V. Makarov*

Сформулированы критерии соответствия между квантовым и классическим описанием динамики холодных атомов в квазипериодических оптических решетках, соответствующих возмущенной модели Обри-Андре. В более широком контексте модель Обри-Андре описывает переход между локализованным и делокализованным состояниями волн в квазислучайных средах. Показано, что в классическом пределе делокализация может быть вызвана резонансным воздействием на так называемые вырожденные торы в фазовом пространстве. В квантовом режиме делокализация усиливается при увеличении соотношения между периодами оптической решетки (*Didov A.A., Kon'kov L.E., Makarov D.V. // European Physical Journal B. 2020. V. 93. P.13*).

Рис.1.11. Зависимость ширины атомной волновой функции от частоты возмущения оптической решетки. Пик соответствует резонансному разрушению вырожденных торов.

Figure 1.11. Dependence of the width of the atomic wave function on the frequency of perturbation of the optical lattice



1.12. Особенности циркуляции в Охотском море по результатам численного моделирования / New circulation features in the Okhotsk Sea from a numerical model

*к.ф.-м.н. П.А. Файман, д.ф.-м.н. С.В. Праниц, к.ф.-м.н. М.В. Будянский,
к.ф.-м.н. М.Ю. Улейский /
P.A. Fayman, S.V. Prants, M.V. Budyansky, M.Yu. Uleysky*

Расчеты циркуляции вод Охотского моря с помощью вихререзрешающей модели океана показали, что Северо-Охотское течение состоит из двух ветвей, одна над континентальным склоном, а другая - вдоль северного шельфа. В море существует четыре типа циркуляции, каждый для своего сезона. Зимой происходит усиление всех течений. Весной усиливаются надсклоновые ветви Восточно-Сахалинского и Северо-Охотского течений и Западно-Камчатского течения. Ослабление всех течений происходит летом. Осенью происходит усиление прибрежных ветвей Восточно-Сахалинского и Северо-Охотского течений. В заливе Шелихова с июня по октябрь наблюдается циклоническая циркуляция, а с ноября по май - антициклоническая. В Курильской котловине наблюдается антициклоническая циркуляция с сентября по март и сложная вихревая динамика с апреля по август с мезомасштабными вихрями разного размера

и полярности (рис. 1.12). (Fayman P.A., Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu. // *Izv. Atmos. Ocean. Phys.* 2020. V. 56. P. 618–631).

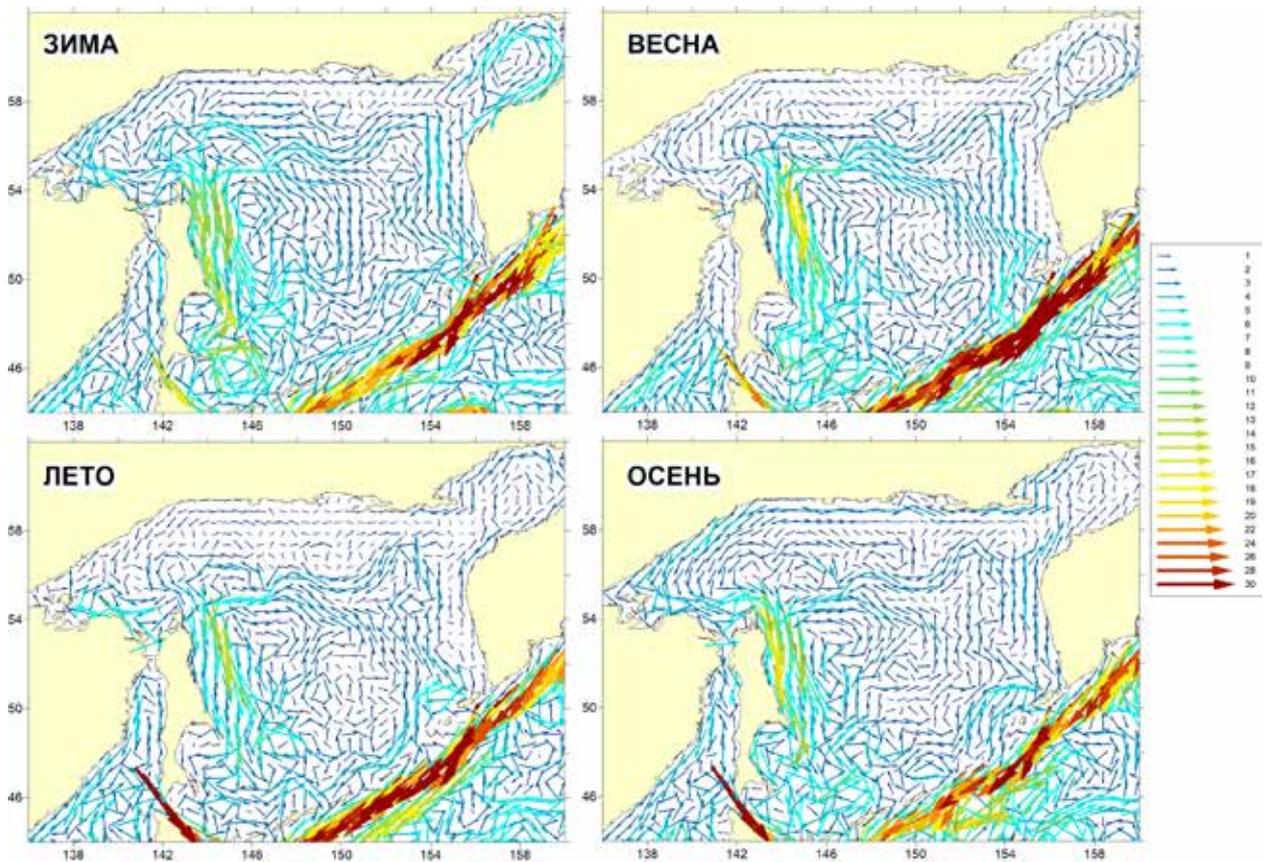


Рис. 1.12. Циркуляция вод Охотского моря в верхнем 50-метровом слое для каждого сезона.

Fig. 1.12. Water circulation in the Okhotsk Sea in the upper 50 meter layer for each season

Тема «Пространственно-временные изменения геофизических полей, их связь со структурой, геодинамикой и сейсмотектоническими процессами в литосфере дальневосточных морей России и их обрамлении / Spatial and temporal variations of geophysical fields and their relation to the structure and geodynamics of the seismotectonic processes in the lithosphere of the russian Far Eastern seas and their surroundings»

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

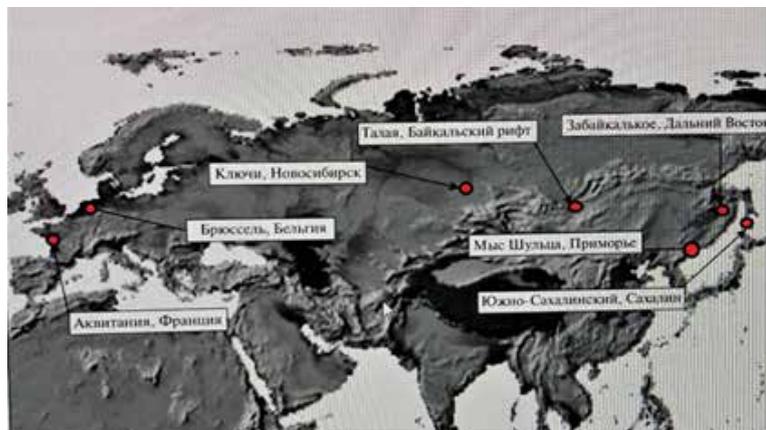
2.1. Океанические приливные модели и гравиметрические приливные наблюдения / Oceanic tidal models and gravimetric tidal observations

*к.г.-м.н. М.Г. Валитов, д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич, Т.Н. Колпащикова,
к.г.-м.н. З.Н. Прошкина / M.G. Valitov, R.G. Kulinich,
T.N. Kolpashchikova, Z.N. Proshkina*

Выполнена оценка существующих приливных моделей океана, а также моделей приливной деформации твердой Земли на разных расстояниях от морских побережий на основе данных долговременного мониторинга приливных вариаций гравитационного поля Земли вдоль трансконтинентального профиля между Атлантическим и Тихим океанами. Для станций, расположенных в центре Евразии, эффекты океанских приливов минимальны. Ситуация изменяется при приближении к берегам океанов, где становятся значимыми океанические приливные нагрузки. Выявлено различие влияния океанов в суточном и полусуточном диапазоне приливов в западных и восточных частях профиля, показано интенсивное увеличение вклада океанского прилива при смещении к Тихому океану. Обнаружены особенности приливных характеристик на побережье Японского моря, что может быть связано с региональными отличиями вязкоупругих свойств литосферы и мантии в зоне конвергенции тихоокеанской литосферной плиты с Евразийским континентом. (Тимофеев В.Ю., Валитов М.Г., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Дюкарм Б., Кулинич Р.Г., Колпащикова Т.Н., Прошкина З.Н., Бойко Е.В., Наумов С.Б. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 1. С. 37–48).

Рис. 2.1. Положение станций трансконтинентального приливного профиля. Профиль включает станции Западной Европы (Минипли (Франция) и Уикль (Бельгия)), две станции на юге Сибири (Ключи и Талая) и три станции на Дальнем Востоке России (Забайкальское и Южно-Сахалинск, мыс Шульца-зал. Петра Великого).

Fig. 2.1. Position of stations of the transcontinental tidal profile. The profile includes Western European stations (Miniply (France) and Wickle (Belgium)), two stations in the south of Siberia (Klyuchi and Talaya), and three stations in the Russian Far East (Zabaikalskoe and Yuzhno-Sakhalinsk, Cape Schulz-Peter the Great Bay)



2.2. Магнитотеллурические исследования в Северном Вьетнаме / Magnetotelluric research in North Vietnam

к.г.- м.н. В.М. Никифоров, к.г.- м.н. Г.Н. Шкабарня, А.Ю. Жуковин /
V.M. Nikiforov, G.N. Shkabarnya, A.Yu. Zhukovin

Выполнены полевые работы, комплексный анализ и интерпретация результатов магнитотеллурических зондирований в Северном Вьетнаме, проведенных в отчетном и предшествующем периоде (2012-2019 гг.). Обнаружены системы субвертикальных сверхглубинных электропроводящих разломов, пронизывающих всю литосферу и астеносферный слой. Сделан вывод, что высокая электропроводность выявленных разломных структур связана с их

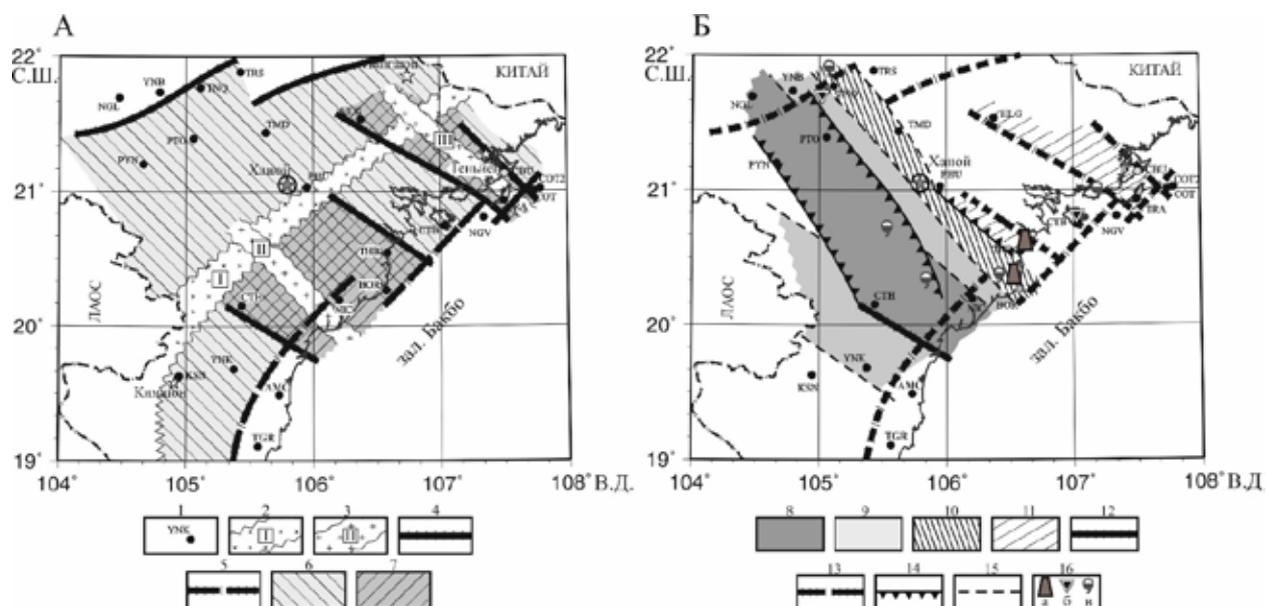


Рис. 2.2. Схема сверхглубинных флюидо-разломных систем (СГФРС) (А) и схема коровой электропроводности Северного Вьетнама (Б).

1 – пункты МТЗ и их названия; 2 – системы разломов северо-восточного простирания в астеносфере (I); 3 – системы разломов юго-восточного простирания в астеносфере: II – система разломов реки Красная, III – система разломов Теньен-Каобанг; 4, 5 – выходы флюидонасыщенных сквозьлитосферных субвертикальных разломов: 4 – установленные; 5 – предполагаемые; 6 – СГФРС северо-восточного простирания, 7 – СГФРС юго-восточного простирания; 8 – электропроводящие «пластины» в земной коре: в интервале глубин 10-15 км; 9 – электропроводящие «пластины» в земной коре: в интервале глубин 15-20 км; 10 – зона анизотропно-проводящих пород в интервале глубин 20-40 км; 11 – анизотропно-проводящие породы вблизи границы Мохо; 12 – сквозьлитосферные сплошные электропроводящие разломы; 13 – сквозьлитосферные дискретные электропроводящие разломы; 14 – электропроводящие разломы в земной коре; 15 – границы коровых электропроводящих структур; 16 – месторождения: а – нефтегазовые, б – асфальты, в – гидротермальные.

Fig. 2.2. Scheme of superdeep fluid-fault systems (SDFFS) (A) and the scheme of crustal electrical conductivity (B) of North Vietnam.

1 - MTS points and their names; 2 - northeast direction fault systems in the asthenosphere (I); 3 - southeast direction fault systems in the asthenosphere: II - fault system of the Red River; III - Tenyen-Kaobang fault system; 4, 5 - outcrops of fluid-saturated subvertical faults: 4 - established, 5 - assumed; 6 - SDFFS of northeastern direction, 7 - SDFFS of southeast direction; 8 - low-resistance «plates» in the Earth's crust: in the depth interval 10-15 km, 9 - low-resistance «plates» in the Earth's crust: in the depth interval 15-20 km; 10 - zone of anisotropic-conducting rocks in the depth interval of 20-40 km; 11 - anisotropic-conducting rocks near the Moho boundary; 12 - translithospheric continuous conductive faults; 13 - translithospheric discrete conductive faults; 14 - crustal low-resistivity faults; 15 - boundaries of crustal conductive structures; 16 - deposits: a - oil and gas, b - asphalts, c - hydrothermal

насыщенностью флюидами (электролитами), вероятно, мантийного происхождения. Системы таких разломов названы сверхглубинными флюидо-разломными системами (СГФРС). В своей верхней части они расчленяет земную кору на отдельные блоки. На этой основе построена геоэлектрическая модель тектоносферы изученного района (рис. 2.2.А). В результате моделирования на территории Северного Вьетнама выявлено положение трех ортогонально пересекающихся СГФРС северо-восточного и юго-восточного простирания. Установлено, что указанные разломные системы, обеспечивающие гальваническую связь проводящей астеносферы с осадочной толщей, контролируют расположение углеводородных и гидротермальных месторождений (рис. 2.2.Б). (Никифоров В.М., Варенцов И.М., Шкабарня Г.Н., Каплун В.Б., Жуковин А.Ю., До Хыу Куонг // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 9. С. 1266-1288).

2.3. Опыт магнитовариационного зондирования в Арктике (регион моря Лаптевых) / The experience of magnetovariational sounding in the Arctic (Laptev Sea region)

*С.С. Старжинский, к.г.- м.н. В.М. Никифоров /
S.S. Starzhinskii, V.M. Nikiforov*

Впервые по результатам 3D-инверсии данных магнитовариационных наблюдений на обсерватории “Тикси” и на о. Котельный построены модели распределения удельного электрического сопротивления в литосфере моря Лаптевых до глубин 200 км (рис. 2.3). Выявлена корреляция построенных моделей с особенностями геолого-геофизического строения региона. (Старжинский С.С., Никифоров В.М., Йошикава А. // Физика Земли. 2020. № 2. С. 89-102.).

2.4. Результаты магнитовариационного зондирования Татарского пролива / Results of magnetovariational sounding of the Tatar Strait

*С.С. Старжинский, к.г.- м.н. В.М. Никифоров /
S.S. Starzhinskii, V.M. Nikiforov*

По результатам 3D-инверсии данных магнитовариационных наблюдений в пунктах на противоположных берегах Татарского пролива построена геоэлектрическая модель литосферы, подстилающей пролив, до глубин 200 км (рис. 2.4.). Выявлен различный характер её сочленения с материком и о-вом Сахалин. Граница с материком, по всей вероятности, образована глубинным разломом, а с островом Сахалин четкой границы не наблюдается. Обнаружена пространственная корреляция электропроводящих структур модели с очагами коровых землетрясений о. Сахалин. (Старжинский С.С., Никифоров В.М. // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 12. С. 1756-1770).

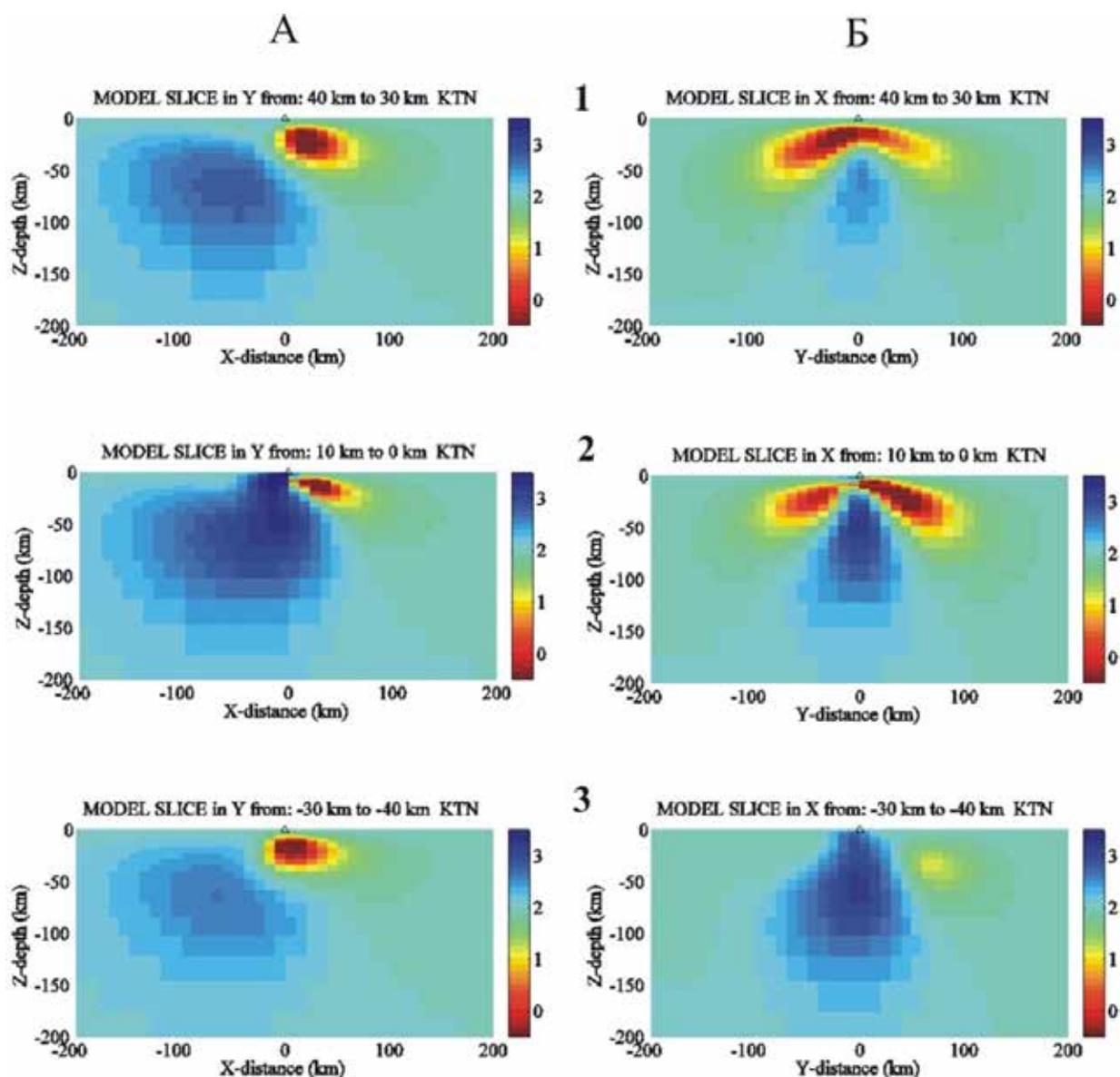


Рис. 2.3. Вертикальный меридиональный разрез удельного электрического сопротивления в плоскости XZ (А) и вертикальный широтный разрез в плоскости YZ (Б) на различных удалениях от пункта измерений на о. Котельный (треугольник) по широте и меридиану, соответственно. Градация удельного электрического сопротивления указана справа в логарифмическом масштабе.

Fig. 2.3. Vertical meridional section of the electrical resistivity in the XZ plane (A) and vertical latitudinal section in the YZ plane (B) at various distances from the measurement point on Kotelny Is. (triangle) in latitude and meridian, respectively. The electrical resistivity gradation is indicated on the right in a logarithmic scale

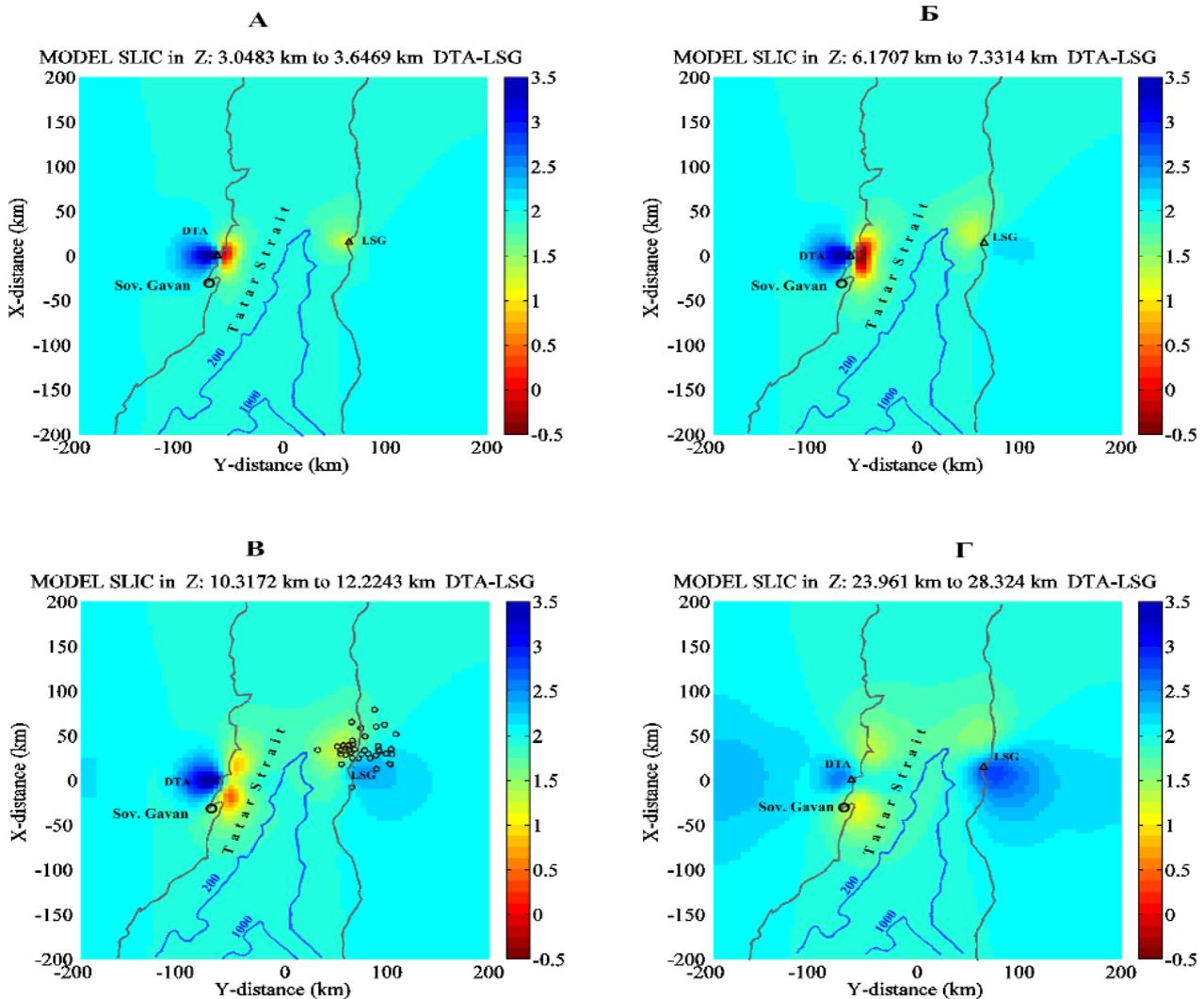


Рис. 2.4. Горизонтальные срезы модели распределения удельного электрического сопротивления под Татарским проливом и в прибрежных частях материка и о. Сахалин. Срезы модели выполнены на глубинах 3, 6, 10, 24 км. Градация удельного электрического сопротивления указана справа в логарифмическом масштабе.

Fig. 2.4. Horizontal sections of the model of the distribution of electrical resistivity under the Tatar Strait and in the coastal parts of the continent and Sakhalin Island. Model sections were made at depths of 3, 6, 10, 24 km. The resistivity gradation is indicated on the right in a logarithmic scale

2.5. Плотностные неоднородности и напряжения в земной коре Центральных Курил / Density inhomogeneities and stresses in the Earth's crust of the Central Kuriles

д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич, д.ф.-м.н. Е.Б. Осипова / R.G. Kulinich, E.B. Osipova

Выполнен численно-графический расчет и анализ поля напряжений, вызванных гравитационными силами в условиях контрастной плотностной дифференциации геологической среды в земной коре Центральных Курил (рис. 2.5). Выявлен как общий тренд пространственного изменения напряжений, так и их локальные возмущения, связанные с плотностными скачками на границах слоев и блоков земной коры. На плотностных границах возникают деформации поля напряжений, где создаются условия гравитационной неустойчивости, что

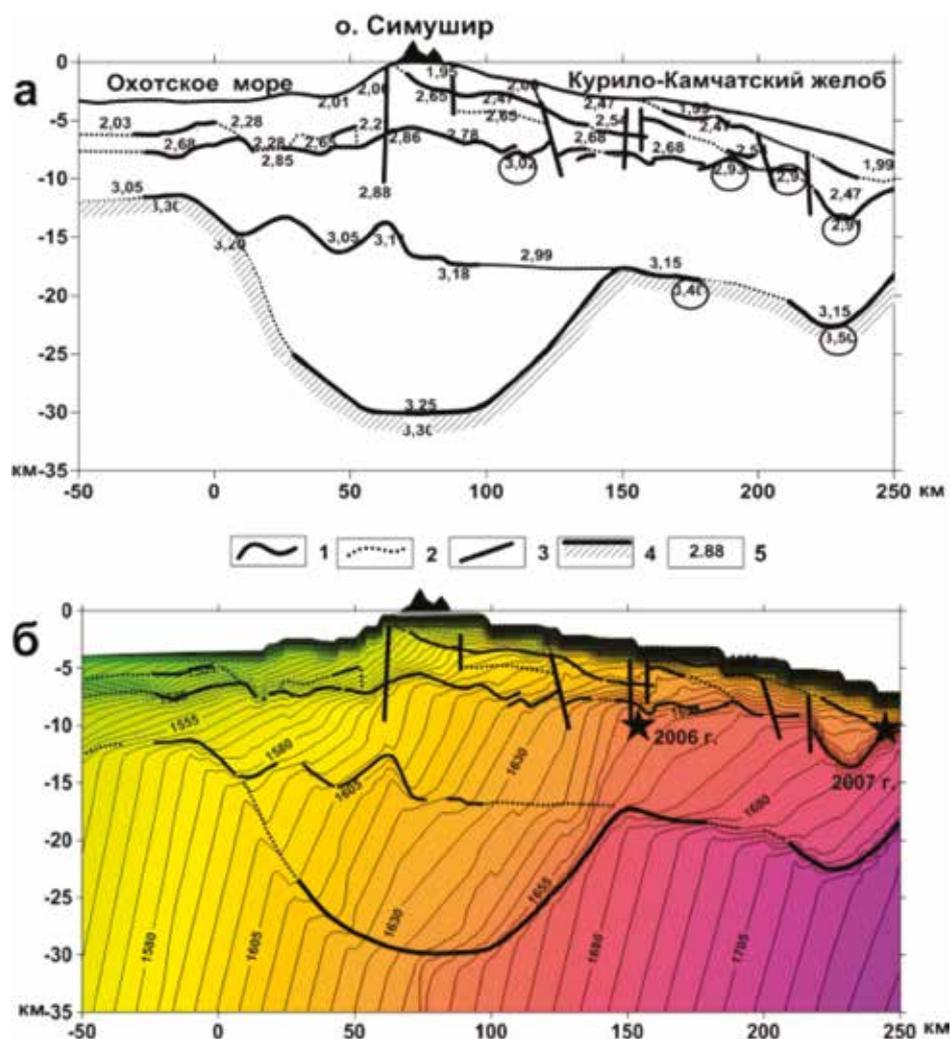


Рис. 2.5. а) Сейсмо-плотностной разрез земной коры Центральных Курил. 1-сейсмические границы, 2 – предполагаемые сейсмические границы, 3 – разломы, 4 – граница Мохо, 5 – плотности горных пород. б) Рассчитанное поле напряжений (МПа). Звездочками обозначены гипоцентры Симуширских землетрясений 2006 – 2007 гг.

Fig. 2.5. a) Seismic-density section of the Earth's crust of the Central Kuriles. 1 - seismic boundaries, 2 - assumed seismic boundaries, 3 - faults, 4 - Moho boundary, 5 - rock densities; b) Calculated stress field. The asterisks denote the hypocenters of the 2006 - 2007 Simushir earthquakes

должно способствовать развитию пликативных и дизъюнктивных деформаций при воздействии дополнительных внешних сил. Это, в свою очередь, может быть причиной землетрясений. На этой основе сделан вывод, что в указанных условиях гравитационные силы создают дополнительные напряжения, которые могут усиливать общий геодинамический процесс подготовки землетрясений. (Кулинич Р.Г., Осипова Е.Б., Валитов М.Г. // Тихоокеанская геология. 2020. Т.39, №1. С. 21-28).

Тема «Исследование основных процессов, определяющих состояние и изменчивость океанологических характеристик дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана / Investigation of the key processes controlling the state and variability of oceanographic characteristics of the Far Eastern seas and the northwestern Pacific Ocean»

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

3.1. Климатические изменения термических условий в окраинных морях Западной Пацифики / Climatic Changes in Thermal Conditions of Marginal Seas in the Western Pacific

*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*

По данным климатических массивов (NOAA) определены тенденции, региональные особенности и возможные причинно-следственные связи межгодовых изменений температуры воздуха и воды на поверхности и в верхнем 750-метровом слое с вариациями полей атмосферного давления, ветра и климатических индексов (КИ) за последние 4 десятилетия. Полученные результаты позволили охарактеризовать степень неоднородности реакции океана на происходящие глобальные изменения климата, выделить обособленные районы и дать количественную оценку скорости потепления в этих районах (рис. 3.1). Показано, что на западе температурные тренды значительно выше, чем на востоке, а в теплый период года они примерно в 2 раза больше, чем в холодный. Изменения температуры воды и аномалий теплосодержания в толще вод различных районов происходят крайне неравномерно. Фазы чередования теплых и холодных периодов согласуются с тенденциями изменений характеристик центров действия атмосферы, КИ и различных климатических параметров. (Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И., Воронцов А.А. // Метеорология и гидрология. 2020. № 3. С. 44-57).

3.2. Повторяемость экстремальных паводков на юге Сахалина как свидетельство изменчивости палеотайфунов в северо-западной части Тихого океана с 6,6 тыс. лет до н. э. / Recurrence of extreme floods in south Sakhalin Island as evidence of paleo-typhoon variability in North-Western Pacific since 6.6 ka B

к.ф.-м.н. В.И. Пономарев / V.I. Ponomarev

На основе анализа данных разреза голоценовых отложений в среднем и позднем голоцене, включая современный период 20 го – 21 го веков, научным коллективом ТИГ ДВО РАН с участием ТОИ, МГГИ, ИВЭП и СПбГУ показано, что экстремальные наводнения и паводки на юге Сахалина обусловлены, в основном, прохождением интенсивных тропических циклонов над южной частью острова Сахалин. Впервые для юга о. Сахалин восстановлена геологическая летопись экстремальных паводков, связанных с прохождением наиболее сильных палеотайфунов за последние 6620 кал. лет. Повторяемость экстремально сильных тайфунов возрастала и в теплые влажные, и в сухие холодные фазы палеоклиматических колебаний в

среднем-позднем голоцене, как возрастает и в течение последние 120 лет метеорологических наблюдений. (Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Ponomarev V.I., Gorbunov A.O., Klimin M.A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2020. V. 556. P. 109901).

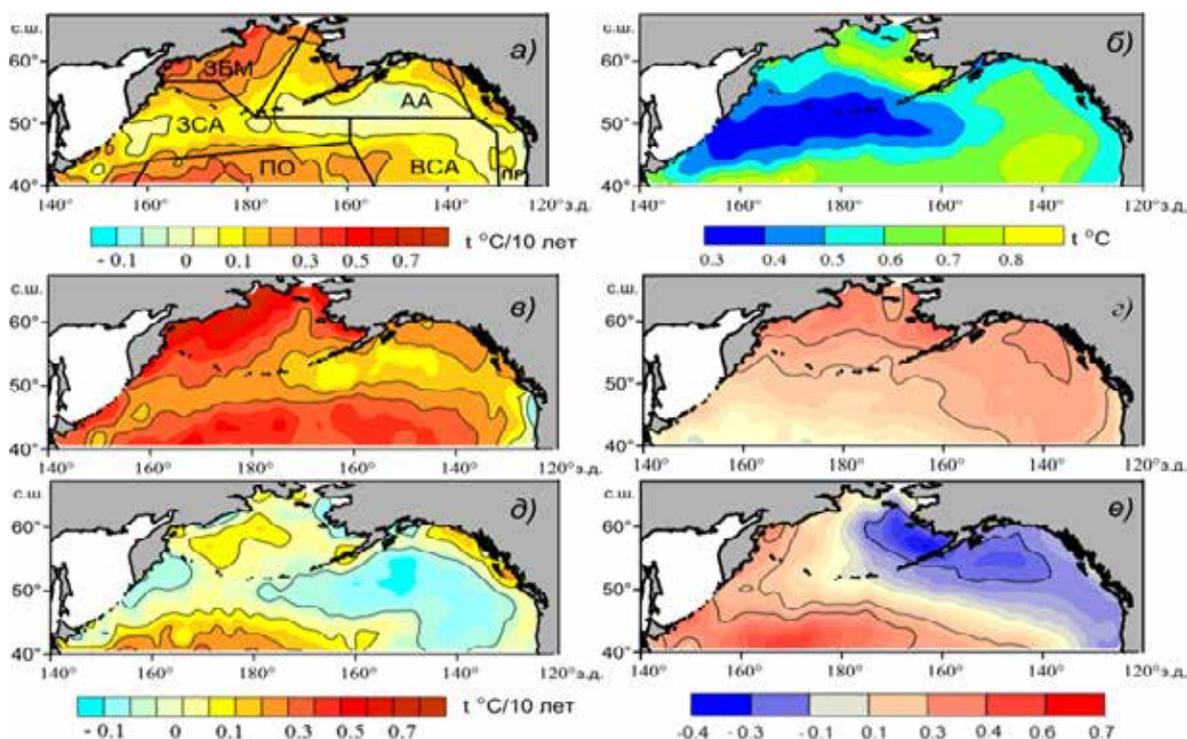


Рис. 3.1. Величина трендов (а) и среднеквадратичных значений (б) среднегодовых аномалий ТПО, трендов ТПО за теплый (в) и холодный (д) сезоны 1982—2018 гг. Распределение коэффициентов первой (е) и второй (е) мод ЭОФ межгодовых колебаний аномалий ТПО в теплый сезон. На рис. 3.1а показано расположение выделенных районов.

Fig. 3.1. Trends magnitude (a) and rms values (b) of average annual SST anomalies, SST trends for the warm (c) and cold (e) seasons of 1982–2018. Distribution of the coefficients of the first (d) and second (f) EOF modes of interannual fluctuations of SST anomalies in the warm season. In fig. 3.1a shows the location of the selected areas

3.3. Реакция прибрежного течения на сильный морской ветер с приложением к циркуляции в заливе Петра Великого / The Response of the Coastal Current to Strong Offshore Wind with Application to Circulations in Peter the Great Bay

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

Рассмотрено формирование прибрежного течения под действием отжимного ветра и его влияние на термохалинную структуру вод залива Петра Великого (рис. 3.3). При усилении ветра формируется сильное прибрежное течение вдоль изобаты и поперечный шельфу поток, направленный от берега в верхнем слое. Отжимной ветер формирует двуслойную циркуляцию с подъемом воды в нижнем слое и сгоном воды в верхнем слое. Поток в верхнем слое приводит к падению уровня моря и понижению температуры. При усилении ветра формируется антициклоническая циркуляция справа от оси ветровой струи. Скорость течения у западного берега залива достигала 0.8 м/с и была направлена на северо-восток вдоль изобаты.

Прибрежное течение возникает под действием наклона уровня из-за воздействия отжимного ветра (Рогачев К.А., Шлык Н.В. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 4. С. 495-506).

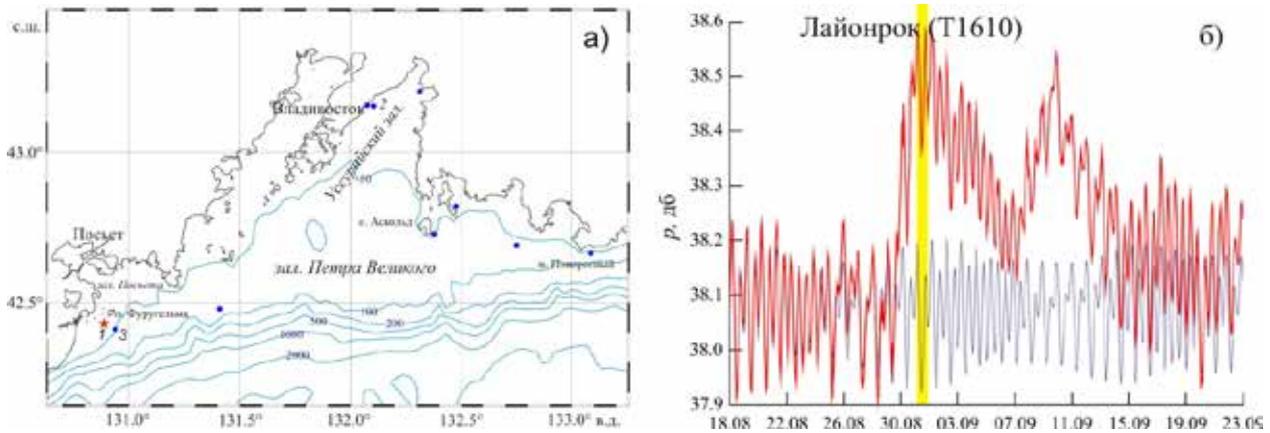


Рис. 3.3. Район исследований и положения станций с измерителями течений и уровня моря в заливе Посьета (1, 3) и Уссурийском заливе (2) (а), изменение придонного давления (красный цвет) и вычисленный прилив (синий цвет) во время прохождения тайфуна Лайонрок (T1610) в 2016 г. (б).

Fig. 3.3. Study area and position of stations with current and sea level meters in Posieta Bay (1, 3) and Ussuriysky Bay (2) (a), change in bottom pressure (red) and calculated tide (blue) during the passage of a typhoon Lionrock (T1610) in 2016 (b)

3.4. Результаты гидрометеорологических измерений комплексом приборов буя WAVESCAN на юго-западном шельфе залива Петра Великого в 2016 г. / Results of hydrometeorological measurements by the WAVESCAN buoy instrument complex on the southwestern shelf of Peter the Great Bay in 2016

к.г.н. В.Б. Лобанов, к.ф.-м.н. А.Ю. Лазарюк, к.ф.-м.н. В.И. Пономарев,
А.Ф. Сергеев, Е.В. Кустова, С.П. Шкорба, П.О. Харламов и др. /
V.B. Lobanov, A.Yu. Lazaryuk, V.I. Ponomarev, A.F. Sergeev,
E.V. Kustova, S.P. Shkorba, P.O. Kharlamov et al.

На основе статистического анализа временных рядов впервые показано, что длительные измерения с помощью заякоренного буя WaveScan на юго-западном шельфе залива Петра Великого большинства метеорологических характеристик, температуры приповерхностного слоя воды, характеристик ветровых волн и зыби хорошо согласуются с данными реанализов ERA-Interim и ERA5 (рис. 3.4). Определены зависящие от скорости ветра особенности изменчивости поворота вектора скорости течения с глубиной на синоптическом и сезонном масштабах, в том числе, при интенсивном воздействии ветра во время прохождения тропического циклона Лайонрок. Показано, что в теплый сезон при скорости ветра до 5-6 м/с, наблюдаются значительный левый поворот вектора скорости течения с глубиной ниже приповерхностного слоя трения и противотечение в придонном слое шельфа. (Лобанов В.Б., Лазарюк А.Ю., Пономарев В.И., Сергеев А.Ф., Кустова Е.В., Марьина Е.Н., Старжинский С.С., Харламов П.О., Шкорба С.П., Воронин А.А., Горин И.И., Зверев С.А., Калинин В.В., Косьяненко А.А., Крайников Г.А., Рудых Я.Н., Семкин П.Ю., Суховеев Е.Н., Щербинин П.Е. // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48, № 4. С. 5-32).

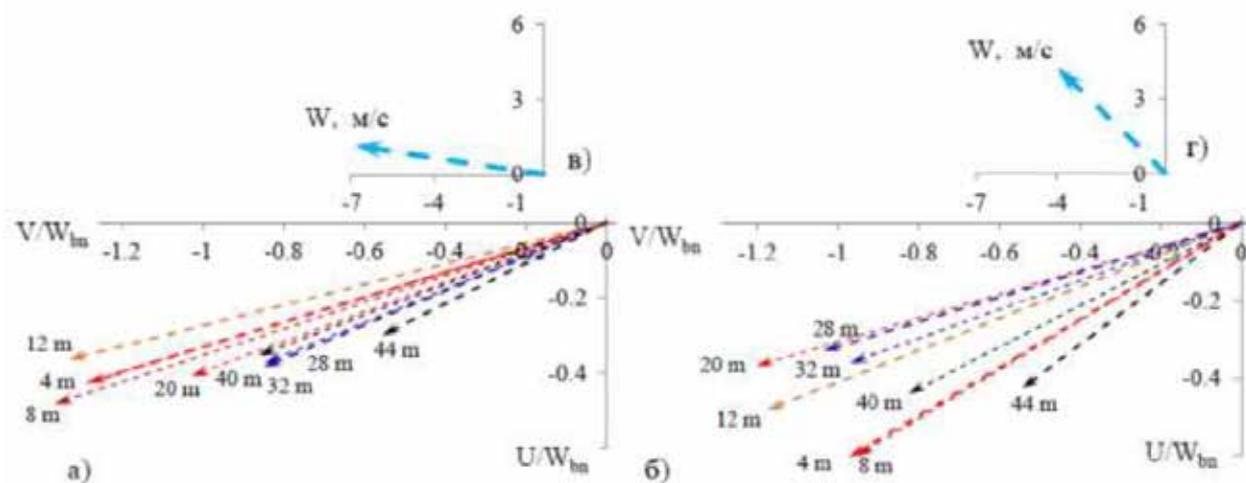


Рис. 3.4. Изменение с глубиной нормированного вектора разности между векторами измеренной и средней по вертикали скоростей течения, усредненное за период с 0:00 по 23:00 31 августа (а) при средней скорости ветра за этот период 9 м/с (в) и за период, смещенный на 12 ч вперед по времени: с 12:00 31 августа по 11:00 1 сентября 2016 г. (б) при средней скорости ветра за этот период 7 м/с (г).

Fig. 3.4. Change with depth of the normalized vector of the difference between the vectors of the measured and the vertical average current velocities, averaged over the period from 0:00 to 23:00 on August 31 (a) with an average wind speed for this period of 9 m/s (b) and for the period shifted by 12 h forward in time: from 12:00 on August 31 to 11:00 on September 1, 2016 (c) with an average wind speed for this period of 7 m/s (d)

3.5. Влияние атмосферных процессов на формирование экстремальных гидрологических условий в южной части Охотского моря и прилегающих акваториях в летний период / Influence of atmospheric processes on the formation of extreme hydrological conditions in the southern part of the Okhotsk Sea and adjacent areas in summer

к.э.н. В.В. Мороз / V.V. Moroz

На основе данных многолетних наблюдений проведен анализ изменчивости гидрологических условий в южной части Охотского моря в зависимости от атмосферной циркуляции (рис. 3.5). На фоне тенденции потепления в 1985—2016 гг. были выявлены экстремальные флуктуации термического режима акватории в летний период в отдельные годы. Установлено, что формирование экстремальных термических режимов происходит в очагах барических аномалий и носит локальный характер. Механизм формирования аномально холодных режимов обусловлен наличием над Охотским морем тропосферной ложбины и охотского антициклона, развитие которых способствует усилению системы Восточно-Сахалинского течения и ослаблению течения Соя. Формирование экстремально теплых режимов обусловлено отсутствием ложбины, усилением влияния на район гребня гавайского антициклона и интенсификацией течения Соя. (Мороз В.В., Шатилина Т.А. // Метеорология и гидрология. 2020. № 9. С. 78-89).

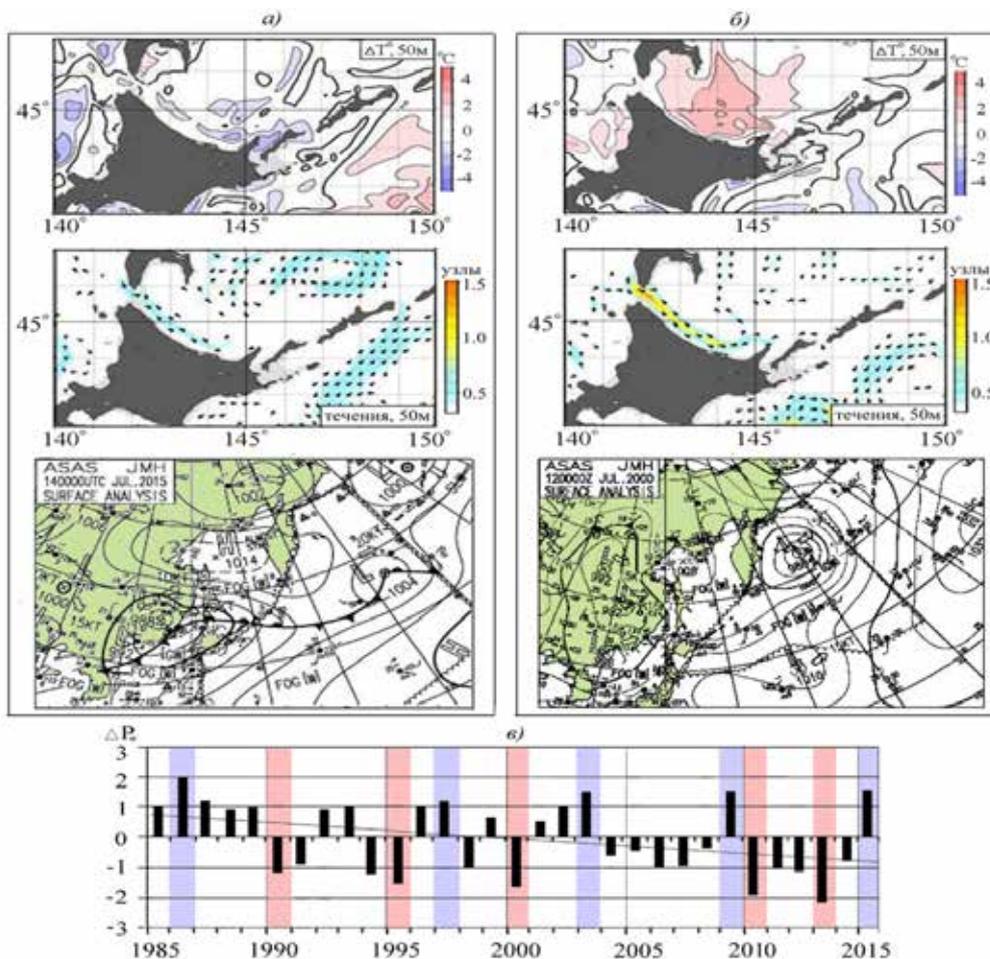


Рис. 3.5. Аномалии температуры воды, схемы течений и поля атмосферного давления при холодном (а) и теплом (б) термических режимах; (в) межгодовая изменчивость аномалий приземного давления над Охотским морем.

Fig. 3.5. Anomalies of water temperature, flow patterns and atmospheric pressure fields in cold (a) and warm (b) thermal regimes; (c) interannual variability of surface pressure anomalies over the Sea of Okhotsk

3.6. Субмезомасштабные вихревые дорожки в районе Шантарских островов (Охотское море) по данным спутникового дистанционного зондирования / Submesoscale vortex streets in the region of the Shantar Islands (Sea of Okhotsk) according to satellite remote sensing data

к.г.н. И.А. Жабин, Н.Б. Лукьянова / I.A. Zhabin, N.A. Lukyanova

По спутниковым данным исследованы вихревые дорожки (ВД) в районе Шантарских островов (Охотское море). Две устойчивые ВД были обнаружены в пр. Северо-Восточный, разделяющим острова Большой и Малый Шантар (рис. 3.6). Северная ВД формировалась у о. Камни Диомида, южная – у Безымянной группы скал. Северная ВД имела в длину 9–11 км и состояла из 4–5 пар вихрей противоположного знака вращения (циклон-антициклон). Средний диаметр вихрей составлял 0.73 ± 0.09 км. Вихри в южной дорожке прослеживались на расстоянии 6–7 км, при этом регистрировались 3–5 вихревых пар. Средний диаметр вихрей был

равен 0.47 ± 0.07 км. Во время отлива вихри в цепочке распространялись, преимущественно, в восточном направлении, во время прилива – в западном. Пространственные и временные масштабы явления показывают, что как вихри, так и ВД в проливе Северо-Восточный имеют субмезомасштабную природу. Данные дистанционного зондирования позволили определить геометрические параметры, характеризующие устойчивость океанических ВД. (Жабин И.А., Лукьянова Н.Б. // *Исследование Земли из космоса*. 2020. № 3. С. 38-44).



Рис. 3.6. Спутниковое изображение центральной части Шантарского архипелага (спутник Landsat-7, 11 июля 2005 г.) и два скалистых острова в проливе Северо-Восточный (вставка, спутник Sentinel-2A, 10 августа 2016 г.). Условные обозначения: 1 – о. Большой Шантар, 2 – пролив Северо-Восточный, 3 – о. Малый Шантар, 4 – о. Камни Диомеда, 5 – безымянная группа скал. Стрелками показано положение вихревых дорожек (отлив).

Fig. 3.6. Satellite image of the central part of the Shantar Archipelago (Landsat-7, July 11, 2005) and two rocky islands in the Northeast Strait (insert, Sentinel-2A, August 10, 2016). Legend: 1 – Isl. Bolshoi Shantar, 2 – Northeast Strait, 3 – Isl. Maliy Shantar, 4 – Isl. Diomedea Stones, 5 – Nameless group of rocks. The arrows show the position of the vortex streets (low tide)

3.7. Влияние приливного перемешивания и речного стока на термохалинную структуру вод в районе Шантарских островов (Охотское море) / Influence of tidal mixing and river runoff on the thermohaline structure of waters in the region of the Shantar Islands (Sea of Okhotsk)

к.г.н. И.А. Жабин, Н.Б. Лукьянова, к.г.н. В.А. Дубина /
I.A. Zhabin, N.A. Lukyanova, V.A. Dubina

На основе модельных расчётов, гидрологических и спутниковых наблюдений проанализирована пространственная изменчивость термохалинной структуры вод морской акватории национального парка «Шантарские острова» (Охотское море), связанная с приливным перемешиванием и речным стоком (рис. 3.7). В тёплый период года на шельфе Шантарских островов формируется устойчивая зона приливного перемешивания. В пределах этой зоны выделяются локализованные области интенсивного перемешивания, связанные с сильными приливными течениями. Речной сток поддерживает устойчивую стратификацию в прибрежных районах, подавляя приливное перемешивание. (Жабин И.А., Лукьянова Н.Б., Дубина В.А. // Метеорология и гидрология. 2020. № 10. С. 90-99).

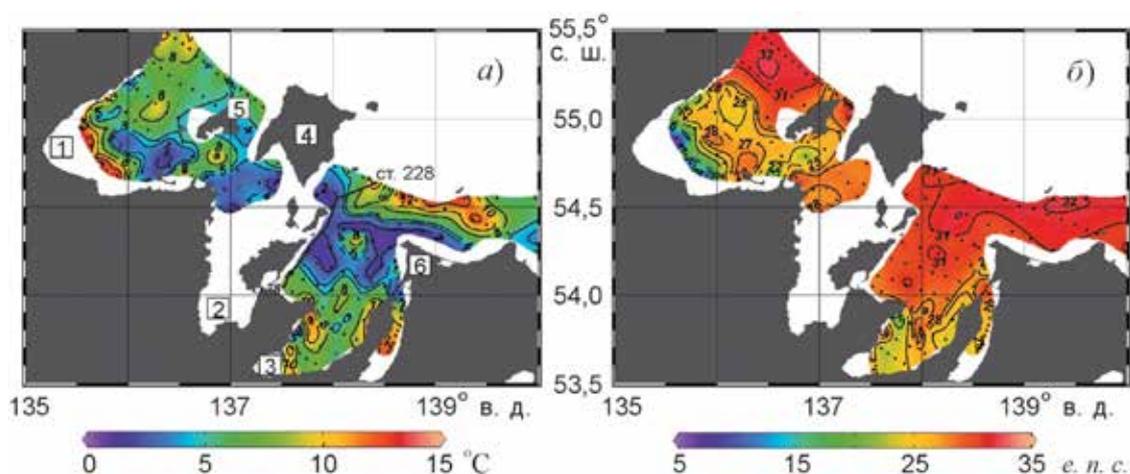


Рис. 3.7. Распределение температуры (а) и солёности (б) на поверхности моря в районе Шантарских островов по данным гидрологической съёмки.

Fig. 3.7. Distribution of temperature (a) and salinity (b) at the sea surface in the area of the Shantar Islands according to hydrological survey data

3.8. Динамическая структура каскадинга в заливе Петра Великого (Японское море) / Dynamic structure of cascading in Peter the Great Bay (Sea of Japan)

д.г.н. В.В. Навроцкий, к.г.н. В.Б. Лобанов, А.Ф. Сергеев, к.ф.-м.н. Е.П. Павлова и др. /
V.V. Navrotsky, V.B. Lobanov, A.F. Sergeev, E.P. Pavlova et al.

С использованием измерений на трех автономных донных станциях на континентальном склоне залива Петра Великого в Японском море проведен анализ динамической структуры каскадинга и связанных с ним потоков тепла и импульса (рис. 3.8). Показано, что в процессе погружения поверхностных вод генерируются возмущения скорости течений. Взаимодей-

ствии флуктуаций температуры и скорости течений приводит к потокам тепла и импульса, пространственно-временная и спектральная структура которых определяется длительностью и величиной аномалий плотности погружающихся вод. При больших аномалиях процесс погружения имеет турбулентно-вихревой характер. (Навроцкий В.В., Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Воронин А.А., Горин И.И., Павлова Е.П. // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48, № 3. С. 148–163).

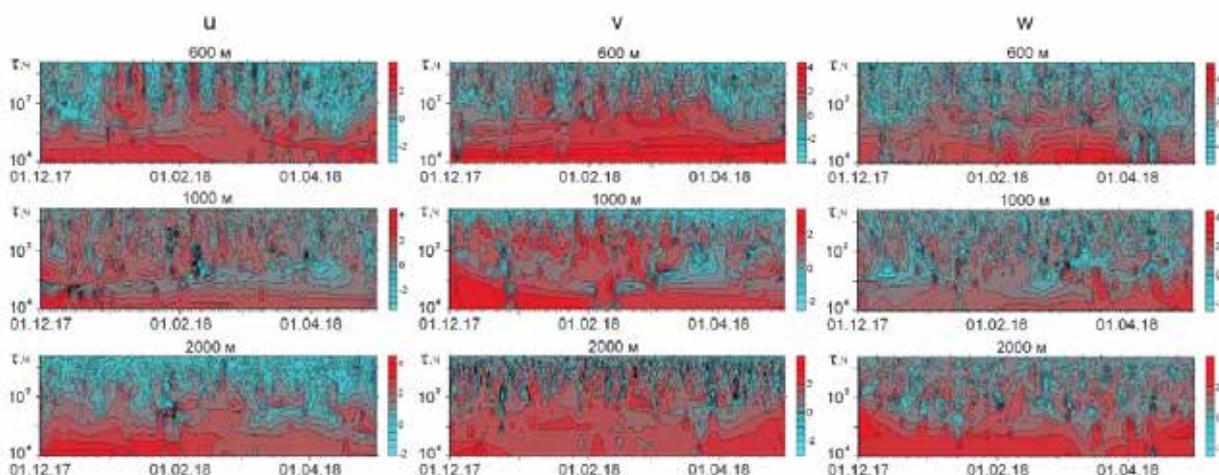


Рис. 3.8. Спектры Гильберта–Хуанга зональной (U), меридиональной (V) и вертикальной (W) компонент скорости течений на различных горизонтах.

Fig. 3.8. Hilbert–Huang spectra of zonal (U), meridional (V) and vertical (W) components of current velocity at different horizons

3.9. Пространственно-временная структура сплоченности льда в Чукотском море / Spatial-temporal structure of ice concentration in the Chukchi 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

На основании всей доступной спутниковой информации о состоянии ледяного покрова Чукотского моря за период 1997–2016 гг. проведен анализ сезонной и многолетней изменчивости возраста льда в море. Показано, что зона максимальной изменчивости приходится на области 2–3-балльных градаций возраста льда и следует за смещениями этой области в первой половине теплого периода (июнь – ноябрь) ледового сезона поднимаясь к северу, а во второй – спускаясь обратно к югу. Анализ спектральных составляющих первых трех временных составляющих эмпирических ортогональных функций (ЭОФ) поля возраста льда позволил выделить 4–7-летнюю квазипериодичность для первой составляющей и преобладающую 2–3-летнюю – для второй и третьей. (Плотников В.В., Вакульская Н.М., Дубина В.А., Руденко О.Н., Пустошнова В.И. // *Метеорология и гидрология*. 2020. № 4. С. 54-61).

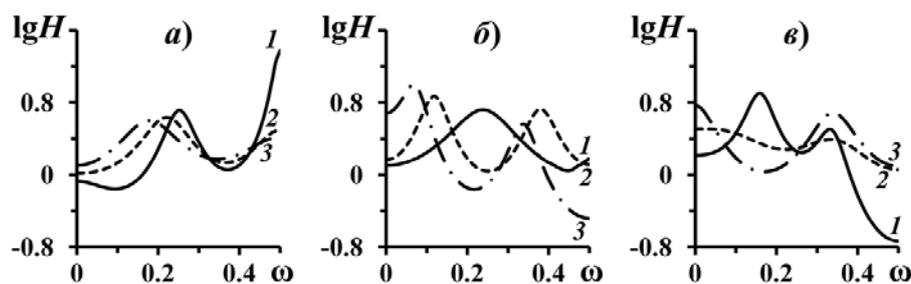


Рис. 3.9. Спектральные оценки $\lg H(\omega)$ (ω – частота) распределения первых трех временных функций ЭОФ возраста (толщины) льда на различных стадиях эволюции ледяного покрова в Чукотском море: 1) на стадии таяния и разрушения льда; 2) на стадии максимального очищения моря ото льда; 3) на стадии предзимнего нарастания объема (толщины) льда. а) ЭОФ₁; б) ЭОФ₂; в) ЭОФ₃.
 Fig. 3.9. Spectral estimates $\lg H(\omega)$ (ω - frequency) of the distribution of the first three time EOF functions of the ice age (thickness) at different stages of the evolution of the ice cover in the Chukchi Sea: 1) at the stage of ice melting and destruction; 2) at the stage of maximum ice clearance from the sea; 3) at the stage of pre-winter increase in the volume) of ice (thickness), а) EOF₁; б) EOF₂; в) EOF₃

3.10. Изменчивость ледовых условий в Чукотском море и их связь с арктической осцилляцией / Variability of ice conditions in the Chukchi Sea and their relationship with the Arctic oscillation

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

На основании доступной информации о состоянии ледяного покрова Чукотского моря и индексов Арктической осцилляции (АО) за период 1950–2017 гг. проведен анализ разномас-

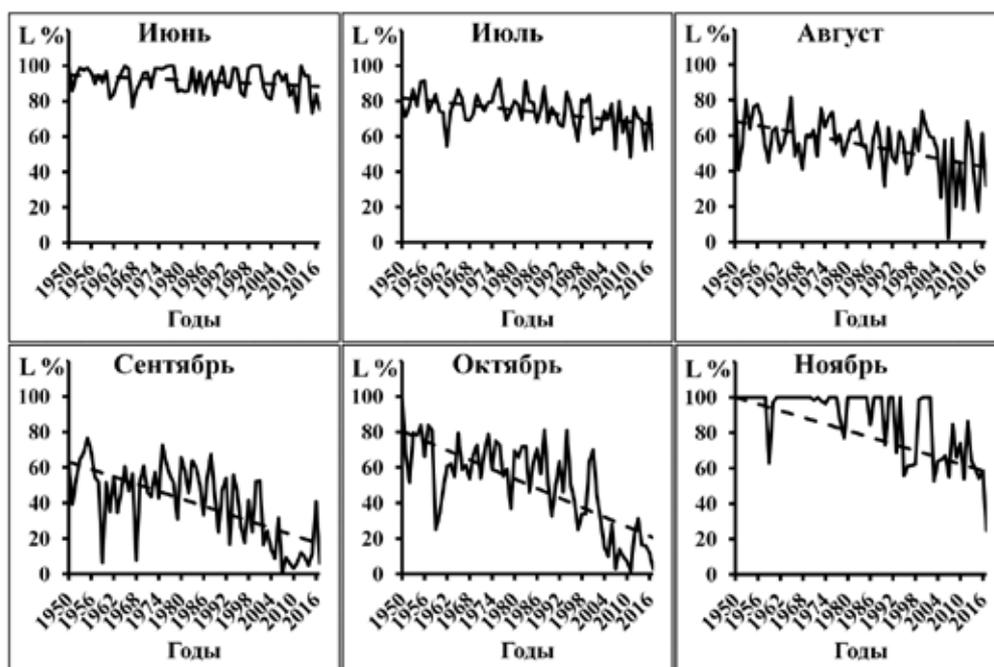


Рис. 3.10. Многолетние распределения ледовитости и их линейный тренд (пунктирные линии) в течение ледового периода (июнь–ноябрь) в Чукотском море.

Fig.3.10. Long-term distributions of ice cover and their linear trends (dotted lines) during the ice period 3,10 (June-November) in the Chukchi Sea

штабной изменчивости ледовых условий и оценена зависимость ледовых условий от характера атмосферной циркуляции отображенной в индексах арктической осцилляции. Выявлены локальные области высокой связи индексов АО и ледовых условий моря. Показано, что в Чукотском море идет направленное уменьшение площади ледяного покрова и изменение характера сезонных процессов. (Плотников В.В., Вакульская Н.М., Мезенцева Л.И., Дубина В.А., Пустошнова В.И. // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200, № 1. С. 155-167).

3.11. Изменчивость гидрометеорологического режима морей восточного сектора Арктики (Восточно-Сибирское и Чукотское моря) в современный период / Variability of the hydrometeorological regime of the seas of the eastern sector of the Arctic (East Siberian, Chukchi seas) in the modern period

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

Выполнен анализ изменчивости наиболее значимых региональных показателей гидрометеорологического режима (ветровой режим, ледовые условия и характер перемешивания вод) в Восточно-Сибирском и Чукотском морях за период с 1979 по 2015 гг. (рис. 3.11). Для анализа изменчивости гидрометеорологического режима региона использовались методы многомерной статистики и моделирования. Различия процессов разрушения льда в Восточно-Сибирском и Чукотском морях проявляются в разнице возрастного состава льдов. Влияние тихоокеанского бассейна приводит к более быстрому сокращению ледовитости Чукотского моря по сравнению с Восточно-Сибирским. Вследствие изменения ветрового и термического режимов, уменьшения площади ледяного покрова произошло увеличение площади и интенсивности ветрового перемешивания. Активность волновой деятельности увеличивается и, соответственно, растет глубина волнового перемешивания от июня до октября, где она достигает максимума. К декабрю активность медленно затухает. Глубина ветрового перемешивания

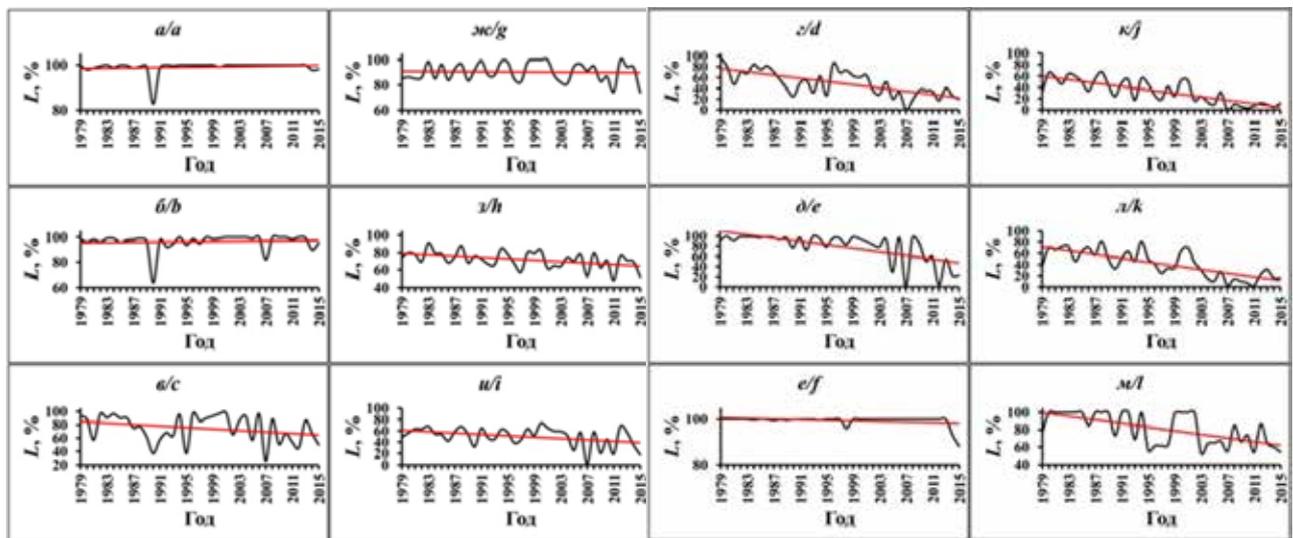


Рис. 3.11. Многолетние распределения ледовитостей ($L, \%$) в Восточно-Сибирском (а – е) и Чукотском (ж – м) морях и их линейный тренд (красная линия) в июне (а, ж), июле (б, з), августе (в, и), сентябре (г, к), октябре (д, л) и ноябре (е, м).

Fig. 3.11. Long-term distributions of ice coverage ($L, \%$) in the East Siberian (a - f) and Chukchi (w - m) seas and their linear trend (red line) in June (a, g), July (b, h), August (in, i), September (r, k), October (d, l) and November (e, m)

в морях в августе достигает 20–25 метровой изобаты, а в октябре в Восточно-Сибирском море увеличивается до 35 метровой, а в Чукотском море до 40–50 м. Проведенные исследования свидетельствуют о направленных изменениях в показателях гидрометеорологического режима морей восточной Арктики (Плотников В.В., Вразжин А.Н., Мезенцева Л.И., Друзь Н.И., Вакульская Н.М, Дубина В.А. // Известия Томского политехнического университета. 2020. Т. 331, № 7. 103–115).

3.12. Кораблекрушение на границе морского заповедника. Результаты спутникового мониторинга / Shipwreck on the border of the marine reserve. Results of satellite monitoring

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

На основе анализа спутниковых изображений и гидрометеорологической обстановки выполнена оценка влияния на окружающую среду нефтяного разлива, произошедшего в результате крушения НИС «Академик Владимир Касьянов» на границе Дальневосточного морского биосферного государственного природного заповедника (рис. 3.12). Данные, полученные со спутников Sentinel-2A и Sentinel-1B, позволили оценить масштаб и характер дрейфа нефтяного пятна в первые часы разлива, а также показать, что негативное воздействие разлитого топлива продолжалось около 3 сут. и не затронуло акваторию заповедника. (Дубина В.А., Катин И.О., Боброва М.А., Плотников В.В. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 1. С. 267-270).

Рис. 3.12. Изображение, полученное 19 июля 2019 г. в 12:07 Влдв. в видимом диапазоне спектра со спутника Sentinel-2A (красным цветом выделено пятно нефтепродукта) (а). Радиолокационное изображение, полученное 22 июля 2019 г. в 07:21 со спутника Sentinel-1B; линиями очерчены границы Восточного участка ДВМЗ (б). Камни Елизарова с высоты птичьего полёта (в). НИС «Академик Касьянов», поднятый со дна моря 28 июля 2019 г. (г). Увеличенный фрагмент видимого изображения на рис. 1а (д).

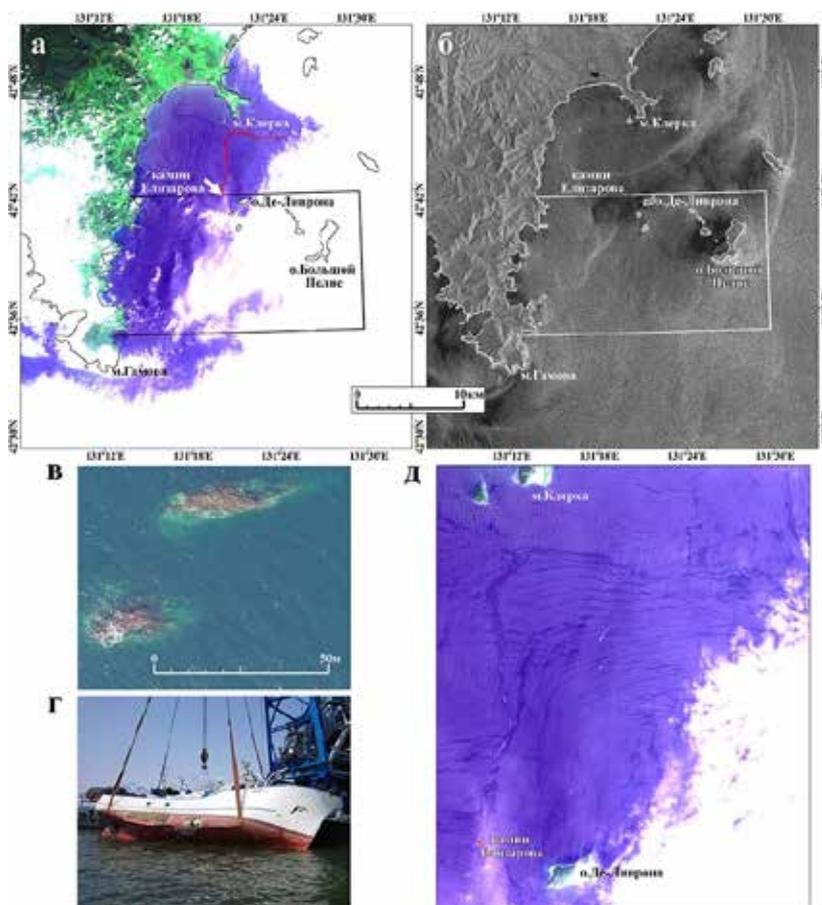


Fig. 3.12. Image taken on July 19, 2019 at 12:07 Vldv. in the visible range of the spectrum from the Sentinel-2A satellite (the oil spot is highlighted in red) (a). Radar image obtained on July 22, 2019 at 07:21 from the Sentinel-1B satellite; the lines outline the boundaries of the Eastern section of the DVMZ (b). Elizarov stones from a bird's eye view (c). R/V Akademik Kasyanov, lifted from the seabed on July 28, 2019 (d). An enlarged fragment of the visible image in Fig. 1a (e)

3.13. Тропический циклон на севере Южно-Китайского моря как фактор, влияющий на структуру Вьетнамского течения / Tropical cyclone in the north of the South China Sea as a factor affecting the structure of the Vietnamese current

к.г.н. Г.А. Власова / G.A. Vlasova

Выполнено численное моделирование трансформации структуры Вьетнамского прибрежного течения под воздействием тропических циклонов (ТЦ), располагающихся в различных районах Южно-Китайского моря. Обнаружена активная гидродинамическая перестройка в пределах изучаемого района в зависимости от расстояния до действующего ТЦ. В частности, рассмотрены случаи, когда ТЦ располагаются на севере или на юге Южно-Китайского моря. В обоих случаях активная перестройка гидродинамических процессов наблюдается вблизи действующего ТЦ. Так, на участках, ближайших к действующему ТЦ, формируются мощные антициклонические структуры, захватывающие всю водную толщу. По мере удаления интенсивность гидродинамической перестройки ослабевает, захватывая только верхние горизонты водной толщи. (Vlasova G., Xuan Ba Nguyen, Thuy Dung Thi Nguyen // Russ. J. Earth. Sci., 2020. V. 20. ES5001. Vlasova G.A., Nguyen Ba Xuan, Demenok M.N., Bui Hong Long, Le Dinh Mau and Nguyen Thi Thuy Dung // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2020. V. 56, N. 4. P. 390–400).

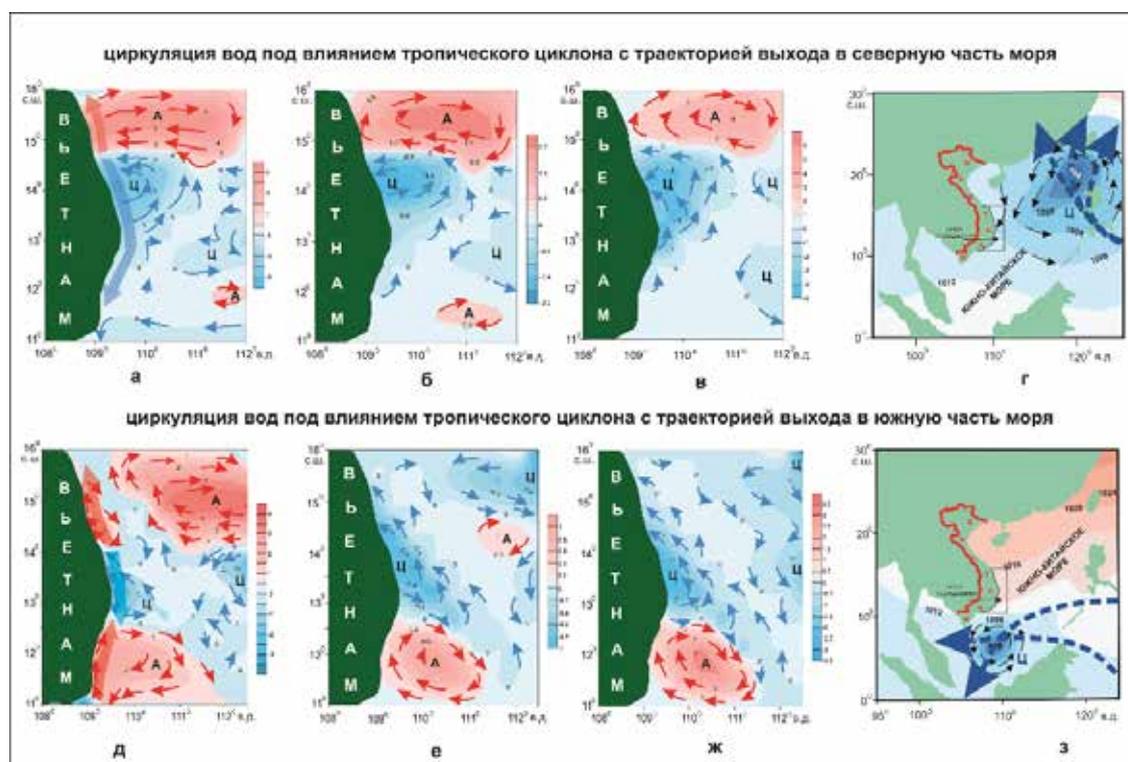


Рис. 3.13. Циркуляция вод в условиях тропических циклонов. а – поверхностный слой, $\psi^*=1 \times 10^7$ см³/с; б – до 200 м, $\psi=1 \times 10^{11}$ см³/с; в – до дна, $\psi=1$ Св; г – тропический циклон с траекторией выхода в северную часть Южно-Китайского моря; д – поверхностный слой, $\psi=1 \times 10^7$ см³/с; е – до 200 м, $\psi=1 \times 10^{11}$ см³/с; ж – до дна, $\psi=1$ Св; з – тропический циклон с траекторией выхода в южную часть моря. Ψ^* - функция тока (расход воды в ед. времени).

Fig. 3.13. Water circulation under influence of tropical cyclones. a - surface layer, $\psi^* = 1 \times 10^7$ cm³/s; b - up to 200 m, $\psi = 1 \times 10^{11}$ cm³/s; c - to the bottom, $\psi = 1$ Sv; d - a tropical cyclone with a trajectory to enter the northern part of the South China Sea; d - surface layer, $\psi = 1 \times 10^7$ cm³/s; e - up to 200 m, $\psi = 1 \times 10^{11}$ cm³/s; ж - to the bottom, $\psi = 1$ Sv; h - tropical cyclone with a trajectory of exit to the southern part of the sea. Ψ^* - function of current (water transport in unit of time)

Тема «Влияние природных и антропогенных факторов на биогеохимические процессы и состояние биоты в морских экосистемах / The influence of natural and anthropogenic factors on biogeochemical processes and the state of biota in marine ecosystems»

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

4.1. Поведение полициклических ароматических углеводородов и радиоактивных соединений в атмосфере и морской среде в регионе Восточной Азии в период 1999-2014 гг. / Long-term trends in urban atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons and nitropolycyclic aromatic hydrocarbons: China, Russia and Korea from 1999 to 2014

А.С. Нерода, А.А. Гончарова, к.х.н. В.Ф. Мишуков /
A.S. Neroda, A.A. Goncharova, V.F. Mishukov

Общее количество взвешенного вещества атмосферных аэрозолей (ВВАА) было отобрано в летний и зимний сезоны в Китае (Шеньян, Пекин, Шанхай), России (Владивосток) и Корее (Пусан) с 1997 по 2014 г. Девять полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), содержащих от четырех до шести ароматических колец, были определены с помощью жидкостной хроматографии высокого давления с флюорасцентным детектором. В Пекине и Шеньяне обнаружены высокие концентрации ПАУ с большой сезонной изменчивостью (зима > лето) при многолетнем снижении с 1997 по 2014 гг., причем максимальные средние концентрации ПАУ выше 200 нг/м³ наблюдались в зимний период. Во Владивостоке концентрации ПАУ были ниже, чем в Китае. В приморских городах Шанхай, Пусан и Владивосток концентрации ПАУ были наименьшими, особенно в летний период благодаря муссонному климату региона (Hayakawa K., Tang N., Nagato E., Toriba A., Lin J-M., Zhao L., Zhou Z., Qing W., Yang X., Mishukov V., Neroda A., Chung H.Y. // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. V. 17 (2), 431).

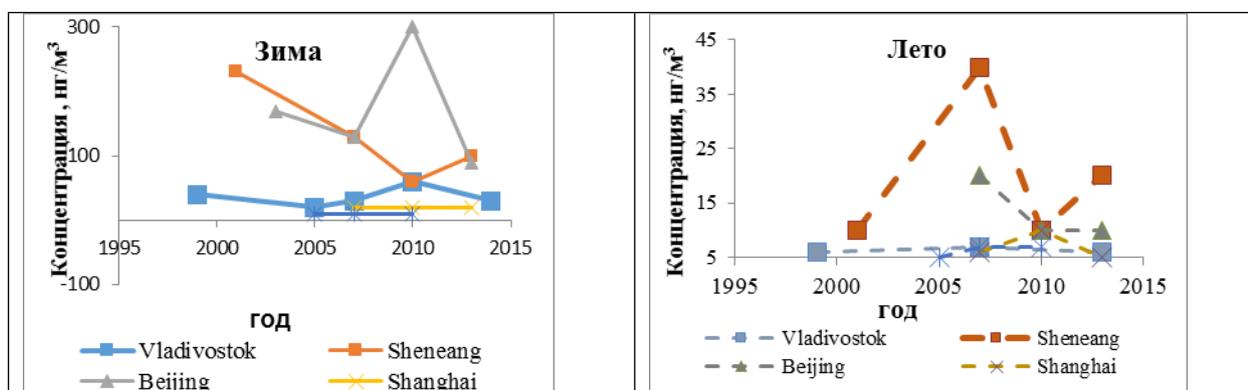


Рис. 4.1. Изменение суммарной атмосферной концентрации ПАУ ($\Sigma\text{ПАУ} = \text{FR} + \text{Pyr} + \text{BaA} + \text{Chr} + \text{BbF} + \text{BkF} + \text{BaP} + \text{Bg hiPe} + \text{IDP}$) в зимний и летний периоды с 1999 по 2014 г.

Fig. 4.1. Change in the total atmospheric concentration of PAHs ($\Sigma\text{PAH} = \text{FR} + \text{Pyr} + \text{BaA} + \text{Chr} + \text{BbF} + \text{BkF} + \text{BaP} + \text{BghiPe} + \text{IDP}$) in winter and summer periods from 1999 to 2014

4.2. Хлорорганические пестициды (ХОП) в жировой ткани ларги в западной части Японского моря / Organochlorine pesticides (HCH and DDT) in blubber of spotted seals (*Phoca largha*) from the western Sea of Japan

к.б.н. А.М. Трухин / A.M. Trukhin

Определен уровень хлорорганических пестицидов (ХОП) в жировой ткани ларги ($n = 31$) в западной части Японского моря. Концентрация гексахлорциклогексана и его изомеров (ΣHCH) колеблется от 389 до 50070 нг / г липидов; концентрация дихлордифенилтрихлорэтана и его метаболитов (ΣDDT) – от 62720 до 1110930 нг / г липидов. Сумма концентраций ХОП в жире ларги из западной части Японского моря одна из самых высоких среди всех видов ластоногих, обитающих в северной части Тихого океана. Предполагается, что хлорорганические соединения, обнаруженные в тюленях из западной части Японского моря, могут поступать в этот район из некоторых стран Юго-Восточной Азии, все еще использующих ХОП в сельскохозяйственном секторе. Задokumentированы факты трансплацентарного переноса пестицидов от матери к плоду во время беременности и к новорожденному в период лактации. (Trukhin A.M., Boyarova M.D. // *Marine Pollution Bulletin*. 2020. V. 150. 110738).

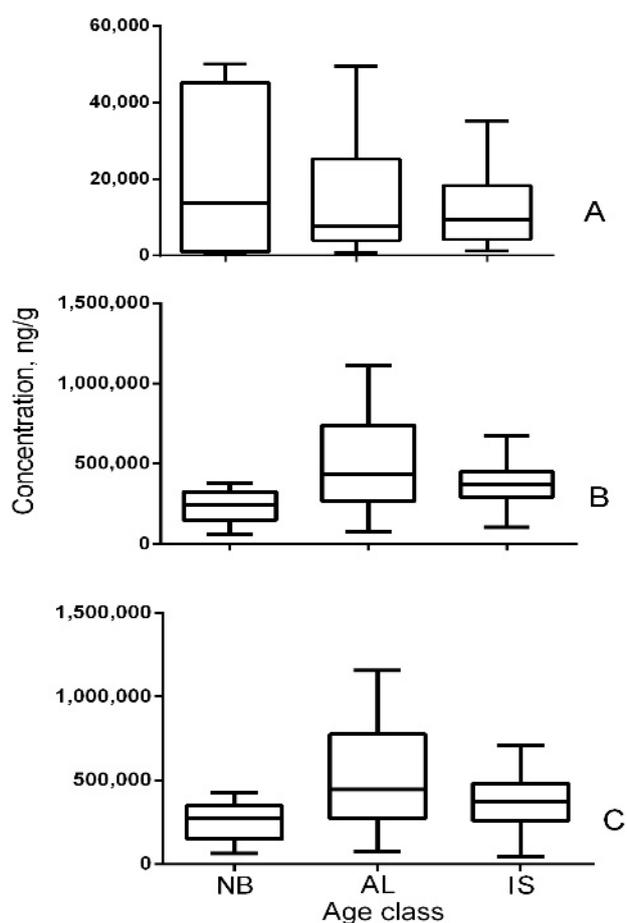


Рис. 4.2. Уровень концентрации пестицидов (нг / г липидов) у пятнистых тюленей разных возрастных категорий. NB - детеныши в период лактации (в возрасте до 1 месяца); AL – детеныши после окончания лактации (возраст 1–3 мес); IS – тюлени от 1 года. (A) HCH и его изомеры; (B) DDT и его метаболиты; (C) общее количество стойких органических загрязнителей ($\Sigma\text{HCH} + \Sigma\text{DDT}$). Прямоугольные линии указывают 25-й, 50-й и 75-й процентиля.

Fig. 4.2. The level of pesticide concentration (ng / g lipids) in spotted seals of different age categories. NB - cubs during lactation (up to 1 month old); AL - calves after the end of lactation (age 1–3 months); IS - seals from 1 year old. (A) HCH and its isomers; (B) DDT and its metabolites; (C) the total amount of persistent organic pollutants ($\Sigma\text{HCH} + \Sigma\text{DDT}$). Rectangular lines indicate 25th, 50th and 75th percentiles

4.3. Особенности эвтрофикации Амурского залива (Японское море) рекой Раздольной / Peculiarities of eutrophication of the Amur Bay (Sea of Japan) by the Razdolnaya River

Т.Н. Михайлик, Н.Д. Ходоренко, к.х.н. А.П. Недашковский, д.х.н. П.Я. Тищенко /
T.N. Mikhailik, N.D. Khodorenko, A.P. Nedashkovsky, P.Ya. Tishchenko

Исследованы внутригодовые изменения концентраций растворенного органического углерода (РОУ), неорганических форм фосфора, азота и кремния в р. Раздольной. Показано, что муссонный климат создает импульсный характер потоков биогенных веществ в Амурский залив р. Раздольной, что способствует созданию «избыточной» биомассы фитопланктона. Годовые потоки биогенных веществ и РОУ, поставляемые р. Раздольной в залив, существенно больше в сравнении с канализационными стоками г. Владивосток (рис. 4.3). Показана межгодовая неравномерность потоков. Наши наблюдения позволили установить систематическое увеличение годовых потоков биогенных веществ и РОУ за период 2003–2017 гг., обусловленное ростом годового речного стока. (Михайлик Т.А., Недашковский А.П., Ходоренко Н.Д., Тищенко П.Я. // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200, № 2. С. 401-411).

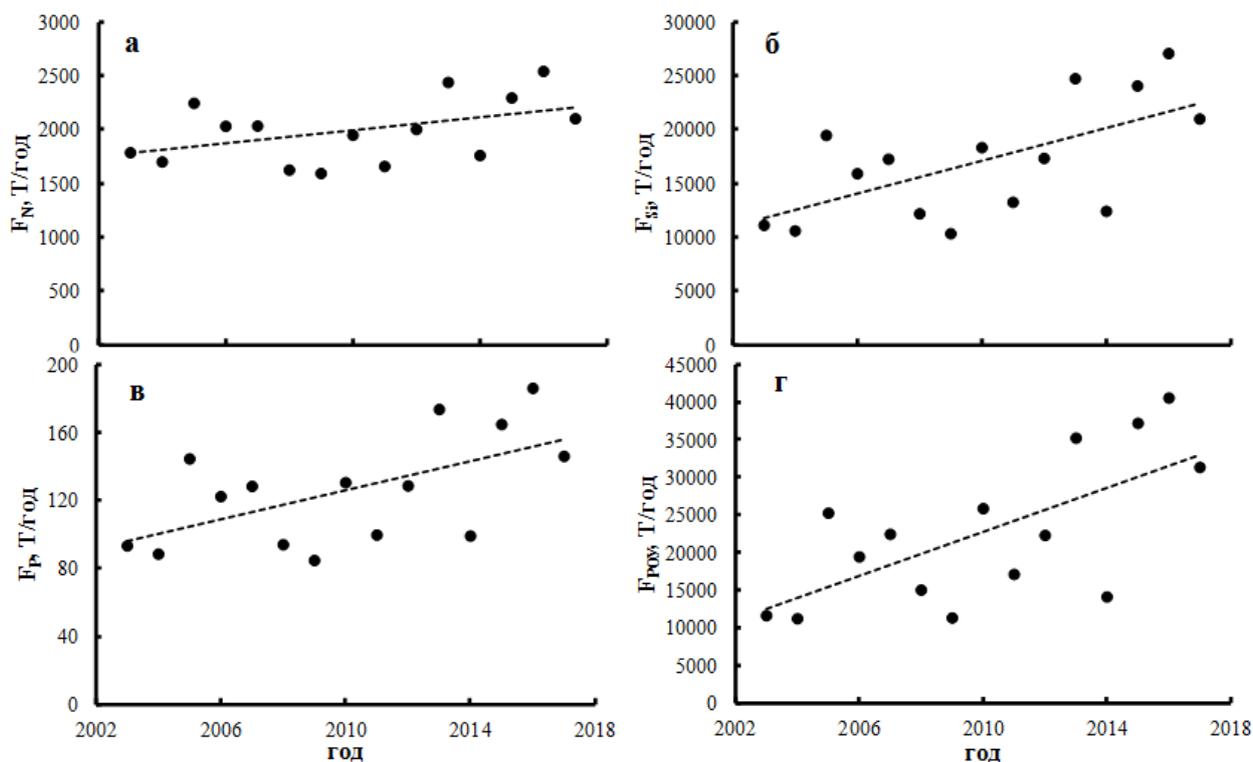


Рис. 4.3. Годовые потоки (F) биогенных веществ (N, Si, P) и растворенного органического углерода (РОУ) за период с 2003 по 2017 г.

Fig. 4.3. Annual fluxes (F) of nutrients (N, Si, P) and dissolved organic carbon (DOC) for the period from 2003 to 2017

4.4. Гидрохимический сток речных вод юга Хабаровского края в период летнего паводка / Hydrochemical runoff of river waters in the south of the Khabarovsk Territory during the summer flood

к.х.н. Г.Ю. Павлова, Е.А. Вах, д.х.н. П.Я. Тищенко /
G.Yu. Pavlova, E.A. Vakh, P.Ya. Tishchenko

В июле 2011 г. проведены комплексные гидрохимические исследования в р. Амур и семи реках бассейна р. Усури: Бикин, Хор, Подхоренок, Бира, Кия, Малая Чирка и 2-ая Седьмая. В пробах воды были определены концентрации основного солевого состава, микроэлементов и редкоземельных элементов (рис. 4.4). Среди катионов доминирует кальций, среди анионов гидрокарбонат ион. В водах исследованных рек обнаружены высокие концентрации растворенных форм Al, Fe и Pb. В р. Малая Чирка – высокие концентрации растворенных Co, Cu, Mn и экстремально высокие Cd. Установлен региональный уровень суммарных концентраций растворимых форм редкоземельных элементов (1,44–5,44 мкг/л). Рассчитанные суммарные суточные потоки макроионов, микроэлементов и редкоземельных элементов, поставляемые реками Бира, Кия, Подхоренок, Бикин, Хор и Амур. (Павлова Г.Ю., Вах Е.А., Тищенко П.Я., Петухов В.И. Известия Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 3. 61–71).

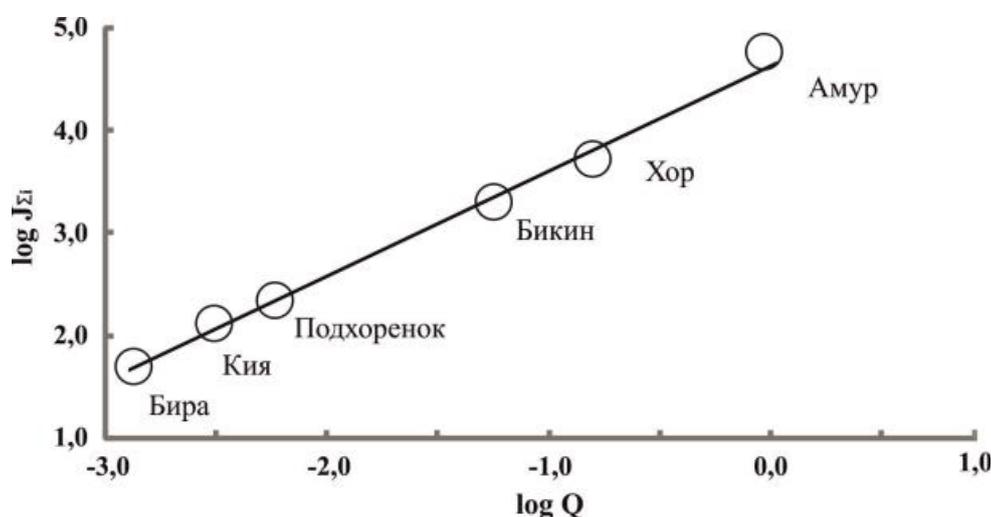


Рис. 4.4. Сравнительная характеристика суточного ионного потока ($J\Sigma_i$, т/сут) и водного стока (Q , км³/сут) в реках Хабаровского края в период летнего паводка. Корреляция приведена в log-log шкалах. Линия регрессии: $\log J\Sigma_i = 1,031 \times \log Q + 4,632$ ($R^2 = 0,998$).

Fig. 4.4. Comparative characteristics of the daily ion flow ($J\Sigma_i$, t / day) and water runoff (Q , km³ / day) in the rivers of the Khabarovsk Territory during the summer flood. Correlation is given in log-log scales. Regression line: $\log J\Sigma_i = 1.031 \times \log Q + 4.632$ ($R^2 = 0.998$)

4.5. Характеристика продукционно-деструкционных процессов в эстуариях рек Уда и Усалгин (Охотское море) в период летнего паводка / Characteristics of production and destruction processes in the estuaries of the Uda and Usalgin rivers (Sea of Okhotsk) during the summer flood

к.г.н. П.Ю. Семкин, д.х.н. П.Я. Тищенко, к.г.н. П.П. Тищенко,
к.х.н. Г.Ю. Павлова, С.Г. Сагалаев, Е.М. Шкирникова, М.Г. Швецова /
P.Yu. Semkin, P.Ya. Tishchenko, P.P. Tishchenko, G.Yu. Pavlova,
S.G. Sagalaev, E.M. Shkirknikova, M.G. Shvetsova

Исследованы продукционные и гидрохимические параметры эстуарных макроприливных экосистем рек Уда и Усалгин (Шантарское море, рис. 4.5.). Установлено, что низкая концентрация неорганических форм азота и приливное разрушение вертикальной плотностной структуры вод обеспечивает низкую автотрофную продукцию в эстуариях. Однако высокие концентрации растворенного органического углерода в речных водах создают благоприятные условия для образования гетеротрофной продукции не только в реках, но и в зонах смешения. Неорганические формы биогенных веществ, поставляемые реками, являются основой автотрофной продукции, что в большей степени проявляется при соленостях более 24 ‰. В целом эстуарии рек Уда и Усалгин можно характеризовать как гетеротрофные бассейны. (Семкин П.Ю., Тищенко П.Я., Тищенко П.П., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Ходоренко Н.Д., Шкирникова Е.М., Швецова М.Г. // Вестник ДВО РАН. 2020. № 2. С. 88-96).

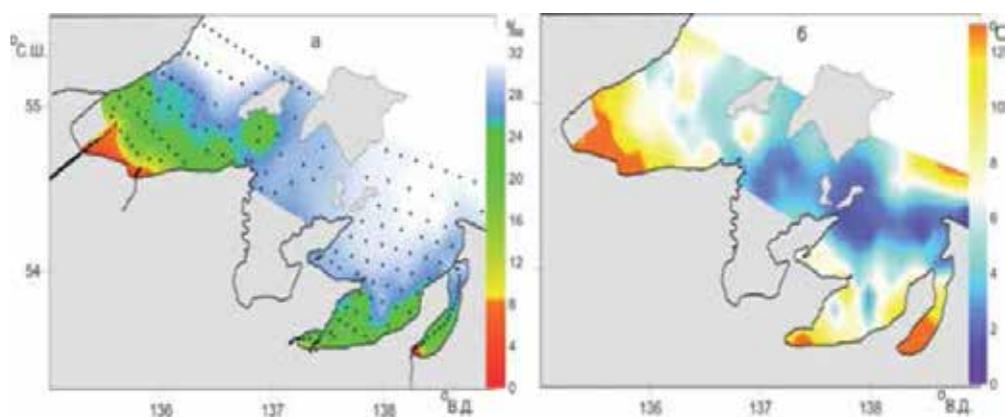


Рис. 4.5. Соленость (а) и температура (б) поверхностного слоя воды акваторий в районе Шантарского архипелага. Точками обозначены комплексные станции, выполненные 11–25.07.2016 г.

Fig. 4.5. Fig. Salinity (a) and temperature (b) of the surface water layer in the area of the Shantar archipelago. The dots indicate the complex stations completed on July 11–25, 2016

4.6. Диагенез органического вещества в осадках, покрытых зарослями zostеры морской (*Zostera marina* L.) / Diagenesis of organic matter in sediments covered with thickets of *Zostera marina* L.

д.х.н. П.Я. Тищенко, Ю.А. Барабанчиков, А.А. Марьяш, к.х.н. Г.Ю. Павлова и др. /
P.Ya. Tishchenko, Yu.A. Varabanshikov, A.A. Mariash, G.Yu. Pavlova et al.

В феврале и июле 2014 г. проведены геохимические исследования донных отложений двух районов Амурского залива, различающихся по интенсивности поступления органическо-

го углерода (ОУ), продуцируемого морскими травами (*Zostera marina* L.). Установлено, что концентрация ОУ в верхнем слое (5 см) донных отложений в зоне произрастания макрофитов была 5,51%, а без морских трав – 1,78% (рис. 4.6). Показано, что на акваториях с интенсивным развитием травы, около 50% общего содержания ОУ перерабатывается в пределах верхних 40 см осадка и сопровождается резким увеличением концентрации Si, P, N, щелочности и уменьшением рН, сульфатов. Сульфатредукция полностью не объясняет резкое уменьшение содержания ОУ по глубине осадка. Сделано предположение, что утилизация ОВ в донных осадках, покрытых зарослями макрофитов (*Zostera marina*) сопровождается его трансформацией в биомассу инфавны. (Тищенко П.Я., Ходоренко Н.Д., Барабанищikov Ю.А., Волкова Т.И., Марьяш А.А., Михайлик Т.А., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 3. С. 393 – 406).

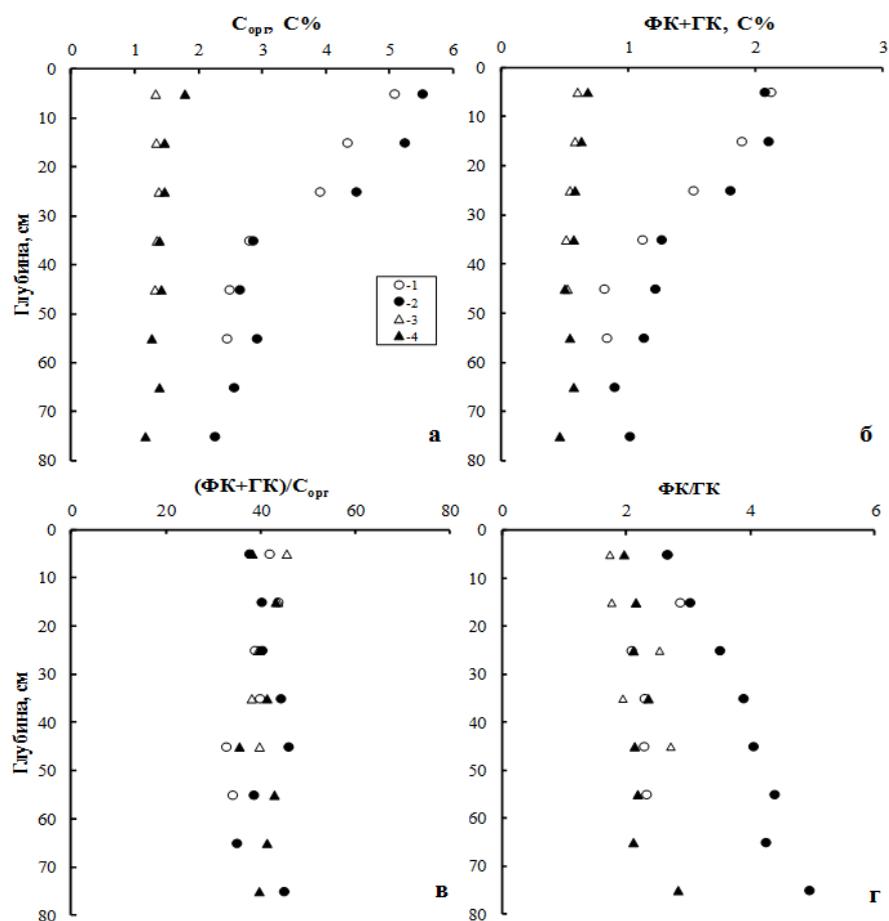


Рис. 4.6. Органическое вещество в твердой фазе донных отложений: (а) – процентное содержание органического углерода в сухом осадке; (б) – процентное содержание углерода суммы фульвовых и гуминовых кислот в сухом осадке; (в) – процентное отношение углерода суммы фульвовых и гуминовых кислот к общему содержанию органического углерода; (г) – концентрационное отношение фульвовых кислот к гуминовым. Керны донных отложений отобраны в феврале (1, 3) и июле (2, 4) 2014 г.

Условные обозначения: 1, 2-б. Воевода; 3, 4 – северная часть Амурского залива.

Fig. 4.6. Organic matter in the solid phase of bottom sediments: (a) - the percentage of organic carbon in the dry sediment; (b) - the percentage of carbon in the sum of fulvic and humic acids in the dry sediment; (c) - the percentage of carbon of the sum of fulvic and humic acids to the total organic carbon; (d) - concentration ratio of fulvic acids to humic acids. Bottom sediment cores were taken in February (1, 3) and July (2, 4) 2014. Legend: 1, 2-the Voevoda Bay; 3, 4 - the northern part of the Amur Bay

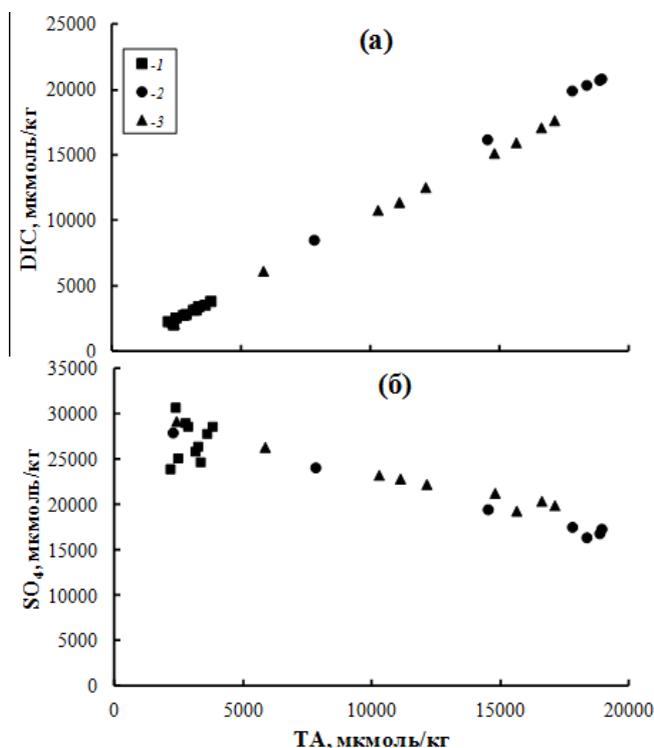
4.7. Органический углерод и карбонатная система в донных отложениях мелководных бухт залива Петра Великого (Японское море) / Organic carbon and carbonate system in bottom sediments of shallow bays of Peter the Great Bay (Sea of Japan)

д.х.н. П.Я. Тищенко, Ю.А. Барабаничиков, к.х.н. Г.Ю. Павлова, С.Г. Сагалаев и др. /
P.Ya. Tishchenko, Yu.A. Barabanshikov, G.Yu. Pavlova, S.G. Sagalaev et al.

Исследован диагенез органического вещества (ОВ) донных отложений, отобранных в феврале 2018 г. в заливе Угловом, бухтах Воеводе и Экспедиции (залив Петра Великого, Японское море), в местах залежей лечебных грязей. Была изучена карбонатная система донных отложений. Соотношения между растворенным неорганическим углеродом и щелочностью, а также данные по сульфат-хлорным отношениям и подвижным формам сульфидов указывают, что сульфатредукция является основным процессом деградации ОВ в донных осадках. Были получены высокие значения коэффициентов биотурбации: 3,0, 107,6 и 14,5 см²/сут для залива Углового, бухт Воеводы и Экспедиции, соответственно. Установлено, что потоки взвешенного органического углерода из водной среды в осадок и растворенного неорганического углерода из осадка в водную среду существенно различаются между собой. (Тищенко П.Я., Медведев Е.В., Барабаничиков Ю.А., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Уланова О.А., Тибенко Е.Ю., Орехова Н.А. // *Геохимия*. 2020. Т. 65, № 6. С. 583-598).

Рис. 4.7. Зависимость растворенного неорганического углерода (DIC) от общей щелочности (ТА) (а) и сульфат-иона от ТА (б) в донных осадках залива Углового – 1, бухты Воевода – 2, и бухты Экспедиции – 3. Для зависимости (а) углы наклона, полученные методом наименьших квадратов, были соответственно равны: 1.01 ($r^2 = 0.981$), 1.11 ($r^2 = 1.000$) и 1.03 ($r^2 = 0.999$); для зависимости (б) осадков бухт Воеводы и Экспедиции угол наклона был: -0.67 ($r^2 = 0.96$).

Fig.4.7. Dependence of dissolved inorganic carbon (DIC) on total alkalinity (TA) (a) and sulfate ion on TA (b) in bottom sediments of Uglovoe Bay - 1, Voevoda bays - 2, and Expedition Bay - 3. For dependence (a) the slope angles obtained by the least squares method were, respectively, 1.01 ($r^2 = 0.981$), 1.11 ($r^2 = 1.000$), and 1.03 ($r^2 = 0.999$); for the dependence (b) of sediments in the Voevoda and Expedition bays, the inclination angle was -0.67 ($r^2 = 0.96$).



4.8. Влияние трансграничных рек Раздольной и Туманной на деоксигенацию залива Петра Великого (Японское море) / Impact of the transboundary Razdolnaya and Tumannaya Rivers on deoxygenation of the Peter the Great Bay (Sea of Japan)

д.х.н. П.Я. Тищенко, к.г.н. П.П. Тищенко, к.г.н. П.Ю. Семкин, М.Г. Швецова и др. /
P.Ya. Tishchenko, P.P. Tishchenko, P.Yu. Semkin, M.G. Shvetsova et al.

Установлено, что воды трансграничных рек Раздольной (Суйфун) и Туманной (Тумен) содержат чрезвычайно высокие концентрации биогенных веществ. Потoki биогенных веществ, поставляемые реками Раздольной и Туманной, вызывают эвтрофикацию и сезонную гипоксию акваторий Амурского залива и юго-западной части залива Петра Великого (биосферный заповедник), соответственно. В обоих случаях гипоксия развивалась в придонных водах, в местах топографических депрессий после экстремальных потоков биогенных веществ, вызванных атмосферными осадками в период летнего муссона. Наблюдаемые гидрохимические аномалии (рис. 4.8), низкие концентрации кислорода и рН, высокие концентрации фосфора, кремния, растворенного неорганического углерода указывают на то, что главной причиной гипоксии является микробиологическая деградация "избыточных" диатомей на границе раздела вода/осадок в условиях низкой динамики вод и отсутствия фотосинтетически активной радиации. (Tishchenko P.Ya., Tishchenko P.P., Lobanov V.B., Mikhaylik T.A., Sergeev A.F., Semkin P.Yu., Shvetsova M.G. // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2020. V. 239. 106731.).

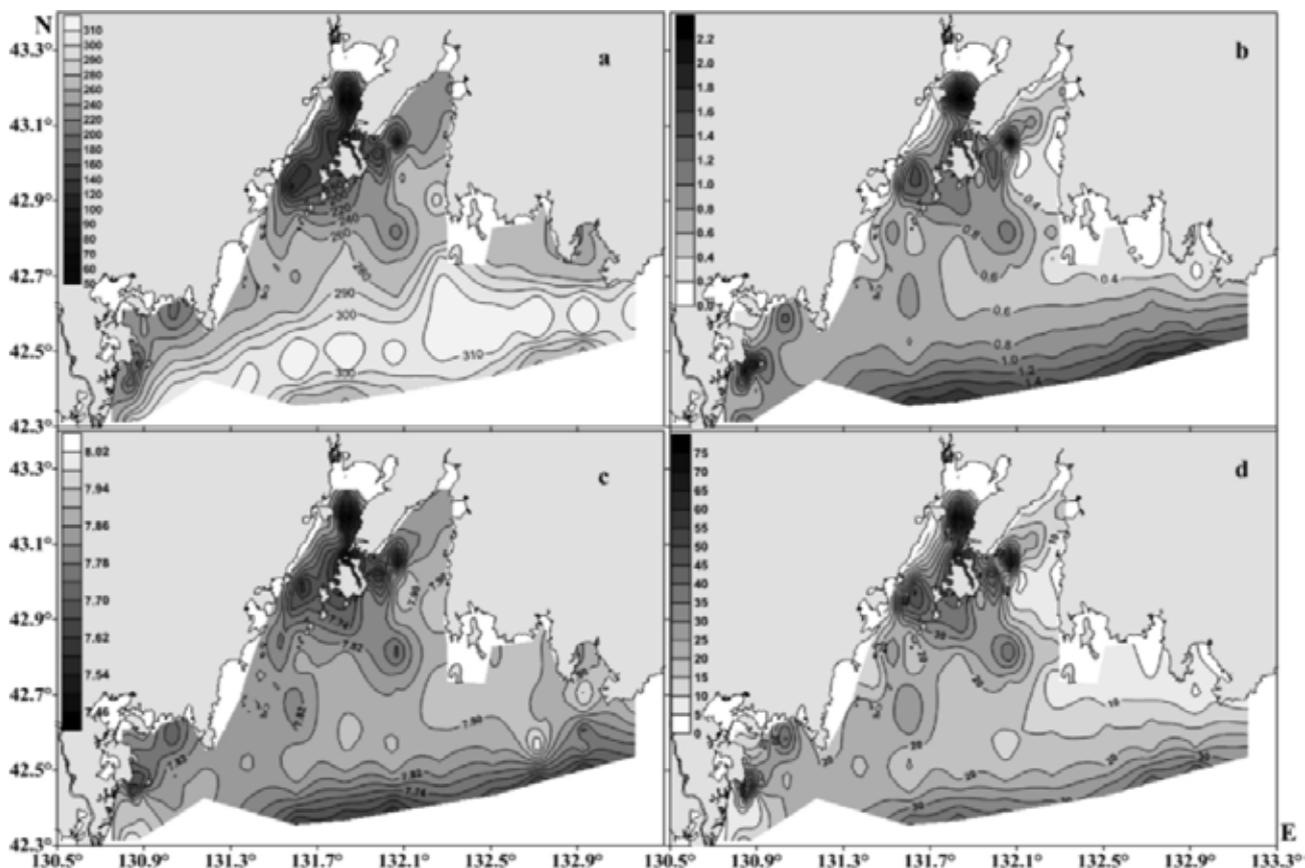


Рис.4.8. Распределение кислорода (а), фосфора (b), рН_{in situ} (с) и кремния (d) в придонных водах залива Петра Великого. Данные получены в период с 26 августа по 3 сентября, 2014 г.

Fig. 4.8. Distribution of oxygen (a), phosphorus (b), pH_{in situ} (c), and silicon (d) in the bottom waters of the Peter the Great Bay. Data collected from August 26 to September 3, 2014

4.9. Влияние стока реки Амур и прибрежного апвеллинга на циркуляцию вод в Татарском проливе (Японское море) / Influence of the Amur River Runoff and Coastal Upwelling on Water Circulation in the Tatar Strait (Sea of Japan)

д.г.н. А.Г. Андреев / A.G. Andreev

Показано наличие межгодовой изменчивости циркуляции поверхностных вод, распределения температуры и концентрации взвешенного органического углерода (ВОУ) в Татарском проливе (северная часть Японского моря) в сентябре – октябре, вызываемой прибрежным апвеллингом и стоком реки Амур. При увеличении стока реки Амур (2013 г., 2016 г.) повышается уровень моря, усиливается антициклональная (по часовой стрелке) циркуляция вод в северной части Татарского пролива и возрастает перенос вод Амурского лимана с высокой концентрацией ВОУ на юг вдоль побережья материка. При уменьшении водности реки Амур (2002 г., 2008 г.) понижается уровень моря и формируется циклоническая циркуляция вод в северной части Татарского пролива (рис. 4.9). Прибрежный апвеллинг и связанный с этим явлением подъем глубинных вод приводит к снижению уровня моря и возникновению циклональной циркуляции вод в Татарском проливе. (Андреев А.Г. // Вестник ДВО РАН. 2020. № 1. С. 120-126).

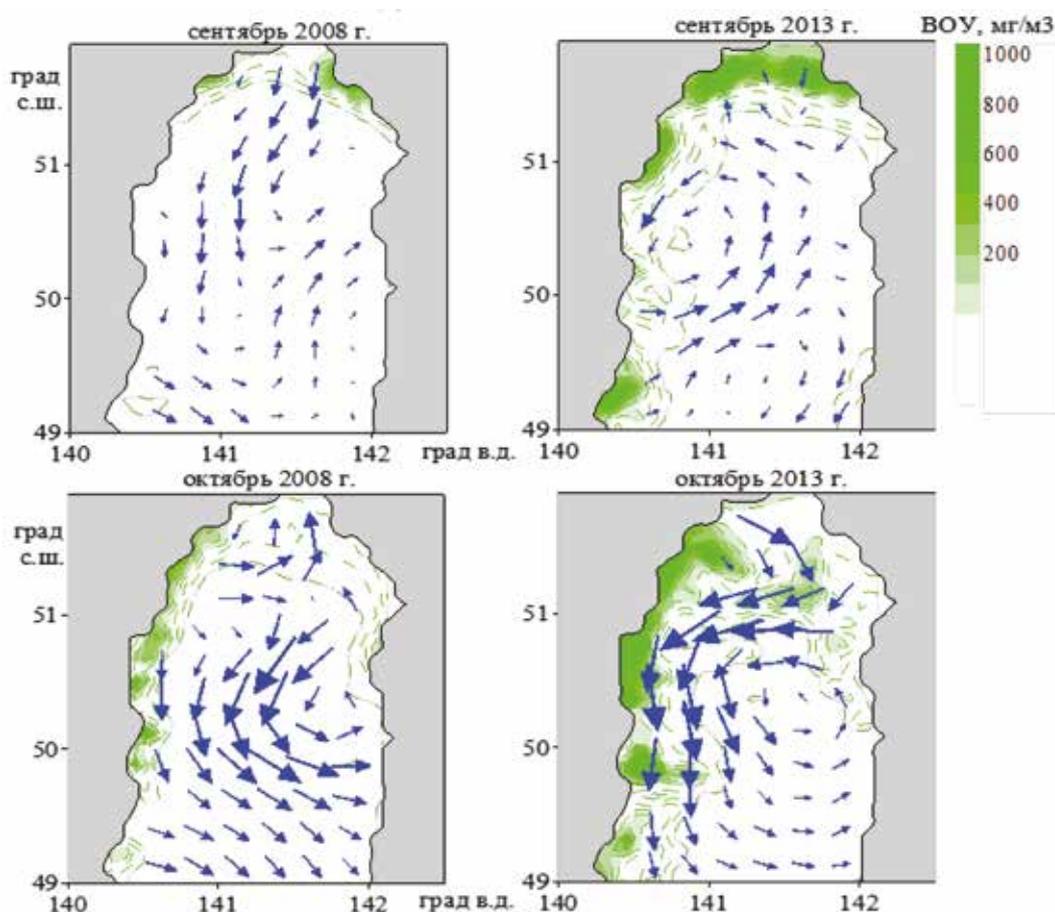


Рис. 4.9. Поле поверхностных геострофических течений и распределение концентрации взвешенного органического углерода (показано оттенками зеленого цвета) в Татарском проливе в сентябре - октябре 2008 г. и сентябре - октябре 2013 г.

Fig. 4.9. Field of surface geostrophic currents and distribution of the concentration of suspended organic carbon (shown in shades of green) in the Tatar Strait in September - October 2008 and September - October 2013

4.10. Изменения температуры вод и концентрации растворенного кислорода в тихоокеанской субарктике / Changes in water temperature and dissolved oxygen concentration in the Pacific subarctic

д.г.н. А.Г. Андреев / A.G. Andreev

Показано, что дрейфующие в западном направлении алеутские антициклональные вихри (высокие величины уровня моря) повышают температуру вод и концентрацию растворенного кислорода в слое 150 - 400 м центральной части западной субарктики (рис. 4.10). Алеутские вихри уменьшают концентрацию растворенного кислорода на глубинах залегания изопикнических поверхностей $26,7\sigma_\theta$ и $26,8\sigma_\theta$ в верхнем промежуточном слое западной субарктики, но увеличивают содержание растворенного кислорода на глубинах залегания изопикнической поверхности $27,0\sigma_\theta$. Установлено, что ветры восточных румбов в декабре способствуют образованию вихрей к югу от западных Алеутских островов (о-ва Ближние). Положительный (циклонический) вихрь напряжения трения ветра в зимний период приводит к уменьшению уровня моря и образованию мезомасштабных циклонов на границах алеутских вихрей, что способствует отделению алеутских вихрей от Аляскинского струйного течения. Показано, что спутниковые данные по уровню моря (SSH) могут быть хорошим индикатором температуры и концентрации O_2 в промежуточном слое вод в центральной части западной субарктики (Андреев А.Г. // *Океанологические исследования*. 2020. № 3. С. 109-122).

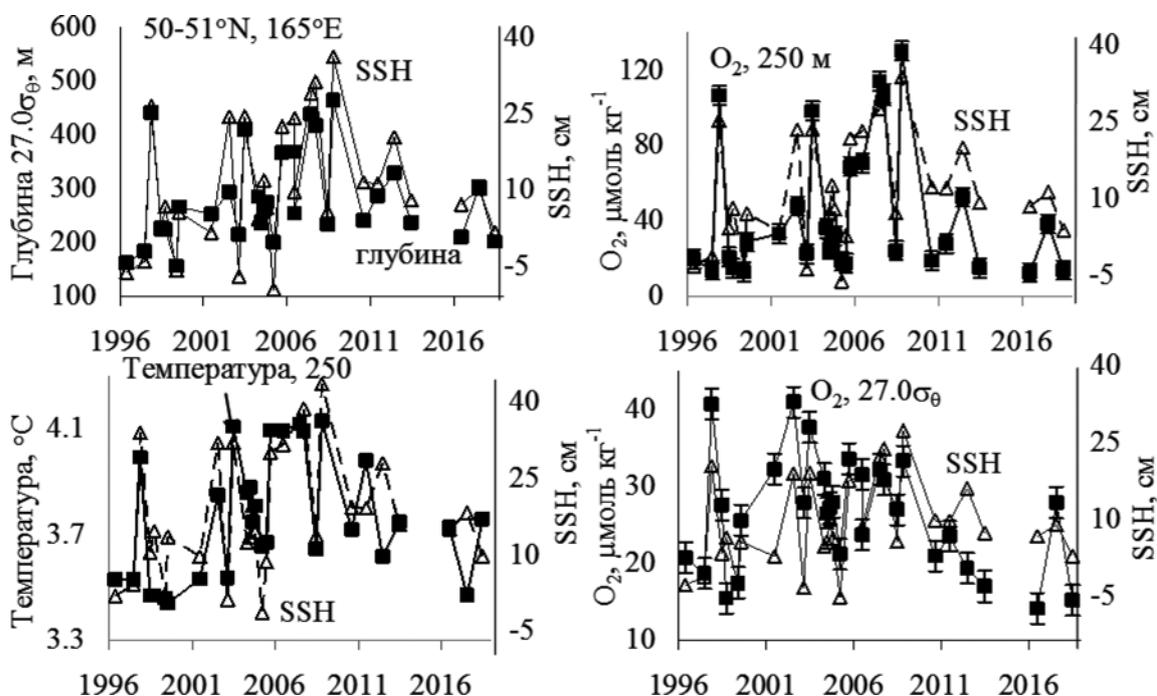


Рис. 4.10. Межгодовые изменения уровня моря (SSH), глубины залегания изопикны $27.0\sigma_\theta$, температуры и концентрации растворенного кислорода на горизонте 250 м и концентрации растворенного кислорода на изопикне $27.0\sigma_\theta$ в западной части тихоокеанской субарктики ($50-51^\circ\text{с.ш.}$, 165°в.д.).

Fig. 4.10. Interannual sea level changes (SSH), depth of $27.0\sigma_\theta$ isopycne, temperature and dissolved oxygen concentration at 250 m horizon, and dissolved oxygen concentration at $27.0\sigma_\theta$ isopycna in the western part of the Pacific subarctic ($50-51^\circ\text{N}$, 165°E)

4.11. Многолетние исследования численности и сезонных миграций моржей (*Odobenus rosmarus divergens*) в прибрежных водах Чукотского полуострова / Long-term studies of the abundance and seasonal migrations of walruses (*Odobenus rosmarus divergens*) in the coastal waters of the Chukotka Peninsula

д.б.н. В.В. Мельников / V.V. Melnikov

Представлены результаты многолетних исследований распределения, относительной численности и сезонных миграций моржей в прибрежных водах Чукотского полуострова на основе наблюдений 1990 – 2012 гг. Исследования показали, что в прибрежье Чукотского полуострова моржи редко встречаются в январе – феврале. Начиная с марта, их численность увеличивается. Миграция из Берингова моря в Чукотское начинается в апреле, продолжается в летние месяцы до ранней осени. В июле – сентябре в Берингов пролив проходят от 100 до 1000 моржей ежегодно. В районе береговых лежбищ в Анадырском заливе численность моржей на протяжении лета остается стабильной и снижается только с появлением льда в октябре – ноябре. (Melnikov V.V. // *Arctic*. V. 73, N 1. P. 99 – 113).

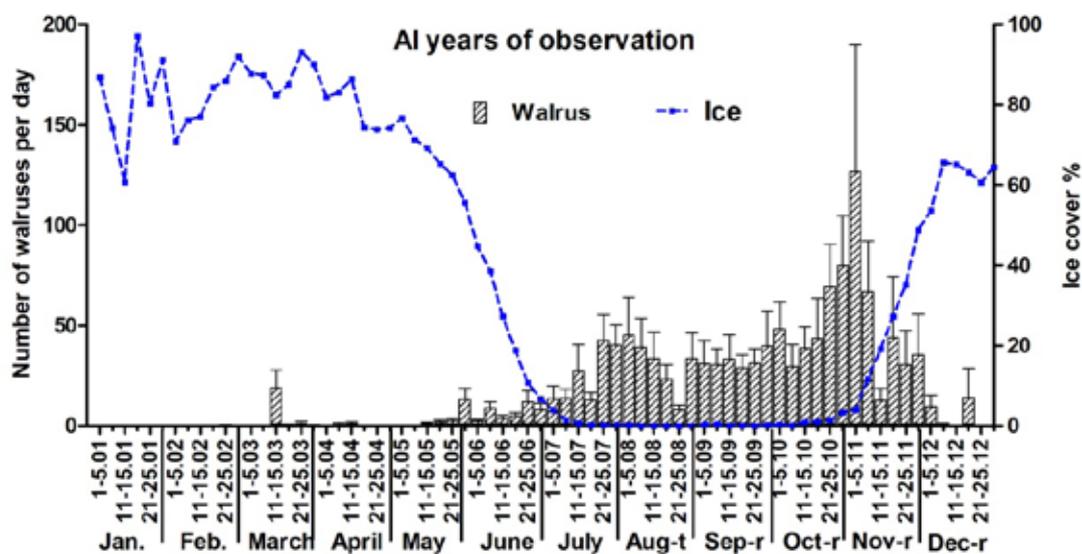


Рис. 4.11. Динамика относительной численности моржей в восточном прибрежье Чукотского полуострова.

Fig. 4.11. Dynamics of the relative abundance of walruses in the eastern coast of the Chukotka Peninsula

4.12. Гидробиологические особенности заливов Шантарского района в связи с летним нагулом полярных китов охотской популяции / Hydrobiological features of the bays of the Shantar region in connection with the summer feeding of the Okhotsk polar whales

д.б.н. В.В. Мельников, к.б.н. Ю.В. Федорец, к.г.н. П.Ю. Семкин,
к.г.н. П.П. Тищенко, д.х.н. П.Я. Тищенко /
V.V. Melnikov, Yu.V. Fedorets, P.Yu. Semkin, P.P. Tishchenko, P.Ya. Tishchenko

Гидробиологические исследования в районе Шантарского архипелага в период с 12 по 28 июля 2016 г. показали, что воды акватории характеризуются высокими концентрациями

гумусового вещества (рис. 4.12). Средняя концентрация хлорофилла в придонных водах Удского залива была 1,1 мкг/л, а в заливе Академии она была в 4 раза выше. Удский залив на момент исследования можно рассматривать как, преимущественно, гетеротрофный бассейн, а залив Академии – автотрофный. Биомасса зоопланктона в Удском заливе изменялась от 9,5 до 2513 мг/м³, при среднем значении 736 мг/м³, а в заливе Академии эти изменения были в пределах от 0,38 до 3620 мг/м³, при средней величине 458 мг/м³. Видовым доминантом зоопланктона был *Calanus glacialis*. В раннелетний период зарегистрированы встречи девяти полярных китов к югу от о. Феклистова и по одной особи в проливе Северный и в устье залива Николая. (Мельников В.В., Федорец Ю.В., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Тищенко П.Я. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 2. С. 244-249).

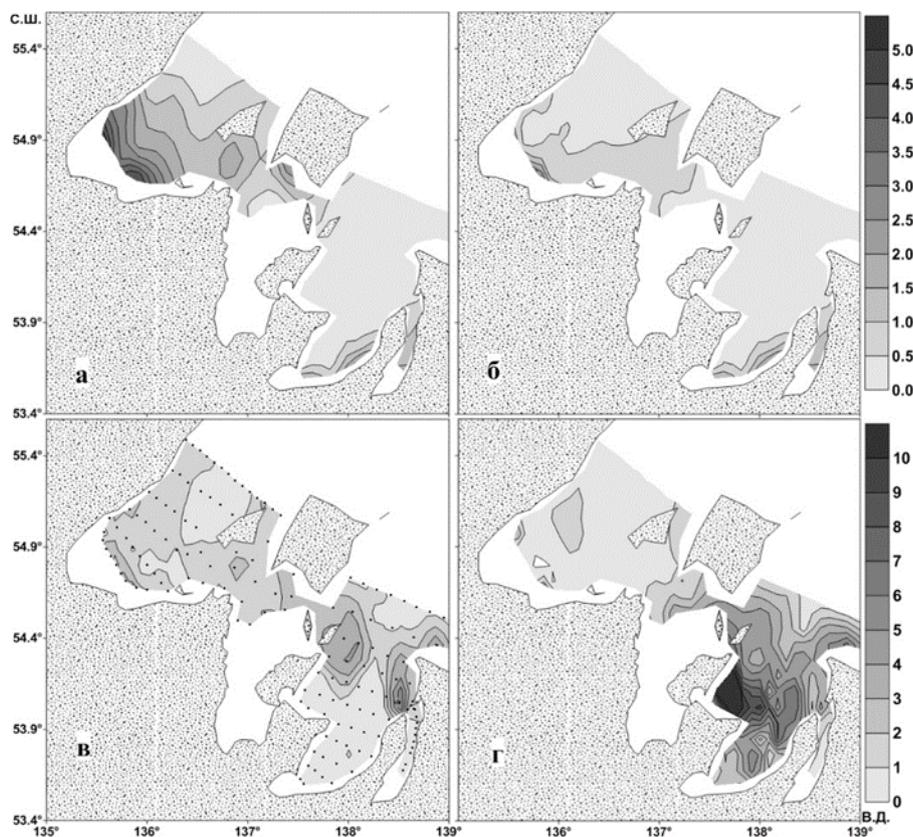


Рис. 4.12. Распределение концентраций гумусового вещества, мгС/л, (а, б) и хлорофилла-а, мкг/л, (в, г) в поверхностном (а, в) и придонном слоях (б, г) в заливах Шантарского района.

Fig. 4.12. Distribution of humic matter concentrations, mgC/l, (a, b) and chlorophyll-a, µg/l, (c, d) in the surface (a, c) and bottom layers (b, d) in the bays of the Shantar region

4.13. Биохимический мониторинг вод в устьях рек с помощью моллюска *Corbicula japonica* (Prime, 1864) / Biochemical monitoring of waters at river mouths using the mollusk *Corbicula japonica* (Prime, 1864)

к.б.н. Н.В. Довженко, к.б.н. В.В. Слободскова /
N.V. Dovzhenko, V.V. Slobodskova

Проведены сравнительные исследования влияния загрязнения на двустворчатого моллюска *Corbicula japonica*, обитающего в реках Раздольная, Партизанская и лагуне Тихая. В ка-

честве молекулярных биомаркеров использовали индикаторы окислительного стресса, такие как перекисное окисление липидов (малоновый диальдегид), антирадикальная активность, а также повреждение ДНК и микроэлементный состав тканей пищеварительной железы и жабр моллюска. В тканях *C. japonica* из реки Партизанская выявлены высокие концентрации железа, цинка и свинца. В тканях моллюсков из реки Раздольная обнаружена высокая концентрация меди. Уровень продуктов перекисного окисления липидов в пищеварительной железе *C. japonica* из Партизанской был выше, чем в других исследуемых районах, причем уровень антирадикальной активности и индекс генетического повреждения в ее тканях были в два раза выше. Установлено, что во всех моллюсках из исследованных эстуариев наблюдается хронический окислительный стресс (рис. 4.13). Предложенные биомаркеры в различной степени характеризуют состояние корбикул, обитающих в биотопах с разным уровнем загрязнения, указывая на то, что в самом худшем состоянии находятся моллюски из реки Раздольная. (Dovzhenko N.V., Slobodskova V.V., Matrosova I.V., Pryazhevskaya T.S. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 421. 062031).

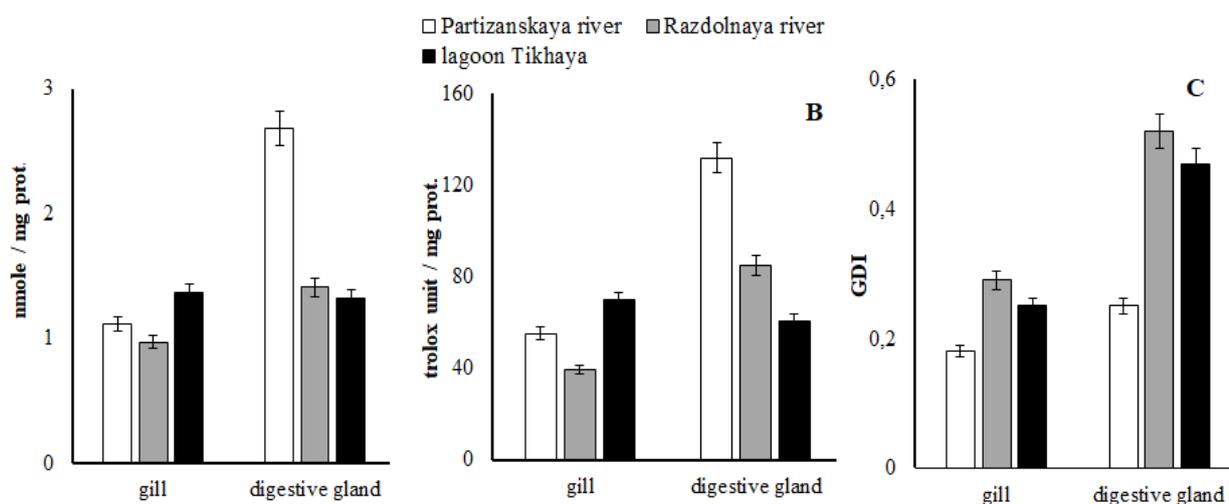


Рис. 4.13. Молекулярные биомаркеры окислительного стресса в жабрах и пищеварительной железе *C. japonica* из устьев рек Партизанская, Раздольная и лагуны Тихая. Малоновый диальдегид - нмоль МДА / мг белка; интегральная антирадикальная активность (ИАА) - нмоль троллокса / мг белка; индекс генетического повреждения (GDI).

Fig. 4.13. Molecular biomarkers of oxidative stress in the gills and digestive glands of *C. japonica* from the mouths of the Partizanskaya, Razdolnaya rivers and Tikhaya lagoon. Malonic dialdehyde - nmol MDA / mg protein; integral antiradical activity (IAA) - nmol trolox / mg protein; genetic damage index (GDI)

4.14. Биомаркеры в оценке качества окружающей среды с использованием репрезентативных видов *Mytilus trossulus* / Biomarkers in environmental quality assessment using representative species of *Mytilus trossulus*

к.б.н. А.А. Истомина, А.А. Мазур, д.б.н. В.П. Челомин, С.П. Кукла и др. /
A.A. Istomina, A.A. Mazur, V.P. Chelomin, S.P. Kukla et al.

С целью потенциального использования молекулярных маркеров в биомониторинге на примере моллюска *Mytilus trossulus* проведена оценка взаимосвязи между степенью загрязнения окружающей среды и ответными реакциями биохимических индикаторов, включая стабильность лизосомальной мембраны – СЛМ, индексы физиологического состояния (СІ и СІL), активность каталазы (САТ), глутатион-S-трансферазы (GST) и ацетилхолинэстеразы (АХЭ),

уровни перекисного окисления липидов (МДА) и окисления белков (КБ), повреждение ДНК. Биоаккумуляция металлов и поведение исследованных биомаркеров в мидиях, обитающих в бухте Золотой Рог и зал. Восток (залив Петра Великого, Японское море), свидетельствуют о существенных различиях в уровнях загрязнения. На молекулярном уровне биомаркеры окислительного стресса (т.к. САТ, МДА и КБ) и АХЭ не проявили чувствительность к степени загрязнения окружающей среды. В то же время, биомаркеры СЛМ и показатели физиологического состояния, а также активность GST и повреждение ДНК проявили высокую чувствительность к хроническому комплексному загрязнению окружающей среды (*Istomina A., Mazur A., Chelomin V., Kukla S., Slobodskova V., Zvyagintsev A., Kolosova L., Zhukovskaya A., Fedorets Y. // Water Air Soil Pollut. 2020. 231:403*).

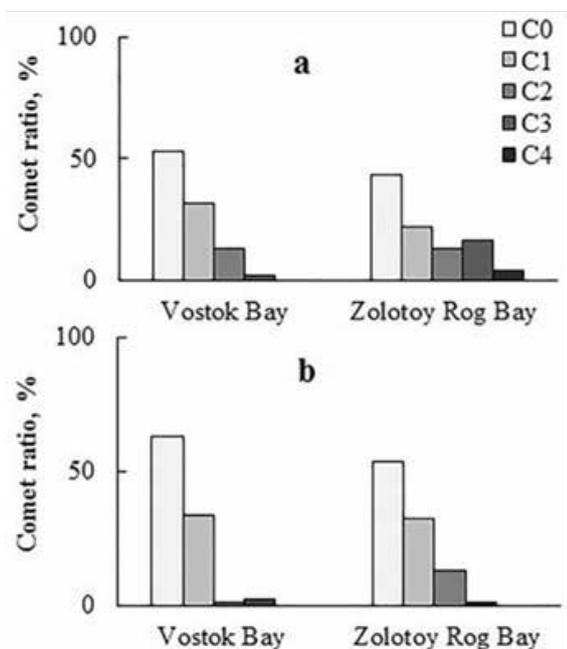


Рис. 4.14. Распределение ДНК-комет по классам по степени повреждения (C0 – C4) в пищеварительной железе (а) и жабрах (б) *M. trossulus* с загрязненной акватории (бухта Золотой Рог) и акватории, не испытывающей высокой антропогенной нагрузки (бухта Восток).

*Fig. 4.14. The distribution of comets by classes (C0–C4) in the digestive gland (a) and gills (b) of *M. trossulus* from a polluted site (Zolotoy Rog Bay) and reference site (Vostok Bay)*

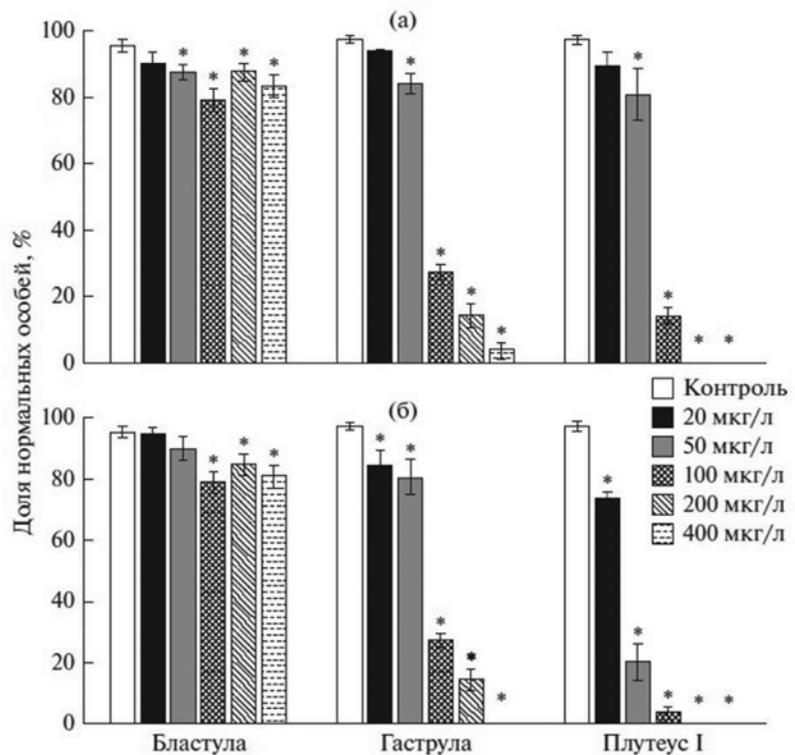
4.15. Влияние наночастиц окиси цинка на раннее развитие потомства морского ежа *Scaphechinus Mirabilis* (Agassiz, 1864) / Assessment of the Toxic Effect of Zinc Ions and Nano-Sized Zinc Oxide on the Early Development of the Sand Dollar *Scaphechinus mirabilis* (Agassiz, 1864)

A.A. Mazur, к.б.н. B.B. Слободскова / A.A. Mazur, V.V. Slobodskova

Ионы цинка и оксид цинка в наноформе оказывали эмбриотоксическое действие на морского ежа *Scaphechinus mirabilis* (Agassiz, 1864) в концентрациях 50–100 мкг/л и полностью подавляли развитие личинок при концентрациях 200–400 мкг/л. Эффективные концентрации (EC_{50}), вызывающие нарушения оплодотворяющей способности сперматозоидов и развития личинок морского ежа, составили 490 ± 16 и 29 ± 4 мкг/л для наноразмерного ZnO и 6526 ± 99 и 67 ± 12 мкг/л. для ионов цинка, соответственно. В целом, наноформа ZnO проявляет токсичные свойства, оказывая влияние на раннее развитие *S. mirabilis* в более низких концентрациях, чем ионы Zn^{2+} . (*Mazur A.A., Zhuravel E.V., Slobodskova V.V., Mazur M.A. // Russian Journal of Marine Biology. 2020. V. 46, No. 1. P. 49–55*).

Рис. 4.15. Результаты эмбриотеста на разных стадиях развития морского ежа *Scaphechinus mirabilis* при воздействии ионов цинка (а) и наночастиц оксида цинка (б) (среднее \pm стандартное отклонение, n = 8). *Отличие от контроля достоверно (p < 0.05).

Fig. 4.15. Results of an embryo test at different stages of development of the sea urchin *Scaphechinus mirabilis* under the influence of zinc ions



4.16. Возрастные изменения антирадикальной защитной системы в тканях приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* / Age-related changes in the antiradical defense system in the tissues of the scallop *Mizuhopecten yessoensis*

к.б.н. А.Ф. Жуковская, к.б.н. Н.В. Довженко,
к.б.н. В.В. Слободскова, д.б.н. В.П. Челомин /
A.F. Zhukovskaya, N.V. Dovzhenko, V.V. Slobodskova, V.P. Chelomin

Определены изменения в уровнях низкомолекулярного антиоксиданта – глутатиона и способности детоксикации оксирадикалов (индекс антирадикальной активности-ИАА) в клетках пищеварительной железы и жабр приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* разного возраста (2–7 лет). Исследование выявило тканеспецифическое высокое содержание глутатиона в жабрах морского гребешка и возрастную тенденцию к снижению уровня глутатиона в пищеварительной железе. ИАА как комплексный показатель антиоксидантной активности менее тканеспецифичен, но также зависит от возраста. (Zhukovskaya A.F., Dovzhenko N.V., Slobodskova V.V., Chelomin V.P. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548. 042058).

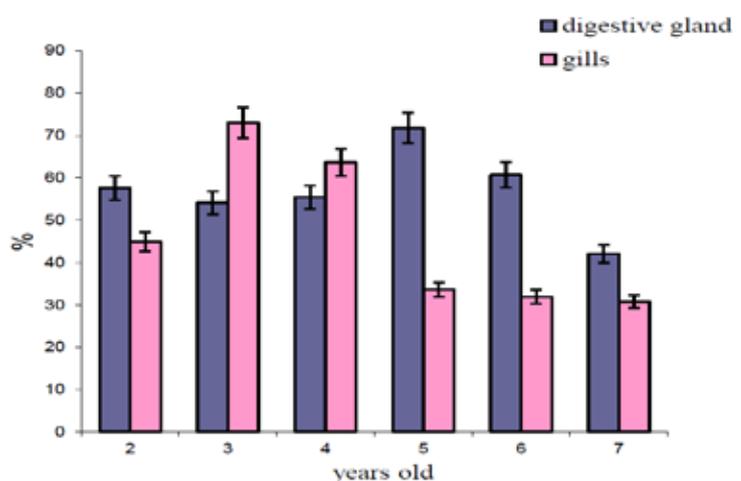


Рис. 4.16. Возрастные изменения TOSC в тканях жабр пищеварительной железы *Mizuhopecten yessoensis*.

Fig. 4.16. Age-related changes of TOSC in digestive gland gill tissues of *Mizuhopecten yessoensis*

4.17. Пластик как переносчик химических соединений в морские организмы / Plastics as vehicles of chemical compounds to marine organisms

к.б.н. Н.В. Довженко, А.А. Мазур, С.П. Кукла и др. /
N.V. Dovzhenko, A.A. Mazur, S.P. Kukla et al.

Показано, что пластик, попадая в морскую среду, является источником токсичных химических веществ. Чтобы выявить потенциальный риск, мы оценили токсичность использованных («грязных») и первичных («чистых») пластиковых фрагментов на примере морского моллюска *Mytilus trossulus* Gould, 1850. Модельные эксперименты показали, что пластик является источником химических соединений, которые инициировали в мидиях окислительный стресс, вариации микроэлементного состава в тканях, а также вызывали снижение активности антирадикального звена (ИАА) и оказывали выраженное генотоксическое действие. (Dovzhenko N.V., Mazur A.A., Kukla S.P., Slobodskova V.V., Kolosova L.F., Istomina A.A., Chelomin V.P. // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548. 042040).

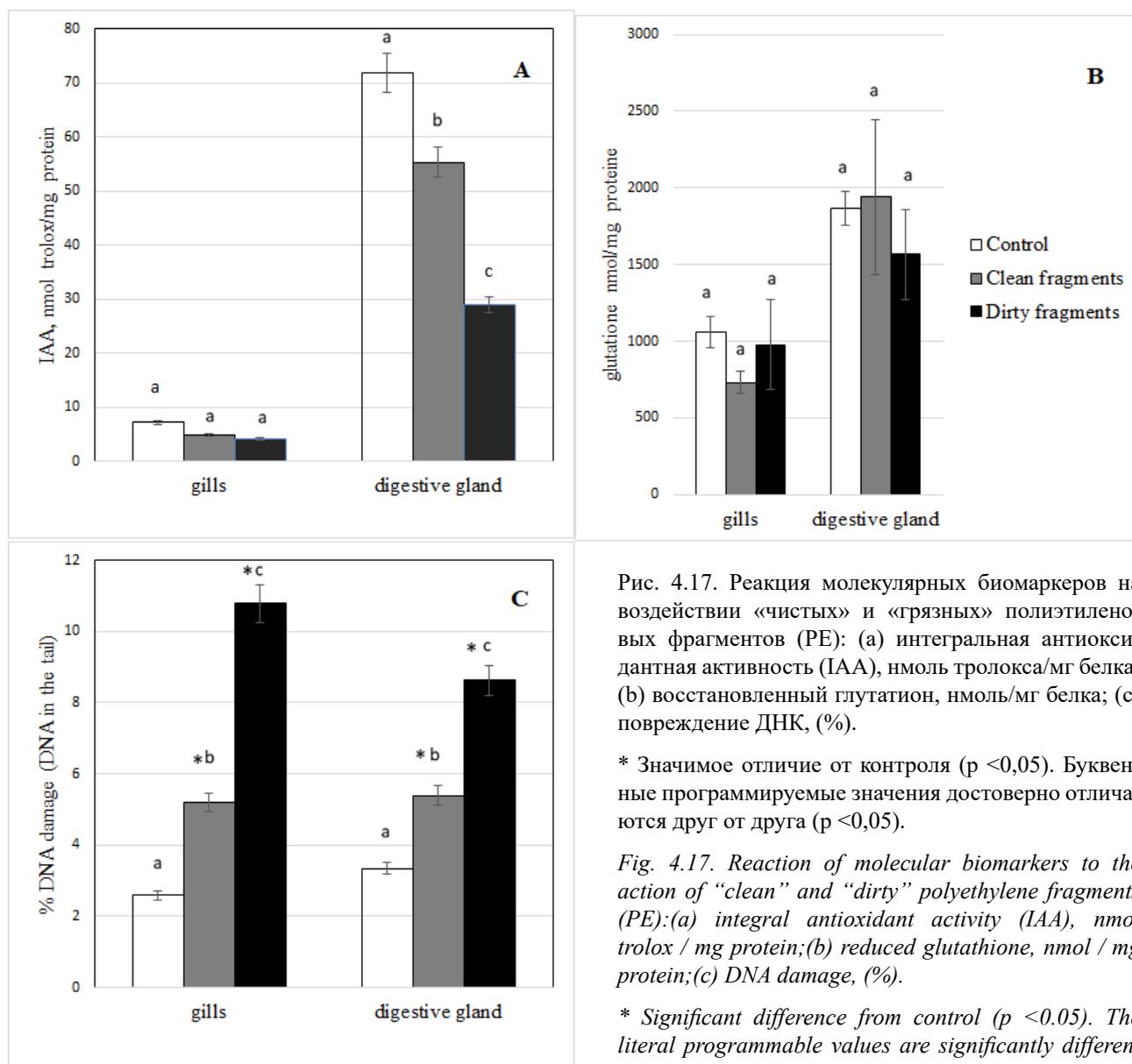


Рис. 4.17. Реакция молекулярных биомаркеров на воздействие «чистых» и «грязных» полиэтиленовых фрагментов (PE): (a) интегральная антиоксидантная активность (ИАА), нмоль тролокса/мг белка; (b) восстановленный глутатион, нмоль/мг белка; (c) повреждение ДНК, (%).

* Значимое отличие от контроля ($p < 0,05$). Буквенные программируемые значения достоверно отличаются друг от друга ($p < 0,05$).

Fig. 4.17. Reaction of molecular biomarkers to the action of “clean” and “dirty” polyethylene fragments (PE): (a) integral antioxidant activity (IAA), nmol trolox / mg protein; (b) reduced glutathione, nmol / mg protein; (c) DNA damage, (%).

* Significant difference from control ($p < 0.05$). The literal programmable values are significantly different from each other ($p < 0.05$).

4.18. Влияние липидного комплекса экстракта из морской красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Makienko на биохимические показатели плазмы крови и мембран эритроцитов при экспериментальном стрессе / The effect of lipid complex of extract from the marine red alga *Ahnfeltia tobuchiensis* (Kanno et Matsubara) Makienko on the biochemical parameters of blood plasma and erythrocyte membranes during experimental stress exposure

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

Исследовано влияние липидного комплекса, выделенного из водно-спиртового экстракта морской красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* и коммерческого препарата сравнения «Эссенциале» на биохимические показатели плазмы крови и мембран эритроцитов мышей при экспериментальном стрессе (вертикальная фиксация за дорсальную шейную складку). Фармакологический эффект липидного комплекса *A. tobuchiensis* проявлялся в снятии дислипидемии и гиперхолестеринемии, что сопровождалось снижением количества общих липидов, липопротеинов низкой плотности и увеличением количества липопротеинов высокой плотности в плазме крови, в нормализации соотношения холестерин/фосфолипиды, а также фосфолипидного состава мембран эритроцитов. (Kushnerova N.F., Fomenko S.E., Sprygin V.G., Momot T.V. // *Russian Journal of Marine Biology*. 2020. V. 46, No. 4. P. 277-283).

Таблица 4.18. Влияние липидного комплекса анфельции и эссенциале на биохимические показатели плазмы крови мышей при воздействии стресса / *The effect of the lipid complex of anfeltia and essentielle on the biochemical parameters of the blood plasma of mice under the influence of stress*

Показатели	1 группа Контроль	2 группа Стресс	3 группа Стресс +анфельция	4 группа Стресс +“Эссенциале”
Общие липиды (г/л)	4,62 ± 0,17	6,00 ± 0,21 ³	4,73 ± 0,15 ^b	5,15 ± 0,13 ^{1,б,*}
Общие фосфолипиды (ммоль/л)	2,46 ± 0,07	2,10 ± 0,06 ³	2,51 ± 0,08 ^b	2,33 ± 0,07 ^a
Холестерин (ммоль/л)	2,82 ± 0,05	4,20 ± 0,07 ²	3,15 ± 0,16 ^b	3,50 ± 0,07 ^{3,в,*}
<u>Холестерин</u> Фосфолипиды	1,15 ± 0,01	2,00 ± 0,02 ³	1,25 ± 0,06 ^b	1,50 ± 0,03 ^{3,в,**}
ЛПНП (ммоль/л)	0,61 ± 0,04	0,83 ± 0,05 ²	0,61 ± 0,05 ^б	0,66 ± 0,04 ^a
ЛПВП (ммоль/л)	1,72 ± 0,08	1,03 ± 0,05 ³	1,69 ± 0,07 ^b	1,45 ± 0,06 ^{1,в,*}

Примечание: ЛПНП – липопротеины низкой плотности, ЛПВП – липопротеины высокой плотности. Различия статистически достоверны при: ¹ - p<0.05; ²- p<0.01; ³- p<0.001 по сравнению с контролем; ^a – p<0.05; ^б – p<0.01; ^в – p<0.001 по сравнению со 2-й группой, * – p<0.05; ** – p<0.01 по сравнению с 3-й группой.

Application. LDL - low density lipoprotein HDL - high density lipoprotein. Differences are statistically significant at: ¹-p<0.05, ²-p<0.01, ³-p<0.001 compared to controls; ^a – p<0.05; ^b-p<0.01; ^в-p<0.001 compared with group 2; *-p<0.05; **-p<0.01. compared with group 3.

4.19. Вариации содержания тяжелых металлов в тканях голотурии *Eupentacta fraudatrix* в прибрежных водах Японского моря: влияние физиологических и антропогенных факторов / Variations in the content of heavy metals in the tissues of the sea cucumber *Eupentacta fraudatrix* in the coastal waters of the Sea of Japan: the influence of physiological and anthropogenic factors

к.б.н. Л.С. Долматова, Е.Н. Слинко, Л.Ф. Колосова /
L.S. Dolmatova, E.N. Slinko, L.F. Kolosova

Многие виды голотурий являются сырьем для фармацевтической индустрии. Мониторинг содержания тяжелых металлов (ТМ) в ряде органов голотурии *Eupentacta fraudatrix* из двух бухт зал. Петра Великого Японского моря с разным уровнем антропогенного загрязнения выявил, что основной мишенью для накопления Zn, Fe, Cu и Cd является гонада, Mn и Pb – стенка тела. Контроль за распределением ТМ в тканях во время нереста более выражен, чем в постнерестовый период. Наличие корреляции между содержанием свинца в кишке и гонаде свидетельствует о возможности определения этого металла в гонадах для биоиндикации загрязнения моря. (Долматова Л.С., Слинко Е.Н., Колосова Л.Ф. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 4. С. 515-527).

Таблица 4.19. Коэффициент попарных корреляций для концентраций тяжелых металлов в кишке и других органах голотурии *Eupentacta fraudatrix* (n=18) / Coefficient of pairwise correlations for concentrations for heavy metal's concentrations in the intestine and other organs of sea cucumber *Eupentacta fraudatrix*

Органы	Наименование металла					
	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Pb
Кишка-гонады	0,37 (p = 0,50)	-0,49 (p= 0,36)	-0,22 (p=0,67)	0,65 (p=0,23)	0,5 (p=0,45)	<u>0,99</u> (p=0,007)
Кишка-стенка тела	0,59 (p=0,22)	-0,7 (p=0,13)	-0,05 (p=0,92)	0,06 (p=0,93)	0,14 (p=0,82)	-0,05 (p=0,95)

Примечание: n-число пар образцов. Подчеркнутое значение достоверно при $p < 0,05$.

Тема «Палеоокеанология окраинных морей Востока России и примыкающих районов Тихого океана, особенности и этапность кайнозойского осадконакопления, магматизма и рудогенеза / Paleoceanology marginal seas of Eastern Russia and adjacent regions of the Pacific Ocean, features and stages of Cenozoic sedimentation, magmatism and ore formation»

Научный руководитель д.г.-м.н. И.Б. Цой
Scientific supervisor Dr. Sci. I.B. Tsoy

5.1. Реконструкция ледовых условий в южной части Чукотского моря за последние тысячелетия на основе химического состава отложений и диатомовых ассоциаций / Reconstructing ice conditions in the southern Chukchi Sea during the last millennium based on chemical composition of sediments and diatom assemblages

д.г.-м.н. А.С. Астахов, д.г.-м.н. И.Б. Цой,
к.г.-м.н. А.Н. Колесник, к.г.-м.н. М.С. Обрезкова
/ A.S. Astakhov, I.B. Tsoy, A.N. Kolesnik, M.S. Obrezkova

Разработана методика количественной палеореконструкции ледовых условий с использованием трансферных функций, вычисляемых при синхронизации геохимических времен-

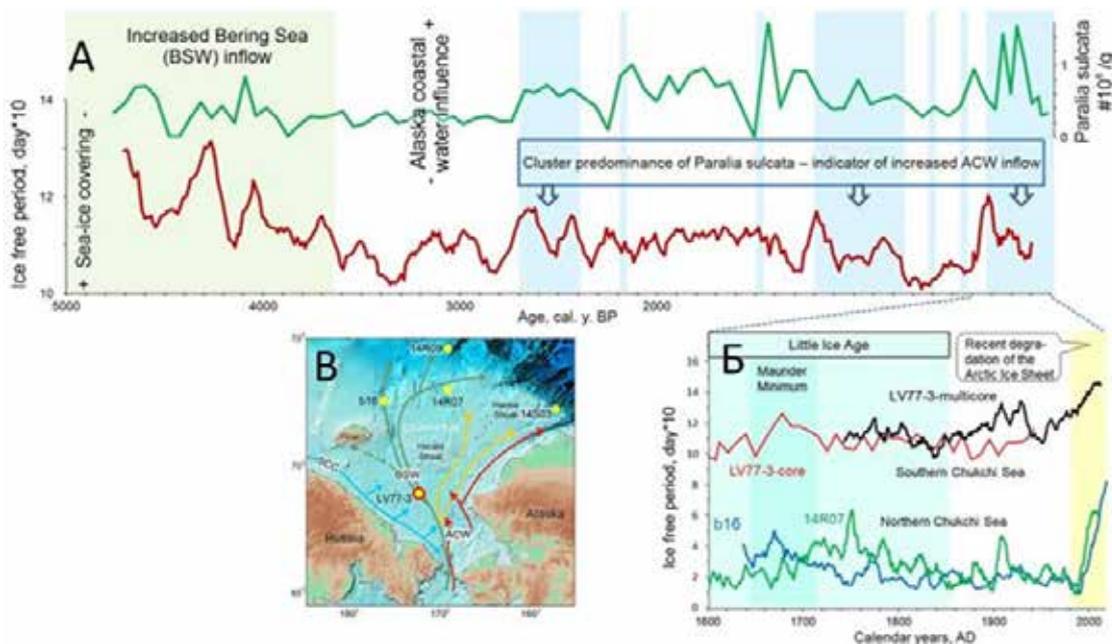


Рис. 5.1. Продолжительность безледного периода (IFP, декады) за последние 4,7 тыс. лет (А) с детализацией для последних 400 лет (Б) по результатам реконструкции на станции LV77-3 и станциях из северной части моря (местоположение на врезке В). На врезке А показаны количественное содержание диатомей *Paraliasulcata*, являющегося индикатором вод Аляскинского прибрежного течения (ACW), и периоды (кластеры) с доминированием этого вида в диатомовых комплексах (голубые линии).

Fig. 5.1. Duration of the ice-free period (IFP, decades) for the last 4.7 thousand years (A) with details for the last 400 years (B) based on the results of reconstruction at station LV77-3 and stations from the northern part of the sea (location in inset B). Inset A shows the abundance of diatoms *Paraliasulcata*, an indicator of Alaska Coastal Current (ACW) waters, and the periods (clusters) with the dominance of this species in diatom assemblages (blue lines)

ных рядов в донных осадках шельфа с данными метеонаблюдений. Применение методики в сочетании с анализом диатомовых комплексов позволило реконструировать изменения продолжительности безледного периода (IFP) в южной части Чукотского моря за последние 4,7 тыс. лет (рис. 5.1А) и обосновать их причины. Максимальные значения IFP выявлены в 21 веке и 4-5 тыс. лет назад, что совпадает с периодами повышенного поступления тихоокеанских вод (BSW) через Берингов пролив. Реконструкция водных масс на основе диатомовых комплексов выявила значительное влияние Аляскинского прибрежного течения (ACW) на продолжительность IFP в последние 3 тыс. лет. Отклонение его вод на запад 2,7-2,5; 1,4-0,8; 0,3-0 тыс. лет назад приводило к увеличению продолжительности IFP в центральной части моря на 10-15 дней. Это определило несинхронность изменений климата (температуры воздуха) и ледовых условий в регионе, что особенно проявилось в Малый ледниковый период (рис. 5.1Б). Разработанная методика количественной палеорекострукции важна для более достоверных прогнозных моделей. (*Astakhov A.S., Xuefa Shi, Darin A.V., Kalugin I.A., Hu Limin, Tsou I.B., Kolesnik A.N., Obrezkova M.S., Alatorsev A.V., Babich V.V., Plotnikov V.V. // Marine Geology. 2020. V. 427. 106220*).

5.2. Свидетельства влияния Южного океана на северо-западную часть Тихого океана (северная часть Императорского хребта) после потепления Бёллинга-Аллерёда / Evidence of Southern Ocean influence into the Northwest Pacific (Northern Emperor Sea Chain) since the Bølling-Allerød warming

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

Изменения в глобальной глубоководной циркуляции вод в прошлом, связанные с апвеллингом Циркумполярных Глубинных Вод (ЦГВ) вблизи Антарктиды, вероятно, играли основную роль в изменениях содержания CO₂ в атмосфере и климата Земли в прошлом. Однако реакция Тихого океана с его огромным резервуаром CO₂ на апвеллинг ЦГВ изучена слабо. Для исследования этой проблемы мы использовали записи индексов первичной продукции, значений изотопов кислорода и углерода карбоната раковин бентосных и планктонных фораминифер, количества терригенных частиц ледового разноса в осадках, индексов степени их окисленности и количества и видового состава бентосных фораминифер в осадках трех кернов, отобранных в северной части Императорского хребта (СИХ), за последние 25 тысяч лет. Содержание карбоната кальция в осадках всех изученных кернов и параметры их окисленности резко увеличились около 14,5 тысяч лет назад, что указывает на приток в северо-западную часть Тихого океана относительно молодых вод Южного океана, обогащенных карбонатным ионом и кислородом. Приток богатых питательными веществами вод Южного океана в район СИХ и уменьшение влияния морских льдов в начале потепления Бёллинг / Аллерёд вызвало также резкое увеличение продукции кремнистого фитопланктона (рис. 5.2). (*Gorbarenko S.A., Shi X., Liu Y., Zou J., Psheneva O.Y., Bosin A.A., Kirichenko I.S., Artemova A.V., Yanchenko E.A., Vasilenko Y.P. // Global and Planetary Change. 2020. V. 195. 103315*).

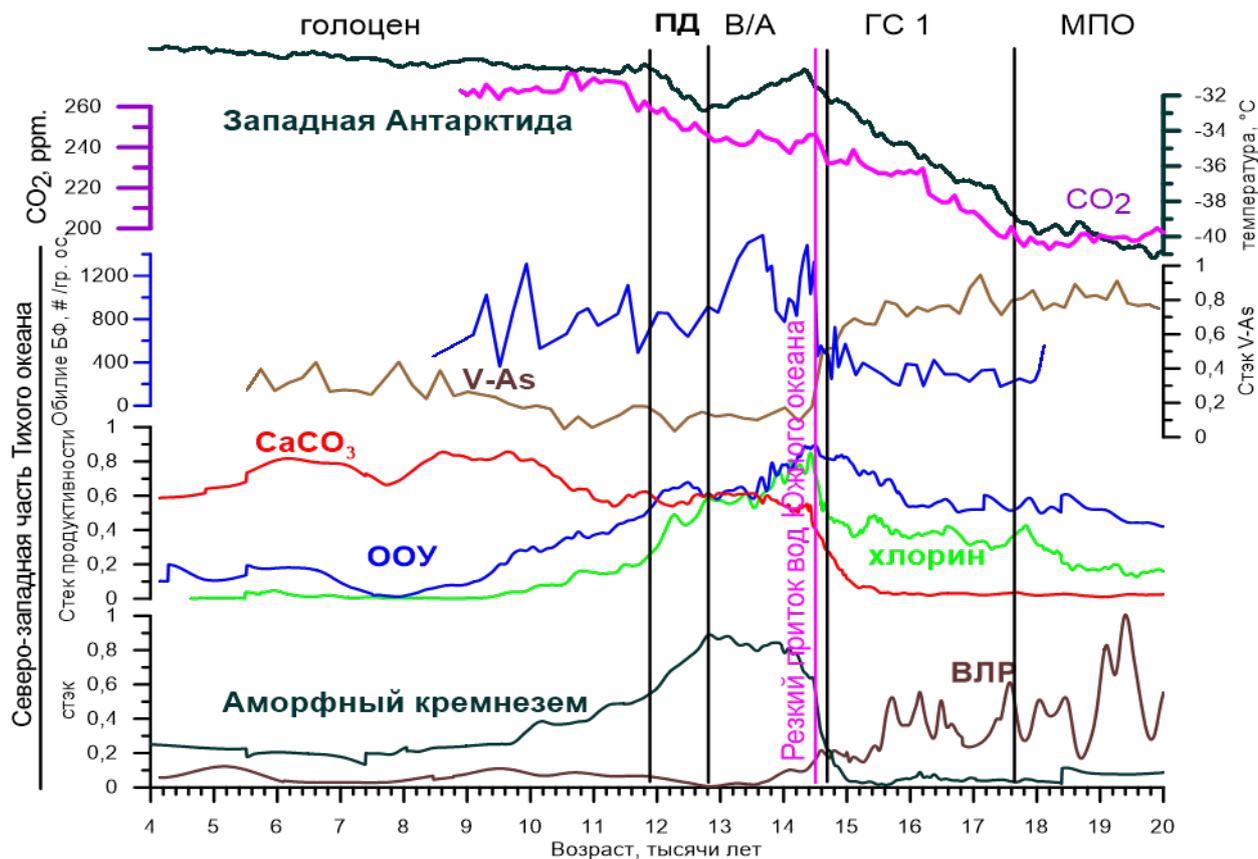


Рис. 5.2. Сравнение изменений стеков продуктивности (CaCO_3), общего органического углерода (ООУ), хлорина и аморфного кремнезема, величины ледового разноса (ВЛР), содержания редокс-чувствительных элементов V и As и обилия бентосных фораминифер (БФ) в северо-западной части Тихого океана за период оледенения – голоцена (20-4 тысячи лет назад) с вариациями температуры западной Антарктиды (Cuffey et al., 2016) и содержания углекислого газа в атмосфере (Parrenin et al., 2013). ПД – поздний дриас, В/А – потепление бøллинг / аллерød, ГС 1 – Гейнрих стадиал 1, МПО – максимум последнего оледенения.

Fig. 5.2. Comparison of changes in productivity stacks (CaCO_3), total organic carbon (TOC), chlorine and amorphous silica, ice spread (VLP), the content of redox-sensitive elements V and As and the abundance of benthic foraminifera (BF) in the north the western part of the Pacific Ocean during the Glaciation – Holocene period (20-4 thousand years ago) with variations in the temperature of western Antarctica (Cuffey et al., 2016) and the carbon dioxide content in the atmosphere (Parrenin et al., 2013). ПД – Late Dryas, В/А – Bølling / Allerød warming, ГС 1 – Heinrich Stadial 1, МПО – Maximum of the Last Glaciation

5.3. Свидетельства взрывных извержений вулканов в морских отложениях у берегов Камчатки (возвышенность Мэйдзи, северо-западная часть Тихого океана) в период среднего и позднего плейстоцена / Middle to late Pleistocene record of explosive volcanic eruptions in marine sediments offshore Kamchatka (Meiji Rise, NW Pacific)

д.г.-м.н. А.Н. Деркачев, д.г.-м.н. С.А. Горбаренко /
A.N. Derkachev, S.A. Gorbarenko

Обобщение многочисленных анализов тefры в колонке SO201-2-40 с возвышенности Мейдзи (северо-западная часть Императорского хребта), проведенных с помощью высокотехнологичных методов (электронный микронзондовый и LA-ICP-MS), возрастной модели, основанной на палеомагнитных и палеоклиматических исследованиях, и геохимической

корреляции дистальных тефр с камчатскими пирокластическими отложениями позволила идентифицировать тефры из эруптивных центров вулканов Карымского, Горелого, Опала и Шивелуча (рис. 5.3). Установлено, что мощная эксплозивная активность указанных вулканов в голоцене – плейстоцене проявлялась неоднократно: вулкан Карымский – 8,7, ~ 175 тыс. лет назад; вулкан Горелый – ~ 39, ~77, ~ 120 тыс. лет назад; вулкан Опала – ~ 40 (?), ~ 75, ~ 90 тыс. лет назад; вулкан Шивелуч – ~ 141 тыс. лет назад. Указанные тефры являются хорошими маркерами для отложений северо-западной части Тихого океана (рис. 5.3) и могут послужить основой для тефрохронологической модели отложений этого региона и использованы в палеовулканологических и палеоокеанологических реконструкциях. (Derkachev A.N., Gorbarenko S.A., Ponomareva V.V., Portnyagin M.V., Malakhova G.I., Liu Y. // *Journal of Quaternary Science*. 2020. V. 35, № 1–2. P. 362–379).

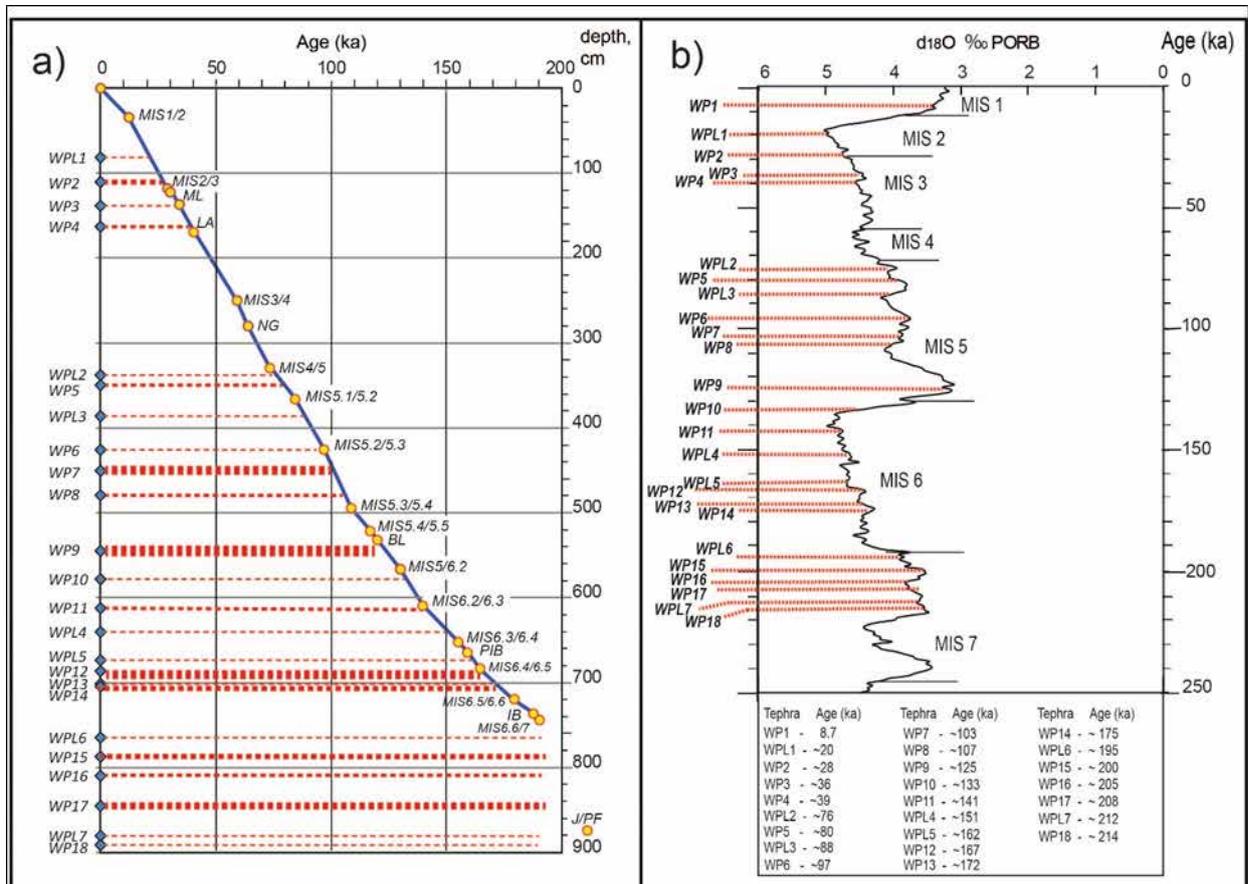


Рис. 5.3. Возрастная модель осадков колонки So201-2-40 с возвышенности Мейджи. а – возрастная модель, б – возраст прослоев вулканических пеплов, вынесенных на изотопную кривую. Цифры внизу рисунка – возраст прослоев пеплов в тысячах лет (Age, Ka), установленный на основе возрастной модели.

Fig. 5.3. Age model of sediments from the So201-2-40 core from the Meiji Rise. a – age model, b – age of volcanic ash interlayers shown on the isotope curve. The numbers at the bottom of the figure are the ages of the ash interlayers in thousands of years (Age, Ka), based on the age model.

5.4. Возраст и условия формирования кайнозойского осадочного чехла поднятия Ямато Японского моря. Стратиграфия и геологическая корреляция / Age and Formation conditions of Cenozoic sedimentary cover of the Yamato Rise in the Sea of Japan. Stratigraphy and Geological Correlation

*д.г.-м.н. И.Б. Цой, к.г.-м.н. Н.Г. Ващенко, к.г.-м.н. Л.Н. Василенко,
М.Т. Горовая, Н.К. Вагина, к.г.-м.н. Ю.И. Мельниченко /
I.B. Tsoy, N.G. Vashchenkova, L.N. Vasilenko,
M.T. Gorovaya, N.K. Vagina, Yu.I. Mel'nichenko*

Впервые на основе комплексных исследований (петрографических и микропалеонтологических) проведено обоснование возраста и условий формирования осадочного чехла возвышенности Ямато Японского моря. Выделено 6 комплексов пород: комплекс 1 (континентальный) туфогенно-осадочных пород, содержащий многочисленные пресноводные диатомеи и палинофлору, доказывающие озерный генезис и раннемиоценовый возраст пород; комплексы 2–6 (морские), среднемиоцен-плейстоценовый возраст которых установлен на основе морских кремнистых микрофоссилий и спорово-пыльцевых комплексов (рис. 5.4). Установлено, что полезные ископаемые фосфориты и бариты приурочены к среднему – верхнему миоцену. На Ямато островные территории, покрытые лесной растительностью, распространенные в раннем миоцене, ограниченно сохранялись до плейстоцена включительно. Неравномерное осадконакопление связано с расчлененным рельефом и активной тектоникой, сопровождающейся вулканизмом в раннем миоцене и плейстоцене. Сходство комплексов пород крупных возвышенностей Ямато и Криштофовича (Уллын) по возрасту и генезису свидетельствует об общем направлении развития этих возвышенностей, тесно связанном с формированием Японского моря. (*Tsoy I.B., Vashchenkova N.G., Vasilenko L.N., Gorovaya M.T., Vagina N.K., Melnichenko Yu.I. // Stratigraphy and Geological Correlation. 2020. V. 28, № 2. P. 202–229.*)

5.5. Геохимия ртути в кернах глубоководных отложений Курильской области, северо-западная часть Тихого океана / Mercury geochemistry of deep-sea sediment cores from the Kuril area, northwest Pacific

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

Впервые определены концентрации ртути в колонках глубоководных донных отложений Курильской котловины Охотского моря и Курило-Камчатского желоба. Исследование показало, что ртуть в осадках находится в физически сорбированной форме и зависит от содержания диатомовых водорослей (кремнистых остатков). Отношение Hg/ТОС в диатомовых отложениях не превышает 200 ppb/% со средним соотношением от 50 до 80 ppb/%, тогда как в терригенных отложениях Hg/ТОС достигает 370 ppb/%. Важнейшими результатами являются определение скорости седиментации и потоков ртути в донных отложениях Курильской котловины. Согласно полученным данным, в доиндустриальный период (1900 г.) поток Hg составлял 33–36 мкг/м² в год. Максимальный поток ртути (44 мкг/м² в год) соответствовал 1980 году, со снижением до 30 мкг/м² в год в современных отложениях (рис. 5.5). Сделан вывод, что на накопление Hg в донных отложениях района исследований влияют два фактора: атмосферные осаднения Hg (в том числе в результате антропогенных выбросов) и биологическая продуктивность. (*Aksentov K.I., Sattarova V.V. // Progress in Oceanography. 2020. V. 180. 102235.*)

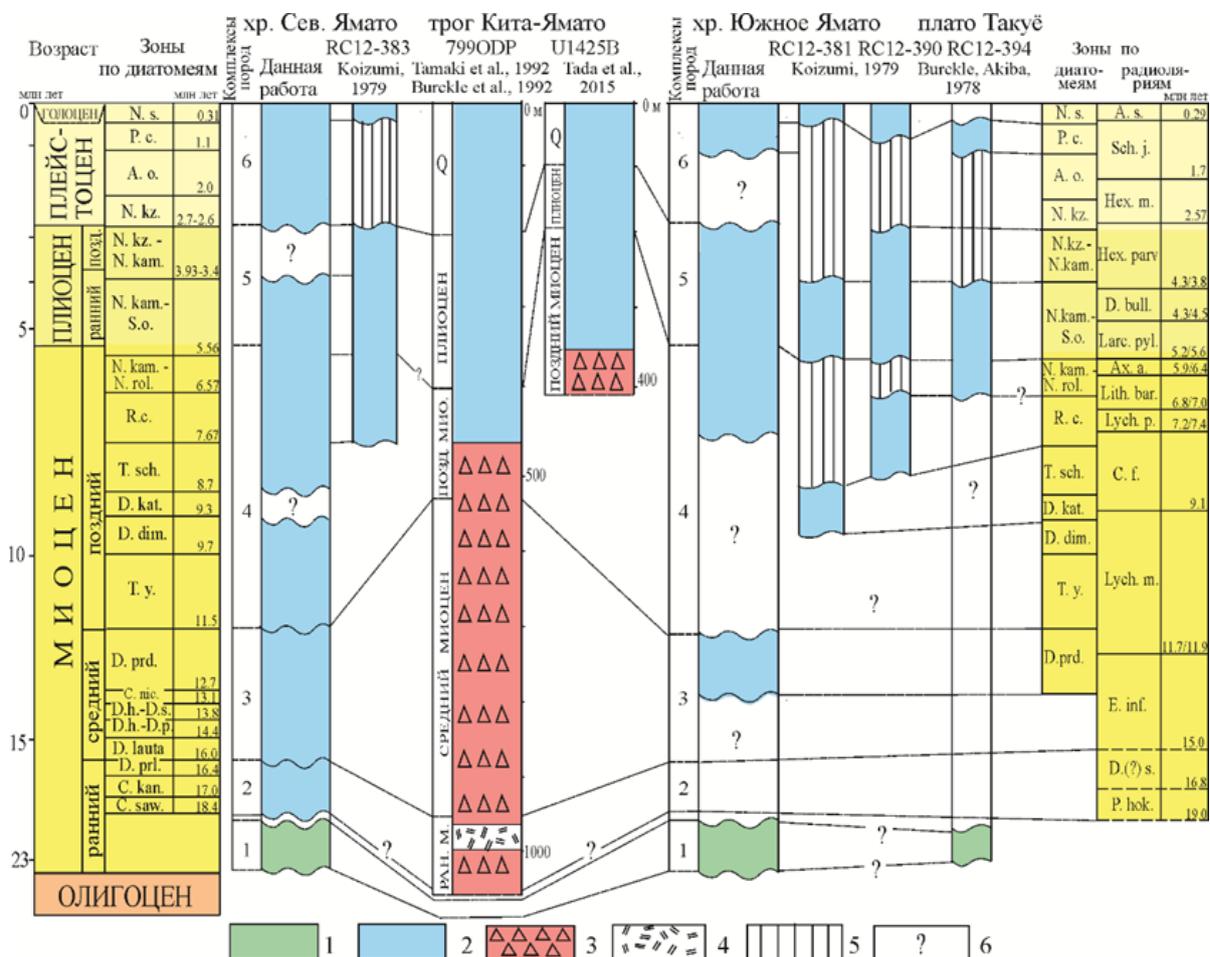


Рис. 5.4. Корреляция отложений осадочного чехла возвышенности Ямато Японского моря. 1 – континентальные (озерные) туфогенно-осадочные породы с пресноводными диатомеями и спорово-пыльцевыми комплексами; 2 – морские преимущественно диатомово-глинистые породы с кремнистыми микронскопаемыми; 3 – порцелланиты, кремнистые аргиллиты; 4 – туфы; 5 – стратиграфические несогласия; 6 – отсутствие данных или предполагаемая корреляция.

Fig. 5.4. Correlation of sediments of the sedimentary cover of the Yamato Rise of the Sea of Japan. 1 – continental (lacustrine) tuffaceous-sedimentary rocks with freshwater diatoms and spore-pollen assemblages; 2 – marine, predominantly diatomaceous-clayey rocks with siliceous microfossils; 3 – porcellanites, siliceous mudstones; 4 – tuffs; 5 – stratigraphic unconformities; 6 – no data or presumed correlation

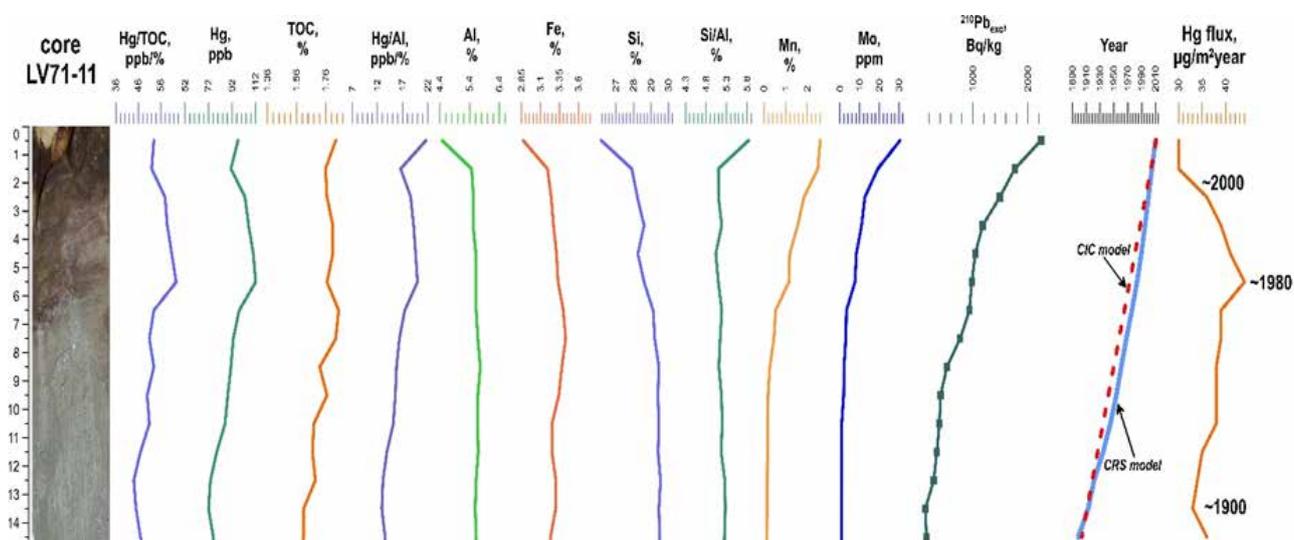


Рис. 5.5. Распределение геохимических и физических параметров в верхней части колонки LV71-11 из Курильской котловины Охотского моря.

Fig. 5.5. Distribution of geochemical and physical parameters in the upper part of core LV71-11, Kuril Basin of the Sea of Okhotsk

5.6. Экологические и гидрологические изменения центральной части Охотского моря за последние 136 тыс. лет на орбитальной и тысячелетней шкале, полученные на основе микропалеонтологических (радиолярии и бентосные фораминиферы), геохимических и литологических данных, а также механизмов, ответственных за них / Orbital and millennial-scale environmental and hydrological changes of the central Okhotsk Sea over the last 136 kyr inferred from micropaleontological (radiolarian and benthic foraminifera), geochemical and lithological proxies and the mechanisms responsible for them

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

Изучена реакция бентосных фораминифер (BF) и продукции радиолярий в центральной части Охотского моря на орбитальные и тысячелетние изменения климата и окружающей среды за последние 136 тыс. лет на основе осадочного ядра ПК-7Р с имеющимися данными продуктивности, геохимии и литологии с модифицированной возрастной моделью. Рассчитаны скорости аккумуляции (СА) микрофоссилий (потоки) основных экологических групп и видов радиолярий и BF, как количественные реакции в их продукции, в связи с экологическими и гидрологическими изменениями водной толщи и поверхностных осадков в центральной части моря и глобальными и региональными изменениями климата. Ответы оппортунистических BF *Alabaminella weddellensis* и субоксидной группы за последние 136 тыс. лет были, в основном, связаны с изменениями потоков органических веществ с поверхности, морского ледяного покрова и оксигенации поверхностных отложений на обоих орбитальных и тысячелетних шкалах времени. СА радиолярий с поверхностных, дихотермальных и мезопелагических групп достоверно отличались от СА BF и имели максимум в середине и в конце Морских изотопных стадий 5e (MIS) и более низкие значения в течение раннего голоцена, в то время

как минимум имел место во время холодных MIS 6, 4 и 2 с максимальной вентиляцией промежуточных вод ОМ. Производство мезопелагической радиолярии *Cycladophora davisiana* в ОМ было, в основном, связано с латеральной доставкой терригенного материала и органики в толщу воды с северо-западного шельфа и / или с западной части Субарктики Тихого океана. Из-за чувствительности морских организмов к условиям окружающей среды образование радиолярий и BF резко изменилось со времени холодного Генрих стадиала 8, одновременно с исчезновением *Amphimelissa setosa*, поскольку этот холодный стадиал был связан с окончанием глобального похолодания окружающей среды ранней стадии последнего ледникового периода (Gorbarenko S.A., Yanchenko E.A., Harada N., Bosin A.A., Artemova A.V., Vasilenko Y.P. // *Quaternary Science Reviews*. 2020. V. 247. 106569).

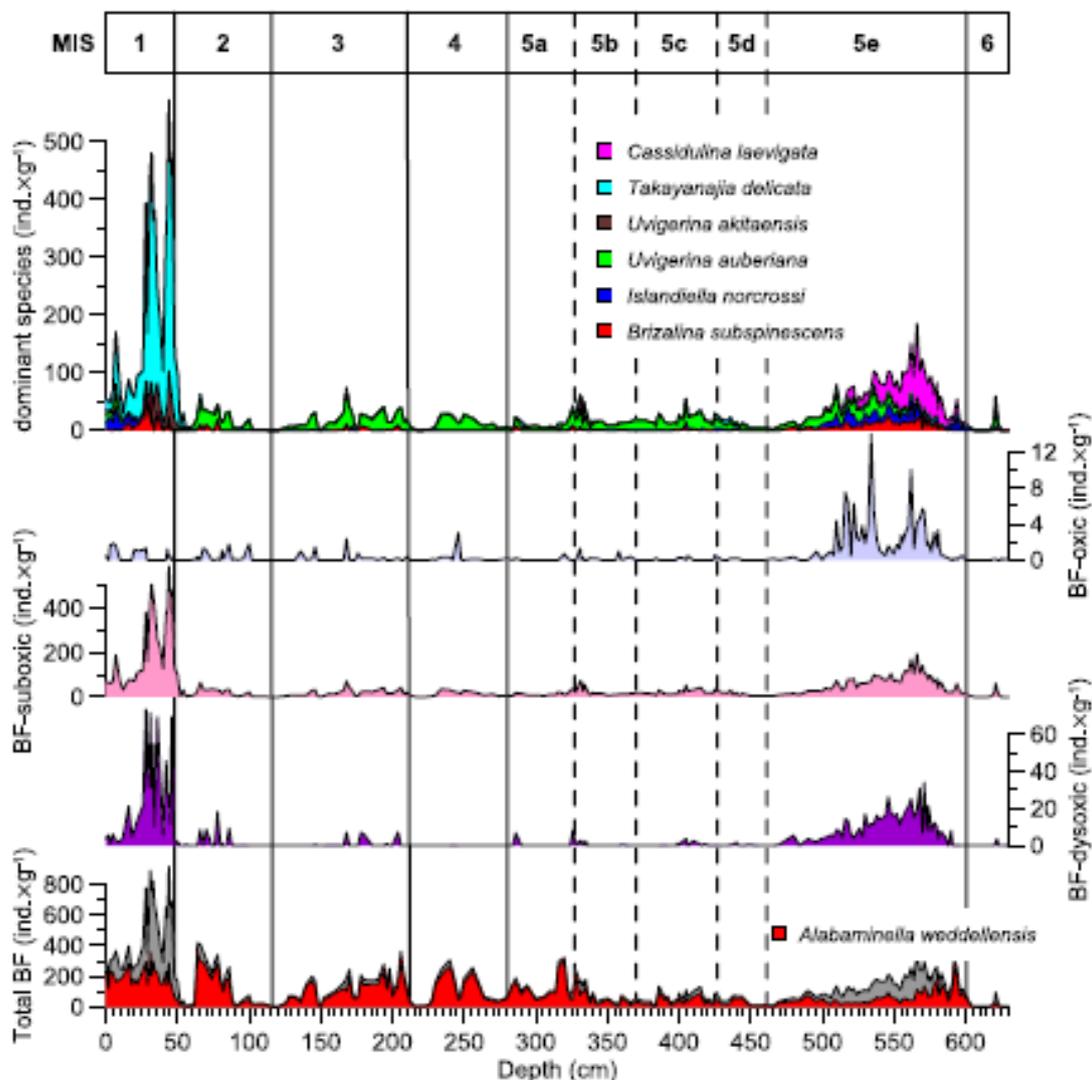


Рис. 5.6. Вариации обилия (число индивидуумов / грамм сухого осадка) оксидной, субоксидной и дизоксидной групп бентосных фораминифер и отдельных видов по времени в керне PC-7R.

Fig. 5.6. Variations in the abundance (number of individuals / gram of dry sediment) of the oxide, suboxide, and dioxide groups of benthic foraminifera and individual species over time in the PC-7R core

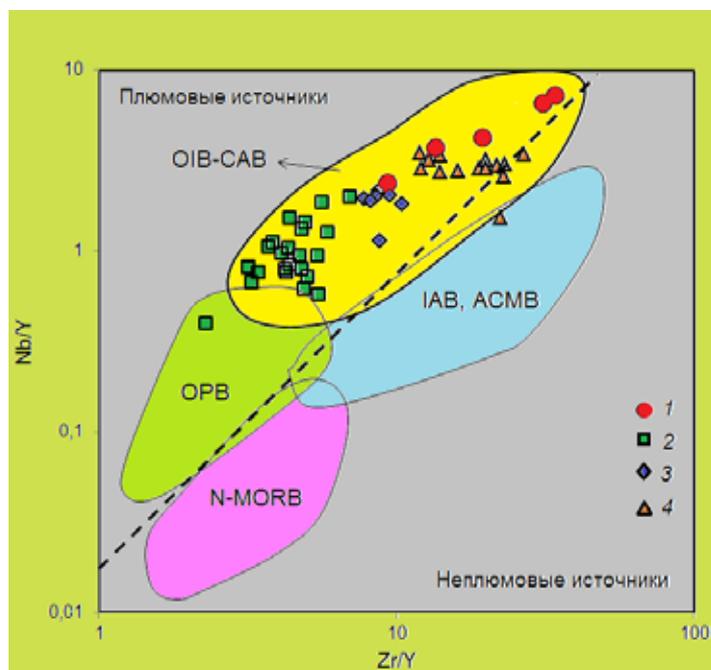
5.7. Плиоцен-голоценовый щелочно-базальтоидный вулканизм Цусимской впадины Японского моря: новые геохимические и геодинамические данные / Pliocene-Holocene alkali-basaltoid volcanism of the Tsushima Basin of the Sea of Japan: new geochemical and geodynamic data

к.г.-м.н. Т.А. Емельянова, д.г.-м.н. Е.П. Леликов, А.А. Пугачев
/ T.A. Emelyanova, E.P. Lelikov, A.A. Pugachev

Впервые на основе интерпретации новых аналитических данных по редким элементам щелочных базальтоидов юго-западной части Японского моря (Цусимская котловина) и данных из литературных источников была установлена внутриплитная плюм-континентальная (САВ) природа плиоцен-голоценового этапа вулканизма южной части Японского моря. Это подтвердилось близостью химических свойств цусимских базальтоидов с вулканическими породами вулканов Цинбоху и Удалянчи Центрально-Азиатской внутриплитной провинции (ЦАВП), которая располагается к западу от Японского моря и сформировалась в позднем кайнозое под воздействием Северо-Азиатского суперплюма (рис. 5.7). (Emelyanova T.A., Lelikov E.P., Pugachev A.A // *Oceanology*. 2020. V. 60, № 2. P. 236–247).

Рис. 5.7. Диаграмма $(Zr / Y) - (Nb / Y)$ (Condie, 2003) для: 1 – щелочных базальтоидов Цусимской котловины; 2 – окраинно-морских толеитов Японского моря (Берсенов и др., 1987; Леликов и др., 2018); для щелочных базальтоидов вулканов (Сахно, 2008): 3 – Цинбоху и 4 – Удалянчи. Поля базальтов геодинамических обстановок: ОИВ – океанических островов; САВ – континентальных рифтов; IAB, АСМВ – вулканических дуг и активных континентальных окраин; ОПВ – океанических плато; N-MORB – срединно-океанических хребтов. Пунктирная линия разделяет области плюмовых и неплюмовых мантийных источников.

Fig. 5.7. Diagram $(Zr / Y) - (Nb / Y)$ (Condie, 2003) for: 1 – alkaline basaltoids of the Tsushima depression; 2 – marginal-marine tholeiites of the Sea of Japan (Bersenev et al., 1987; Lelikov et al., 2018); for alkaline basaltoids of volcanoes (Sakhno, 2008): 3 – Qingbohu and 4 – Udalyanchi. Basalt fields of geodynamic settings: OIB – oceanic islands, CAB – continental rifts; IAB, ACMB – volcanic arcs and active continental margins, OPB – oceanic plateaus, N-MORB – mid-ocean ridges. The dotted line separates the areas of plume and non-plume mantle sources



5.8. Позднемезозойско-кайнозойские этапы вулканизма и геодинамика Японского и Охотского морей / Late Mesozoic-Cenozoic Stages of Volcanism and Geodynamics of the Sea of Japan and Sea of Okhotsk

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

Впервые разработана и представлена модель геологического развития Японского и Охотского морей в позднем мезозое – кайнозое на основе установления геохимической специфики каждого из этапов вулканизма и выявления геодинамических режимов совместно с источниками магмогенерации (рис. 5.8). Позднемеловой субдукционный режим в маастрихте – даке сменился на режим трансформной окраины, который продлился вплоть до плиоцена. Он охарактеризовался процессами тектоногенеза, плюмогенеза, максимального окраинно-морского спрединга и завершился в плиоцене – плейстоцене возобновлением субдукции Тихоокеанской плиты под Евразийский континент. (Emelyanova T.A., Petrishchevsky A.M., Izosov L.A., Lee N.S., Pugachev A.A. // *Petrology*. 2020. V. 28, № 5. P. 418–430).

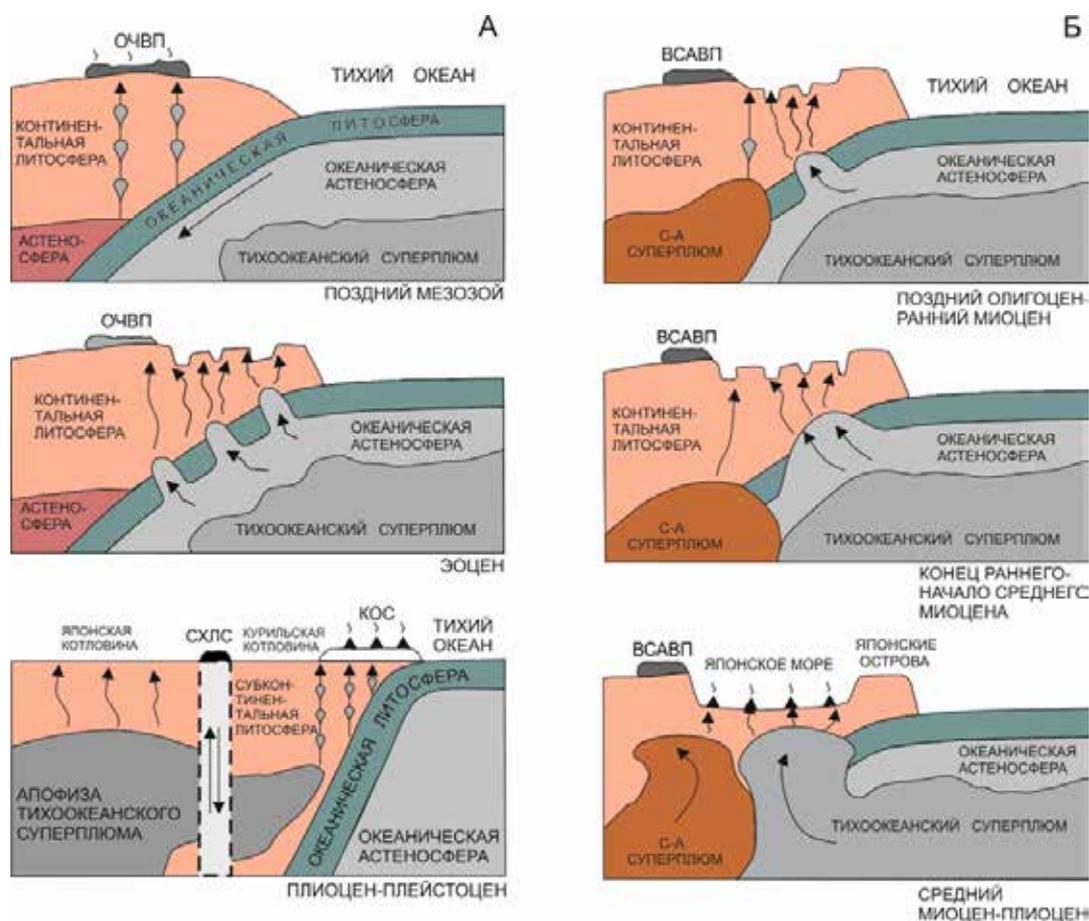


Рис. 5.8. Позднемезозойско-кайнозойские этапы эволюции Охотского (А) и Японского (Б) морей. ОЧВП и ВСАВП – Охотско-Чукотский и Восточно-Сихотэ-Алинский вулканические пояса соответственно, СХЛС – Сахалинско-Хоккайдская линейная и КОС – Курильская островная системы; С-А – Северо-Азиатский суперплюм.

Fig. 5.8. Late Mesozoic-Cenozoic stages of evolution of the Okhotsk (A) and Japan (B) seas. OChVP and ESAPV – Okhotsk-Chukotka and East-Sikhote-Alin volcanic belts, respectively, SKhLS – Sakhalin-Hokkaido lineament and KOS – Kuril Island System; C-A – North Asian superplume

5.9. Модель формирования окраинных морей западной части Тихого океана: вихревая геодинамика, сейсмичность и мантийный апвеллинг / The Model of Formation of the Western Pacific Marginal Seas: Vortex Geodynamics, Seismicity and Mantle Upwelling

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

Предложена расширенная и усовершенствованная модель происхождения и эволюции окраинных морей в мегазоне сдвига при боковом взаимодействии Евразийской и Тихоокеанской литосферных плит (рис. 5.9) (Izosov et al., 2020). В этой мегазоне происходит дробление

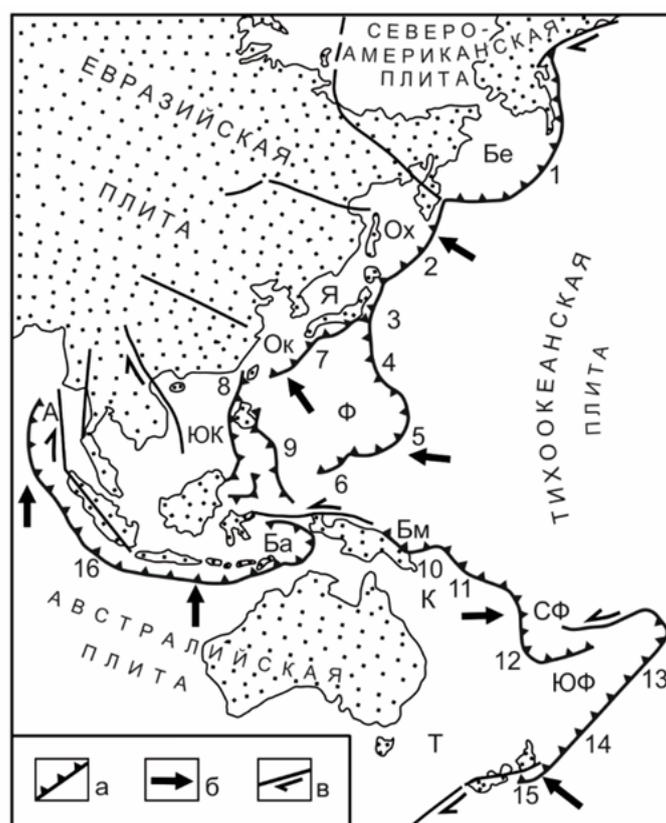


Рис. 5.9. Островные дуги и краевые моря в западном и северном обрамлении Тихого океана (Хаин, Ломизе, 1995). Краевые моря и их бассейны: Бе – Берингово, Ох – Охотское, Я – Японское, Ок – Окинава, Ф – Филиппинское, А – Андаман, Ба – Банда, Бм – Бисмарка, СФ – Северо-Фиджийский, ЮФ – Южно-Фиджийский, ЮК – Южно-Китайское, К – Коралловое, Т – Тасманово. а – зоны субдукции и связанные с ними островные дуги: 1 – Алеутская, 2 – Курило-Камчатская, 3 – Японская, 4 – Идзу-Бонинская, 5 – Марианская, 6 – Яп, 7 – Рюкю, 8 – Манильская, 9 – Филиппинская, 10 – Новобританская, 11 – Соломон, 12 – Новогейбридская, 13 – Тонга, 14 – Кармадек, 15 – Новозеландская, 16 – Зондская; б – векторы конвергенции литосферных плит; в – крупные разломы и смещения по ним.

Fig. 5.9. Island arcs and marginal seas in the western and northern margins of the Pacific Ocean (Khain, Lomize, 1995). The marginal seas and their basins: Бе – Bering, Ох – Okhotsk, Я – Japan, Ок – Okinawa, Ф – Philippine, А – Andaman, Ба – Banda, Бм – Bismarck, СФ – North Fijian, ЮФ – South Fijian, ЮК – South China, К – Coral, Т – Tasman. а – subduction zones and associated island arcs: 1 – Aleutian, 2 – Kuril-Kamchatka, 3 – Japanese, 4 – Izu-Bonin, 5 – Marian, 6 – Yap, 7 – Ryukyu, 8 – Manila, 9 – Philippine, 10 – New British, 11 – Solomon, 12 – New Hebrides, 13 – Tonga, 14 – Karmadec, 15 – New Zealand, 16 – Sunda; б – vectors of convergence of lithospheric plates; в – large faults and displacements along them

континентальной и океанической плит, мантийный апвеллинг, формируются восходящие и нисходящие литосферные сейсмоактивные вихри. В качестве доказательства состоятельности предлагаемой модели приводятся данные факторного математического анализа, результаты гравитационного и теплофизического моделирования, анализ распределений магнитуд землетрясений в 3D-пространстве и данные по геохимической специфике вулканизма Японского и Охотского морей. Изучение распределений магнитуд землетрясений в Охотоморском регионе выявило следы вихревых процессов в виде круговой ориентации векторов изменчивости магнитуд в подкоровом вязком слое и астеносфере. Голова мантийного плюма имеет типичную грибовидную форму, а центральный ствол его простирается в мантию ниже глубины 200 км. Исследования радиоизотопного возраста и геохимической специфики вулканических пород Охотского и Японского морей позволили установить источники магмогенерации: литосферный, астеносферный и подастеносферный (плюмовый), проследить геохронологическую последовательность подъема к поверхности мантийного субстрата и определить глубинные механизмы формирования морских котловин. Обсуждены вопросы происхождения окраинных морей и проведено сравнение с другими геодинамическими моделями различных геотектонических парадигм. (*Izotov L.A., Petrishchevsky A.M., Emel'yanova T.A., Chuprynin V.I., Lee N.S., Vasilyeva M.A. // Journal of Volcanology and Seismology. 2020. V. 14, № 1. P. 44–57.*)

5.10. Формирование окраинных морей Тихого океана: следствие сдвиговой неустойчивости и астеносферного диапиризма / Formation of the Pacific marginal seas: a consequence of shear instability and asthenospheric diapirism

*д.г.-м.н. Л.А. Изосов, к.г.-м.н. Т.А. Емельянова,
к.г.-м.н. Ю.И. Мельниченко, Н.С. Ли /
L.A. Izotov, T.A. Emelyanova, Yu.I. Mel'nichenko, N.S. Lee*

На основе анализа механизма неустойчивости зоны сдвига между движущимися литосферными плитами предложен новый вариант модели формирования окраинных морей Тихого океана в виде последовательного возникновения волновых напряжений и вихревых структур (рис. 5.10). Литосферные плиты в зоне их бокового взаимодействия обладают в значительной степени свойствами вязкой среды, где две слабо перемешивающиеся по горизонтали тектонические массы с высокими, но различными, вязкостями и разными плотностями, движутся с разной скоростью. Поэтому граница раздела начинает изгибаться, в результате чего формируются вихревые структуры в тектоносфере окраинных морей и прилегающих континентальных районах. При резких и быстрых деформациях земная кора ведет себя как твердое тело, а при длительных – как вязкая среда. Такой механизм образования морей отражает начальный этап столкновения Тихоокеанской плиты с Евразией, когда сходящиеся плиты только начинают соприкасаться. В земной коре и верхах мантии окраинных морей образуются сдвиговые дуплексы, в которых происходит вихревая циркуляция корово-мантийного вещества (*Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Петрищевский А.М. и др. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020. № 2 (46). С. 85–101.*)

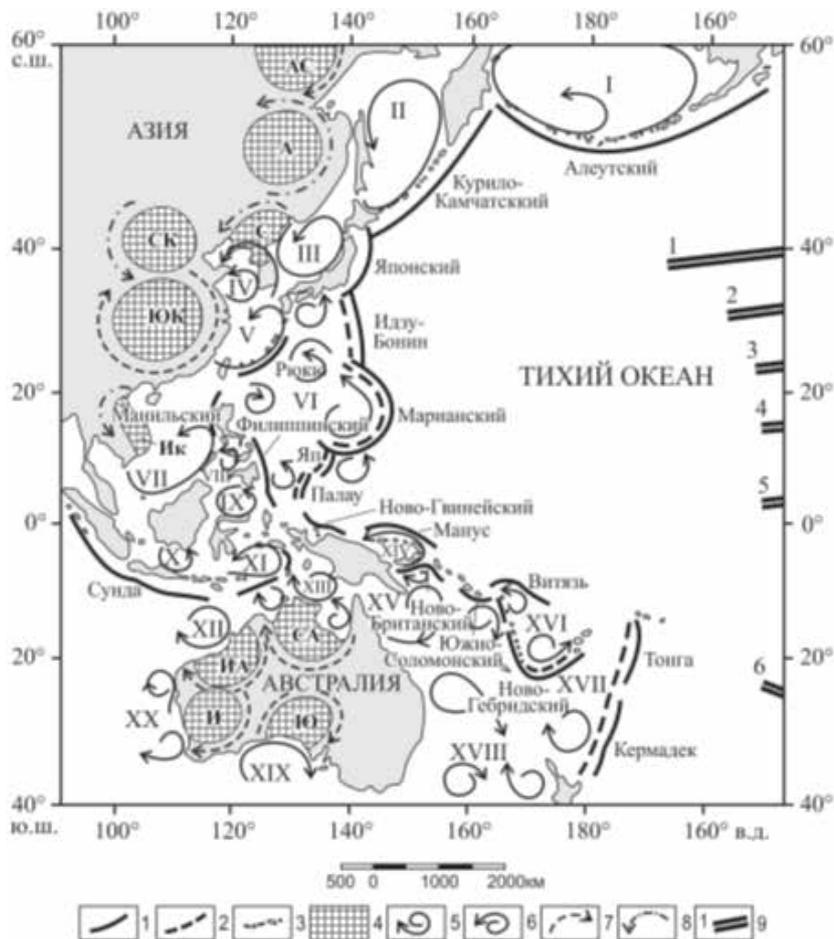


Рис. 5.10. Карта-схема западной части Тихого океана, составленная с использованием данных: нуклеары — по (Кац и др., 1989); дешифрирования глобальной цифровой модели рельефа ETOPO1: 1 — глубоководные желоба; 2 — островные дуги; 3 — фронтальные подводные хребты; 4 — нуклеары: АС — Алдано-Становой, А — Амурский, С — Синокорейский, СК — Северо-Китайский, ЮК — Южно-Китайский, Ик — Индокитайский, ИА — Индо-Австралийский, СА — Северо-Австралийский, И — Ийлгарийский, Ю — Юклинский; 5 — циклональные (Северное полушарие) и антициклональные (Южное полушарие) литосферные вихри (стрелки указывают направление их вращения); 6 — антициклональные (Северное полушарие) и циклональные (Южное полушарие) литосферные вихри (стрелки указывают направление вращения); 7 — циклональные вихри, связанные с нуклеарами (стрелки указывают направление вращения); 8 — антициклональные вихри, связанные с нуклеарами (стрелки указывают направление вращения); 9 — трансформные разломы (Pacific...). 1 — Мендосино, 2 — Мюррей, 3 — Молокай, 4 — Кларин, 5 — Клиппертон, 6 — Челленджер. I — Берингово, II — Охотское, III — Японское, IV — Желтое, V — Восточно-Китайское, VI — Филиппинское, VII — Южно-Китайское, VIII — Сулу, IX — Сулавеси, X — Яванское, XI — Банда, XII — Тиморское, XIII — Арафурское, XIV — Новогвинейское (Бисмарка), XV — Кораллово, XVI — Северо-Фиджийское, XVII — Южно-Фиджийское, XVIII — Тасманово, XIX — Южно-Австралийское, XX — Перт).

Fig. 5.10. Schematic map of the Western Pacific, compiled using data from: nuclear — after (Katz et al., 1989); interpretation of the global digital elevation model ETOPO1: 1 — deep-sea troughs; 2 — island arcs; 3 — frontal underwater ridges; 4 — nuclears: AS — Aldano-Stanovoy, A — Amur, C — Sinokorean, CK — North Chinese, YOK — South Chinese, Ik — Indo-Chinese, Ia — Indo-Australian, CA — North Australian, I — Iylgarisky, YU — Yuklinsky; 5 — cyclonic (Northern Hemisphere) and anticyclonic (Southern Hemisphere) lithospheric eddies (arrows indicate the direction of their rotation); 6 — anticyclonic (Northern Hemisphere) and cyclonic (Southern Hemisphere) lithospheric eddies (arrows indicate the direction of rotation); 7 — cyclonic vortices associated with nuclears (arrows indicate the direction of rotation); 8 — anticyclonic eddies associated with nuclears (arrows indicate the direction of rotation); 9 — transform faults (Pacific...). 1 — Mendocino, 2 — Murray, 3 — Molokai, 4 — Clarion, 5 — Clipperton, 6 — Challenger. I — Bering, II — Okhotsk, III — Japan, IV — Yellow, V — East China, VI — Philippine, VII — South China, VIII — Sulu, IX — Sulawesi, X — Javan, XI — Banda, XII — Timor, XIII — Arafur, XIV — New Guinea (Bismarck), XV — Koral, XVI — North Fijian, XVII — South Fijian, XVIII — Tasman, XIX — South Australian, XX — Perth)

5.11. Особенности таксономического состава радиолярий в плейстоценовых отложениях подводного хребта Витязь (тихоокеанский склон Курильской островной дуги) и приосевой зоны Курило-Камчатского желоба / Features of the taxonomic composition of radiolarians in the Pleistocene sediments of the Vityaz Ridge (Pacific slope of the Kuril island arc) and the axial zone of the Kuril-Kamchatka Trench

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

Определены качественные и количественные характеристики радиолярий в плейстоценовых отложениях подводного хребта Витязь и приосевой зоны Курило-Камчатского желоба

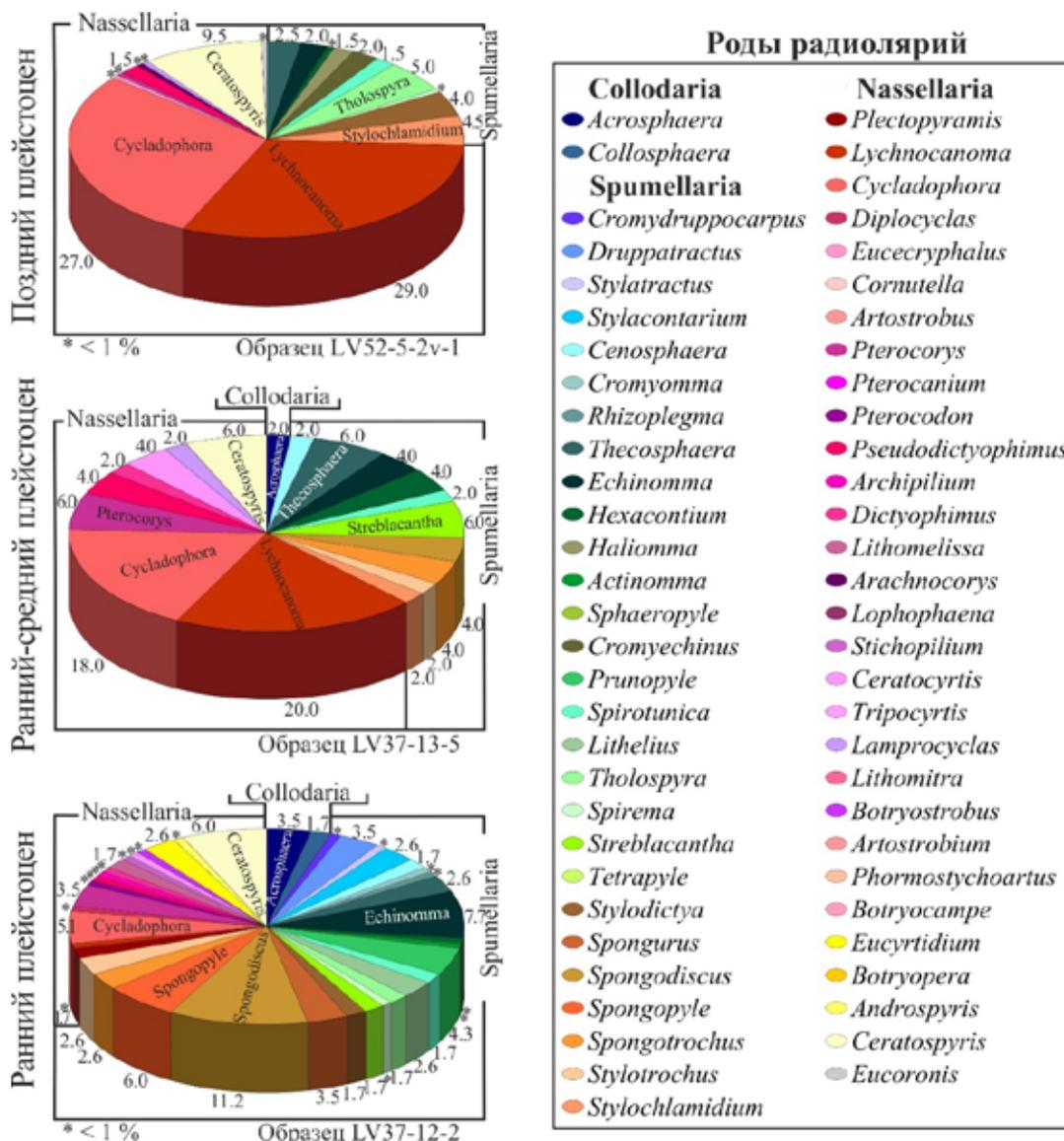


Рис. 5.11. Родовой состав радиолярий в плейстоценовых отложениях подводного хребта Витязь, выраженный в процентах (роды в диаграммах приведены по часовой стрелке в соответствии с легендой).

Fig. 5.11. The generic composition of radiolarians in the Pleistocene sediments of the Vityaz Ridge, expressed as a percentage (genera in the diagrams are shown clockwise in accordance with the legend)

(рис. 5.11). Материалом послужили 24 образца драгирования из 9 станций, выполненных в 37, 41 и 52 рейсах НИС «Академик М.А. Лаврентьев» и в 4 рейсе «Академик А. Несмеянов». В результате установлено 116 таксонов радиолярий: Collodaria – 2 рода, Spumellaria – 32 рода и Nassellaria – 34 рода (рис. 5.11). Полученные количественные характеристики видов и родов радиолярий могут быть использованы для биостратиграфических и палеоокеанологических реконструкций. (Василенко Л.Н. // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020» [Электронный ресурс.] М.: МАКС Пресс, 2020а. С. 1–2 https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/data/19267/110202_uid429898_report.pdf).

5.12. Изменение родового и видового состава радиолярий в миоценовых комплексах подводного хребта Витязь. Биогеография и эволюционные процессы / Changes in the generic and species composition of radiolarians in the Miocene assemblages of the Vityaz Ridge. Biogeography and evolutionary processes

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

В отложениях конца верхнего олигоцена – нижнего плиоцена подводного хребта Витязь прослежены эволюционные изменения родового и видового состава радиолярий (Василенко, 2020б). На основе присутствия зональных видов-индексов, видов с узким стратиграфическим диапазоном и доминирования отдельных таксонов были выделены семь последовательных комплексов с радиоляриями (рис. 5.12). Видовое богатство радиолярий включает 191 таксон, из них Collodaria – 3 таксона из 1 рода, Spumellaria – 91 таксон из 46 родов и Nassellaria – 97 таксонов из 50 родов. В рассматриваемом возрастном интервале наблюдается последовательная смена доминирования следующих родов: Siphocampe и Lithostrobus (поздний оли-

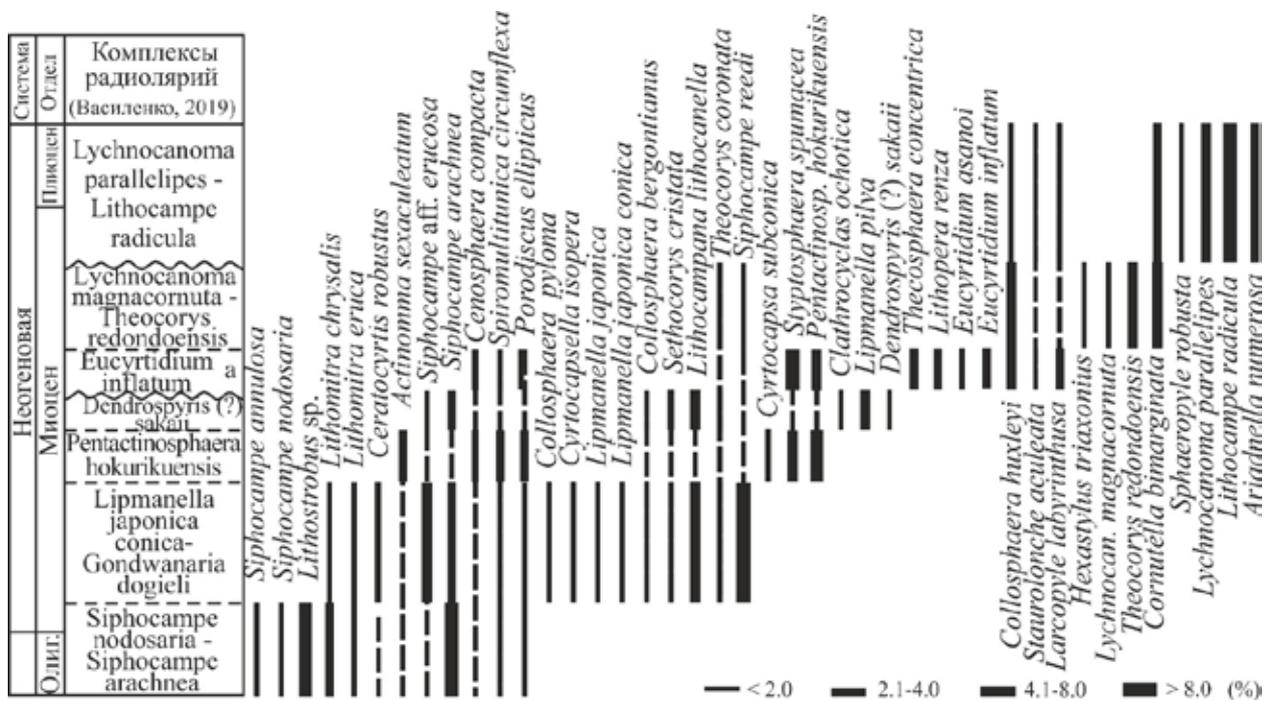


Рис. 5.12. Изменение видового состава радиолярий в комплексах конца позднего олигоцена – раннего плиоцена.

Fig. 5.12. Changes in the species composition of radiolarians in the assemblages of the latest Oligocene – Early Pliocene

гоцен – ранний миоцен) → *Pentactinosphaera*, *Haliomma* и *Styptosphaera* (ранний – средний миоцен) → *Theocorys* (средний – поздний миоцен) → *Lithocampe* и *Ariadnella* (поздний миоцен – ранний плиоцен). (Василенко Л.Н. Материалы LXVI сессии Палеонтологического общества при РАН, г. Санкт-Петербург, 6–10 апреля 2020 г. СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2020б. С. 31–33).

5.13. Находки инфузорий Тинтиннид в поверхностных осадках арктических морей Лаптевых и Восточно-Сибирского / Finds of ciliates Tintinnid in surface sediments of the Arctic Laptev and East Siberian seas

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

Впервые в образцах поверхностных осадков арктических морей Лаптевых (МЛ) и Восточно-Сибирского (ВСМ), а также прилегающей к ним части Северного Ледовитого океана (СЛО) обнаружены агглютинированные инфузории – родов *Tintinnopsis* и *Didinium*. Всего изучено 33 образца: 23 – из МЛ, 8 – из ВСМ, 2 – из СЛО, из которых, инфузории встрече-

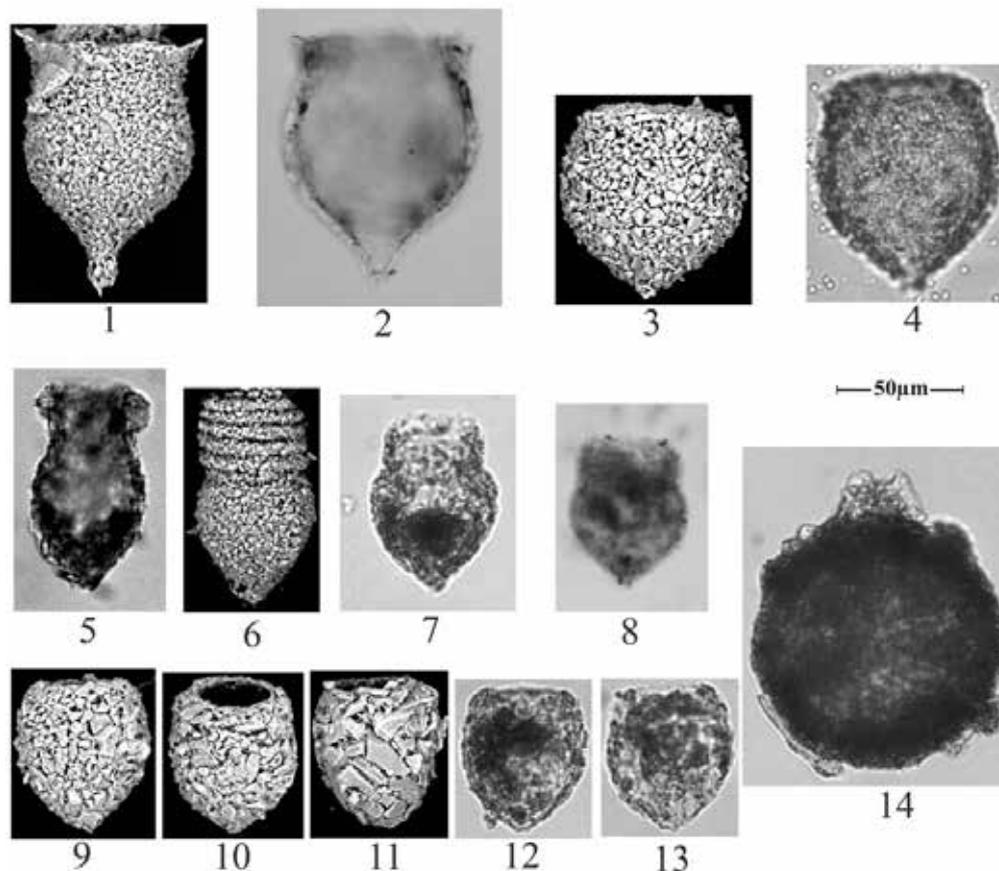


Рис. 5.13. Агглютинированные раковины инфузорий, установленные в поверхностных осадках арктических морей Лаптевых и Восточно-Сибирского: 1, 2 – *Tintinnopsis* cf. *fimbriata* Meunier; 3, 4 – *Tintinnopsis* cf. *ventricosoides* Meunier; 5 – *Tintinnopsis* cf. *baltica* Brandt; 6 – *Tintinnopsis* sp. *Tintinnopsis* cf. *fuscus* (?) Meunier; 7, 8 – *Tintinnopsis* cf. *turbo* Meunier; *Tintinnopsis* cf. *nivalis* Meunier; 14 – *Didinium* cf. *gargantuan* Meunier.

Fig. 5.13. Agglutinated ciliate shells found in the surface sediments of the Arctic Laptev and East Siberian seas: 1, 2 – Tintinnopsis cf. fimbriata Meunier; 3, 4 – Tintinnopsis cf. ventricosoides Meunier; 5 – Tintinnopsis cf. baltica Brandt; 6 – Tintinnopsis sp. Tintinnopsis cf. fuscus (?) Meunier; 7, 8 – Tintinnopsis cf. turbo Meunier; Tintinnopsis cf. nivalis Meunier; 14 – Didinium cf. gargantuan Meunier

ны в 20 образцах. Таксономический состав представлен на рис. 5.13 (Василенко, 2020в). Род *Tintinnopsis* является неритическим и распространён в прибрежной шельфовой зоне морских и, реже, пресноводных бассейнов. Подавляющее большинство представителей рода *Didinium* обитает в водоемах с пресной и солоноватой водой. (Василенко Л.Н. // *Комплексные исследования Мирового океана: Материалы V Всероссийской научной конференции молодых ученых, г. Калининград, 18-22 мая 2020 г. [Электронный ресурс]. Калининград: АО ИО РАН, 2020в. С. 239–240. <http://atlantic-new.ocean.ru/index.php/raznoe/item/425-v-vserossijskaya-nauchnaya-konferentsiya-molodykh-uchenykh-kompleksnye-issledovaniya-mirovogo-okeana>).*

5.14. Ранние этапы Fe-Mn рудообразования в осадках на гайотах Магеллановых гор (Тихий океан) / The early stages of ferromanganese ore genesis on the guyotsof the Magellan seamounts (the Pacific Ocean)

д.г.н. С.П. Плетнев / S.P. Pletnev

Исследованы структура и характеристики самых старых стратиграфических разрезов Fe-Mn коры (поздний мел и палеоцен), собранных с Магеллановых гор. Полный разрез корок на Магеллановых горах включает четыре слоя толщиной 2-4 см каждый: слой I-1 позднего палеоцена (?) – раннего эоцена, слой I-2 – среднего – позднего эоцена, слой II – миоцена и слой III – четвертичного периода. Результаты анализа реликтовых слоев позволяют выделить среди них две группы образцов. Среди реликтовых слоев установлено два возрастных диапазона – вторая половина позднего мела (R1) и первая половина палеоцена (R2). Высокие концентрации бария, лития, галлия и цинка предполагают, что источником материала могут быть гидротермальные источники. Но не прямой доставкой, а фазой перекачки донной воды. Таким образом, анализ литолого-геохимических параметров и ископаемой фауны фораминифер в реликтовых слоях рудного разреза Магеллановых гор указывает на две стадии их формирования: позднекампан-маастрихтский и ранний – средний палеоцен. Дискретность формирования реликтовых пластов во времени еще раз доказывает, что резко меняющиеся условия окружающей среды контролировали рост рудного разреза. (Pletnev S.P., Sedysheva T.E. // *Геологія і кориснікопалини Світового океану. 2020. Т. 16, № 3. С. 3–12. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.03.003>*).

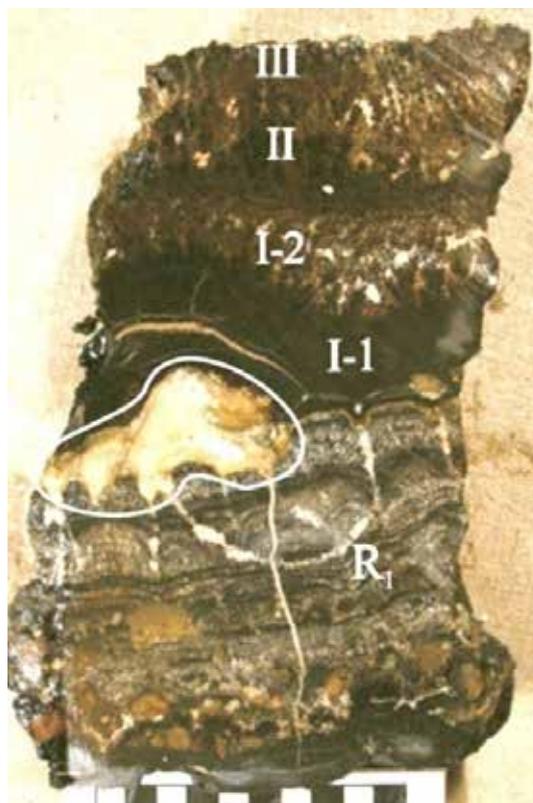


Рис. 5.14. Возраст формирования отдельных слоев рудного разреза Магеллановых гор (Тихий океан). R₁ – поздний кампан – ранний маастрихт; I-1 – поздний палеоцен – ранний эоцен; I-2 – средний – начало позднего эоцена; II – средний (?) – поздний миоцен; III – эоплейстоцен. Белым контуром выделено включение известняка, датированного маастрихтом.

Fig. 5.14. Age of formation of individual layers of the Magellan Seamounts ore section (Pacific Ocean). R₁ – Late Campanian – Early Maastrichtian; I-1 – Late Paleocene – Early Eocene; I-2 – Middle-Early Late Eocene; II – Middle (?) – Late Miocene; III – Eopleistocene. The white outline shows the inclusion of limestone dating from Maastricht

5.15. Влияние толщины, состояния поверхности льда и концентрации фитопланктона на подледную освещённость вод залива Петра Великого Японского моря по наблюдениям 2010-2016 гг. / Influence of thickness, state of the ice surface and concentration of phytoplankton on the subglacial illumination of Peter the Great Bay of the Sea of Japan on observation 2010-2016

*к.б.н. С.П. Захарков, к.ф.-м.н. А.Ю. Лазарюк, к.б.н. Т.Н. Гордейчук,
к.г.н. Е.А. Штрайхерт / S.P. Zakharkov, A.Yu. Lazaryuk, T.N. Gordeychuk,
E.A. Shtraikhert*

Проанализированы данные по надледной и подледной освещенности почти в двухстах экспериментах, проведенных на 60 станциях в прибрежных районах залива Петра Великого (Японское море) во время устойчивого ледостава с января по март 2010-2016 гг. Было установлено влияние «эффекта лунки» на измерения подледной освещенности. Показано, что «эффект лунки» не проявлялся на глубинах ниже 2 м. Выявлена обратная зависимость подледной освещенности от толщины льда и снежного покрова на его поверхности. При проведении эксперимента в один день (11.03.2010 г.) ослабление освещенности было прямо пропорционально толщине льда. Коэффициент детерминации был положительным и значимым. В случае вычисления коэффициента детерминации между этими параметрами в течение всей зимы, он был недостоверным. Предполагается, а затем и подтверждается, что на связь освещенности и толщины льда накладываются другие факторы, в частности, концентрации фитопланктона в подледном слое. Использование дистанционных методов исследования позволило заключить, что средних по сезону значений освещенности в исследуемом регионе достаточно для развития фитопланктона подо льдом. (Захарков С.П., Лазарюк А.Ю., Гордейчук Т.Н., Штрайхерт Е.А. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2020. Т. 13, № 2. С. 5–15).

5.16. Продукционные характеристики бактерио- и фитопланктона Авачинской бухты и южного района Дальневосточного государственного морского биосферного заповедника в летне-осенний период 2017 года / Production characteristics of bacterio-and phytoplankton of the Avacha Bay and the southern region of the Far Eastern State Marine Biosphere Reserve in the summer and autumn of 2017

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

Проведено исследование и сравнительный анализ продукционных характеристик бактерио- и фитопланктона в Авачинской бухте и в южном районе Дальневосточного государственного морского биосферного заповедника (ДВМБЗ) в заливе Посыета в летний период 2017 года. Бактериальная продукция в обоих водоемах в поверхностных пробах была близка и варьировала в интервале от 0.28 до 2.3 мгС/сут м³ для Авачинской бухты и от 0.22 до 2.0 мгС/сут м³ для ДВМБЗ, при этом численность клеток бактериопланктона была существенно выше в ДВМБЗ, достигая 2.1 млн. клеток на мл. Отмечено проявление гипоксии в понижениях рельефа обеих акваторий. Показано, что бактериальное потребление кислорода является одним из основных факторов образования гипоксии в Авачинской бухте. Первичная продукция в поверхностных пробах и в столбе воды в обоих водоемах сравнима, но в южном районе ДВМБЗ концентрация хлорофилла-а была ниже более чем на порядок. Такое соотношение является следствием поглощения другими организмами большей части произведенной биомассы ми-

кроводорослей в столбе воды и более высокого ассимиляционного числа, которое возрастает от высоких к низким широтам. Напротив, в Авачинской бухте отмечены как высокие уровни первичной продукции, так и высокая концентрация хлорофилла-а, что говорит об интенсивном терригенном притоке биогенных элементов природного и антропогенного характера. (Захарков С.П., Московцева А.В., Лепская Е.В., Штрайхерт Е.А., Гладких Р.В. // Микробиология. 2020. Т. 89, № 5. С. 593–603).

Таблица 5.16. Продукционные характеристики бактерио- и фитопланктона в Авачинской бухте в летний период 2017 г. / *Production characteristics of bacterio- and phytoplankton in Avacha Bay in summer of 2017*

Параметры	Н (м)	Первичная продукция, мгС/сут*м ³			Суточное ассимиляционное число, мгС/мгХл сут*м ³			БП, мгС/сут*м ³	БП/ПП, %	Числ. кл. (*10 ⁶), кл/мл	Бакт. потр. О ₂ , мг/л,	ΔО ₂ , мг/л
		1	2	3	1	2	3					
№ станции												
№ съёмки												
1	DS/2	320	-	118	17.2	-	20.9	0.71	0.6	0.6	6.5	6.2
	17	-	-	-	-	-	-	0.45	-	0.5	4.1	1.5
2	0.5	107	122	109	21.1	-	7.9	0.71	0.6	0.7	6.5	2.3
	1	253	115	103	18.3	-	8.8	-	-	-	-	4.2
	2	346	73	69	14.6	-	6.9	0.77	1.1	0.5	7.1	3.9
	4	173	138	81	13.3	-	12.6	0.73	0.9	0.4	6.7	3.8
	6	148	82	38	6.9	-	1.8	0.56	1.4	0.45	5.1	-0.2
	8	117	136	54	15.6	-	7.1	1.31	2.4	0.5	12.0	0.7
	10	78	21	107	6.9	-	11.3	1.05	0.9	-	9.6	1.7
	12	44	36	91	10.9	-	29.9	0.94	1.1	0.4	8.6	1.4
	14	40	9	31	12.3	-	14.3	0.65	2.1	0.3	6.0	2.1
	16	21	30	15	11.8	-	6.0	1.08	7.2	0.5	9.9	2.2
	18	18	28	16	8.2	-	12.1	-	-	0.4	-	1.8
3	DS/2	183	76	88	14.5	13	32.8	1.27	1.4	0.7	11.6	4.7
	22	-	-	-	-	-	-	0.37	-	0.4	3.4	2.8
5	DS/2	316	145	247	27.7	23	28.6	0.49	0.2	0.8	4.5	0.6
	14	-	-	-	-	-	-	0.38	-	0.4	3.5	1.5
6	DS/2	159	233	96	10.8	25.5	8.2	1.22	1.2	0.5	11.2	2.7
	21.5	-	-	-	-	-	-	0.91	-	0.2	8.3	0.3
7	DS/2	200	213	167	11.1	18.6	20.2	-	-	-	-	-
9	DS/2	111	52	104	7.1	11.2	12.6	2.3	2.2	0.5	21.1	4.8
	9	-	-	-	-	-	-	0.59	-	0.2	5.4	1.1
10	DS/2	84	30	70	13.7	12.8	8.6	0.28	0.4	0.3	2.6	1.6
	7	-	-	-	-	-	-	1.22	-	0.2	11.2	2.2
Ср.	-	215	117	120	14.6	17.3	17.4	-	-	-	-	-

Прим. к табл. 5.16. 1, 2, 3 – июнь, июль, август соответственно; Н (м) – глубина отбора проб, DS (м) – глубина видимости диска Секки, ПП – первичная продукция фитопланктона; БП – бактериальная продукция; Числ. бакт. – численность бактерий, Бакт. потр. О₂ (мг/л) – потребление кислорода бактериями в период между съёмками 1, 3; ΔО₂, мг/л – разница в концентрации кислорода в период между съёмками 1, 3.

Notes to Table 5.16. 1, 2, 3 – June, July, August, respectively; H (m) – sampling depth, DS (m) – depth of the Secchi disk visibility, ПП – primary production of phytoplankton БП – bacterial production; Числ. бакт. – number of bacteria, Бакт. потр. O₂ (mg/l) – oxygen consumption by bacteria between surveys 1, 3; ΔO₂, mg/l – difference of oxygen concentration between surveys 1, 3

5.17. Первичная продукция Авачинской бухты летом 2017 г. / Primary production of the Avacha Bay in summer 2017

к.б.н. С.П. Захарков, к.з.н. Е.А. Штрайхерт, к.б.н. Т.Н. Гордейчук
/ S.P. Zakharkov, E.A. Shtraikhert, T.N. Gordeichuk

Приводятся результаты исследования пространственно-временной изменчивости первичной продукции фитопланктона (ПП) в Авачинской бухте Тихого океана в летний период 2017 г. Впервые публикуются данные измерений ПП радиоуглеродным методом, преимущественно в приповерхностном слое воды, проведенных один раз в месяц. ПП в столбе воды вычисляли по формулам, предложенным М. Беренфельдом и П. Фальковски. Предполагается, что уровень ПП летом определяется следующими факторами: поступлением биогенных элементов с речным стоком, мутностью и температурой воды в фотическом слое. Значения ПП и средние концентрации хлорофилла-а (Хл-а) позволяют отнести бухту к эвтрофным водоемам. Одновременно проводили сравнение значений концентрации Хл-а, полученных инструментальным и дистанционным методами. Выявлена необходимость коррекции дистанционных данных. (Захарков С.П., Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Штрайхерт Е.А., Гордейчук Т.Н. // Вестник ДВО РАН. 2020. № 1. С. 83–89).

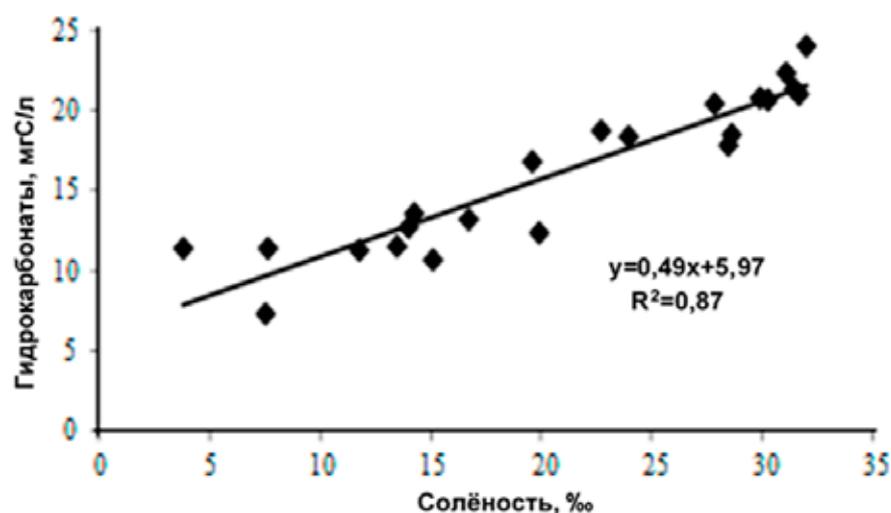


Рис. 5.16. Связь между соленостью (ось абсцисс) и гидрокарбонатами (ось ординат) в Авачинской бухте в летний период 2015, 2017 гг.

Fig. 5.16. The interrelation between salinity (abscissa axis) and bicarbonates (ordinate axis) in the Avacha Bay in the summer of 2015, 2017

5.18. Рельеф подводной возвышенности Первенец (Японское море / The bottom relief of the Pervenets Rise (Sea of Japan)

к.з.-м.н. В.Н. Карнаух, А.А. Контев, Е.Н. Суховеев, К.А. Апарина /
V.N. Karnaukh, A.A. Koptev, E.N. Sukhoveev, K.A. Aparina

По результатам батиметрических исследований составлена карта рельефа дна части Японского моря в районе возвышенности Первенец. Длина последней составляет 60 км, а

ширина – 45 км. Возвышенность состоит из двух субмеридиональных хребтов – западного и восточного. На основе комплексного использования батиметрических и одноканальных сейсмоакустических данных установлено, что на возвышенности имеются многочисленные свидетельства проявления позднекайнозойской (предположительно плиоцен-плейстоценовой) тектономагматической активизации. Результаты данного процесса проявляются здесь в виде комплекса вулканических объектов: многочисленных (37) вулканов, лавовых потоков, кальдеры и побочных кратеров. Высота вулканов достигает 300 м, а их диаметр составляет 0,3-2,0 км. Обнаружены различия в строении западного и восточного хребтов возвышенности. На западном хребте располагается вулкан линейного типа длиной около 22 км и шириной около 3 км. На восточном хребте находится вулкан центрального типа с кальдерой диаметром около 4 км. Вокруг кальдеры обнаружены три кольца сателлитных вулканических построек, что может указывать на несколько этапов активизации вулкана на восточном хребте возвышенности. Установлено, что гора Петра Великого соответствует северной, а гора Сибирь – южной вершинам западного хребта возвышенности Первенец. (Карнаух В.Н., Коптев А.А., Суховеев Е.Н., Матюхов В.П., Апарина К.А. // Геоморфология. 2020. № 2. С. 50–59).

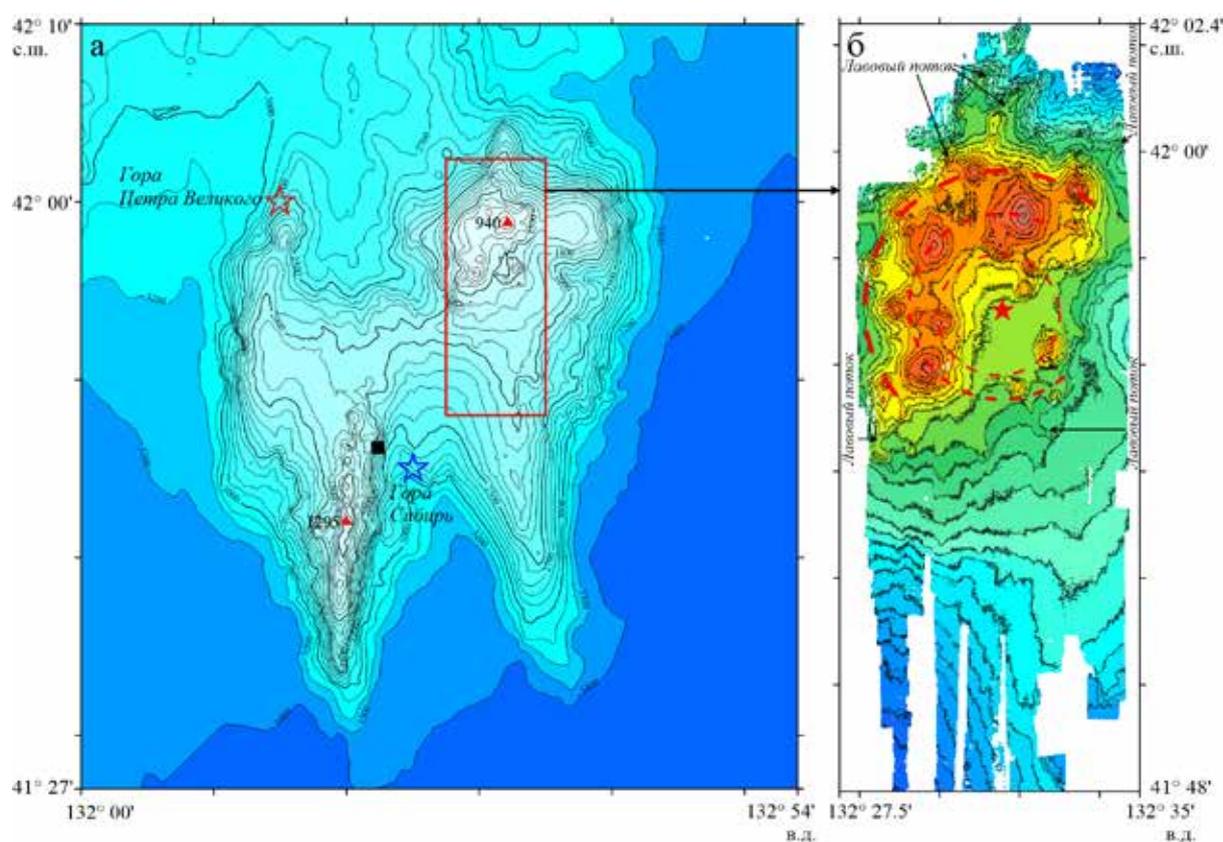


Рис. 5.18. Карта рельефа морского дна части Японского моря в районе возвышенности Первенец (а). Рельеф дна северо-восточной части возвышенности Первенец, составленный по результатам работ с многолучевым эхолотом SeaBeam 3050 (б).

Fig. 5.18. Map of the sea floor relief of the Sea of Japan in the area of the Pervenets Rise (a). The bottom relief of the north-eastern part of the Pervenets Rise, compiled based on the results of work with the SeaBeam 3050 multibeam echo sounder (b)

5.19. Рудная минерализация в плейстоценовых отложениях пролива Лонга (Восточно-Сибирское море) / Ore mineralization in the Pleistocene sediments of the Long Strait (East Siberian Sea)

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

Проведено минералого-геохимическое исследование позднеплейстоценовых донных отложений колонки LV 77-10, отобранной в центре пролива Лонга. Установлены два интервала, обогащенных Au, Pd, Ag, различающихся по химизму осадков. Методом сканирующей электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом в них был установлен широкий спектр рудных минералов, включая наиболее распространенный пирит-марказит, а также арсенопирит, халькопирит, халькозин, самородные Au, Ag, Pb, акантит и сложные фазы Fe–Ni–Cr, Ag–Cu–Pb–Zn (рис. 5.19). Сделан вывод о привносе частиц с древесными остатками и о формировании некоторых из них в результате химических реакций в прибрежно-морских обстановках дельтовых фаций. (Горячев Н.А., Соцкая О.Т., Астахов А.С., Шу Сюефа, Михалицына Т.И., Аксентов К.И., Бердников Н.В. // Докл. РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 491, № 2. С. 37–41).

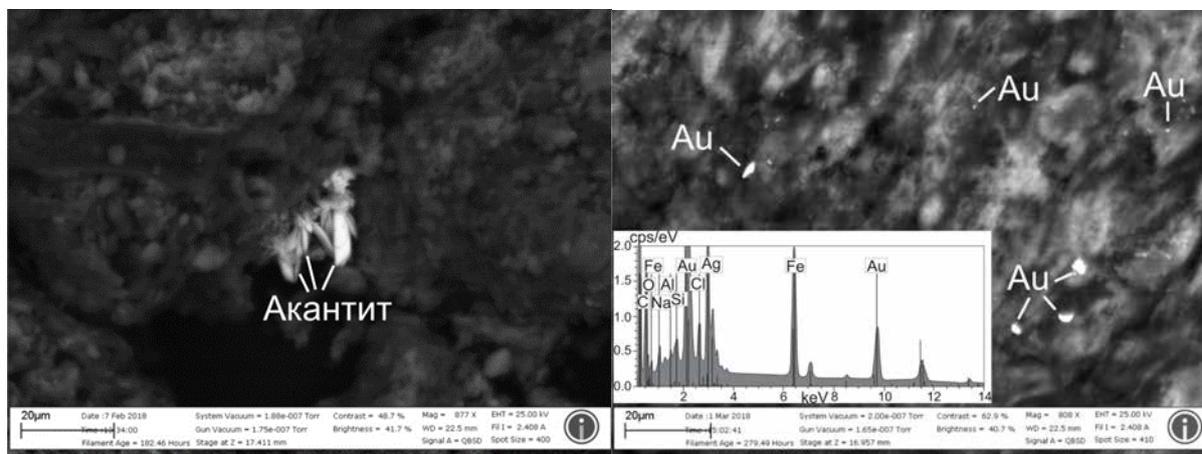


Рис.5.19. Кристаллы акантита копьевидного облика в порообразующей массе (а) и микровключения самородного золота в слоях древесины с энергодисперсионным спектром (б).

Fig. 5.19. Lance-shaped acanthite crystals in the rock-forming mass (a) and microinclusions of native gold in wood layers with an energy-dispersive spectrum (b)

5.20. Особенности накопления макро- и микроэлементов субколлоидной фракцией донных отложений маргинального фильтра под влиянием повышенного стока р. Раздольной (Амурский залив, Японское море) / Features of the accumulation of macro- and microelements by the subcolloidal fraction of bottom sediments of the marginal filter under the influence of increased runoff of the Razdolnaya River (Amur Bay, Sea of Japan)

к.б.н. Д.М. Поляков / D.M. Polyakov

Изучено распределение содержания макро- (Si, Al, Fe, Mn), микроэлементов (Ga, V, W, Th, Mo, U, Be, Y, Cd), $C_{орг}$ и глинистых минералов в субколлоидной фракции донных осадков

маргинального фильтра р. Раздольной (почва, речные и морские отложения). Под влиянием повышенного речного стока в результате прохождения тайфуна зона флоккуляции, образования оксигидроксидов Fe, Mn и сорбции ионов некоторых микроэлементов (U, Be, Cd, Y) продвинулась в Амурский залив. Выявлено дополнительное увеличение содержания Si в отложениях залива, связанное с биогенным накоплением, что привело к разбавлению терригенных алюмосиликатов и уменьшению содержания микроэлементов в морских осадках. Показано увеличение содержания Y на 15, Cd – 11, U – 41 и Mo – 80 % в осадках, расположенных вблизи б. Золотой Рог по сравнению с речными отложениями, которое связано с влиянием загрязненных грунтов “старого дампинга.” (Поляков Д.М., Зарубина Н.В. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 3. С. 1–10).

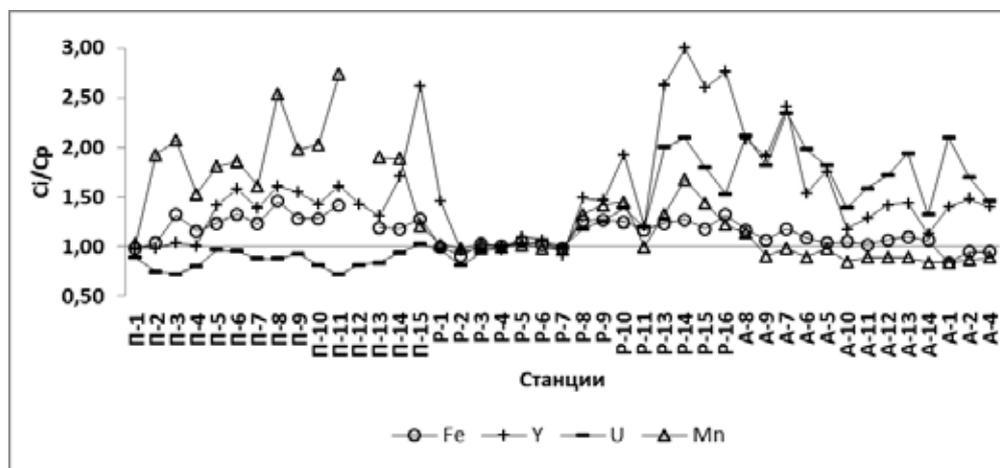


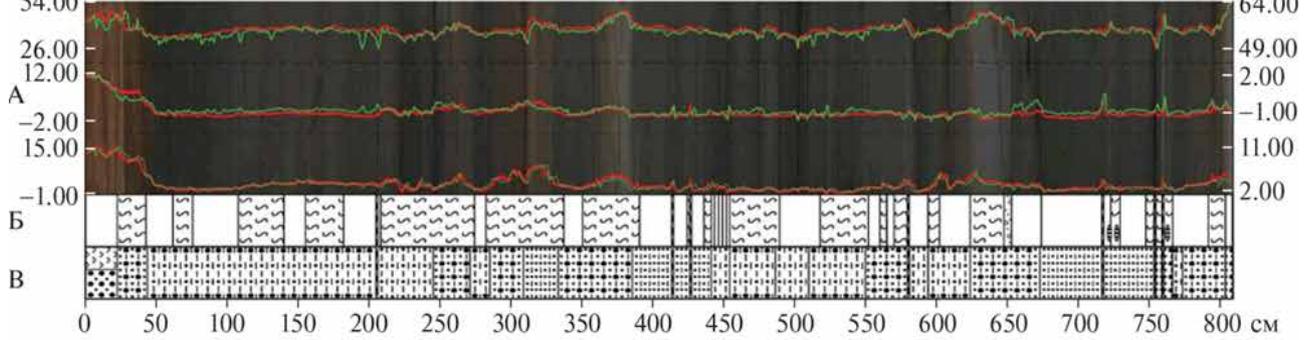
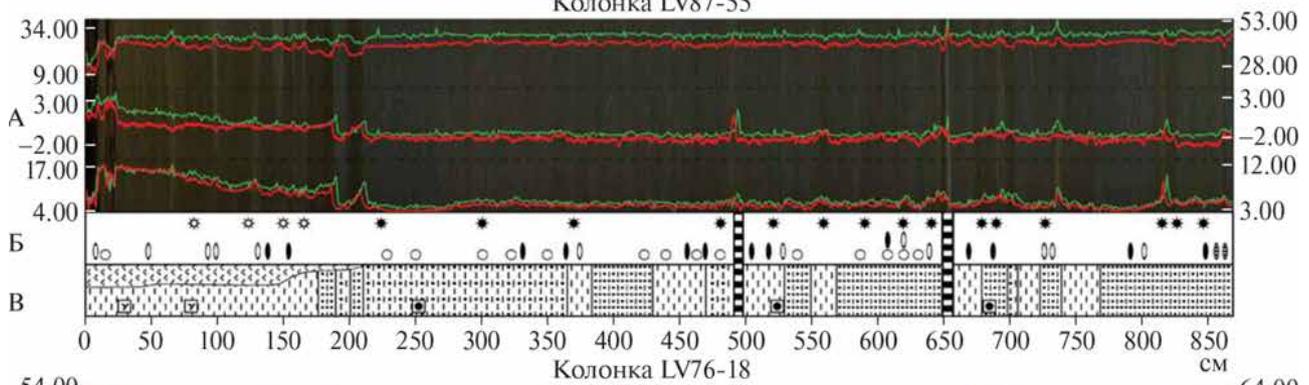
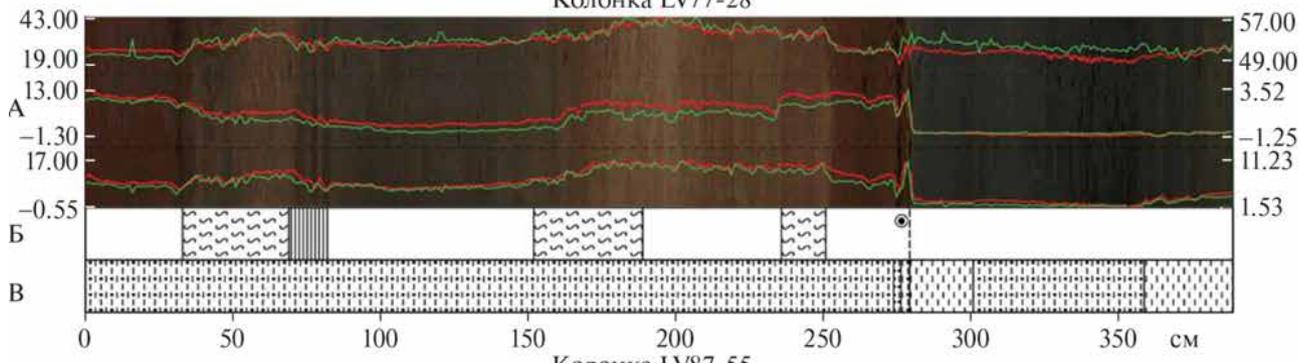
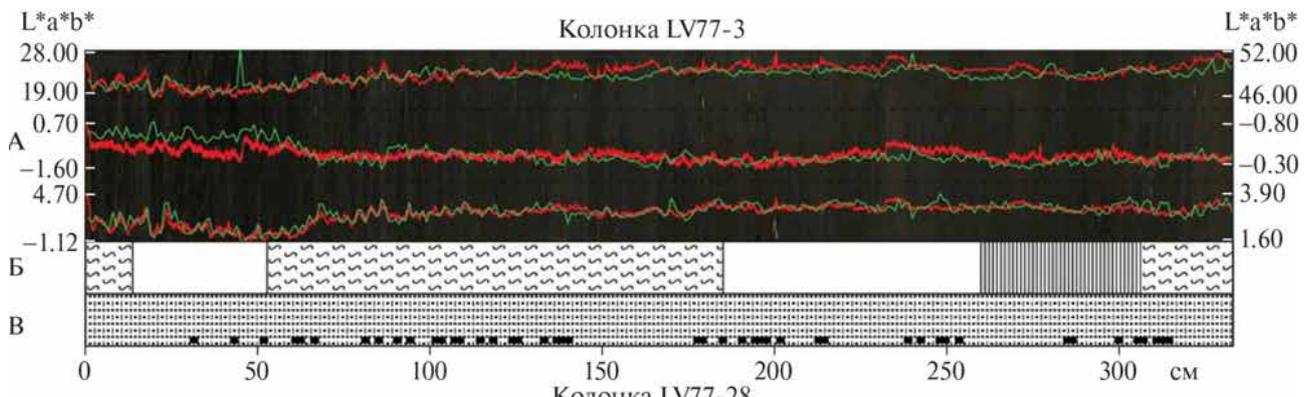
Рис. 5.20. Распределение величины отношения C_i / C_{cp} для Fe (○), Y (+), U (-), Mn (Δ) в донных осадках выбранной последовательности станций (П – почва, Р – река, А – залив).

Fig. 5.20. Distribution of the C_i / C_{av} ratio for Fe (○), Y (+), U (-), Mn (Δ) in bottom sediments of the selected sequence of stations (П – soil, Р – river, А – bay)

5.21. Новая методика получения количественных данных о цвете морских осадков / New method for obtaining quantitative data on the color of marine sediments

к.г.-м.н. А.Н. Колесник., к.г.н. А.А. Босин., к.г.-м.н. О.Н. Колесник,
к.г.-м.н. Е.А. Янченко, к.г.н. Ю.П. Василенко /
A.N. Kolesnik, A.A. Bosin, O.N. Kolesnik, E.A. Yanchenko, Yu.P. Vasilenko

Представлена новая методика количественного определения цвета с помощью оригинальной фотоустановки. Это изобретение относится к измерительным устройствам для определения цвета различных объектов, в том числе со свойствами диффузного и зеркального отражения, и может быть использовано для определения цветовых характеристик горных пород, в том числе для морских донных осадков. Использование новой методики цветоопределения позволит вывести цветометрические исследования в морской геологии на новый, более высокий уровень. Созданная установка готова к практическому применению (решение о выдаче патента № 2020115938/28(026112) от 09.12.2020). На примере многочисленных колонок осадков из Тихого и Северного Ледовитого океанов показаны преимущества фотоустановки перед основным цветометрическим прибором – колориметром. (Колесник А.Н., Босин А.А., Колесник О.Н., Янченко Е.А., Василенко Ю.П. // *Докл. РАН. Науки о Земле*. 2020. Т. 495, № 1. С. 52–57).



- | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |

Рис. 5.21. Различие показаний цветометрической фотоустановки (1) и колориметра (2) для колонок осадков из Тихого и Северного Ледовитого океанов с указанием главных литологических особенностей осадков (А–В, 3–26): А — цвет в виде фотографии (подложка) и в системе координат CIE 1976 L*a*b* (парные кривые, разделенные пунктиром; см. сверху вниз в соответствующем порядке); Б — текстура; В — основной состав и генезис; 3 — однородная текстура; 4 — пятнисто-линзовидная текстура; 5 — слоистость; 6 — биотурбация; 7 — оползание; 8 — размыв (перерыв седиментации); 9 — линзы гидротроилита; 10 — цементация осадка гидроксидами железа, стяжения гидроксидов железа; 11 — включения карбонатов кальция; 12 — включения карбонатов марганца; 13 — пелитовые осадки, терригенные; 14 — пелитовые осадки, терригенно-биогенные (диатомовые); 15 — песчано-алевритовые осадки, терригенно-биогенные (фораминиферовые); 16 — алеврито-песчаные осадки, терригенные; 17 — алеврито-пелитовые осадки, терригенные; 18 — пелито-алевритовые осадки, терригенные; 19 — алеврито-пелито-песчаные осадки, терригенные; 20 — пелито-алеврито-песчаные осадки, терригенные; 21 — галька ледового разноса; 22 — растительный детрит; 23 — ракушка; 24 — прослой и линзы вулканического пепла. Литологическое описание колонок LV77-3 и LV77-28 выполнено А.С. Астаховым, колонки LV87-55 — А.Н. Деркачевым.

*Fig. 5.21. The difference between the readings of the colorimetric photo setup (1) and the colorimeter (2) for sediment columns from the Pacific and Arctic oceans, indicating the main lithological features of sediments (A–B, 3–26): A — color in the form of a photograph (substrate) and in a coordinate system CIE 1976 L*a*b* (paired curves separated by dotted lines; see top to bottom in appropriate order); B — texture; B — basic composition and genesis; 3 — homogeneous texture; 4 — spotty-lenticular texture; 5 — lamination; 6 — bioturbation; 7 — sliding; 8 — erosion (break in sedimentation); 9 — lenses of hydrotroilite; 10 — cementation of the sediment with iron hydroxides, concretions of iron hydroxides; 11 — inclusions of calcium carbonates; 12 — inclusions of manganese carbonates; 13 — pelitic sediments, terrigenous; 14 — pelitic sediments, terrigenous-biogenic (diatoms); 15 — sandy-silty sediments, terrigenous-biogenic (foraminiferal); 16 — silty-sandy sediments, terrigenous; 17 — silty-pelitic sediments, terrigenous; 18 — pelitic-silty sediments, terrigenous; 19 — silty-pelitic-sandy sediments, terrigenous; 20 — pelitic-silty-sandy sediments, terrigenous; 21 — pebbles of ice drift; 22 — plant detritus; 23 — shell; 24 — layers and lenses of volcanic ash. The lithological description of LV77-3 and LV77-28 cores was carried out by A.S. Astakhov, LV87-55 core — Dr. A.N. Derkachev*

Тема «Газогеохимические поля морей Востока Азии, геодинамические процессы и потоки природных газов, влияющие на формирование геологических структур с залежами углеводородов и аутигенной минерализации в донных осадках / Gasgeochemical fields of the eastern Asia, geodynamic processes and natural gas fluxes, influencing to geological structures, hydrocarbon deposits and authigenic mineralization in the bottom sediments»

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

6.1. Газогеохимические показатели донных отложений северной части Восточно-Сибирского моря и котловины Подводников Северного Ледовитого океана / Gas-Geochemical Parameters of Bottom Sediments in the Northern Part of the East Siberian Sea and Podvodnikov Basin of the Arctic Ocean

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

Впервые представлены новые данные газового и химического состава донных осадков окраинно-шельфовой части Восточно-Сибирского моря, континентального склона и котловины Подводников Северного Ледовитого океана. Определены генетические показатели семи групп эпигенетических углеводородных газов. На основании полученных материалов выделены площади распространения предполагаемых нефтегазовых, газонефтяных и нефтяных залежей. В донных осадках установлены три парагенетические группы химических элементов, максимумы концентраций которых связаны с определенными геоструктурами района исследований. Исходя из результатов газогеохимических исследований, следует, что наиболее высокой нефтеперспективностью характеризуются центральная часть Северо-Чукотского осадочного бассейна, Ломоносово-Менделеевская флексурно-разломная зона, континентальный склон, террасы и подножье котловины Подводников. (*Gresov A.I., Sergienko V.I., Yatsuk A.V., Zarubina N.V., Kalinchuk V.V. // Doklady Earth Sciences. 2020. V. 492, pt I. P. 382–386.*)

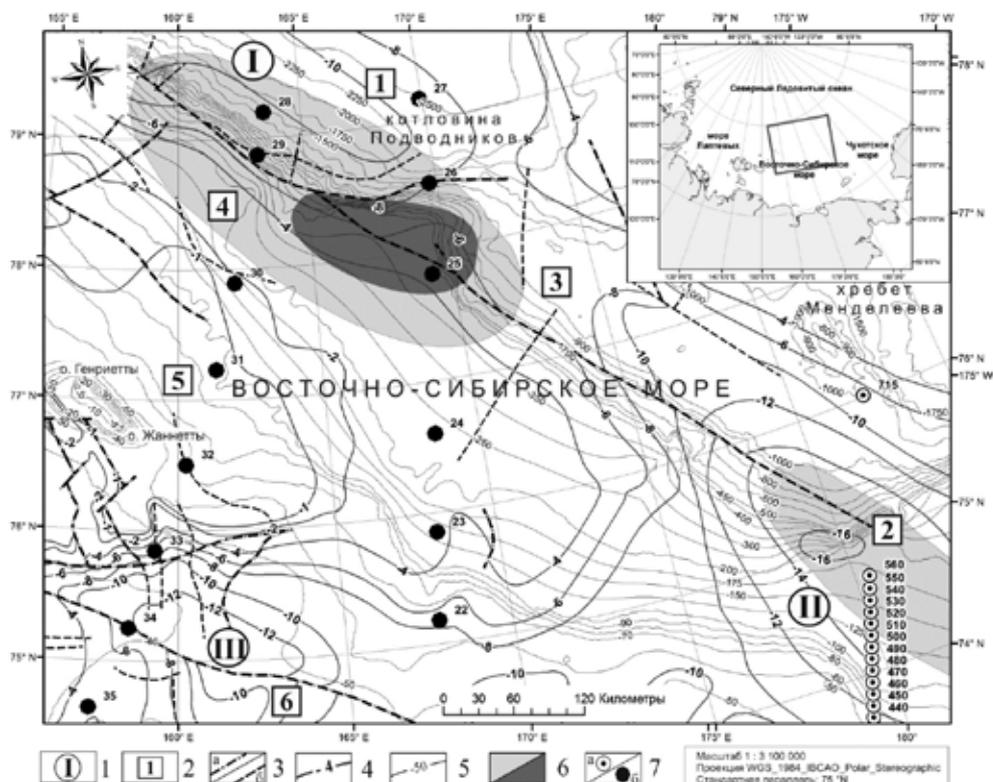


Рис. 6.1. Структурно-тектоническая карта района исследований: 1 – осадочные бассейны: I – Предвосточносибирский, II – Северо-Чукотский, III – Новосибирский; 2 – геоструктуры: 1 – Предвосточносибирский прогиб, 2 – Северо-Чукотский прогиб, 3 – поднятие Кучерова, 4 – Ломоносово-Менделеевская флексурно-разломная зона, 5 – поднятие Лонга, 6 –Новосибирско-Чукотский прогиб; 3 – тектонические нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 4 – стратозогипсы, км; 5 – изобаты, м; 6 – площади распространения предполагаемых газонефтяных и нефтяных залежей (серая и темно-серая заливка); 7 – донные станции и их номера: а – рейс LV-45 (2008 г.), б – LV-77 (2016 г.). На врезке – географическое расположение района исследований.

Fig. 6.1. Structural-tectonic map of the study area: 1 - sedimentary basins: I - Pre-Eastern Siberian, II - North Chukotka, III - Novosibirsk; 2 - geosstructures: 1 - Pre-Eastern Siberian trough, 2 - North Chukotka trough, 3 - Kucherov uplift, 4 - Lomonosov-Mendeleevskaya flexural-fault zone, 5 - Long uplift, 6 - Novosibirsk-Chukotka trough; 3 - tectonic disturbances: a - established, b - assumed; 4 - stratoisohypses, km; 5 - isobaths, m; 6 - areas of distribution of prospective oil and gas deposits (gray and dark gray fill); 7 - bottom stations and their numbers: a - flight LV-45 (2008), b - LV-77 (2016). The inset shows the geographic location of the study area

6.2. Газогеохимические признаки нефтегазоносности юго-восточной части Восточно-Сибирского моря / Gas-geochemical signs of oil and gas content in the southeastern part 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

Представлены новые данные газогеохимических исследований керн донных отложений неглубоких скважин и керноотборных трубок юго-восточного сектора Восточно-Сибирско-

го моря. Определены состав и изотопно-геохимические показатели углеводородных газов в осадках различных литотипов и газоматеринских источников. На основе полученных данных и других материалов выполнена идентификация сингенетических и эпигенетических углеводородных газов донных осадков района исследований. Установлены площади распространения газов современных осадков, угленосных формаций, магматических образований, газовых и предполагаемых конденсатногазовых, газоконденсатных, битумных, нефтегазовых, газонефтяных и нефтяных скоплений и залежей. Выполнена оценка перспектив нефтегазоносности района исследований с геологических и газогеохимических позиций. (Гресов А.И., Яцук А.В. // Геология нефти и газа. 2020. № 4. С. 83-96).

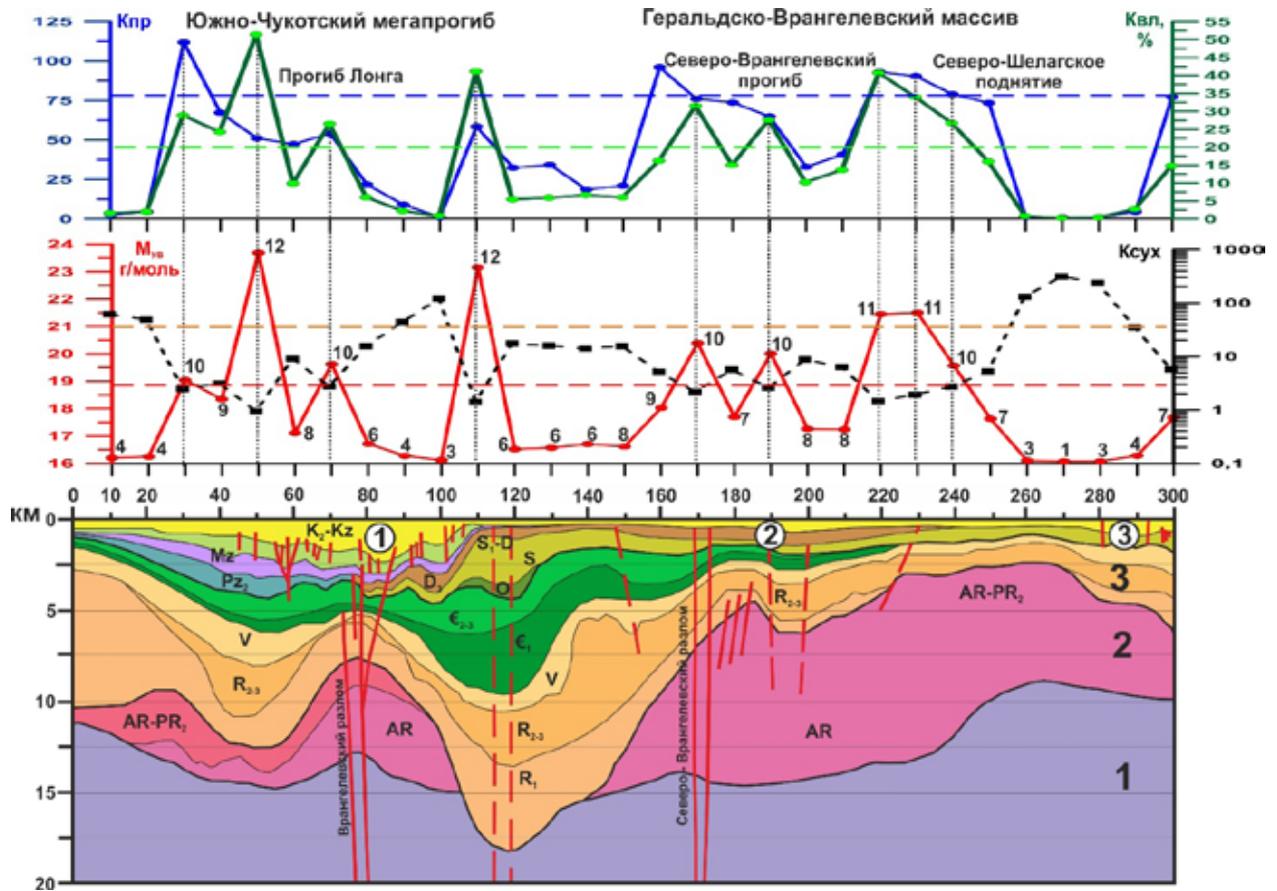


Рис.6.2. Сейсмогеологический разрез юго-восточной части Восточно-Сибирского моря по профилю 5-АР с результатами определения геохимических показателей УВГ донных осадков и выделенными участками распространения предполагаемых нефтегазовых и газонефтяных залежей. 1 – диоритовый слой верхней коры, 2 – гранитно-метаморфический слой верхней коры, 3 – супракрустальный комплекс (рифей-венд-кембрий). В кружках: 1 – впадина Лонга, 2 – Северо-Врангелевский грабен, 3 – Колочинский грабен-рифт. На графике МУВ цифры 1–12 – генетические типы газов. Продольные штриховые линии – нижний предел газогеохимических показателей нефтегазовых залежей.

Fig. 6.2. Schematic map of gas-geochemical zoning of hydrocarbon gases of bottom sediments of the Chaun depression and Aion sedimentary basin. Gases: 1 - modern sediments, 2 - peat bogs (a) and coal deposits (b) (gray circles indicate the supposed deposits of lignites and brown coals, black circles indicate the supposed deposits of coal); 3 - gas deposits (a - Cenozoic age, b - Mesozoic); 4 - magmatic formations; 5 - condensate-gas and gas-condensate deposits; 6 - oil and gas deposits; 7 - tectonic faults: a - faults, b - reverse faults; 8 - isolines of the thickness of the Cenozoic sedimentary cover, km; 9 - bottom stations and their numbers, 10 - wells and their numbers

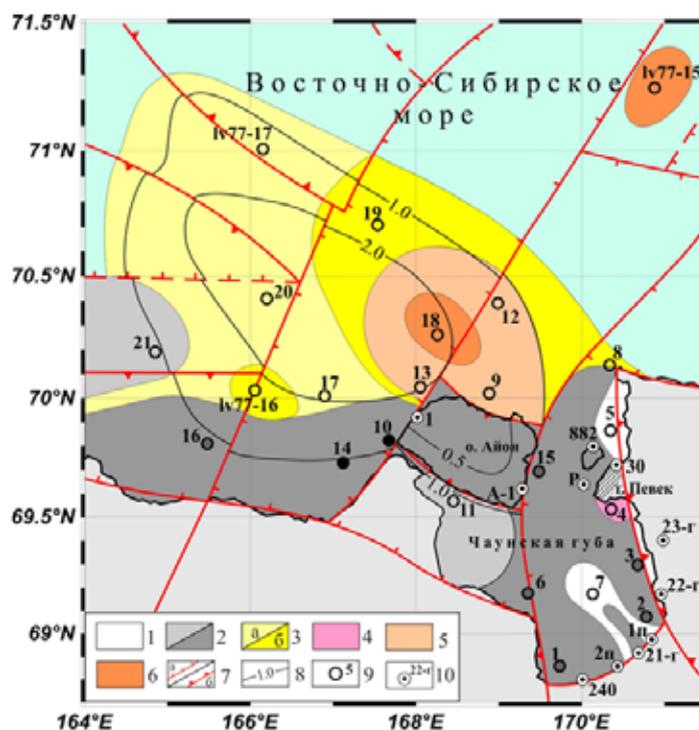
6.3. Геохимия и генезис углеводородных газов Чаунской впадины и Айонского осадочного бассейна Восточно-Сибирского моря / Geochemistry and Genesis of Hydrocarbon Gases of the Chaun Depression and Aion Sedimentary Basin of the East Siberian Sea

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

Представлены результаты газогеохимических исследований Чаунской впадины и Айонского осадочного бассейна Восточно-Сибирского моря. Определен состав природного газа пород, газопроявлений и донных осадков. Установлены показатели молекулярной массы углеводородной фракции и весовых концентраций индивидуальных углеводородов, соотношения которых имеют корреляционно-генетическое значение для углеводородных газов геологических образований. Составлена геохимическая классификация углеводородных газов донных осадков и схематическая карта газогеохимического районирования района исследований. Проведена оценка перспектив нефтегазоносности Чаунской впадины и Айонского бассейна. (Гресов А.И., Якук А.В. // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39, № 1. С. 92–101).

Рис. 6.3. Схематическая карта газогеохимического районирования углеводородных газов донных осадков Чаунской впадины и Айонского осадочного бассейна. Газы: 1 – современных осадков, 2 – торфяников (а) и угольных залежей (б) (серыми кружками выделены предполагаемые залежи лигнитов и бурых углей, черными кружками выделены предполагаемые залежи каменных углей); 3 – газовых залежей (а – кайнозойского возраста, б – мезозойского); 4 – магматических образований; 5 – конденсатногазовых и газоконденсатных залежей; 6 – нефтегазовых залежей; 7 – тектонические нарушения: а – сбросы, б – взбросы; 8 – изолинии мощности кайнозойского осадочного чехла, км; 9 – донные станции и их номера, 10 – скважины и их номера.

Fig. 6.3. Schematic map of gas-geochemical zoning of hydrocarbon gases of bottom sediments of the Chaun depression and Aion sedimentary basin. Gases: 1 - modern sediments, 2 - peat bogs (a) and coal deposits (b) (gray circles indicate the supposed deposits of lignites and brown coals, black circles indicate the supposed deposits of coal); 3 - gas deposits (a - Cenozoic age, b - Mesozoic); 4 - magmatic formations; 5 - condensate-gas and gas-condensate deposits; 6 - oil and gas deposits; 7 - tectonic faults: a - faults, b - reverse faults; 8 - isolines of the thickness of the Cenozoic sedimentary cover, km; 9 - bottom stations and their numbers, 10 - wells and their numbers



6.4. Углеводородные газы в донных отложениях Татарского пролива, Японское море / Hydrocarbon gases in seafloor sediments of Tatar Strait, Sea of Japan

к.г.-м.н. А.В. Яцук, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров,
д.г.-м.н. А.И. Гресов, д.г.-м.н. А.И. Обжиров /
A.V. Yatsuk, R.B. Shakirov, A.I. Gresov, A.I. Obzhirov

Проанализированы все доступные газогеохимические данные по составу и распределению углеводородных газов в донных осадках Южно-Татарского осадочного бассейна (Татарский пролив, Японское море), полученные в ходе пяти морских экспедиций в период с 2012 по 2017 год. Выделены области распространения газогидратов, газовых факелов, аномальных газогеохимических полей в донных осадках. Исследован компонентный состав углеводо-

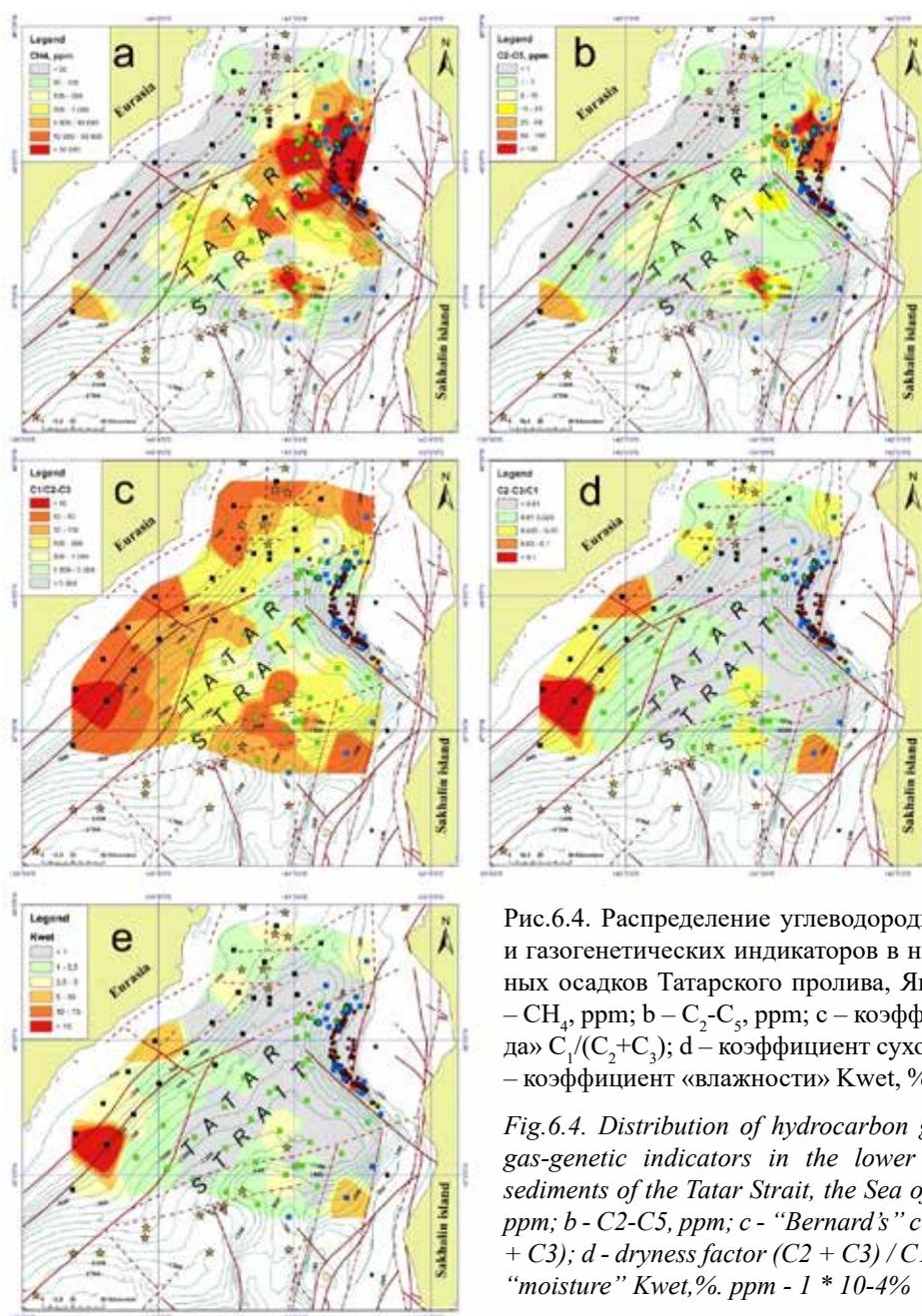


Рис.6.4. Распределение углеводородных газов (УВГ) и газогенетических индикаторов в нижнем слое донных осадков Татарского пролива, Японского моря: а – CH_4 , ppm; б – $\text{C}_2\text{-C}_5$, ppm; в – коэффициент «Бернарда» $\text{C}_1/(\text{C}_2+\text{C}_3)$; д – коэффициент сухости $(\text{C}_2+\text{C}_3)/\text{C}_1$; е – коэффициент «влажности» Kwet , %, ppm – $1 \cdot 10^{-4}$ %.

Fig.6.4. Distribution of hydrocarbon gases (HCG) and gas-genetic indicators in the lower layer of bottom sediments of the Tatar Strait, the Sea of Japan: a - CH_4 , ppm; b - $\text{C}_2\text{-C}_5$, ppm; c - "Bernard's" coefficient $\text{C}_1/(\text{C}_2+\text{C}_3)$; d - dryness factor $(\text{C}_2+\text{C}_3)/\text{C}_1$; e - coefficient of "moisture" Kwet , %, ppm - $1 \cdot 10^{-4}$ %

родных газов (C1-C5) по всему району исследований. Проведена статистическая обработка данных и выполнено газогеохимическое районирование района исследований. Концентрация углеводородных газов в осадке варьировала от 0,38 ppm до 149 000 ppm (медиана – 177 ppm). Впервые для поверхностного слоя донных осадков (интервал 0-15 см) Южно-Татарского осадочного бассейна Японского моря рассчитана региональная фоновая концентрация CH_4 (ниже 5,2 ppm). Построены карты площадного распределения и проведен анализ источников углеводородных газов (УВГ) (рис. 6.4). Районом активной разгрузки метана и УВГ в водную толщу является восточный континентальный склон Татарского пролива. Наличие повышенных концентраций УВГ в поверхностном слое осадков характеризует данный район как активную флюидопроводящую зону разгрузки глубинных источников газа. Полученные результаты подтверждают высокий нефтегазоносный потенциал акватории Татарского пролива, Японского моря. (Yatsuk A., Shakirov R., Gresov A., Obzhirov A. // *Geo-Marine Letters*. 2020. 40. P. 481–490).

6.5. Негативные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ раковин бентосных фораминифер: Голоценовая история метановых событий в центральной части Охотского моря / Negative $\delta^{13}\text{C}$ Excursions in Foraminiferal Records: The Holocene History of Methane Events in the part of the Central Sea of Okhotsk

д.г.-м.н. С.П. Плетнев, В.К. Аннин, И.В. Уткин, О.Ф. Верещagina / S.P. Pletnev, V.K. Annin, I.V. Utkin, O.F. Vereshchagina

Негативные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ отмечены в раковинах бентосных фораминифер в газонасыщенной колонке LV50-05, отобранной в зоне активного выхода метана на подводном склоне Северо-Восточного Сахалина в Охотском море. Они могут отражать локальную историю метановых событий. Хроностратиграфия осадочного разреза колонки строится на восьми AMS ^{14}C -датах и биостратиграфических данных. В одних интервалах виды *Nonionellina labradorica* и *Uvigerina parvocostata* имеют фоновые значения $\delta^{13}\text{C}$ (около -1‰), характеризующие нормальный морской режим. В других интервалах отмечены очень низкие значения (от -2 до $-34,5\text{‰}$ VPDB). Аномальные отрицательные экскурсы $\delta^{13}\text{C}$ интерпретируются как записи метановых эмиссий на дне моря во время первичной биоминерализации и постседиментационной кальцификации раковин. В исследуемом районе установлены четыре метановых события (МС) в голоцене: кратковременные МС-1 (700—900 лет) и МС-2 (1200—1400 лет); долговременные МС-3 (2500—5400 лет) и МС-4 (7400—10 000 лет). (Плетнев С.П., Юньхуа Ву, Романова А.В., Аннин В.К., Уткин И.В., Верещagina О.Ф. // *Геология и геофизика*. 2020. Т. 61, № 4. С. 527—545).

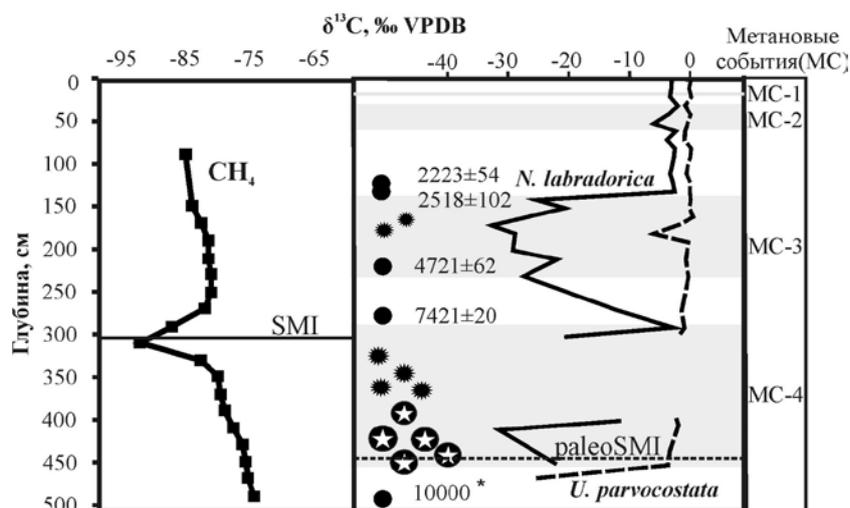


Рис. 6.5. Слева показано положение границы современной SMI и значение $\delta^{13}\text{C}$ в метане поровой воды с минимумом на 300 см. SMI разделяет приповерхностные осадки с низким содержанием CH_4 и высокой концентрацией метана. Она является индикатором анаэробного окисления метана в осадках и возле нее происходит образование метаногенных карбонатных конкреций; справа — AMS14C-даты, изменение $\delta^{13}\text{C}$ в раковинах *N. labradorica* и *U. parvocostata* по длине колонки и древней границы SMI. Серым фоном показаны интервалы метановых событий. Звездочками в круге обозначено положение твердых карбонатных конкреций, черными — мягкие карбонатные конкреции и черным кругом — место отбора AMS C14-дат.

Fig. 6.5. On the left, the boundary position of the modern SMI and the $\delta^{13}\text{C}$ value in pore water methane with a minimum of 300 cm are shown. The SMI separates near-surface sediments with a low CH_4 content and a high methane concentration. It is an indicator of anaerobic oxidation of methane in sediments, and near it methanogenic carbonate nodules are formed; on the right - AMS14C dates, $\delta^{13}\text{C}$ changes in shells of *N. labradorica* and *U. parvocostata* along the length of the core and the ancient SMI boundary. The intervals of methane events are shown in gray. Asterisks in a circle indicate the position of hard carbonate nodules, black - soft carbonate nodules, and a black circle - the location where AMS C14 dates were taken

6.6. Эволюция газовыделений в Охотском море как следствие мел-кайнозойской тектоно-магматической активности в Охотоморском регионе / Gas flows in the Sea of Okhotsk resulting from cretaceous-cenozoic tectonomagmatic activity

д.г.-м.н. А.И. Обжиров, к.г.-м.н. Т.А. Емельянова, к.г.-м.н.
Ю.А. Телегин, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров / A.I. Obzhirov, T.A. Emelyanova,
Yu.A. Telegin, R.B. Shakirov

Приводится модель геологического развития Охотского моря, разработанная на основе изучения радиоизотопного возраста, минерального и изотопно-геохимического состава позднемезозойско-кайнозойских вулканических пород. Выявлены источники магмогенерации – литосферный субконтинентальный, астеносферный океанический и нижнемантийный (плюм-океанический), а также прослежена смена геодинамических режимов. Рассмотрена

взаимосвязь вулканических процессов с газогеохимической активностью, в результате которой формируются потоки газа с аномальными концентрациями и образуются газогидраты. (Обжиров А.И., Емельянова Т.А., Телегин Ю.А., Шакиров Р.Б. // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39, № 2. С. 66-78).

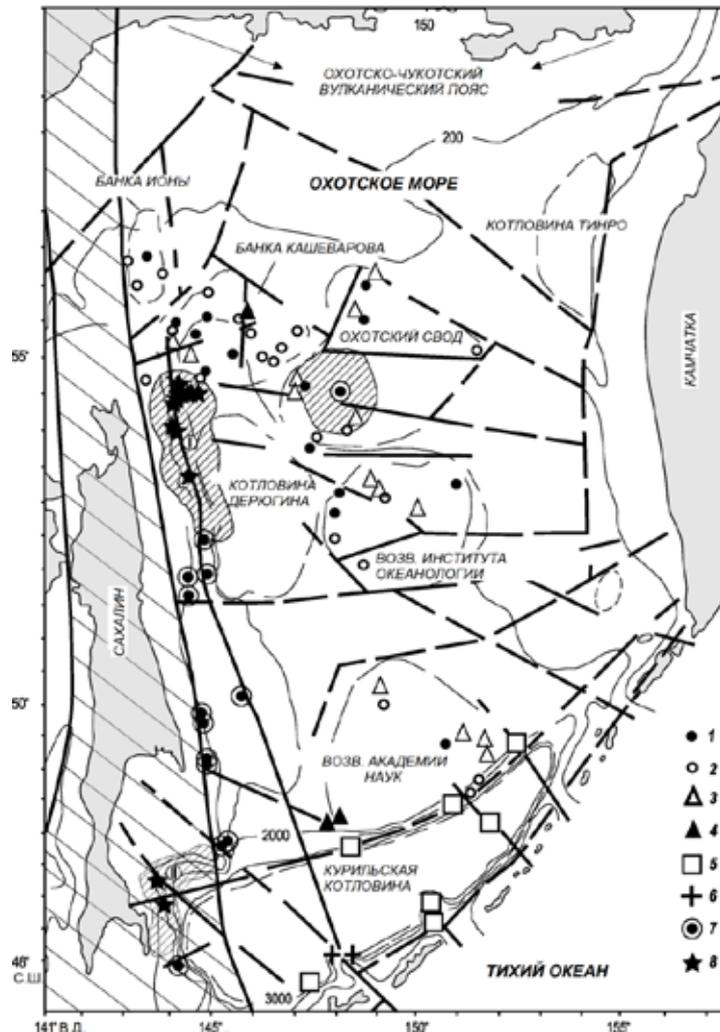


Рис. 6.6. Морфоструктурная схема Охотского моря. Станции драгирования вулканических пород: 1 – раннемеловых, 2 – позднемеловых, 3 – эоценовых, 4 – позднеолигоценовых, 5 – плиоцен-плейстоценовых, 6 – плиоцен-плейстоценовых трахитоидов юга Курильской впадины, 7 – газовые потоки, 8 – газогидраты. Аномальные газогеохимические поля обозначены мелкой штриховкой; Сахалин-Хоккайдская линеаментная система обозначена крупной штриховкой.

Fig. 6.6. Morphostructural scheme of the Sea of Okhotsk. Dredge stations for volcanic rocks: 1 – Early Cretaceous; 2 – Late Cretaceous; 3 – Eocene; 4 – Late Oligocene; 5 – Pliocene-Pleistocene; 6 – Pliocene-Pleistocene trachytoids of the southern Kuril Basin; 7 – gas fluxes; 8 – gas hydrates. The anomalous gas-geochemical fields are shown by small hachures; the Sakhalin-Hokkaido Lineament System is depicted by large hachures

6.7. Аномальные геохимические поля рудных элементов Южно-Татарского осадочного бассейна (Татарский пролив, Японское море) / Anomalous geochemical fields of ore elements in the South Tatar sedimentary basin (Tatar Strait, Sea of Japan)

Д.С. Максеев, к.г.-м.н. К.И. Аксентов, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров /
D.S. Makseev, K.I. Aksentov, R.B. Shakirov

В северной части Японского моря и южной части Татарского пролива установлены новые геохимические аномалии Ti, Zr, Mn, V, S. Основные зоны концентрирования этих элементов находятся в шельфовых и батинальных зонах. Установлено наличие геохимических индикаторов россыпей титанового сырья, приуроченных к конусам выноса рек Тохтинка, Жульман, Неми, Птичья и к механическому барьеру в районе Совгаванского поднятия. Выявлены перспективные зоны концентрации углеводородов по высоким концентрациям серы в зоне динамического влияния разрывных нарушений (в основном сбросы) по границам Тернейского прогиба, в его западной и восточной областях. (Максеев Д.С., Аксентов К.И., Шакиров Р.Б., Федоров С.А., Федорова К.С.) // Известия УГГУ. 2020. Вып. 2(58). С. 39-47).

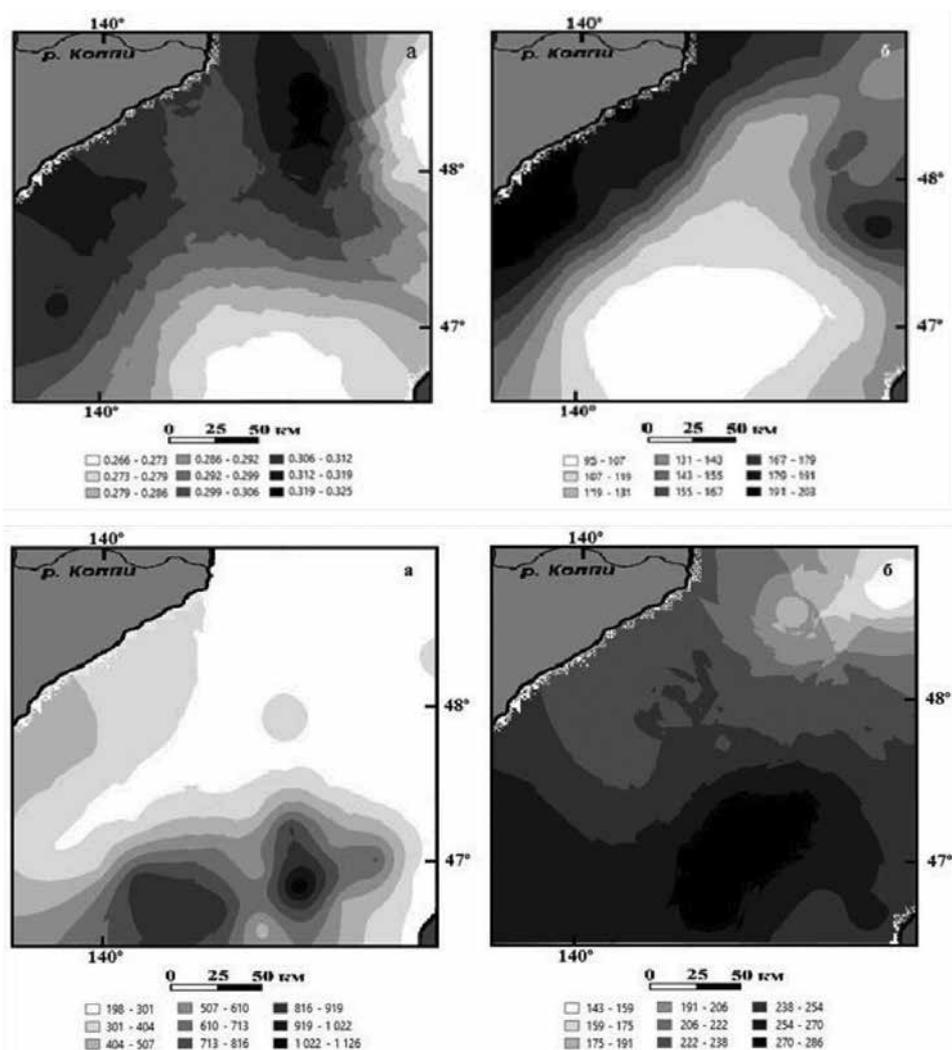


Рис. 6.7. Распределение тяжелых рудных элементов в Южно-Татарском осадочном бассейне (в г/т). Верхняя панель: а - титан, б - цирконий; нижняя панель: а - марганец, б - ванадий.

Fig. 6.7. Ore elements distribution in the Yuzhno-Tatarsky sediment basin (g/ton)– top panel: a – titanium; low pane: l b – zirconium.): a – manganese; b – vanadium

6.8. Икаит в зоне метановой аномалии на континентальном склоне Японского моря / *Ikaite in the zone of methane anomaly on the continental slope of the Sea of Japan*

д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, А.В. Сорочинская, к.г.-м.н. А.В. Яцук и др. /
R.B. Shakirov, A.V. Sorochinskaya, A.V. Yatsuk et al.

Впервые обнаружены уникальные аутигенные карбонатные конкреции, состоящие из минералов икаит, кальцит и ватерит в донных отложениях на юго-западном континентальном склоне залива Петра Великого (б. Посыета, Японское море). Три конкреции обнаружены в одной колонке осадка голоценового возраста с аномально высокими концентрациями метана (до 13% об.). Установлено, что основным источником углерода при формировании икаита являлось органическое вещество осадков. Аномальные концентрации метана в осадках могут свидетельствовать о наличии на изучаемой площади газогидратов, при разрушении которых возникают условия, благоприятные для формирования икаита. Полученные результаты позволяют прогнозировать наличие уникальной минералогической провинции на континентальном склоне Приморского края, а исследуемая площадь является перспективной на поиски газогидратов в Японском море. В кристаллах зафиксированы три энергетических состояния атомов углерода, что является новым в исследовании аутигенной карбонатной минерализации Японского моря. (Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Яцук А.В., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Вовна В.И., Осьмушко И.С., Короченцев В.В. // Вестник КРАУНЦ. Науки о земле. 2020. № 2 (46). С. 72-84).

Рис. 6.8. Фотография уникальной полиминеральной конкреции (икаит – ватерит – кальцит) в осадках континентального склона залива Петра Великого Японского моря.

Fig. 6.8. Photo of the polyminral concretion (ikaite – vaterite – calcite) in the sediments of the continental slope of Great Peter Bay, Japan Sea



6.9. Потоки метана на границе вода-атмосфера в южной части Татарского пролива Японского моря: особенности распределения и изменчивости / *Methane fluxes at the water-atmosphere boundary in the southern part of the Tatar Strait of the Sea of Japan: features of distribution and variability*

д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, к.г.-м.н. М.Г. Валитов, к.г.-м.н., Н.С. Сырбу и др. /
R.B. Shakirov, M.G. Valitov, N.S. Syrbu et al.

Установлено, что в Татарском проливе Японского моря происходит активная эмиссия углеводородных и других газов с максимальными значениями потока метана до 482 моль/(км²×сут.) над газогидратами. Выявленные закономерности распределения метана, водорода, гелия и термогенного изотопного состава углерода метана обусловлены тектономагматическими и флюидодинамическими особенностями геологического строения Татарского пролива и выполняют индикаторную роль для разломов и залежей углеводородов. Доминирующее

влияние на возникновение придонных газогеохимических аномалий метана и на его поток на границе вода-атмосфера имеют плотность распределения и активность подводных геологических источников (разломы, газовые факела, газогидраты, газонасыщенные осадки и др.), а также особенности глубинного строения района: установлена корреляция аномалий геофизических полей, распределения газовых факелов, аномальных полей углеводородных газов и потоков метана в атмосферу по контуру выступа фундамента. По повышенным потокам метана в атмосферу выделяются бортовые (западная, северная и восточная) части Южно-Татарского прогиба. Установленные закономерности могут быть использованы для прогноза скопления газогидратов на других акваториях. (Шакиров Р.Б., Валитов М.Г., Сырбу Н.С., Якук А.В., Обжиров А.И., Мишуков В.Ф., Лифанский Е.В., Мишукова О.В., Саломатин А.С. // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 9. С. 1215-1230).

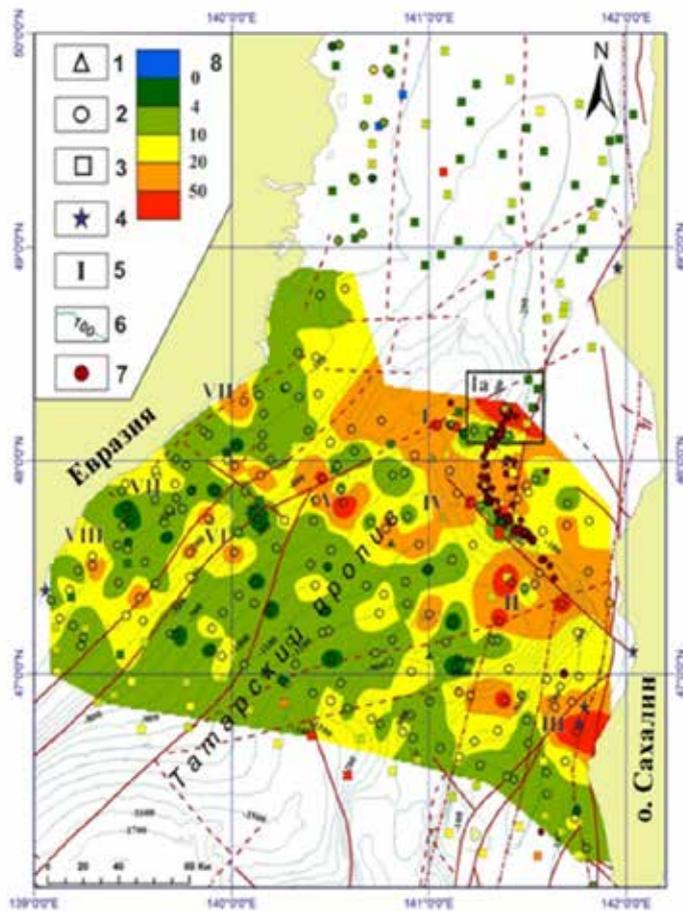


Рис. 6.9. Потоки метана на границе вода-атмосфера, моль/км²×сут и концентраций метана в поверхностном слое (0-15 см) донных осадков в районе исследований. Условные обозначения: 1 – станции отбора проб воды в рейсах LV59, 62, 67; 2 – LV70, OP54; 3 – OP55. 4 - эпицентры крупных землетрясений за 2011-2017 годы; 5 - районы с повышенным значением концентраций метана в поверхностном слое донных осадков; 6 – изобаты; 7 - положения газовых факелов; 8 – поток метана на границе вода-атмосфера, моль/км²×сут. (градация приведена для всех станций); 9 – распределение метана в поверхностном слое донных осадков, CH₄ ppm. Красными линиями показаны разломы: а — достоверные, б - скрытые, в - предполагаемые, г - прочие: Ц-С - Центрально-Сахалинский, З-С - Западно-Сахалинский, Р-М - Ребун-Монеронский по [Шапошников и др., 1994, 1995; Дымович и др., 2016; Геология...,2004]. Прямоугольником выделена часть района, в котором была произведена наиболее детальная съемка.

Fig. 6.9. Methane fluxes at the water-atmosphere interface, mol / km² × day and methane concentrations in the surface layer (0-15 cm) of bottom sediments in the study area. Legend: 1 - water sampling stations on flights LV59, 62, 67; 2 - LV70, OP54; 3 - OP55. 4 - epicenters of large earthquakes for 2011-2017; 5 - areas with an increased value of methane concentrations in the surface layer of bottom sediments; 6 - isobaths; 7 - positions of gas flares; 8 - methane flux at the water-atmosphere boundary, mol / km² × day. (gradation is given for all stations); 9 - distribution of methane in the surface layer of bottom sediments, CH₄ ppm. The red lines show the faults: a - reliable, b - hidden, c - assumed, d - others: Ts-S - Central Sakhalin, W-S - West Sakhalin, RM - Rebun-Moneronsky according to [Shaposhnikov et al. 1994, 1995; Dymovich et al., 2016; Geology ..., 2004]. The rectangle marks the part of the area in which the most detailed survey was made

6.10. Газогеохимические поля и повышенные концентрации металлов в донных отложениях Восточно-Сибирского моря / Gas-geochemical fields and increased metal concentrations in the East Siberian Sea

д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, А.В. Сорочинская, к.г.-м.н. Н.С. Сырбу
/ R.B. Shakirov, A.V Sorochinskaya, N.S. Syrbu

В донных отложениях Восточно-Сибирского моря по меридиональному профилю от м. Биллингса до хребта Менделеева выявлены зоны с аномальными концентрациями метана (до 2,4 об. %) и водорода (до 600 ppm), которые контролируются неотектоническими разломами и характерны для районов газогидратообразования. Выявлены благоприятные условия для концентрации ряда полезных элементов: Mn, Cu, Ag в зонах газовых аномалий в осадках (метан, водород и др.). Накоплению аномального содержания металлов способствуют специфические геологические условия, которые возникают в зонах газовых аномалий в пределах тектонически активных структур, где присутствуют мелкозернистые осадки, обогащенные органическим веществом. Таким образом, аномальные газогеохимические поля могут быть использованы для поисков не только углеводородных залежей, но и некоторых рудных элементов. Этот подход может быть особенно эффективным на акваториях с низкой сейсмической активностью, таких как моря восточносибирского шельфа и некоторые окраинные моря Тихого океана, например, Южно-Китайское море. (Shakirov R.B., Sorochinskaja A.V., Syrbu N.S. // Vietnam Journal of Earth Sciences. 2020. 42(4) 395-410).

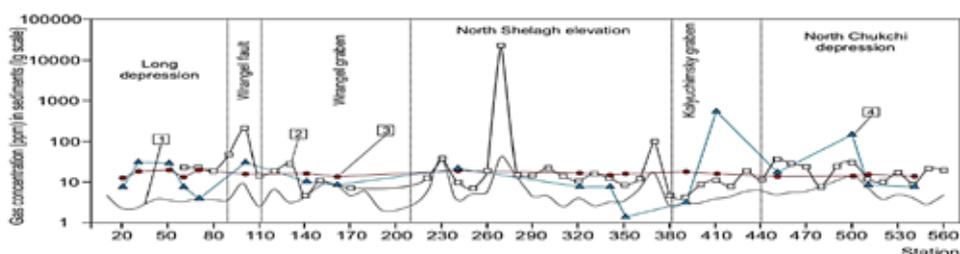


Рис. 6.10. Концентрации метана, гелия и водорода (ppm) в поверхностных осадках по профилю мыс Биллингса – хребт Менделеева в Восточно-Сибирском море: 1-метан (интервал 0-5 см); 2-метан (интервал 80–120 см); 3-гелий; 4-водород.

Fig. 6.10. Methane, helium and hydrogen concentrations (ppm) in the sediments along the Cape Billings – Mendeleev Ridge profile in the East-Siberian Sea: 1 – methane (0-5 cm bsf); 2 – methane (80-120 cm below seafloor); 3 – helium; 4 - hydrogen

6.11. Особенности и методы исследований подводных газогидратов и их ресурсов в морях Восточной Азии / Features and research methods of underwater gas hydrates and their resources in the seas of East Asia

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

В работе рассмотрены факторы, причинно-следственные связи между ними, выявлены наиболее значимые условия, способствующие образованию подводных газогидратов. На основе карт распространения природных факторов в исследуемых морях с помощью ГИС-модели

лирования определены наиболее перспективные и вероятные газогидратоносные акватории. (Шакирова М.В., Обжиров А.И., Соколова Н.Л., Телегин Ю.А., Шакиров Р.Б. // Подводные исследования и робототехника. 2020. 3 (33) 63 -71.).

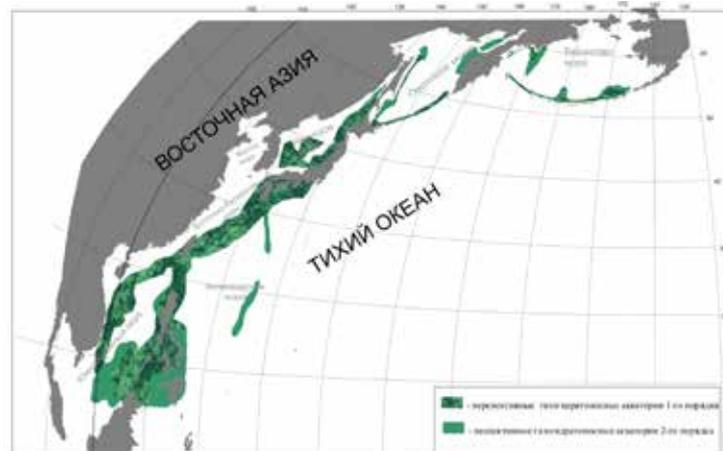


Рис. 6.11. Перспективные газогидратоносные районы в морях Восточной Азии (схема).

Fig. 6.11. Promising gashydrate prone areas in the East Asia Seas (scheme)

Тема «Изучение изменчивости параметров арктической системы “литосфера-гидросфера-атмосфера” в тихоокеанском секторе Арктики и Субарктики: физические, геофизические, биогеохимические и геологические аспекты / Study of variability of the arctic system “lithosphere-hydrospher-atmosphere” parameters in the pacific sector of the Arctic and Subarctic: physical, geophysical, biogeochemical and geological aspects»

Научный руководитель чл.-корр. РАН И.П. Семилетов
Scientific supervisor corr. –member RAS I.P. Semiletov

7.1. Ремобилизация углерода из сибирско-арктической вечной мерзлоты во время трех прошедших потеплений / Remobilization of dormant carbon from Siberian-Arctic permafrost during three past warming events

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

В керне донных осадков материкового склона Восточно-Сибирского моря (станция SWERUS-L2-31-PC1, глубина 1120 м) проанализированы распределение изотопов ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{14}\text{C}$) и молекулярных биомаркеров углерода, объемной плотности и магнитной восприимчивости, выполнено рентгено-флюоресцентное сканирование. На основании полученных данных для последних 30 тыс. лет позднечетвертичного времени выделены три периода потепления, происшедших на Северо-Востоке Сибири. Они происходили ~28, 14,7÷12,9 и ~11,7 тыс. лет назад и сопровождалась усилением деградации многолетней мерзлоты, увеличением примерно на порядок объемов эмиссии в атмосферу углекислого газа (рис. 7.1). Наиболее выражено последствия потепления проявились в последнюю раннеголоценовую дегляциацию, повлекшую быстрое затопление приморских равнин. Полученные результаты продемонстрировали высокую чувствительность углерода многолетнемерзлых отложения к климатическим изменениям (Martens J., Birgit Wild B., Muschitiello F., O'Regan M., Jakobsson M., Semiletov I., Dudarev O., Gustafsson Ö. // *Sci. Adv.* 2020. 6: eabb6546 16 October 2020).

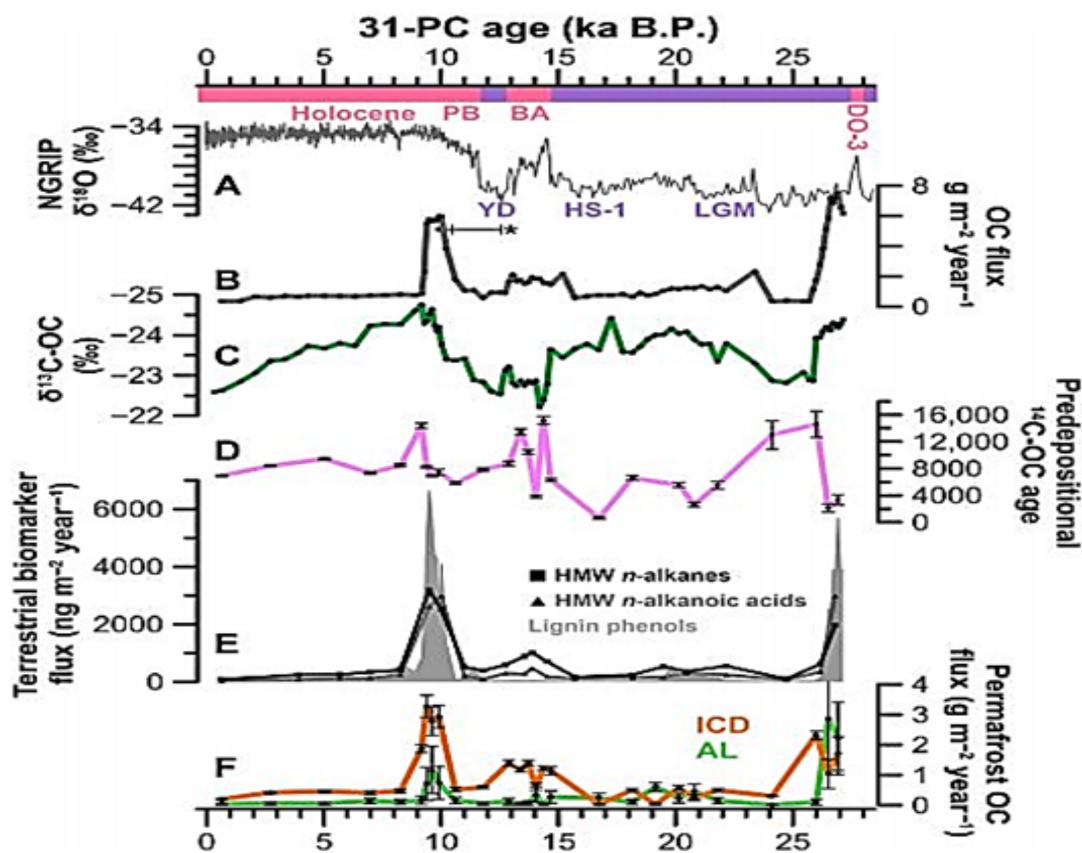


Рис. 7.1. Вариации значений изотопных и молекулярных биомаркеров отложений керн 31-PC в течение последних 27 тыс. лет.

A – запись изменений величин $\delta^{18}\text{O}$ керн льда Гренландии (NGIP); B – суммарный поток ОС в отложениях керн; C – изменчивость ОС и $\delta^{13}\text{C}$; D – возраст по ОС и $\delta^{14}\text{C}$; E – наземные биомаркеры (лигнин, фенолы, высокомолекулярные *n*-алканы и *n*-алкановые кислоты); F – суммарный поток ОС (ICD, AL – активный слой мерзлоты, DO-3 – событие Лансгаард-Эпгер, LGV – последний гляциал, HS-1 – межстадиал Heinrich, BA – теплый интерстадиал Беллинг-Аллереда, YD – холодный стадиал дриаса, EH/PB – интерстадиал с пребореалом.

Fig. 7.1. Variability of isotopic and molecular characteristics of SWERUS-L2-31-PC1 core deposits during the last 27 thousand years.

A - record $\delta^{18}\text{O}$ of the ice core of Northern Greenland (NGRIP), B - total organic carbon flux of the OC at SWERUS-L2-31-PC1 station, C - OC and $\delta^{13}\text{C}$, D - OC age by $\delta^{14}\text{C}$, E - fluxes of terrestrial biomarkers (lignin, phenols, high molecular weight *n*-alkanes and *n*-alkanoic acids), F is the contribution of the total OC flux (where ICD is permafrost, AL is the active layer of permafrost. DO-3 is the Dansgaard-Epger event, LGV is the cold last glacial maximum, HS-1 - Heinrich stadial, BA - Belling-Allereda warm interstadial, YD - Cold Dryas stadial, EH (RV) - Interglacial, including preboreal

7.2. Характерные особенности молекулярного состава органического вещества осадков моря Лаптевых в районах аномального выброса метана / Characteristic features of the molecular composition of organic matter in sediments of the Laptev Sea in areas of abnormal methane emissions

к.т.н. Д.В. Черных, д.г.-м.н. О.В. Дударев, д.г.н. И.П. Семилетов /
D.V. Chernykh, O.V. Dudarev, I.P. Semiletov

Методами хромато-масс-спектрометрии, изотопной хромато-масс-спектрометрии и пиролитического анализа Rock-Eval проанализированы образцы донных осадков с участка массивированной эмиссии метана на внешнем шельфе моря Лаптевых. В молекулярном составе органического вещества (ОВ) осадков выявлены соединения, характеризующие значительный вклад терригенной компоненты. Обнаружены соединения, являющиеся биомаркерами метанотрофных микроорганизмов. Среднее содержание С30 гопанов в донных осадках участков массивированного выброса метана со дна в 2 раза выше, чем на фоновых станциях за пределами участка массивированной эмиссии метана. Увеличение в ОВ содержания С30 и С32 αβ-гопанов в 1,5 раза по сравнению с фоновыми станциями, и одновременное снижение значения моретанового индекса относительно С31 гопанового индекса, позволяет предположить миграцию нефтепроизводного ОВ (микронефти). Обнаруженные в молекулярном составе тритерпеноиды, которые служат составными звеньями цепочки диагенетического преобразования ОВ бактериального происхождения, могут говорить о метанообразовании за счет жизнедеятельности сульфатредукторов и метанотрофов (рис. 7.2) (Гринько А., Гончаров И., Шахова Н., Густафссон О., Обласов Н., Романкевич Е., Зарубин А., Кашапов Р., Черных Д., Гершелис (Панова) Е., Дударев О., Мазуров А., Семилетов И. // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 4. С. 560—585).

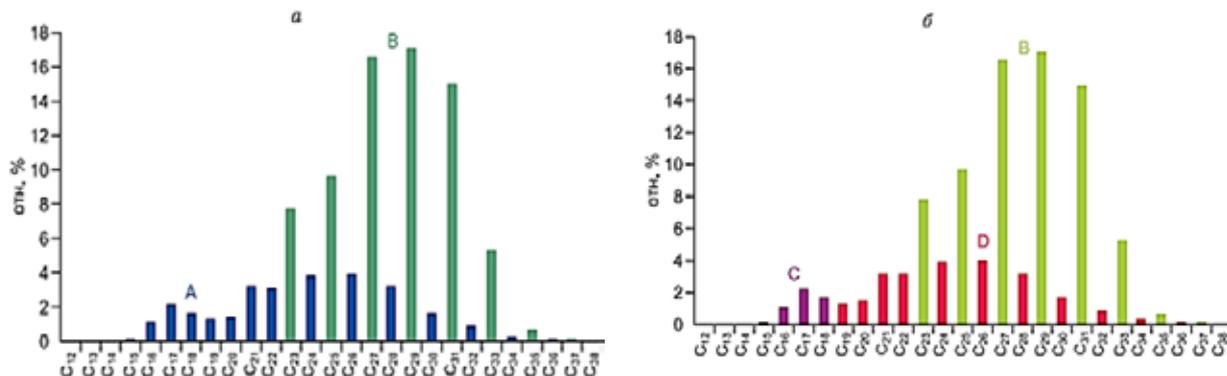


Рис. 7.2. Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов (на примере донных осадков станции, расположенной в месте массивированного выброса метана, внешний шельф моря Лаптевых).

а - маркеры наземной растительности: А – сумма площадей пиков четных низкомолекулярных *n*-алканов, В - сумма площадей пиков четных высокомолекулярных *n*-алканов C_{23-37} ; б – маркеры, отражающие ОВ морского и бактериального генезиса, а также нефтяной компоненты: С – сумма площадей пиков четных низкомолекулярных *n*-алканов C_{12-18} , D - сумма площадей пиков четных высокомолекулярных *n*-алканов C_{19-38} .

Fig. 7.2. Molecular mass distribution of *n*-alkanes (by the example of bottom sediments of a station located in a place of massive methane release, outer shelf of the Laptev Sea).

a - markers of terrestrial vegetation: A - the sum of the peak areas of even low molecular weight *n*-alkanes, B - the sum of the peak areas of even high molecular weight *n*-alkanes C_{23-37} ; *b* - markers reflecting the OM of marine and bacterial genesis, as well as the oil component: C - the sum of the peak areas of even low molecular weight *n*-alkanes C_{12-18} D - the sum of the peak areas of even high molecular weight *n*-alkanes C_{19-38} .

Тема «Изучение фундаментальных основ возникновения, развития, трансформации и взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических полей в условиях глубокого и мелкого моря / Fundamental study of the origin, development, transformation and interaction of hydroacoustic, hydrophysical and geophysical fields in deep and shallow seas»

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

8.1. Микросейсмы «голоса моря» / Microseisms of the “Voice of the Sea”

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, к.ф.-м.н. В.А. Чупин / G.I. Dolgikh, V.A. Chupin

Установлено, что при движении тайфунов в прибрежной зоне в частотном диапазоне 5-10 Гц генерируются микросейсмы «голоса моря», регистрируемые лазерным деформографом. Показано, что время появления микросейсм «голоса моря» совпадает со временем прихода первичных микросейсм, генерируемых прогрессивными морскими волнами (рис. 8.1).

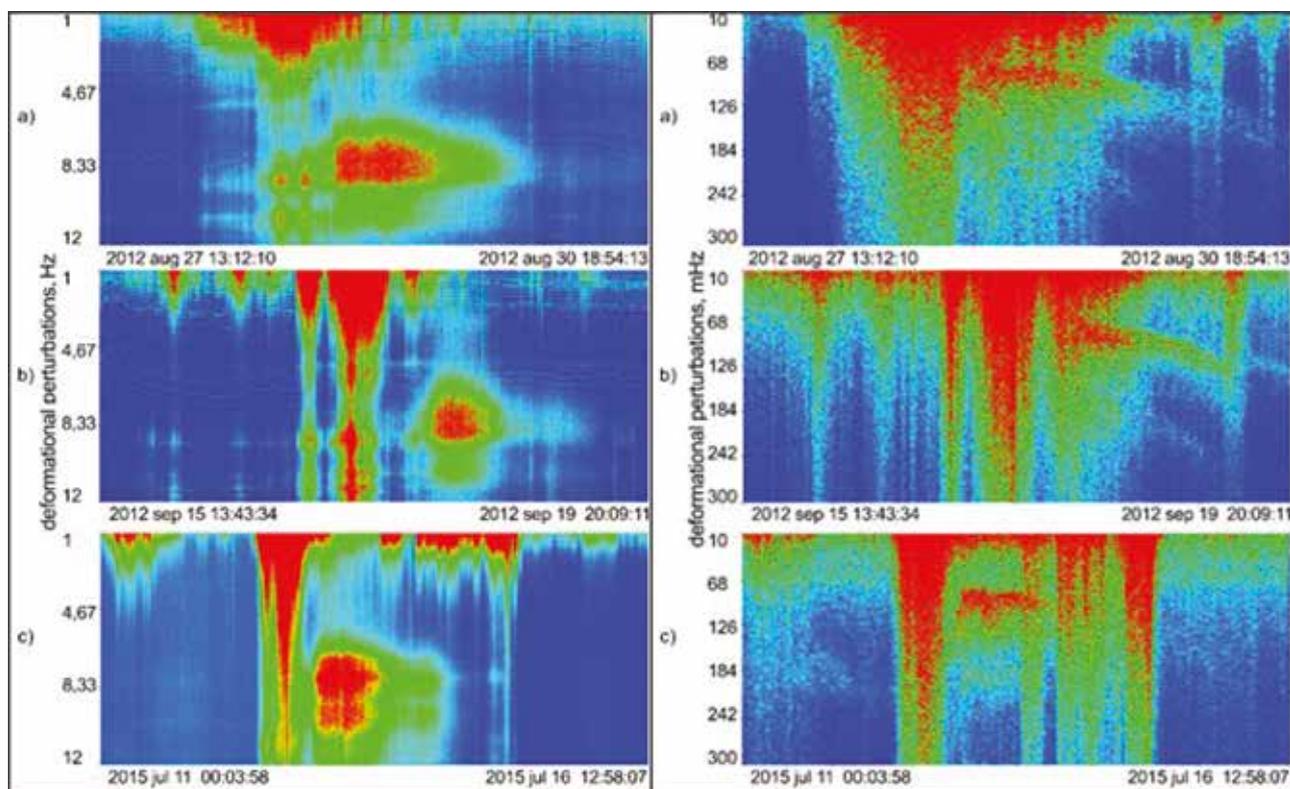


Рис. 8.1. Динамические спектрограммы лазерного деформографа в диапазоне микросейсм «голоса моря» (слева), первичных и вторичных микросейсм (справа), генерируемых прогрессивными и стоячими морскими волнами, при движении трёх тайфунов.

Fig. 8.1. Dynamic spectrograms of the laser strainmeter in the range of “voice of the sea” microseisms (left), primary and secondary microseisms (right), generated by progressive and standing sea waves, during the movement of three typhoons

Исчезновение микросейсм «голоса моря» коррелирует с исчезновением первичных микросейсм и слабо коррелирует с исчезновением вторичных микросейсм. Максимальный ветер не всегда совпадает с максимальными микросейсмными «голоса моря». По данным двухкоординатного лазерного деформографа установлена зона генерации максимальных амплитуд микросейсм «голоса моря», которая территориально находится вблизи м. Поворотный Японского моря. (Dolgikh G., Chupin V., Gusev E. // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2020. V. 15, № 5. P. 750-754.).

8.2. Исследование поведения низкочастотных гидроакустических волн на шельфа убывающей глубины / Study of low-frequency hydroacoustic waves behavior at the shelf of decreasing depth

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, С.С. Будрин, к.ф.-м.н. С.Г. Долгих,
к.ф.-м.н. В.А. Чупин, к.т.н. С.В. Яковенко /
G.I. Dolgikh, S.S. Budrin, S.G. Dolgikh, V.A. Chupin, S.V. Yakovenko

Экспериментальные и модельные исследования выявили общие закономерности распространения низкочастотных гидроакустических волн на шельфе убывающей глубины и их трансформации в сейсмоакустические волны поверхностного типа на границе раздела «вода-дно». Установлено, что на глубине моря, равной более половины длины гидроакустической волны на 9% -10%, около 4% -7% энергии гидроакустических волн преобразуется в сейсмоакустическую энергию волн рэлеевского типа. С уменьшением глубины процент преобразованной энергии резко возрастает (рис. 8.2). Полученные экспериментальные результаты позволили определить критическую глубину, на которой шельф “запирает” прохождение гидроакустической энергии в воде на частоте 22 Гц. Эта глубина, полученная по экспериментальным данным, равна 17,8 м и очень хорошо совпадает с теоретическими расчетами. При уменьшении частоты излучаемого гидроакустического сигнала этот эффект будет проявляться на больших глубинах. Так, например, при излучении гидроакустического сигнала с частотой 1 Гц на шельфе уменьшающейся глубины и при аналогичных упругих параметрах морского дна этот сигнал не будет распространяться в воде, а будет распространяться в дне, начиная с глубин около 390 м. (Dolgikh G.I., Piao Shengchun, Budrin S.S., Song Yang, Dolgikh S.G., Chupin V.A., Yakovenko S.V., Dong Yang, Wang Xiaohan // *Applied Sciences*. 2020. V. 10, No. 9. P. 3183).

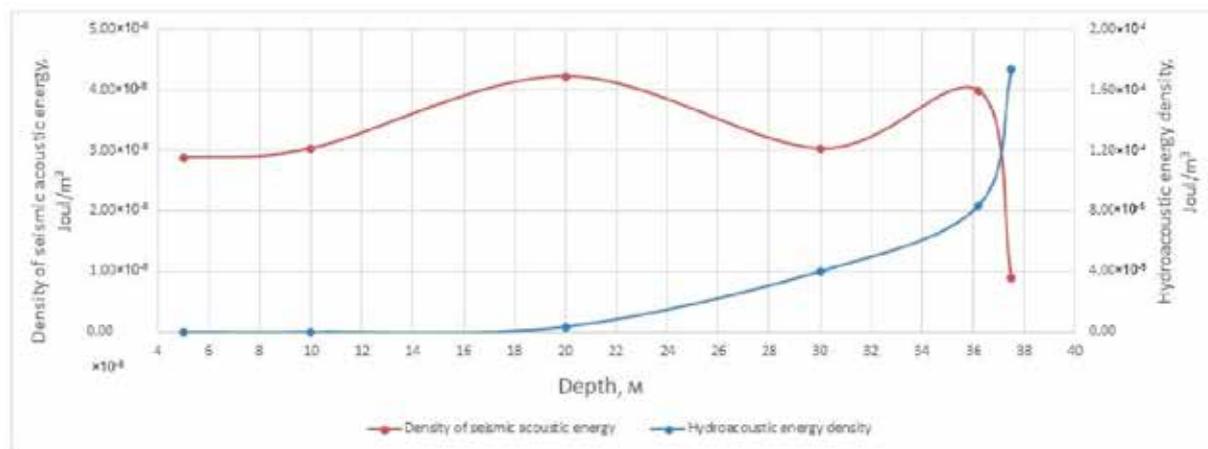


Рис. 8.2. Графики зависимости плотности энергии сейсмоакустических и гидроакустических волн от глубины.

Fig. 8.2. Graphs of the dependence of the energy density of seismoacoustic and hydroacoustic waves on the depth

8.3. Колебания уровня моря, вызванные гравитационными и инфра-гравитационными морскими волнами / Fluctuations of the sea level caused by gravitational and infra-gravitational sea waves

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

Изучена связь вариаций основных периодов гравитационных морских волн с дисперсией и эффектом Доплера, вариациями скорости и направления ветра в зоне действия тайфунов. При совместном анализе вариаций гидросферного давления диапазонов гравитационных и инфрагравитационных морских волн изучены их энергетические отношения, определены региональные инфрагравитационные морские волны, вносящие существенный вклад в энергию инфрагравитационного диапазона. Установлено, что изменение суммарной энергии морских инфрагравитационных волн (20 с – 8 мин) коррелирует с изменением суммарной энергии морских гравитационных волн (2-20 с) (рис. 8.3), что свидетельствует в пользу теории о генерации морских инфрагравитационных волн гравитационными морскими волнами (Dolgikh G.I., Budrin S.S., Dolgikh S.G. // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020. 8 (10). 796.).

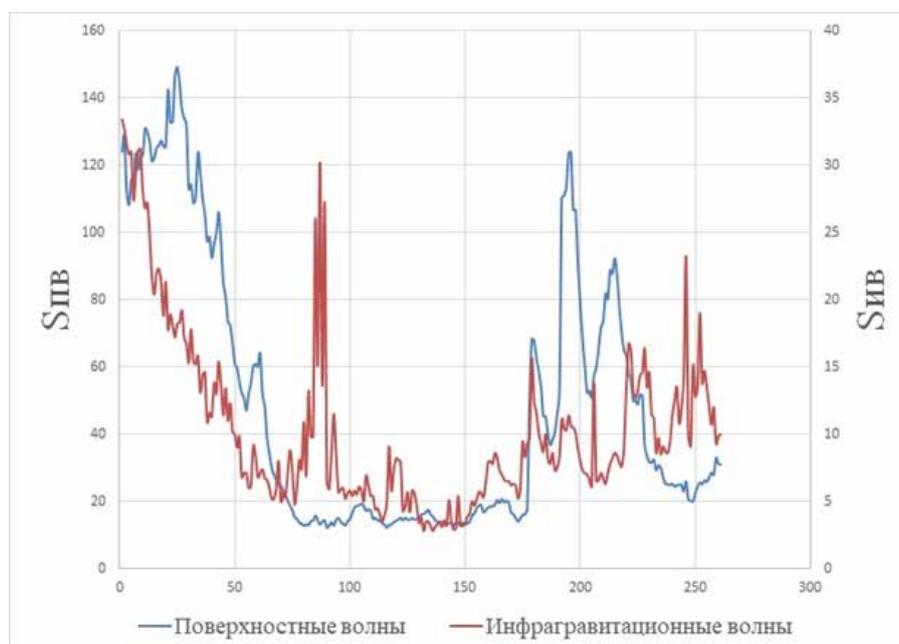


Рис. 8.3. Изменение относительной энергии поверхностных морских волн (Sv) и инфрагравитационных морских волн (Siv).

Fig. 8.3. Change in the relative energy of surface sea waves (Sv) and infragravity sea waves (Sv)

8.4. Принципы построения «деформационной антенны Земли» / Construction Principles of an Earth Strain-Metering Antenna

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих / G.I. Dolgikh

Определены принципы построения «деформационной антенны Земли» на территории России, предназначенной для регистрации и пеленгации колебаний и волн широкого диапа-

зона частот, начиная от инфразвукового до диапазона гравитационных волн. Располагая лазерные деформографы классического и маятникового типов в определённых точках России можно получить уникальный комплекс по чувствительности и частотному диапазону превосходящий комплекс проекта LIGO. Максимальная чувствительность антенны может быть достигнута на базе «м. Шульца – Севастополь», равная 10^{-24} в частотном диапазоне 3-43 Гц. На базе «Фрязино – Протвино» может быть достигнут наибольший частотный диапазон (3-2479 Гц) при чувствительности 3.4×10^{-21} . (Долгих Г.И. // ПЖТФ. 2020. Т. 46, Вып. 7. С. 3-7; Dolgikh G.I. // Technical Physics Letters. 2020. V. 46, No. 4. P. 309–313).

8.5. Атмосферно-литосферное взаимодействие в минутном диапазоне периодов / Interaction of the atmosphere and lithosphere in the minute rang of periods

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

Рассмотрены особенности атмосферно-литосферного взаимодействия в минутном диапазоне периодов. При обработке синхронных экспериментальных данных, полученных с помощью лазерных деформографов и лазерного нанобарографа, разработана методика оценки воздействия атмосферных процессов на литосферные. Учёт воздействия атмосферных процессов на литосферные позволяет более чётко выделять гидросферно-литосферные колебания и волны данного диапазона периодов. При обработке синхронных экспериментальных данных (рис. 8.5) с применением современных методов спектрального оценивания было установлено, что в спектрах отдельных синхронных записей лазерных деформографов и лазерного нанобарографа были выделены значительные максимумы на периодах около 2 мин 21 с, 4 мин 33 с, 7 мин 35 с, 8 мин 32 с, 11 мин 23 с, 13 мин 39 с, 22 мин 45 с, 34 мин 08 с. (Долгих Г.И., Долгих С.Г., Василевская Л.Н., Лусина И.А. // ДАН. 2020. Т. 490, № 1. С. 22–26).

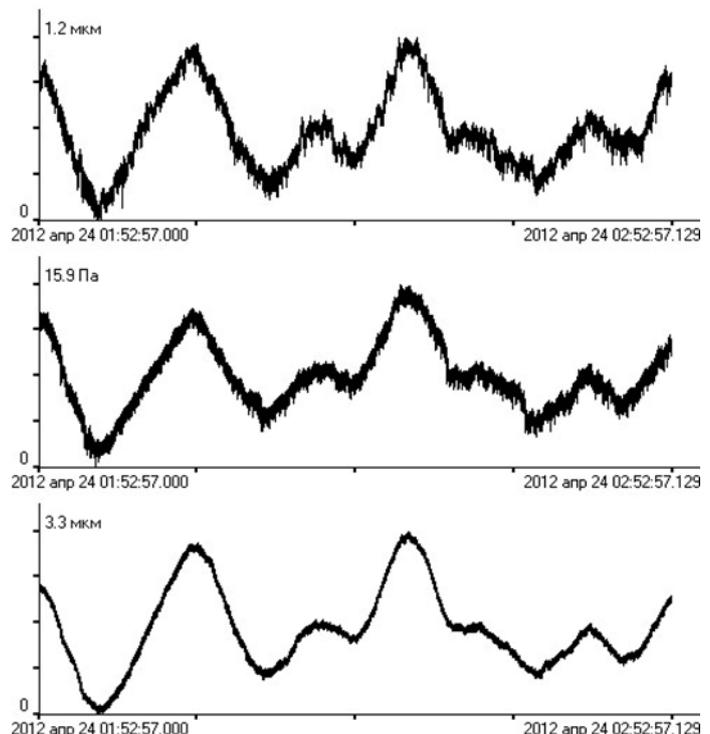


Рис. 8.5. Синхронные участки записей 17.5-метрового лазерного деформографа, лазерного нанобарографа, 52.5-метрового лазерного деформографа (сверху-вниз).

Fig. 8.5. Synchronous sections of records of 17.5 m laser strainmeter, laser nanobarograph, 52.5 m laser strainmeter (top-down)

8.6. Автогенерационные процессы в системе «атмосфера - земная кора» / Self-Generating Processes in the System «Atmosphere–Earth’s Crust»

д.ф.-м.н. Г.И. Долгих, С.С. Будрин, к.т.н. С.В. Яковенко /
G.I. Dolgikh, S.S. Budrin, S.V. Yakovenko

При анализе полученных экспериментальных данных изучены особенности возникновения автогенерационных процессов в системе «атмосфера – земная кора», при которых энергия нелинейных колебаний земной коры последовательно передаётся от высокочастотных (20-30 с) до низкочастотных (4-5 мин) (рис. 8.6). Описаны причины возникновения автогенерационных колебаний, а также их поведение в зависимости от изменений атмосферного давления. Возможно, они связаны с основными тонами и обертонами высоких порядков собственных колебаний Земли, которые могут существовать при относительно низкой сейсмоактивности Земли, возможно, с существующими в рассматриваемых регионах конкретных осцилляторов-генераторов. Различие в периодах рассматриваемых колебаний на м. Шульца и на юге о. Тайвань, но подобие их динамических особенностей, делают второе предположение более реалистичным. (Долгих Г.И., Будрин С.С., Яковенко С.В. // ДАН. 2020. Т. 490, № 2. С. 57-60).

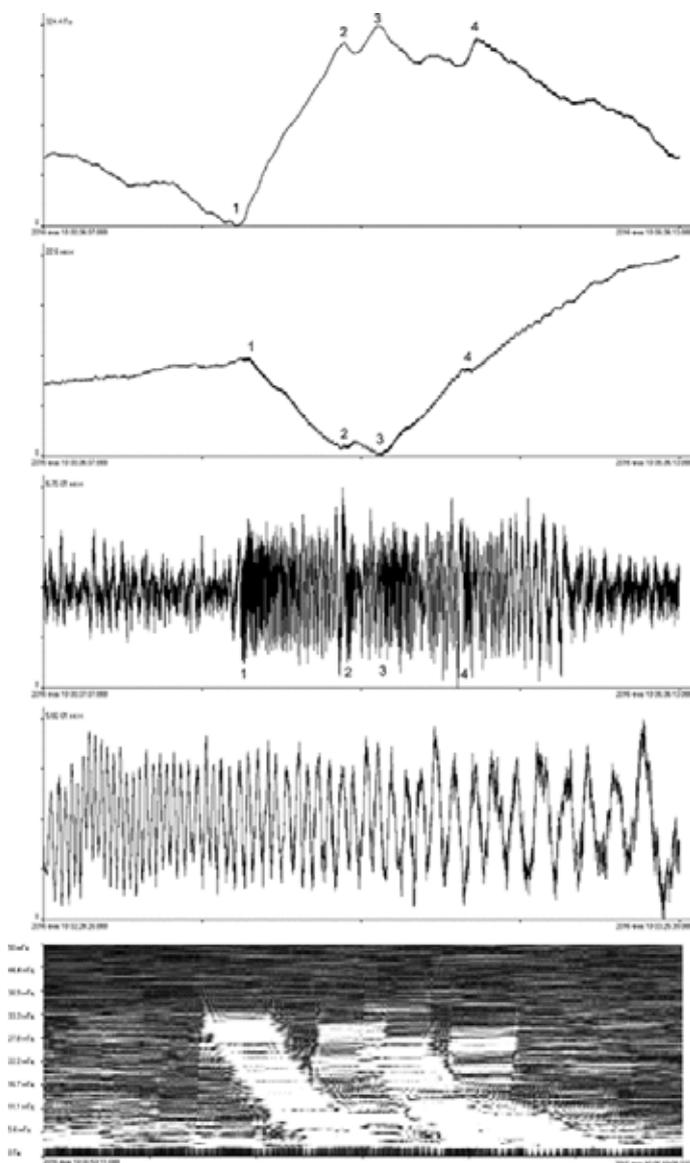


Рис. 8.6. Записи лазерного нанобарографа (первый сверху), лазерного деформографа (второй сверху), отфильтрованная запись лазерного деформографа в полосе 0,002–1 Гц (третий сверху график), участок отфильтрованной записи лазерного деформографа в полосе 0,002–1 Гц (четвёртый сверху график), динамическая спектрограмма записи лазерного деформографа (нижний график).

Fig. 8.6. Recordings of a laser nanobarograph (first from the top), a laser strainmeter (second from the top), a filtered recording of a laser strainmeter in the 0.002–1 Hz band (third graph from the top), a section of a filtered recording of a laser strainmeter in a 0.002–1 Hz band (fourth from top graph), dynamic recording spectrogram of the laser strainmeter (lower graph)

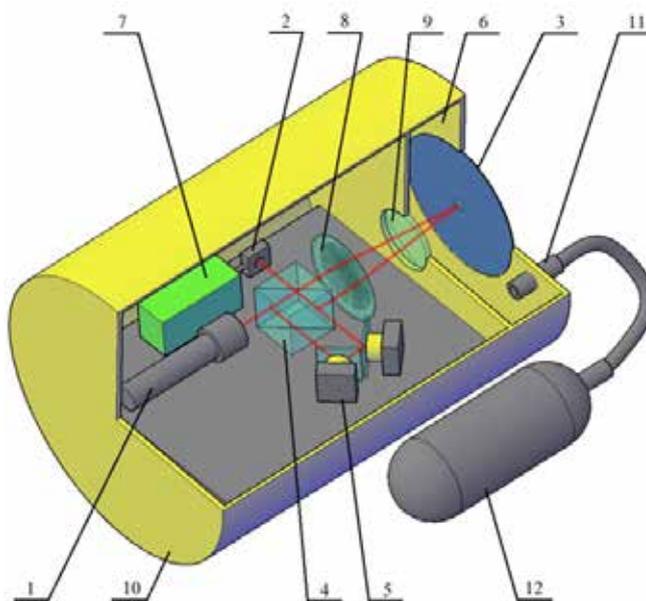
8.7. Система учета температурной погрешности показаний интерферометра автономного лазерного измерителя колебаний давления / System for Recording Interferometer Readings Error Associated with the Temperature Change in Stand-Alone Laser Meter of Pressure Fluctuations

к.т.н. С.В. Яковенко / S.V. Yakovenko

Описана система учета погрешности показаний интерферометра, связанной с изменением температуры на примере автономного лазерного измерителя колебаний давления жидкости. Рассматриваются особенности регистрации и учета температуры снаружи и внутри прибора, результаты измерения скорректированных колебаний давления сравниваются с теоретически рассчитанными для частотного диапазона приливов. Показана необходимость проведения учета температурной погрешности, искажающей первичные данные. (Яковенко С.В. // Фотоника. 2020. Т. 14, № 6. С. 532-537).

Рис. 8.7. Оптико-механическая схема прибора: 1 – источник излучения; 2 – фотоприемник; 3 – мембрана с закрепленным на ней зеркалом; 4 – делительный кубик; 5 – пьезокерамические цилиндры компенсации и пробного сигнала; 6 – камера компенсации гидростатического давления; 7 – система регистрации; 8 – собирающая линза; 9 – гермоокно; 10 – герметичный корпус; 11 – электромагнитный клапан; 12 – воздушная емкость.

Fig. 8.7. Optical-mechanical diagram of the device: 1 - radiation source; 2 - photodetector; 3 - membrane with a mirror fixed on it; 4 - dividing cube; 5 - piezoceramic cylinders of compensation and test signal; 6 - hydrostatic pressure compensation chamber; 7 - registration system; 8 - collecting lens; 9 - hermetically sealed window; 10 - sealed housing; 11 - electromagnetic valve; 12 - air capacity



8.8. Применение корреляционного метода для определения количества вспыхивающих пузырьков и количества фотонов во вспышке при многопузырьковой сонолюминесценции / Using Photon Correlation Counter for Determining the Amount of Emitting Bubbles and Number of Photons per Flash of Multibubble Sonoluminescence

к.ф.-м.н. М.В. Казачек, к.ф.-м.н. Т.В. Гордейчук
/ M.V. Kazachek, T.V. Gordeichuk

Разработан эффективный оригинальный метод, основанный на счете корреляций между одиночными фотонами с использованием соотношений комбинаторики, позволяющий оценить количество вспыхивающих за период ультразвука пузырьков и количество фотонов, излучаемых пузырьком за вспышку, при многопузырьковой сонолюминесценции (СЛ). Метод применен для водных растворов NaCl и додецилсульфата Na при облучении ультразвуком 20 кГц. Количество вспыхивающих пузырьков оценено как ~ 100 , что значительно меньше общего количества пузырьков в облаке и указывает на значительную роль динамики пузырька

для генерации вспышки. Количество фотонов от пузырька за вспышку $\sim 10\,000$, что на порядок меньше, чем при стабильной сонолюминесценции одиночного пузырька, что позволяет судить об излучательной эффективности пузырьков в обоих случаях. Результаты новые, позволяют продвинуться в понимании динамики кавитационного облака и ее влиянии на излучение СЛ. (Казачек М.В., Гордейчук Т.В. // Письма в Журнал Технической Физики. 2020. Т. 46, вып. 6. С. 11-15).

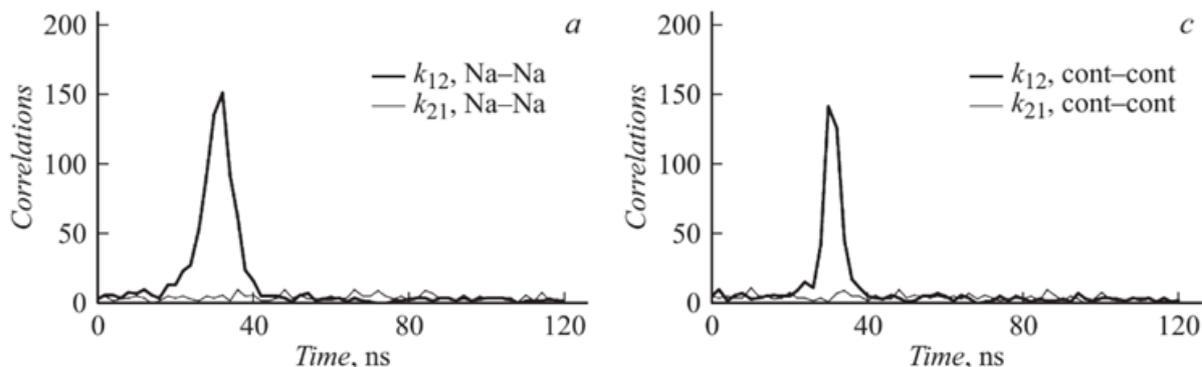


Рис. 8.8. Корреляционные функции от фотонных импульсов МПСЛ раствора NaCl 5 М. Пики функций k_{12} образованы фотонами вспышек от отдельных пузырьков, пьедестал – вспышками различных пузырьков, равномерно распределенными по времени.

Fig. 8.8. Correlation functions of photon impulses of the MPSL solution of NaCl 5 M. The peaks of the k_{12} functions are formed by photons of flashes from individual bubbles, the pedestal - by flashes of various bubbles uniformly distributed in time

8.9. Время-коррелированный счет фотонов для оценки длительности вспышек Na и континуума в спектрах многопузырьковой сонолюминесценции / Time-Correlated Photon Counting for Estimating the Duration of Na-Line and Continuum Emission Flashes in the Spectra of Multi-Bubble Sonoluminescence

к.ф.-м.н. Т.В. Гордейчук, к.ф.-м.н. М.В. Казачек / T.V. Gordeichuk, M.V. Kazachek

Получены новые результаты, позволяющие продвинуться в понимании природы излучения металлов при сонолюминесценции (СЛ). Впервые применена оригинальная методика, основанная на время-коррелированном счете одиночных фотонов с использованием авторского программного обеспечения для количественной оценки длительности и взаимной последовательности вспышек Na и континуума от отдельных пузырьков при многопузырьковой СЛ. Установлено, что пузырьки, дающие оба типа вспышек, излучают их одновременно с измеренной задержкой ~ 0.5 ns для Na; длительность вспышек континуума почти не различается в исследованных растворах; вспышки Na длятся дольше, по сравнению с континуумом, и имеют большую длительность в растворах додецилсульфата Na (SDS - ПАВ), чем в растворах NaCl. (Гордейчук Т.В., Казачек М.В. // Оптика и спектроскопия. 2020. Т 128, вып. 10. С. 1492-1500).

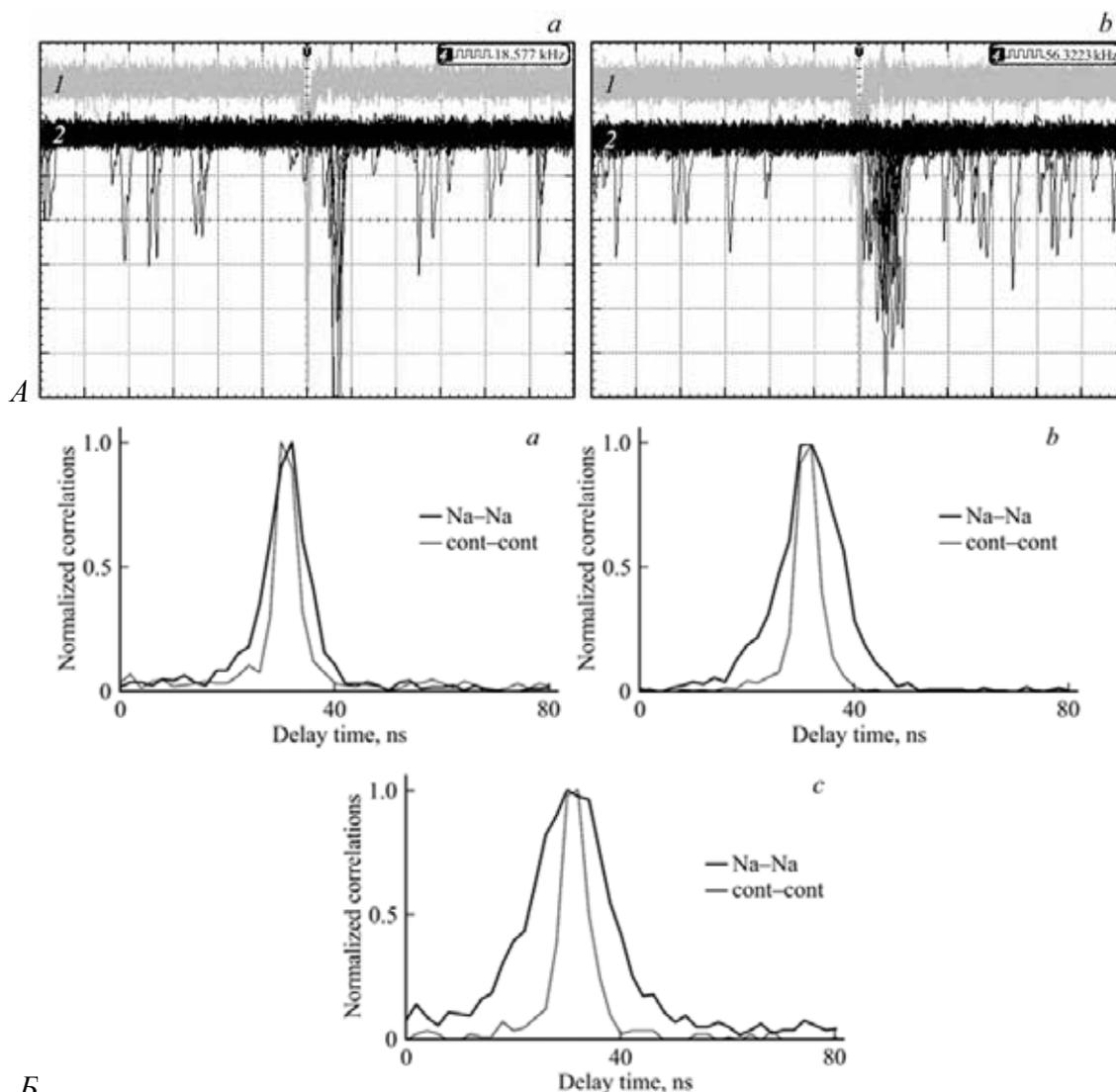


Рис. 8.9. (А): скриншоты экрана осциллографа с изображением фотонных импульсов при СЛ насыщенного Ar водного раствора 5 mM SDS: а - импульсы континуума и б - импульсы Na. 1, 2 – каналы осциллографа. Горизонтальная шкала 50 нс/деление; (Б): нормализованные автокорреляционные функции фотонных импульсов Na и континуума при СЛ насыщенных Ar водных растворов: а - 5 M NaCl, б - 0.5 M NaCl, с - 5 mM SDS.

Fig. 8.9. (A): screenshots of the oscilloscope screen with the image of photon pulses at SL of an Ar-saturated aqueous solution of 5 mM SDS: а - continuum pulses and б - Na pulses. 1, 2 - oscilloscope channels. Horizontal scale 50 ns / div; (B): Normalized autocorrelation functions of photon impulses of Na and continuum in the SL of Ar-saturated aqueous solutions: а - 5 M NaCl, б - 0.5 M NaCl, с - 5 mM SDS

8.10. Определение температуры сонолюминесценции методом Орнштейна / Estimation of Sonoluminescence Temperature with the Ornstein Method

к.ф.-м.н. М.В. Казачек, к.ф.-м.н. Т.В. Гордейчук
/ M.V. Kazachek, T.V. Gordeichuk

Впервые использован метод Орнштейна для оценки температуры эмиссии Mn при многопузырьковой сонолюминесценции водного раствора MnCl₂ в атмосфере Ar. Полученное значение ~3300 К согласуется с полученным ранее для водного раствора бензола по молеку-

лярным полосам Свана. (Didenko Y.T., McNamara III W.B., Suslick K.S. // *J. Am. Chem.Soc.* 1999; Казачек М.В., Гордейчук Т.В., Починок А.С. // *Фотоника.* 2020. Т. 14, № 3. С. 260-263. DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2020.14.3.260.263).

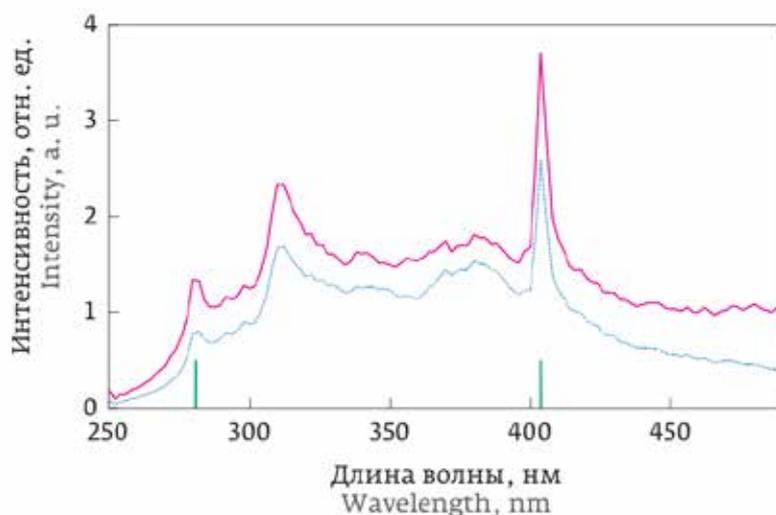


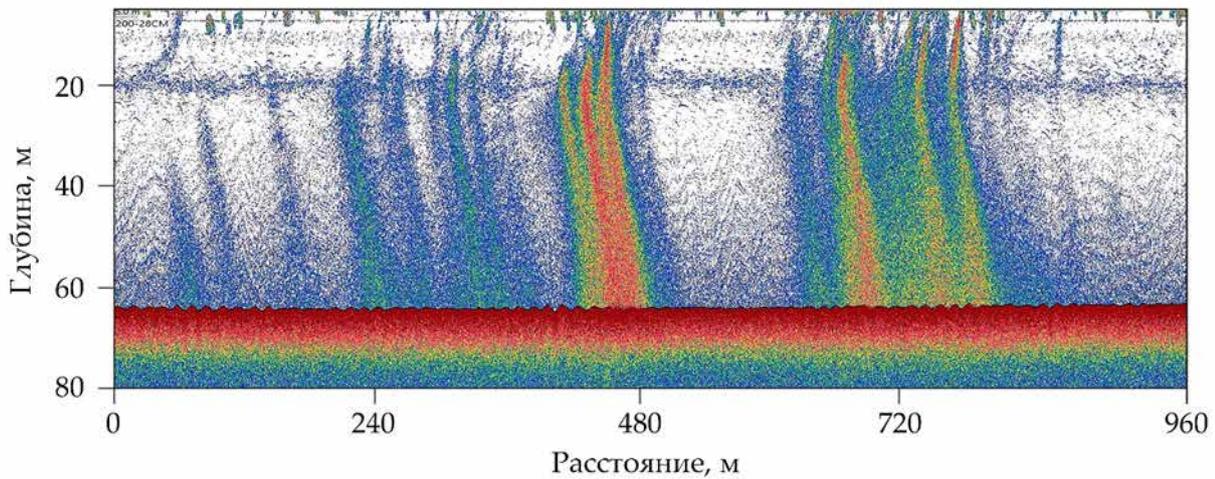
Рис. 8.10. Экспериментальный (нижняя линия) и скорректированный на спектральную чувствительность регистрирующей системы спектры водного раствора 0,5 М $MnCl_2$ (на шкале длин волн указаны положения атомных линий Mn).

Fig. 8.10. Experimental (lower line) and corrected for the spectral sensitivity of the recording system spectra of an aqueous solution of 0.5 M $MnCl_2$ (the positions of the atomic lines of Mn are indicated on the wavelength scale)

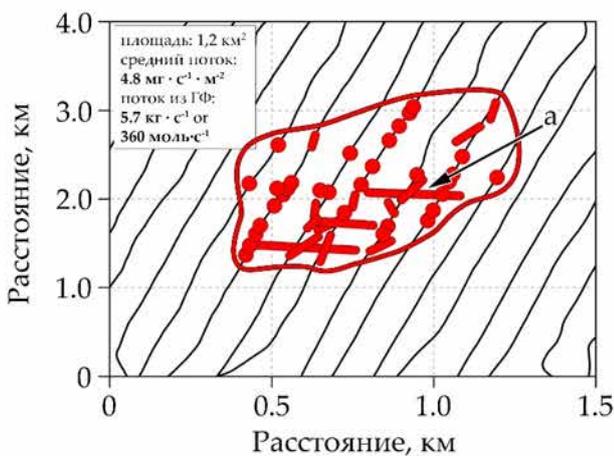
8.11. Новый метод оценки потока метановых пузырей от тающей подводной вечной мерзлоты на шельфе моря Лаптевых / Sonar Estimation of Methane Bubble Flux from Thawing Subsea Permafrost: A Case Study from the Laptev Sea Shelf

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

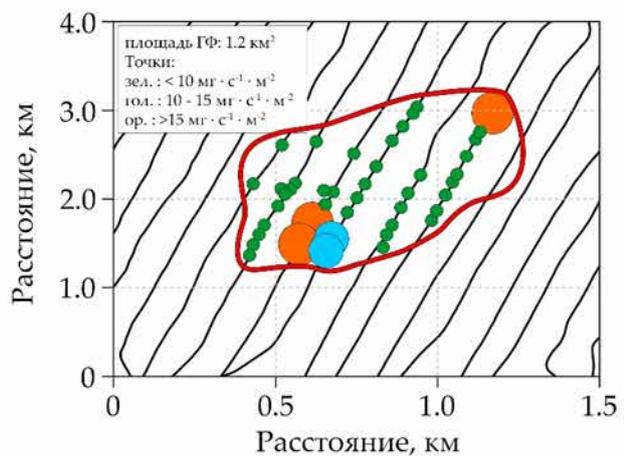
Представлен обзор современных подходов оценки акустическими дистанционными методами потоков метана в водной толще, связанных с выходящими из дна всплывающими пузырьками. На примере обширной области пузырьковой разгрузки CH_4 , обнаруженной на шельфе м. Лаптевых, обоснована репрезентативность предложенного нового метода, основанного на расчете по сечению обратного рассеяния всплывающих пузырьков CH_4 . Показано, что оценки величины пузырькового потока, полученные двумя методами: 1) нового метода, и 2) калибровки эхолота по искусственному газовому факелу дают схожие результаты: $5,7 \pm 0,6$ и $6,8 \pm 0,8$ кг·с⁻¹ соответственно. (Chernykh D., Yusupov V., Salomatin A., Kosmach D., Shakhova N., Gershelis E., Konstantinov A., Grinko A., Chuvilin E., Dudarev O. et al. // *Geosciences (Switzerland).* 2020. 10(10). 411).



(a)



(б)



(с)

Рис. 8.11. Эхограмма обширной области пузырьковой разгрузки метана, обнаруженной в м. Лаптевых (а); Схема расположения газовых факелов (ГФ), входящих в состав исследуемой области пузырьковой разгрузки (красные точки) и трек движения научно-исследовательского судна. Красными линиями отмечены ГФ, размеры которых превышали 100 м (б); Поток метана, выделяемый каждым ГФ, входящим в исследуемую область (с).

Fig. 8.11. Echogram of a vast area of methane bubbly discharge found in Cape Laptev (a); Layout of gas flares (GF) included in the study area of bubble discharge (red dots) and the track of the movement of the research vessel. The red lines mark the GF, the size of which exceeded 100 m (b); Methane flux emitted by each GOR entering the study area (c)

8.12. Численное моделирование акустических шумов, формируемых судами с электродвигателями на мелководном шельфе / Numerical modeling of acoustic noise generated by ships with electric motors on a shallow water shelf

д.ф.-м.н. Рутенко А.Н., к.т.н. Фершалов М.Ю., Ущиповский В.Г. /
 Rutenko A.N., Fershalov M.Yu., Uschipovsky V.G.

С помощью 3-D модового параболического уравнения и опорных натурных измерений, в приближении нормальных вертикальных мод и узкоугольного параболического уравнения в горизонтальной плоскости, проведены расчеты антропогенных акустических полей, формируемых судами в прибрежном Пильтунском районе летне-осеннего нагула серых китов. Для

моделирования построены спектральные функции эквивалентных судам точечных источников антропогенных акустических шумов. Результаты численного моделирования, проведенного с их помощью, согласуются с натурными измерениями. (Рутенко А.Н., Фершалов М.Ю., Уциповский В.Г. // *Акустический журнал*. 2020. Т. 66. С. 527-539.).

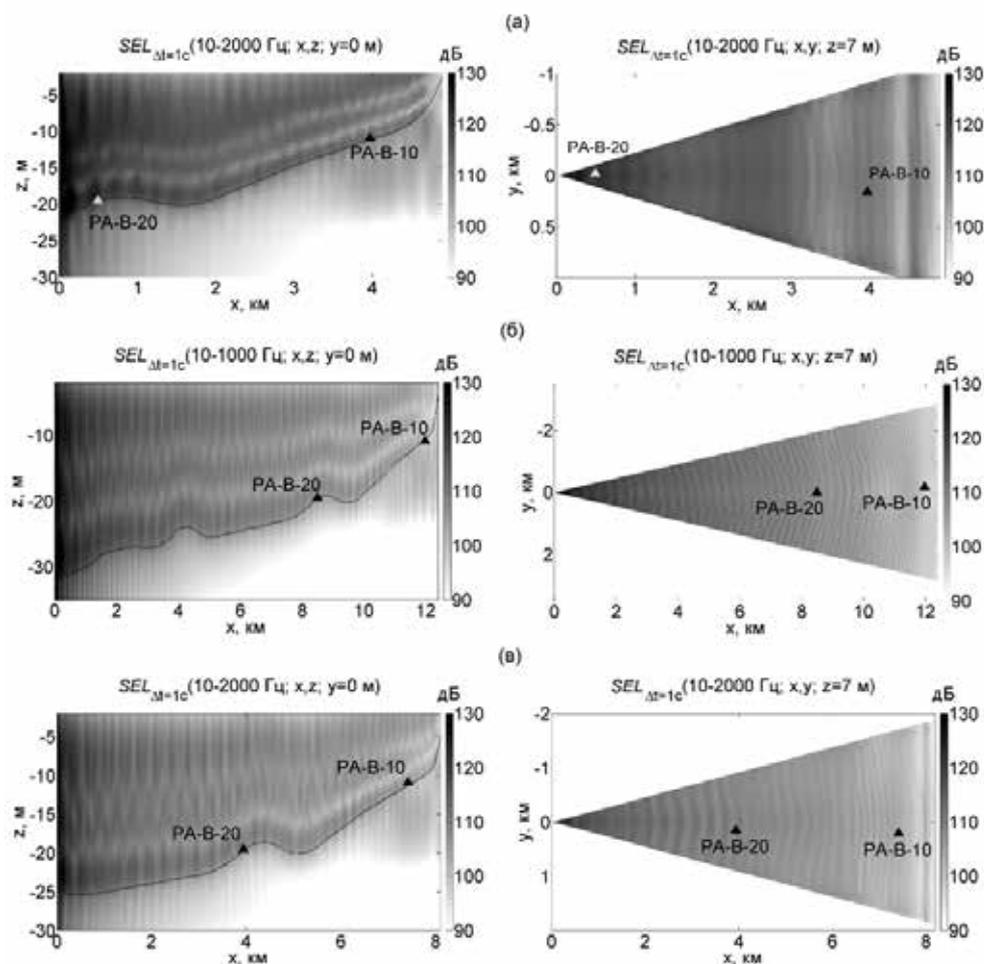


Рис. 8.12. (а) - поле значений SEL при движении судна со скоростью 10 узлов. (б) - поле значений SEL при работе судна в режиме Динамического позиционирования. (в) - Поле значений SEL во время движения судна со скоростью 10 узлов в точке S5.

Fig. 8.12. (a) - SEL values field when the vessel is moving at a speed of 10 knots. (b) - field of SEL values when the vessel is operating in the Dynamic Positioning Mode. (c) - Field of SEL values while the vessel is moving at a speed of 10 knots at point S5

8.13. Автономная низкочастотная гидроакустическая станция с электромагнитным преобразователем / Autonomous low-frequency hydroacoustic station with electromagnetic transducer

*А.А. Пивоваров, д.ф.-м.н. И.О. Ярошук, к.г.н. А.Н. Самченко, к.ф.-м.н. А.Н. Швырев /
A.A. Pivovarov, I.O. Yaroshchuk, A.N. Samchenko, A.N. Shvyrev*

Для решения прямых и обратных задач гидроакустики разработан акустико-океанологический экспериментальный комплекс. Основой комплекса является автономный широкополосный излучатель, работающий в диапазоне 420-520 Гц. В натуральных условиях Японского

моря для исследования свойств внутренних гравитационных волн использованы фазоманипулированные сигналы и линейно-частотные модулированные сигналы. Экспериментально показано, что линейно-частотные модулированные сигналы позволяют получать более качественные оценки скоростей распространения различных мод, что является несомненным преимуществом для решения задач зондирования. Применение в составе комплекса автономных стабилизированных по времени акустических регистраторов позволяет формировать самые различные конфигурации приемных антенн, что также является особым достоинством предложенных технических решений. Физически адекватное решение прямой задачи анализа внутренних гравитационных волн обеспечивается здесь еще и тем, что по трассе распространения сигнала проводятся измерения внутренних гравитационных волн набором термогирлянд. (Пивоваров А.А., Ярощук И.О., Швырев А.Н., Самченко А.Н. // ПТЭ. 2020. № 6. С. 95-99; Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н., Ярощук И.О. // ПИР. 2020. № 2 (32). С. 56-61).

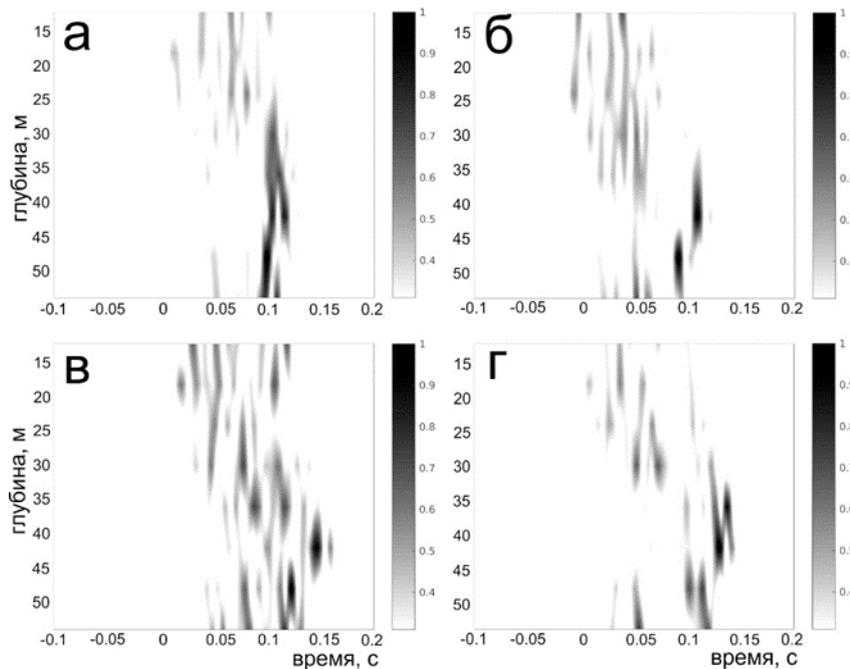


Рис. 8.13. Нормированные корреляционные функции принятых сигналов на антенне: а – линейно-частотно модулированный сигнал 2 с; б – линейно-частотно модулированный сигнал 10 с; в – М-последовательность длиной 64 символа; г – М-последовательность 256 символов.

Fig. 8.13. Normalized correlation functions of the received signals at the antenna: a - linear-frequency modulated signal 2 s; b - linear-frequency modulated signal 10 s; c - M-sequence 64 characters long; d - M-sequence of 256 characters

8.14. Двухмерный анализ сингулярного спектра для обработки гидрологических данных / 2D singular spectrum analysis for hydrological data processing

А.В. Кошелева, к.т.н. Р.А. Коротченко / A.V. Kosheleva, R.A. Korotchenko

Предложено применение двухмерной версии ССА (2D-ССА) для обработки натуральных гидрологических данных и обоснована целесообразность применения этого метода в данной области. Рассмотрены ключевые особенности и достоинства метода, а также его процедурная последовательность. Предложена физическая интерпретация результатов, основанная на

понимании вклада от различных факторов, формирующих гидрологическую ситуацию. Приведены примеры обработки данных натуральных измерений в шельфовой зоне Японского моря. Наборы данных в первом случае содержали данные полторачасовых зондирований в одной точке акватории. Во втором - данные трех гидрологических разрезов, выполненных с интервалом в несколько недель. В обоих случаях выделенные двухмерные структуры были упорядочены в соответствии с их масштабными энергетическими вкладами в общую гидрологическую картину. Проведенная таким образом фильтрация позволила в первом случае детально рассмотреть волновую динамику, а во втором - прояснить особенности пространственной геометрии течений и вертикальной конвекции. В целом, применение 2D-ССА дало возможность более обоснованно интерпретировать результаты наблюдений. (*Kosheleva A.V., Korotchenko R.A. // Regional Studies in Marine Science. 2020. V. 37. 101347*).

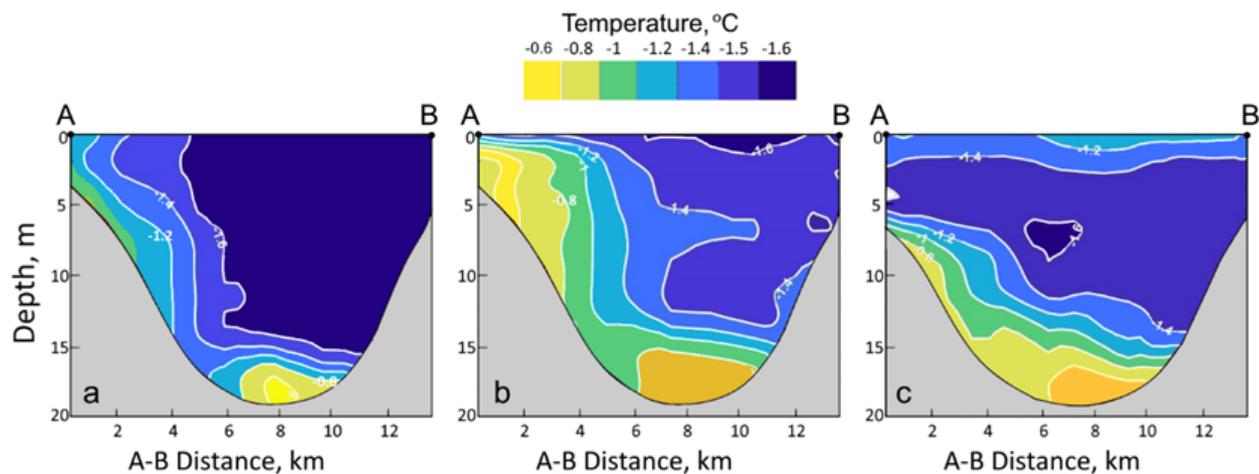


Рис. 8.14. Основные компоненты 1-7 мод 2D разложения поля температуры 2 февраля (а), 20 февраля (б) и 2-14 марта (с).

Fig. 8.14. Main components 1-7 modes of 2D expansion of the temperature field on February 2 (a), February 20 (b) and March 2-14 (c)

8.15. Диагностика плотности морской воды по поверхностным проявлениям внутренних волн / Diagnostics of seawater density by surface manifestations of internal waves

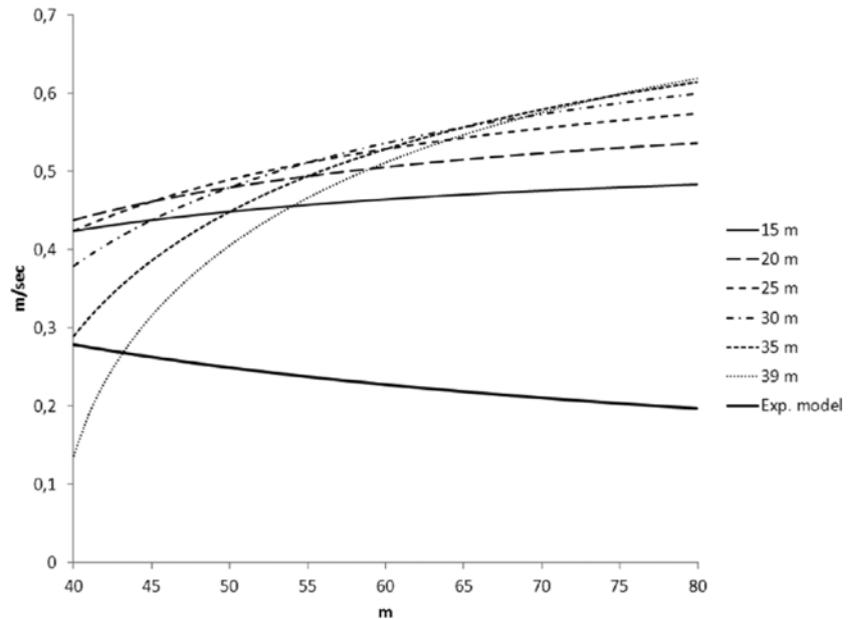
д.ф.-м.н. И.О. Ярошук, к.г.н. А.Н. Самченко, А.В. Кошелева, А.А. Пивоваров,
д.ф.-м.н. О.Э. Гулин, к.ф.-м.н. А.Н. Швырев / I.O. Yaroshchuk, A.N. Samchenko,
A.V. Kosheleva, A.A. Pivovarov, O.E. Gulin, A.N. Shvyrev

Предложены методы диагностики плотностной структуры прибрежной зоны моря по проявлениям внутренних гравитационных волн на изображениях поверхности в поляризованном свете. Методика основана на использовании аналитических решений задачи на собственные значения для вертикального оператора с соответствующими граничными условиями. Такие решения имеют место в случае двухслойной модели среды и для модели среды с экспоненциальным профилем плотности: для распространения внутренних гравитационных волн в линейном приближении достаточно оценить фазовую скорость волн, а для распространения внутренних гравитационных волн в слабонелинейном приближении можно использовать поправку, следующую из уравнений КдВ. Методика апробирована на реальных измерениях в летние и осенние периоды. Показана возможность различать тип модели по динамике

изменчивости скорости распространения внутренних гравитационных волн на поверхности в зависимости от глубины залегания дна. Для натуральных данных были получены примеры успешного решения обратных задач. (Алексанин А.И., Ким В., Ярощук И.О. // ПИР. 2020. № 4 (34); Кошелева А.В., Ярощук И.О., Швырев А.Н., Самченко А.Н., Пивоваров А.А., Гулин О.Э., Коротченко Р.А., Ярощук Е.И. // Вест. Инж. школы ДВФУ. 2020. № 2 (43). С. 96-105).

Рис. 8.15. Зависимость скорости распространения ВГВ от глубины дна для двухслойной и экспоненциальной модели.

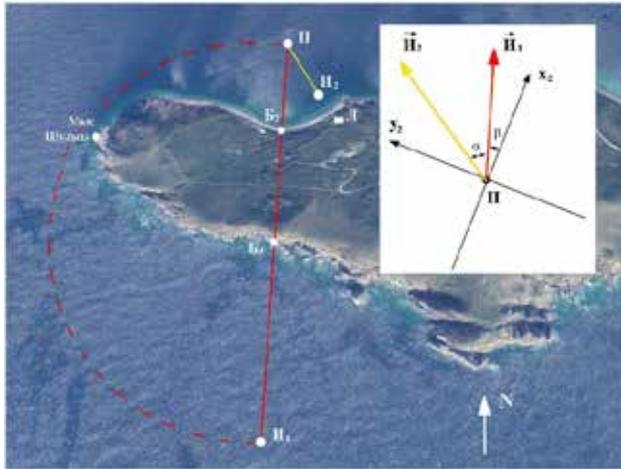
Fig. 8.15. Dependence of the IGW propagation velocity on the bottom depth for a two-layer and exponential model



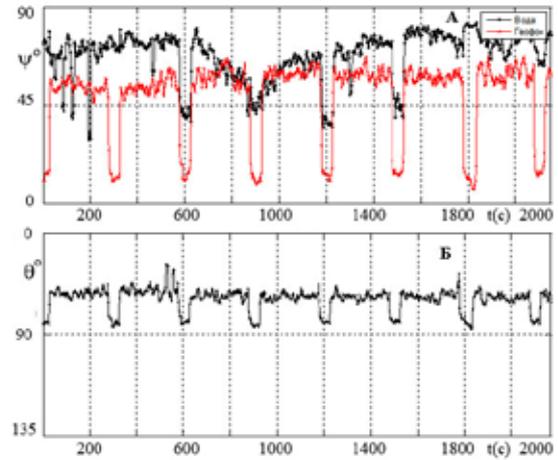
8.16. Эффекты распространения подводного низкочастотного звука через материковый барьер / Effects of propagation of underwater low-frequency sound through the mainland barrier

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

Обнаружены и исследованы подводный и донный низкочастотные акустические сигналы (400 Гц) от подводного источника излучения, расположенного относительно приёмной системы по другую сторону перешейка м. Шульца (б. Витязь, Японское море). Приёмная система состояла из трехкомпонентного донного геофона и приёмной акустической комбинированной системы, расположенной в толще волновода на глубине 9 м. Кратчайшее расстояние между источником и приёмником через материковый барьер составляло ~ 1000 м. Азимутальный угол прихода сигнала продольных волн совпадал с геометрической линией, соединяющей источник и приёмник. Приём поперечной и продольной волн осуществлялся по различным ортогональным осям координат геофона. Направление прихода продольной волны в точку измерения близко к горизонтальному. На основе вышеописанных свойств донного грунта предлагается модель донного слоя на основе упругих свойств желе. При амплитуде смещений частиц среды в акустической волне ~ 0,01 мм структура желе полностью удовлетворяет свойствам упругого твёрдого тела. (Щуров В.А., Щеглов С.Г., Буренин А.В., Ткаченко Е.С. // Подводные исследования и робототехника. 2020. № 3 (33). С. 36-45).



А



Б

Рис. 8.16. А – Схема размещения излучателей I_1 , I_2 и приёмной системы Π . Расстояние между ними по прямой ~ 1000 м. Расстояние $I_1B_1 = 300$ м, $B_1B_2 = 420$ м, $B_2\Pi = 280$ м. I_2 – контрольный излучатель. Расстояние $I_2\Pi = 200$ м. α – угол между направлениями I_1 и I_2 , β – угол между направлением излучения I_1 и осью x_2 , Π – помещение лаборатории.

Б – Угловые характеристики направленности движения энергии манипулированного сигнала в придонном слое и волноводе. А – азимутальный угол $\psi(t)$ (красная линия – геофон, черная – комбинированный приёмник); Б – полярный угол $\theta_2(t)$ прихода донной продольной волны (геофон). Частота – 400 Гц. Усреднение – 10 с.

Fig. 8.16. A - Layout of emitters I_1 , I_2 and receiving system Π . Distance between them in a straight line ~ 1000 m. Distance $I_1B_1 = 300$ m, $B_1B_2 = 420$ m, $B_2\Pi = 280$ m. I_2 - control emitter. Distance $I_2\Pi = 200$ m. α - angle between directions I_1 and I_2 , β - angle between the direction of radiation I_1 and axis x_2 , Π - laboratory room.

Б - Angular characteristics of the directionality of the manipulated signal energy movement in the bottom layer and in the waveguide. А - azimuth angle $\psi(t)$ (red line - geophone, black - combined receiver); Б - polar angle $\theta_2(t)$ of arrival of the bottom longitudinal wave (geophone). Frequency - 400 Hz. Averaging - 10 s

Тема «Изучение фундаментальных основ акустики деятельного слоя океана и разработка новых методов акустической диагностики высокого разрешения толщи океана, в том числе в шельфовых зонах / The study of the foundations of acoustics of the active ocean layer and development of new methods for high-resolution acoustic diagnostics of the ocean thickness, including in offshore zones»

**Научные руководители: академик РАН В.А. Акуличев,
д.ф.-м.н. В.А. Буланов**

Scientific supervisors: Academician RAS V.A. Akulich, Dr. Sci. V.A. Bulanov

9.1 Исследования акустических характеристик верхнего слоя моря методом много-частотного акустического зондирования / Investigations of the acoustic characteristics of the upper layer of the sea by the method of multifrequency acoustic sounding

*д.ф.-м.н. В.А. Буланов, И.В. Корсков, А.В. Стороженко, С.Н. Соседко /
V.A. Bulanov, I.V. Korskov, A.V. Storozhenko, S.N. Sosedko*

Применен метод акустического зондирования для исследования акустических характеристик верхнего слоя моря с использованием широкополосных остроуправленных инвертированных излучателей, устанавливаемых на дно. В основу метода положен принцип регистрации обратного рассеяния и отражения от поверхности моря акустических импульсов с различной частотой, позволяющий одновременно измерять рассеяние и поглощение звука и нелинейный акустический параметр морской воды. Многочастотное зондирование позволяет реализовать акустическую спектроскопию пузырьков в приповерхностных слоях моря, проводить оценку газосодержания и получать данные о спектре поверхностного волнения при различных состояниях моря вплоть до штормовых (рис. 9.1). Применение остроуправленных высокочастотных пучков ультразвука позволяет разделить информацию о планктоне и пузырьках и определить с высоким пространственным разрешением структуру пузырьковых облаков, образующихся при обрушении ветровых волн, и структуру планктонных сообществ. Участие планктона в волновом движении в толще морской воды позволяет определить параметры внутренних волн – спектр и распределение по амплитудам в различное время (Буланов В.А., Корсков И.В., Стороженко А.В., Соседко С.Н. // *Подводные исследования и робототехника*. 2020. № 1. С. 42-55).

9.2. Система многочастотного акустического зондирования для исследования акустических характеристик верхнего слоя моря / Multifrequency acoustic sounding system for studying the acoustic characteristics of the upper layer of the sea

*д.ф.-м.н. В.А. Буланов, И.В. Корсков, А.В. Стороженко, С.Н. Соседко /
V.A. Bulanov, I.V. Korskov, A.V. Storozhenko, S.N. Sosedko*

Описаны способ и аппаратный комплекс акустического зондирования для исследования акустических характеристик верхнего слоя моря с применением широкополосных остро-

направленных инвертированных излучателей, устанавливаемых на дне. В основу способа положен принцип регистрации обратного рассеяния и отражения от водной поверхности акустических импульсов различной частоты, позволяющий одновременно измерять рассеяние и поглощение звука морской водой. Многочастотное зондирование позволяет реализовать акустическую спектроскопию пузырьков в приповерхностных слоях, проводить оценку содержания газа и получать данные о рассеивающих и поглощающих свойствах верхнего слоя морской воды при различных состояниях моря вплоть до штормовых. Приведены некоторые из результатов, полученных при многосуточном зондировании верхнего морского слоя на шельфе Японского моря. (Буланов В.А., Корсков И.В., Соседко С.Н., Стороженко А.В. // Приборы и техника эксперимента. 2020. № 3. С. 131–136).

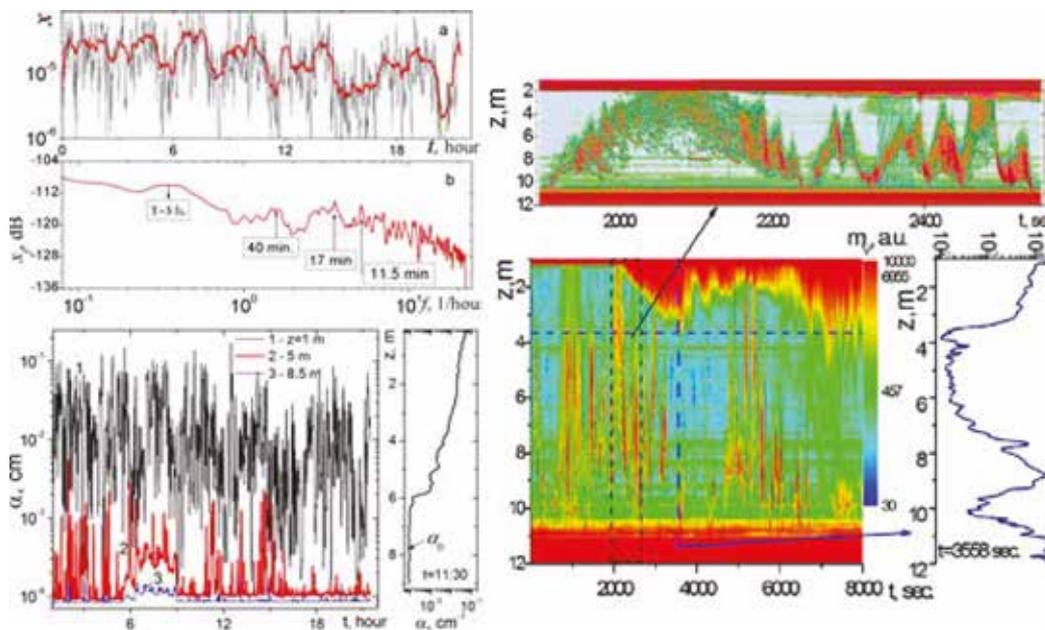


Рис. 9.1. Акустическая диагностика верхнего слоя моря, содержащего приповерхностные пузырьки и планктонные сообщества, вовлеченные в динамику внутренних волн: справа – коэффициент рассеяния звука mV , слева – концентрация газа в пузырьках (а), спектр функции (b) и коэффициент поглощения звука (c) на частоте 145 кГц в приповерхностном слое пузырьков.

Fig. 9.1. Acoustic diagnostics of the upper layer of the sea, containing near-surface bubbles and plankton communities involved in the dynamics of internal waves: on the right - the sound scattering coefficient mV , on the left - the gas concentration in the bubbles (a), the spectrum of the function (b) and the sound absorption coefficient (c) at a frequency of 145 kHz in the near-surface layer of bubbles

9.3. Влияние пузырьковых облаков в возмущенном приповерхностном слое океана на распространение звука / Influence of bubble clouds in a disturbed near-surface layer of the ocean on sound propagation

акад. В.А. Акуличев, д.ф.-м.н. В.А. Буланов, Л.К. Бугаева /
V.A. Akulichev, V.A. Bulanov, L.K. Bugaeva

Существуют альтернативные представления о вкладе приповерхностного слоя пузырьков в затухание низкочастотного звука в океане. В работе показано, что влияние приповерхностного слоя пузырьков на структуру акустического поля в подводном звуковом канале и

характер пространственного спада при распространении звука может быть значительным при достаточно типичных концентрациях пузырьков в приповерхностных слоях моря. Представлены результаты теоретических оценок по воздействию пузырьковой пелены на распространение звука в линейном приповерхностном подводном звуковом канале и в изоскоростном ПЗК. Основные результаты получены для приповерхностного слоя морской воды, содержащей воздушные пузырьки, образующиеся при обрушении поверхностных волн. Показано, что влияние слоя пузырьков заключается в дополнительном спаде поля на умеренных дистанциях, вызванного затуханием части звуковой энергии, распространяющейся в пузырьковом слое. В дальнейшем эта энергия затухает и на больших расстояниях не дает существенного вклада в суммарное поле, что в итоге приводит к отсутствию в экспоненциальном законе спада вклада пузырькового слоя. (Акуличев В.А., Буланов В.А., Бугаева Л.К. // Ученые Записки Физического Факультета МГУ. 2020. № 1. С. 2010107.1 - 2010107.4).

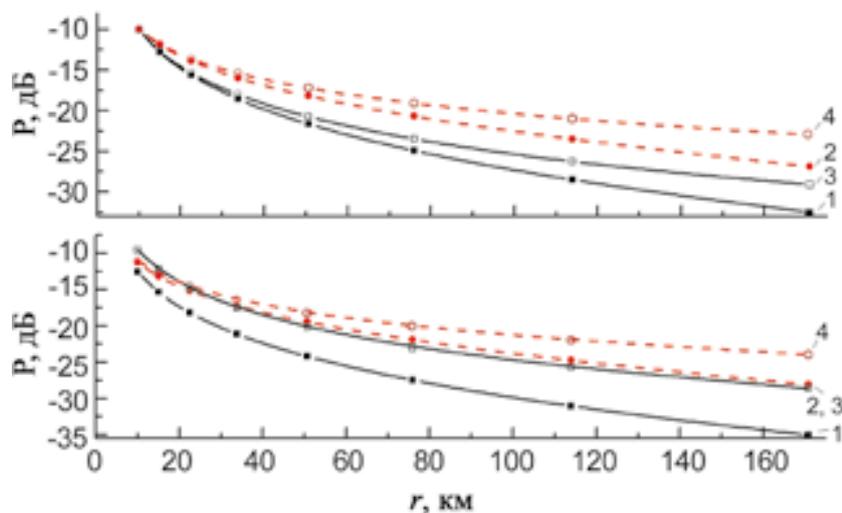


Рис. 9.3. Пространственный спад акустического поля при наличии приповерхностного слоя пузырьков на различных частотах в сравнении с отсутствием слоя с различной концентрацией пузырьков: верхний график – $x = 10^{-7}$; нижний график – $x = 10^{-6}$, 1, 2 – $f = 800$ Гц: с пузырьками (1), без пузырьков (2); 3, 4 – для $F = 100$ Гц: с пузырьками (3), без пузырьков (4).

Fig. 9.3. Spatial decay of the acoustic field in the presence of a near-surface layer of bubbles at different frequencies in comparison with the absence of a layer with different concentration of bubbles: upper graph - $x = 10^{-7}$; lower graph - $x = 10^{-6}$, 1, 2 - $f = 800$ Hz: with bubbles (1), without bubbles (2); 3, 4 - for $F = 100$ Hz: with bubbles (3), without bubbles (4)

Тема «Разработка перспективных технологий и технических средств исследования и освоения морских акваторий Мирового океана. Развитие методов акустической диагностики сложных систем / Development of advanced technologies and technical means for research and development of marine water areas of the World Ocean. Improvement of methods for acoustic diagnostics of complex systems»

Научные руководители: д.т.н. Ю.Н. Моргунов, д.т.н. В.И. Коренбаум
Supervisors: Dr. Sci. Yu.N. Morgunov, Dr. Sci. V.I. Korenbaum

10.1. Экспериментальное и теоретическое исследование влияния горизонтальной рефракции на точность позиционирования подводных объектов / Experimental and theoretical study of the influence of horizontal refraction on the positioning accuracy of underwater objects

к.т.н. А.А. Голов, к.т.н. В.В. Безответных, к.т.н. А.В. Буренин и др.
/ A.A. Golov, V.V. Bezotvetnykh, A.V. Burenin et al.

Выполнено акустическое зондирование на акватории Японского моря в осенне-летний период с целью определения времен прихода и эффективных скоростей распространения импульсных акустических сигналов вдоль акустической трассы, ориентированной приблизительно вдоль кромки шельфа. Описана модовая структура акустического поля на трассе и сделаны общие выводы о закономерностях формирования такого поля при распространении звука на расстояния в десятки и сотни километров. Разработана методика предсказания эффективных скоростей распространения импульсных сигналов на дальние расстояния в мелком море. Данная методика основана на усреднении групповых скоростей первой модальной

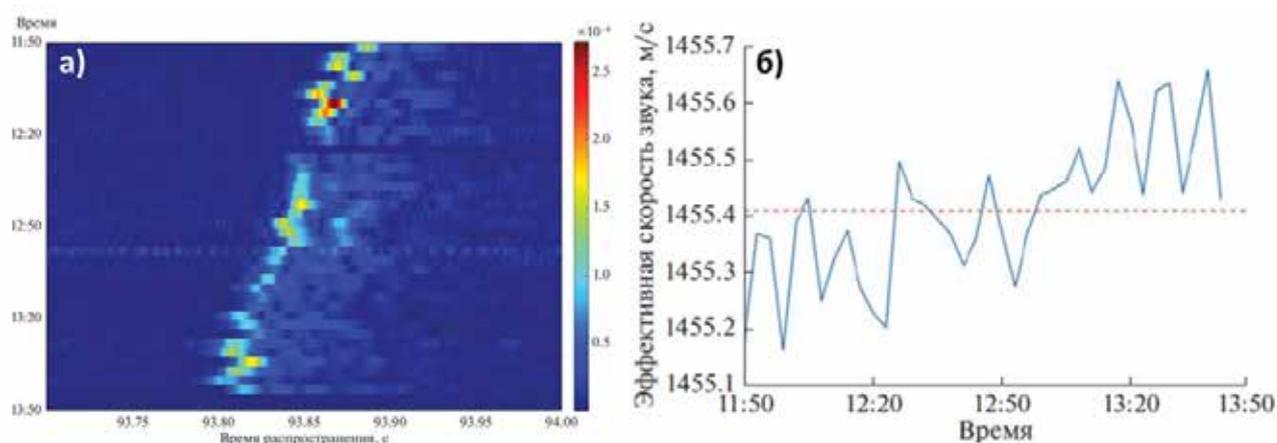


Рис.10.1. Результаты обработки натурных данных: а) импульсные характеристики принятых сигналов; б) рассчитанные значения эффективной скорости для каждого измерения (сплошная линия) и среднее значение эффективной скорости на двухчасовом фрагменте (пунктирная линия).

Fig.10.1. Results of field data processing: a) Impulse characteristics of the received signals; b) The calculated values of the effective speed for each measurement (solid line) and the average value of the effective speed on a two-hour fragment (dashed line)

компоненты сигнала по всей трассе. Установлено, что на трассах, подобных рассмотренной, с длиной более 100 км горизонтальная рефракция является одним из существенных факторов, определяющих характер дисперсии импульсных сигналов, а также дополнительную задержку по сравнению с распространением вдоль геодезических линий поверхности Земли. Сделаны выводы о необходимости учета горизонтальной рефракции в решении задач определения времен прихода на протяженных трассах, а также задач акустической дальнометрии. (Петров П.С., Голов А.А., Безответных В.В., Буренин А.В., Козицкий С.Б., Сорокин М.А., Моргунов Ю.Н. // *Акустический журнал*. 2020. Т. 66, №.1. С. 20-33).

10.2. Оценка влияния синоптических вихрей на точность решения задач акустической дальнометрии / Assessment of the influence of synoptic eddies on the accuracy of solving problems of acoustic ranging

к.ф.-м.н. П.С. Петров, к.г.н. Д.Д. Каплуненко, к.ф.-м.н. Д.В. Степанов,
д.т.н. Ю.Н. Моргунов / P.S. Petrov, D.D. Kaplunenko,
D.V. Stepanov, Yu.N. Morgunov

Исследован вопрос о влиянии крупномасштабных неоднородностей поля скорости звука в океане (на примере устойчивого антициклонического вихря) на точность решения задачи акустической дальнометрии. Проведены вычислительные эксперименты по исследованию влияния вихря на структуру звукового поля, формируемого на акустической трассе, проходящей через его центр, источником навигационных сигналов (ИНС), расположенным на шельфе. По гидрологическим данным, полученным с помощью моделей глобальной циркуляции океана NEMO и ИВМ РАН, построена модель нерегулярного волновода «шельф-глубокий океан» и выполнено численное моделирование акустического поля, формируемого ИНС в таком волноводе. Выполнен анализ модовой структуры поля, определены интервалы локализации различных модальных компонент сигнала, рассчитаны эффективные скорости распространения сигналов от ИНС на различных горизонтах приема. Выполнены оценки влияния вихря на времена прихода сигналов от ИНС в точку приема. Сделаны выводы о том, что в рамках

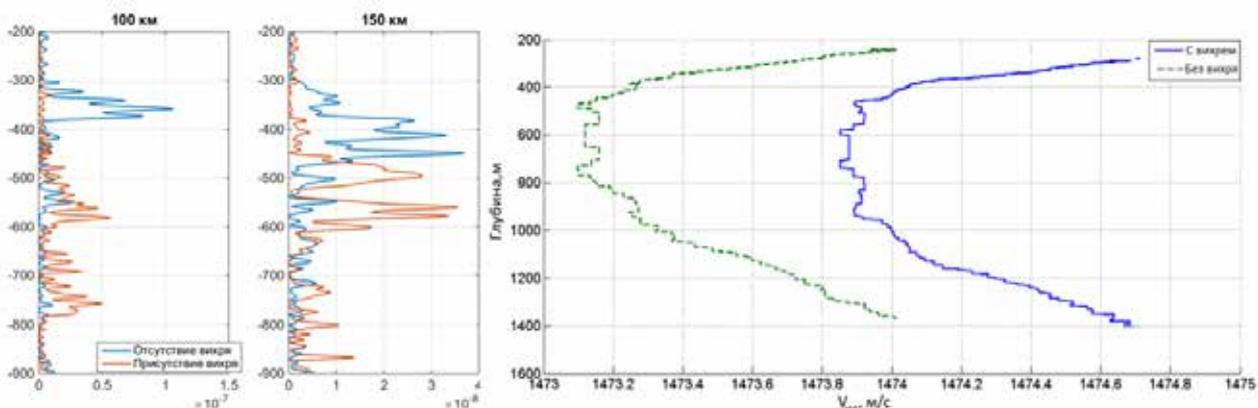


Рис. 10.2. Слева: сводный график распределения акустической энергии по глубине в трёх различных поперечных сечениях волновода для расстояний от источника навигационных сигналов 50 и 100 км. Справа: График зависимости эффективной скорости [4] распространения сигналов ИНС от глубины на расстоянии 100 км от точки излучения.

Fig. 10.2. Left: a summary graph of the distribution of acoustic energy in depth in three different cross-sections of the waveguide for distances from the source of navigation signals of 50 and 100 km. Right: The plot of the dependence of the effective speed [4] of ANN signal propagation on the depth at a distance of 100 km from the point of emission

рассматриваемой методики решения задачи акустической дальнометрии даже относительно крупный неучтенный синоптический вихрь, ядро которого находится непосредственно на трассе, оказывает относительно слабое влияние на точность определения дальности (дополнительная погрешность около 30 м для трассы протяженностью 300 км, или 0,01%). (Сорокин М.А., Петров П.С., Каплуненко Д.Д., Степанов Д.В., Моргунов Ю.Н. // Подводные исследования и робототехника. 2020. № 4 (34). С. 53–60).

10.3. Особенности звукопроводения в легких человека в диапазонах частот 80–1000 Гц и 10–19 кГц / Features of sound conduction in human lungs in the frequency ranges 80-1000 Hz and 10-19 kHz

д.т.н. В.И. Коренбаум, к.ф.-м.н. А.Д. Ширяев
/ V.I. Korenbaum, A.D. Shiryayev

При зондировании легких человека с использованием техники сжатия импульса в низкочастотном диапазоне 80–1000 Гц впервые установлено преимущественное звукопроводение к поверхности грудной клетки через паренхиму легких продольных волн со скоростями распространения от 100 до 15 м/с. При зондировании с поверхности тела из надключичной области наблюдаются 2 низкоскоростных прихода со скоростями распространения 15–50 м/с. При зондировании виброизлучателем с поверхности грудной клетки в высокочастотном диапазоне 10–19 кГц впервые установлено существование низкоскоростных приходов со скоростями распространения 50–150 м/с, трактуемых как результат распространения продольной звуковой волны по паренхиме легких. Низкоскоростное распространение продольных звуковых волн в обоих диапазонах частот гипотетически объяснено с позиций модели “эффективной” водоподобной среды с микропузырьками воздуха. Результат соответствует мировому уровню новизны и открывает новые возможности как для разработки теории акустики дыхательной системы человека, так и для создания новых технологий визуализации легких. (Коренбаум В.И., Ширяев А.Д. // Акустический журнал. 2020. Т. 66, № 5. С. 563–574).

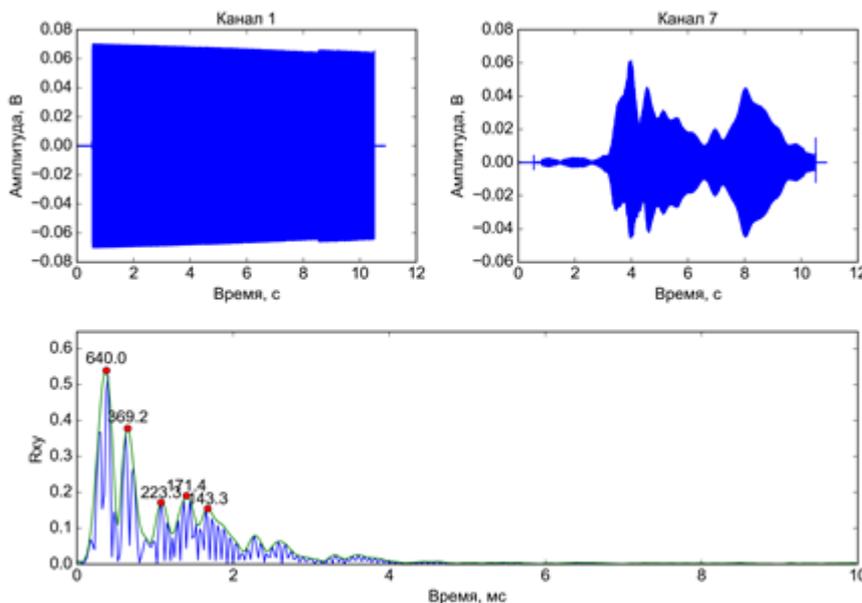


Рис. 10.3. Характерный вид сигналов при зондировании высокочастотным сигналом в полосе 10–19 кГц: Канал 1 – реплика излученного виброизлучателем ЛЧМ сигнала, Канал 7 – отклик датчика в подлопаточной области, R_{xy} – коэффициент взаимной корреляции откликов, его огибающая, точки – выделенные пики огибающей, цифры – результирующая скорость распространения, м/с.

Fig. 10.3. Typical form of signals when probing with a high-frequency signal in the 10-19 kHz band: Channel 1 - a replica of the chirp signal emitted by a vibrating emitter; Channel 7 - the sensor response in the subscapular region, R_{xy} - the cross-correlation coefficient of the responses, its envelope, points are the selected envelope peaks, numbers - the resulting propagation speed, m/s

10.4. Подводные шумы аквалангиста открытого цикла / Underwater noises of open-circuit scuba diver

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

В камеральных условиях детализированы особенности шумов водолазов-аквалангистов, связанные с дыханием и работой ластами, указывающие на мультиполюсный характер излучения их источников. Продемонстрирована возможность обнаружения низкочастотных компонент шумов ласт в ближней зоне источника с помощью приемника градиента давления. Возможность оценки дыхательного ритма с помощью регистрации шумов, связанных с дыханием, продемонстрирована в реальных морских условиях на дистанциях до 100 м. Таким образом, низкочастотные шумы водолаза-аквалангиста могут быть успешно использованы для мониторинга безопасности водолазов и дайверов и предотвращения несанкционированного проникновения в охраняемые акватории. Результат соответствует мировому уровню новизны и открывает новые возможности разработки подводных акустических технологий (Korenbaum V., Kostiv A., Gorovoy S., Dorozhko V., Shiryayev A. // *Archives of Acoustics*. 2020. V. 45 (2). P. 349-357).

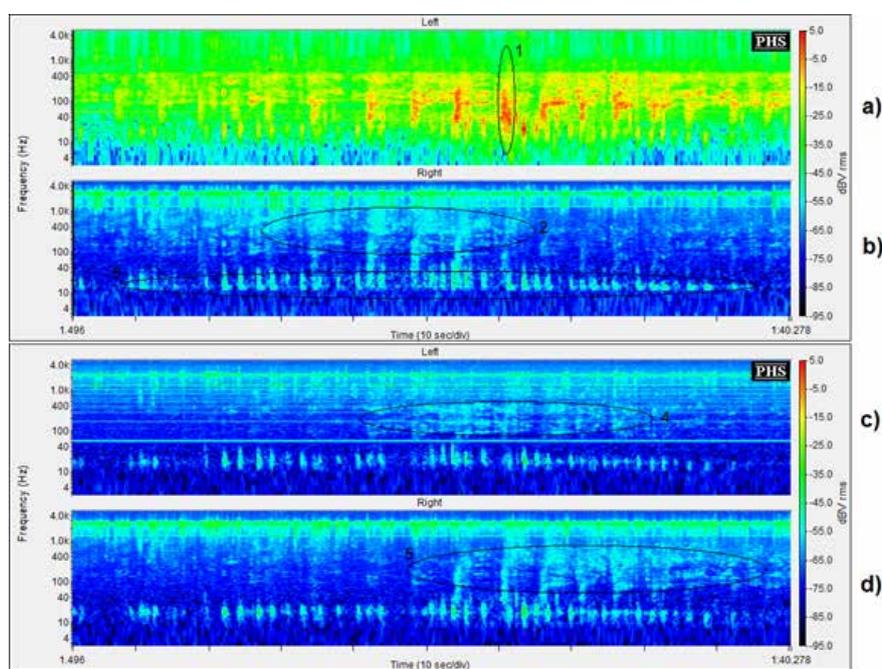


Рис. 10.4. Спектрограммы откликов гидрофона (а) и трех компонент приемника градиента давления (b-d) на проход водолаза-аквалангиста на ластах: 1, 2, 4, 5 – шумы, связанные с дыханием, 3 – шумы, связанные с движением ласт.

Fig. 10.4. Spectrograms of the responses of the hydrophone (a) and three components of the pressure gradient receiver (b-d) to the passage of a scuba diver on fins: 1, 2, 4, 5 - noises associated with breathing, 3 - noises associated with the movement of fins

Тема «Разработка физических основ и методов дистанционного зондирования Земли и современных информационных технологий для комплексных исследований океана и атмосферы / Development of physics and methods of remote sensing of the earth and modern information technologies for integrated researches of the ocean and atmosphere»

Научные руководители: к.ф.-м.н. П.А Салюк, к.т.н. В.К. Фищенко
Scientific supervisors: Phd. P.A. Saluyk, Phd. V.K. Fischenko

11.1. Моделирование яркостных температур и первые результаты, полученные микроволновым радиометром МТВЗА-ГЯ со спутника Метеор-М № 2-2 / Modeling of brightness temperatures and the first results obtained by the microwave radiometer MTVZA-GYa from the satellite Meteor-M No. 2-2

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

Выполнены расчёты спектров яркостных температур уходящего излучения Земли на каналах радиометра МТВЗА-ГЯ и приведены глобальные поля яркостных температур Земли на нисходящих (ширина полосы обзора $L = 1500$ км) и восходящих ($L = 2500$ км) витках. Поля на вертикальной и горизонтальной поляризациях дают представление о температуре поверхности океана и скорости приводного ветра, интегральном содержании в атмосфере водяного пара, капельной облачности и осадков, характеристиках циклонов, фронтов и атмосферных рек над океаном, распределении морских льдов и свойствах ледяных щитов Антарктиды и Гренландии, температуре земных и растительных покровов и др. Полученные результаты необходимы для совершенствования моделирования яркостной температуры, разработки алгоритмов восстановления параметров, проведения калибровки радиометров и валидации продуктов спутников серии «Метеор-М» № 2. (Чернявский Г.М., Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л., Стрельцов А.М., Евсеев Г.Е., Черный И.В. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17, № 3. С. 51-65).

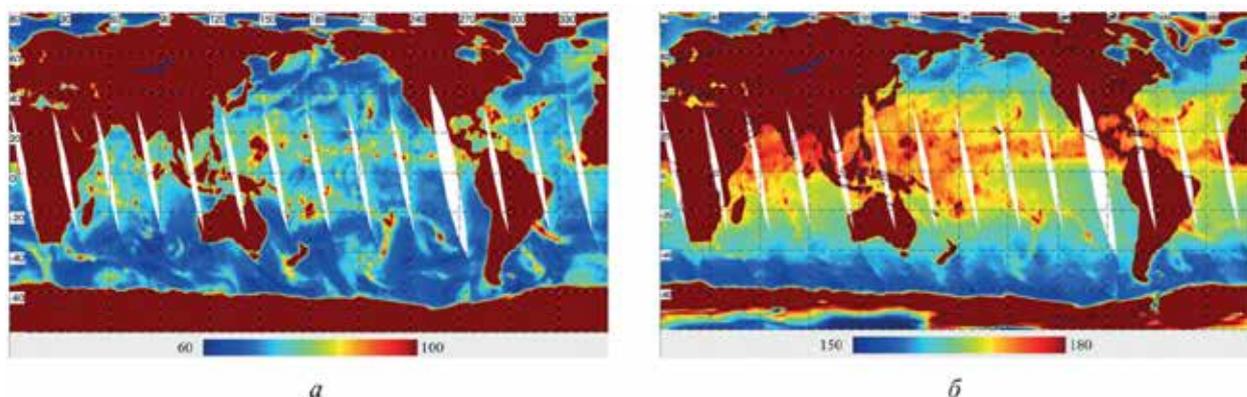


Рис. 11.1. Изменчивость яркостной температуры на частоте 10,65 ГГц на горизонтальной (а) и вертикальной (б) поляризациях, обусловленная вариациями температуры поверхности воды, скорости приводного ветра, водозапаса облаков и интенсивности осадков по измерениям МТВЗА-ГЯ над океаном на восходящих витках 7 октября 2019 г.

Fig. 11.1. Variability of the brightness temperature at a frequency of 10.65 GHz at horizontal (a) and vertical (b) polarizations due to variations in the water surface temperature, surface wind speed, water content of clouds and precipitation intensity as measured by MTVZA-GY over the ocean at the ascending orbits on October 7 Dec 2019

11.2. Спектры волновых чисел концентрации хлорофилла «а» и температуры поверхности моря в районе антициклонического вихря в Южно-Китайском море / Wavenumber spectra of the chlorophyll “a” concentration and the sea surface temperature in the area of the anticyclonic eddy in the South China Sea

к.г.н. Т.И. Клещёва, д.ф.-м.н. М.С. Пермяков, к.ф.-м.н. П.А. Салюк, И.А. Голик / T.I. Kleshcheva, M.S. Permyakov, P.A. Salyuk, I.A. Golik

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 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 термосолинографом), 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 (Kleshcheva T.I., Permyakov M.S., Salyuk P.A., Golik I.A. // *J. Oceanogr.* 2020. V. 77. P. 259-267).

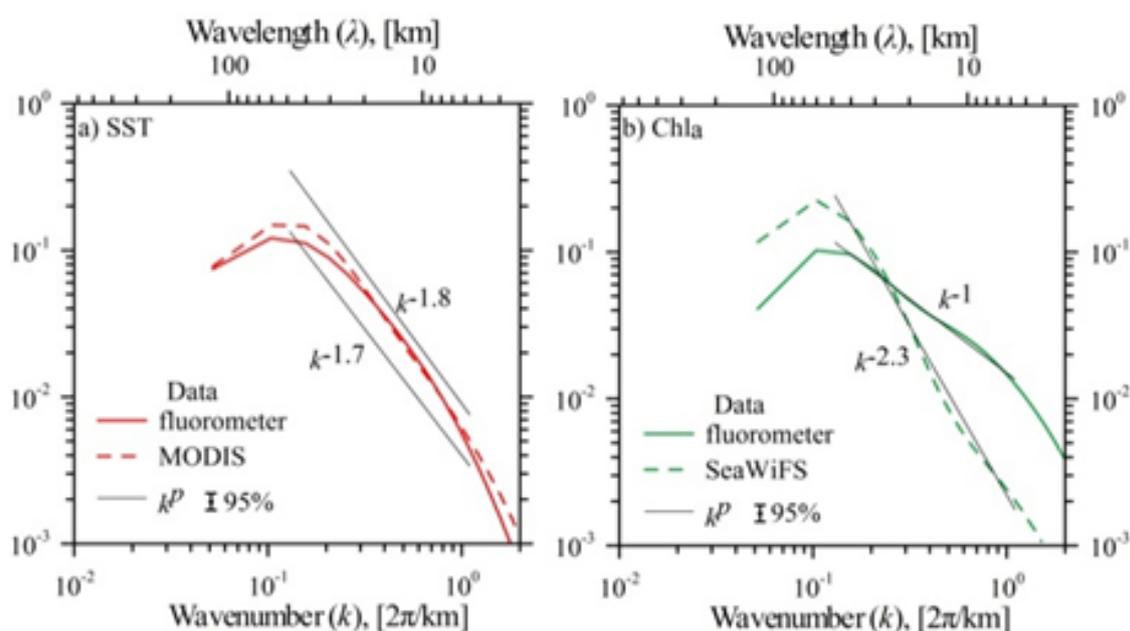


Рис. 11.2. Нормированные пространственные спектры SST (a) и Chla (b) по судовым и спутниковым данным в области антициклонического вихря в Южно-Китайском море 1 марта 2004 г.

Fig. 11.2. Normalized spatial spectra of SST (a) and Chla (b) from ship and satellite data in the area of an anticyclonic eddy in the South China Sea on March 1, 2004

11.3. Оптоакустические эффекты при лазерном пробое морской воды в ультразвуковом поле / Optoacoustic effects during laser breakdown of seawater in an ultrasonic field

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

Проведены эксперименты по созданию и исследованию оптического пробоя при двухимпульсном возбуждении и при одноимпульсном возбуждении в поле ультразвука. Наблюдается увеличение интенсивности спектральных линий марганца при одноимпульсном оптическом пробое в поле ультразвука. Однако интенсивность линий при накачке ультразвуком оказывается меньше, чем при двойном пробое. Тем не менее, использование ультразвука все равно имеет практический смысл из-за простоты его использования, а также из-за отсутствия необходимости строить сложную оптическую схему – увеличение линии марганца в присутствии ультразвука присутствовало всегда. Еще одним результатом работы явилось высокая эффективность использования ультразвука для регистрации следовых концентраций иона кальция в жидкости при одноимпульсном оптическом пробое жидкости, сравнимая с эффектом двухимпульсного оптического пробоя. Полученные результаты могут быть использованы для организации оперативного определения элементного состава морской воды в многоуровневых измерительных системах.

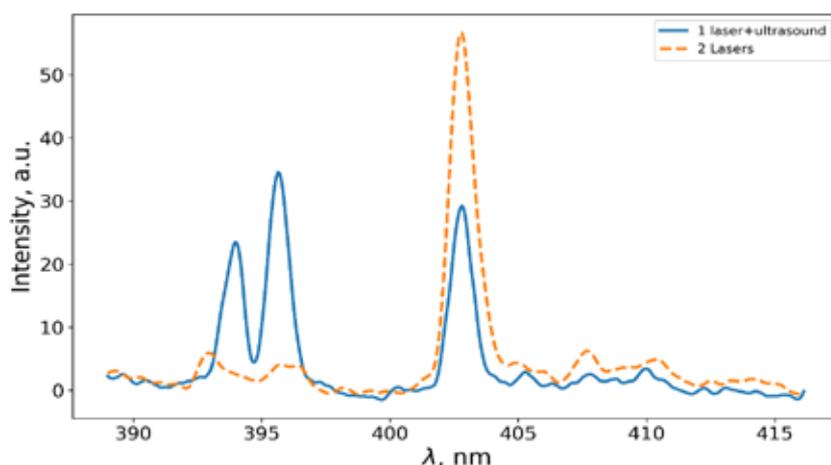


Рис. 11.3. Зависимость интенсивности линий ионов Ca на длине волны 393,4 и 396,8 нм и Mn на длине волны 403 нм от двойного лазерного импульса и совместного одноимпульсного лазерного излучения и ультразвуком соответственно. (При одноимпульсном возбуждении использован лазер Quantel «Brio» с мощностью 20 мДж, на рисунке указан как 1 Laser).

Fig. 11.3. Dependence of the intensity of the Ca ions at a wavelength of 393.4 and 396.8 nm and Mn at a wavelength of 403 nm on a double laser pulse and combined single-pulse laser radiation and ultrasound, respectively. (For single-pulse excitation, a Quantel “Brio” laser with a power of 20 mJ was used; in the figure it is indicated as 1 Laser)

11.4. Новые возможности спутниковых прямых измерений параметров морского волнения / New possibilities of satellite direct measurements of sea waves parameters

д.ф.-м.н. Л.М. Митник и др. / L.M. Mitnik et al.

Показано, что среднеквадратичный уклон крупномасштабных морских волн (по сравнению с длиной волны радара) может быть восстановлен из спутниковых измерений радаром осадков в пределах полосы шириной около 115 км. Это увеличивает возможности спутниковых прямых измерений параметров морского волнения, которые в настоящее время ограничены только определением высоты значимого волнения. Проведен обзор полученных результатов и впервые показаны перспективы глобального мониторинга. На основе данных радиолока-

ции осадков становится возможным измерять глобальные поля уклонов морских волн. Это удвоит количество измеряемых дескрипторов морских волн и позволит продвинуться в понимании процессов, происходящих на поверхности океанов и около нее: конвективные ячейки, морские течения, циклоны, атмосферные фронты. Кроме этого, данные радара осадков могут быть использованы для картографирования ледяного покрова, что также является важной задачей. Еще одним существенным преимуществом является то, что радар осадков проводит измерения с 1997 года, и на сегодняшний день накоплен огромный массив данных, что позволит провести анализ декадных изменений. (Panfilova M., Karaev V., Mitnik L., Titchenko Yu., Ryabkova M., Meshkov E. // *Journal of Geophys. Res. Ocean.* 2020. V. 125(11). e2020JC016531).

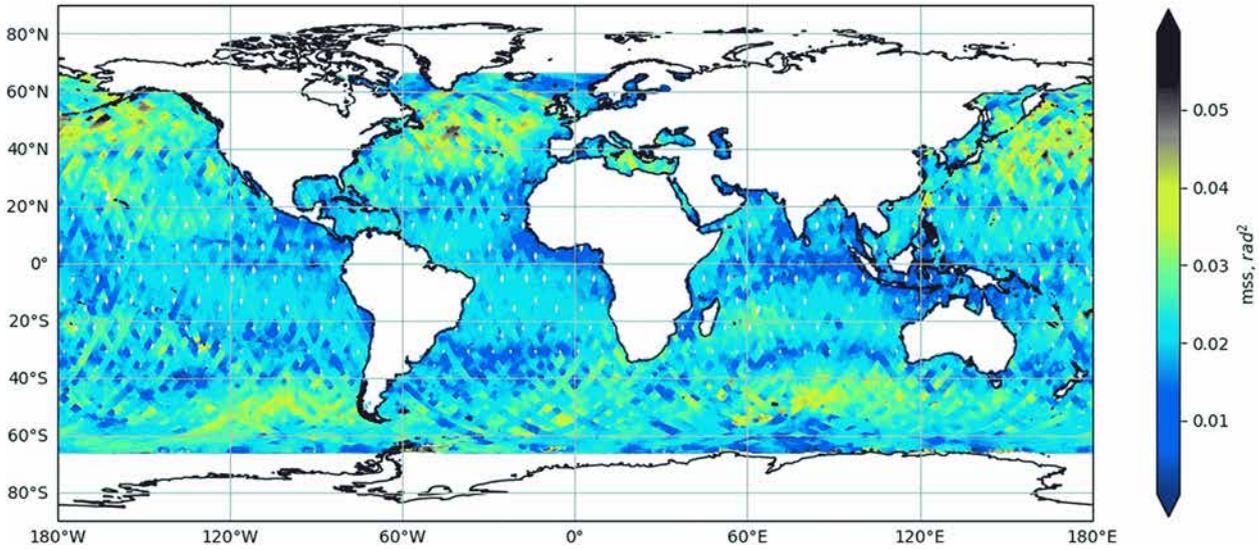


Рис. 11.4. Визуализация поля крупномасштабной волны mss , рассчитанной по данным двухчастотного радара осадков за 8 дней (24–31 декабря 2019 г.). Ширина полосы обзора 115 км, пространственное разрешение 5 км.

Fig. 11.4. Visualization of the field of large-scale wave mss calculated from dual-frequency precipitation radar data for 8 days (24–31 December 2019). Swath width is 115 km, a spatial resolution is 5 km

11.5. Нелинейная модель экмановского пограничного слоя в обобщенном уравнении завихренности / Nonlinear model of the Ekman boundary layer in the generalized vorticity equation

д.ф.-м.н. М.С. Пермяков, П.В. Журавлев, В.И. Семькин /
M.S. Permyakov, P.V. Zhuravlev, V.I. Semikin

Получена нелинейная модель экмановского пограничного слоя в обобщенном уравнении завихренности. Обобщенное уравнение эволюции завихренности для баротропной модели вязкой жидкости включает члены линейного и эффективного нелинейного трения, связанные с влиянием на потоки в океане или атмосфере вращения и трения в планетарном пограничном слое (ПС) у подстилающей поверхности. Для учета в этом уравнении пространственной изменчивости параметров ПС предложена новая нелинейная модель ПС, в которой на основе полуэмпирических соображений получены соотношения для вертикального масштаба ПС, устраняющие его неограниченный рост при стремлении абсолютной завихренности к нулю. В численных экспериментах с моделью взаимодействия пары атмосферных вихрей типа тропических циклонов демонстрируется влияние параметров нелинейной модели ПС на эволю-

цию поля завихренности. Показано, что учет члена нелинейного трения, который определяется вторыми пространственными производными от интегральных параметров ПС, приводит к генерации мезо- и мелкомасштабных структур и при определенных условиях может приводить к разбеганию циклонов, а исключение этого члена – к их слиянию. (Пермяков М.С., Журавлев П.В., Семькин В.И. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56, № 6. С. 669-675).

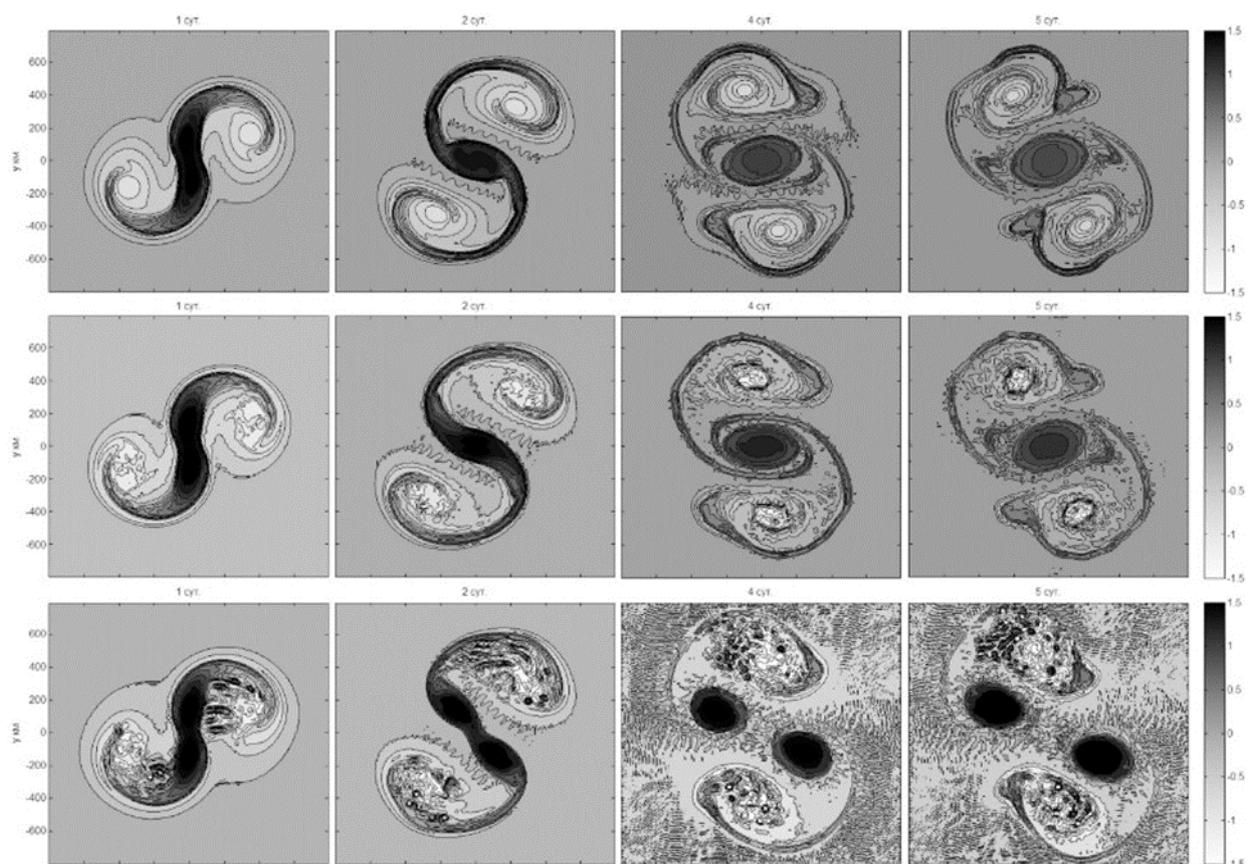


Рис. 11.5. Эволюция полей завихренности в экспериментах с постоянными параметрами ПС (верхний ряд), с учетом изменчивости ПС (средний и нижний ряды). Второй ряд - без учета члена нелинейного трения, который определяется вторыми пространственными производными от интегральных параметров ПС и с включением его – нижний ряд.

Fig. 11.5. Evolution of vorticity fields in experiments with constant PS parameters (top row), taking into account the PS variability (middle and bottom rows). The second row - without taking into account the nonlinear friction term, which is determined by the second spatial derivatives of the integral parameters of the PS and with its inclusion - the bottom row

11.6. Мезомасштабный циклогенез над Японским морем. Часть II: мезоциклоническая деятельность при атмосферном блокировании / Mesoscale cyclogenesis over the Sea of Japan. Part II: mesocyclonic activity during atmospheric blocking

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

Выполнена статистическая обработка архива спутниковых изображений (АСИ) с полярными мезоциклонами (ПМЦ) над дальневосточными (ДВ) морями за 15 холодных сезонов

(октябрь-апрель 2003-2018 гг.). Проведен анализ причин интенсификации мезоциклонической активности над Японским морем в холодном сезоне 2017/2018 гг. Выявлена связь мезоциклонической активности с аномальной продолжительностью холодного вторжения, вызванного атмосферным блокирующим процессом при локализации тихоокеанского высотного гребня над Беринговым морем. Дальнейшее пополнение АСИ позволит получить новые сведения о влиянии центров действия атмосферы Азиатско-Тихоокеанского региона (сибирского и тихоокеанского максимумов и алеутской депрессии) на интенсивность мезоциклогенеза над ДВ морями.

По данным мультисенсорных спутниковых измерений и реанализов высокого разрешения детально изучены ПМЦ над Японским морем с петлями траекторий, аномальной (> 7 суток) продолжительностью жизненного цикла и скоростью ветра ≥ 30 м/с. Расширение ряда наблюдений даст возможность установить частоту появления ПМЦ с аномальными траекториями и причины увеличения продолжительности их жизненного цикла. В перспективе планируется создание атласа траекторий и очагов генезиса ПМЦ над ДВ морями. (Гурвич И.А., Пичугин М.К., Хазанова Е.С. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17, № 1. С. 243-251).

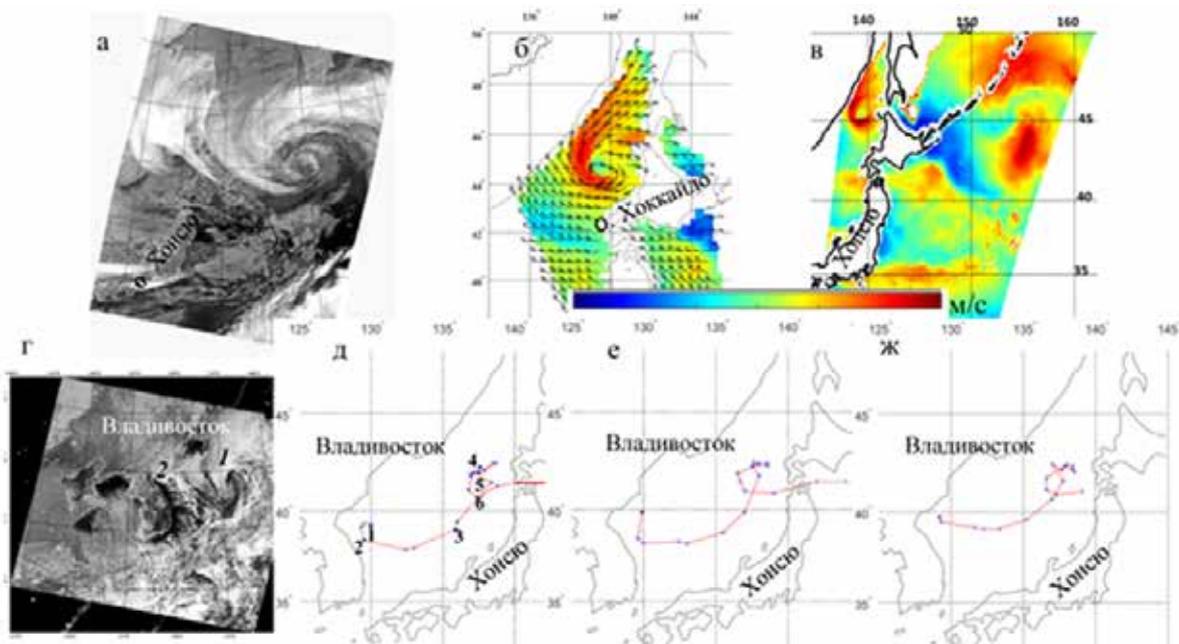


Рис. 11.6. ИК-изображение спектро радиометра MODIS (спутник Aqua) в 16:15 Гр. (а), поля приводного ветра по данным скаттерометра ASCAT (спутник MetOp-B) в 11:08 Гр. (б) и микроволнового радиометра AMSR2 (спутник GCOM-W1) в 16:07 Гр. (в) 23 января 2018 г.; видимое изображение MODIS (спутник Terra) в 02:20 Гр. 3 февраля (г); траектория ПМЦ 1 за период 1-7 февраля 2018 г. по спутниковым данным (д), картам приземного анализа Японского метеорологического агентства (е) и оперативной прогностической модели CFSv2 (ж). Цифрами на (г) обозначены ПМЦ, цифрами на (д) – даты в 00 Гр.

Fig. 11.6. IR image of the MODIS spectroradiometer (Aqua satellite) at 16:15 Gr. (a) Surface wind fields according to the ASCAT scatterometer (MetOp-B satellite) at 11:08 Gr. (b) and an AMSR2 microwave radiometer (GCOM-W1 satellite) at 16:07 GMT. (c) January 23, 2018; visible MODIS image (Terra satellite) at 02:20 Gr. February 3 (d); PMC 1 trajectory for the period February 1-7, 2018 based on satellite data (e), maps of surface analysis of the Japan Meteorological Agency (f) and CFSv2 operational forecast model (g). The numbers on (d) indicate the PMC, numbers on (e) - the dates in 00 Gr

11.7. Воздействия внутренних волн на оптические характеристики поверхности моря в шельфовой зоне залива Петра Великого / Influence of internal waves on the optical characteristics of the sea surface in the shelf zone of the Peter the Great Bay

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

Выполнено моделирование вариаций коэффициентов яркости моря, которые могут быть определены дистанционно, при прохождении внутренних волн (ВВ) в шельфовой зоне западной части Японского моря. Расчеты проведены на основе судовых *in situ* измерений гидрологических и биооптических характеристик водной толщи за 2008–2016 гг. Показано, что наибольшим контрастом для дистанционного наблюдения проявлений ВВ в морской толще обладают индексы цвета в диапазоне длин волн 0,4–0,5 мкм и дистанционно определенные концентрации хлорофилла-а по алгоритмам типа ОС2. Получаемые оптические характеристики могут быть использованы для анализа периода колебаний внутренних волн и их автоматической идентификации на спутниковых изображениях. Для оценки положения гребней внутренних волн, а также для оценки амплитуды необходимо решение обратной задачи дистанционного зондирования цвета моря с учетом региональных гидрооптических характеристик и непостоянной стратификации оптически-активных компонентов в морской толще с привлечением данных гидрофизического моделирования. Результаты могут быть использованы для автоматической идентификации и оценки амплитуды ВВ с помощью спутникового зондирования цвета моря. (Липинская Н.А., Салюк П.А. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2020. Т. 13, № 2. С. 51–59).

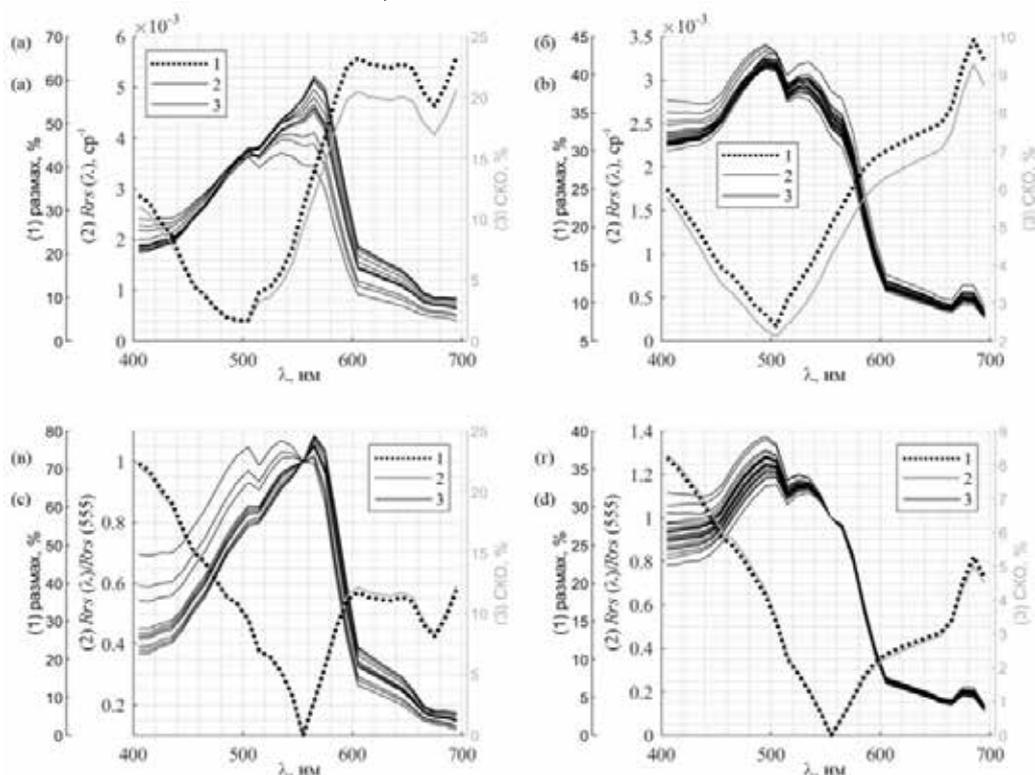


Рис. 11.7. Рассчитанные спектры коэффициентов яркости моря $Rrs(\lambda)$ (линия 2) в период наблюдения внутренних волн 10.03.2008 (а) и 09.04.2009 (б); нормированные спектры $Rrs(\lambda)$ (линия 2) на значение $Rrs(555)$ для 10.03.2008 (в) и 09.04.2009 (г). Линия 1 – размах в % от среднего, линия 3 – СКО в % от среднего.

Fig. 11.7. Calculated spectra of sea brightness coefficients $Rrs(\lambda)$ (line 2) during the observation period of internal waves 2008.10.03 (a) and 2009.09.04 (b); normalized spectra of $Rrs(\lambda)$ (line 2) to the value of $Rrs(555)$ for 2008.10.03 (c) and 2009.09.04 (d). Line 1 – range in% of the average, line 3 – RMS in% of the average

11.8. Нефтяное загрязнение Восточно-Китайского моря танкером Sanchi на изображениях PCA со спутников ALOS-2 и Sentinel-1A и MSI со спутника Sentinel-2 / Pollution of the East China Sea by Sanchi tanker in SAR images from ALOS-2 and Sentinel-1A satellites and MSI from Sentinel-2 satellite

д.ф.-м.н. Л.М. Митник, Е.С. Хазанова / L.M. Mitnik, E.S. Khazanova

Проанализировано загрязнение Восточно-Китайского моря конденсатом (сверхлегкой нефтью), вытекавшим с затонувшего иранского танкера Sanchi, в период 15-20 января 2018 г. с помощью изображений, полученных радарными с синтезированной апертурой (PCA) со спутников ALOS-2 на длине волны $\lambda = 23$ см, Sentinel-1B ($\lambda = 5,6$ см) и COSMO-SkyMed ($\lambda = 3$ см), а также мультиспектральной оптической камерой Multi Spectral Instrument (MSI) со спутника Sentinel-2. Отмечено примерное соответствие моделей дрейфа конденсата данным спутниковых наблюдений. Показана корреляция изображений PCA PALSAR-2 и MSI, полученных с разницей во времени в 1 ч 13 мин. Определены контрасты нефти на фоне взволнованной морской поверхности. Выделено несколько градаций загрязнения, отличающихся, по-видимому, степенью однородности и толщины плёнок. На изображениях MSI на фоне хорошо различимых ветровых волн выделены циркуляции Ленгмюра: светлые полосы конденсата, чередующиеся с тёмными полосами воды. (Митник Л.М., Хазанова Е.С. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. № 2020 Т. 17, № 4. С. 246–255).

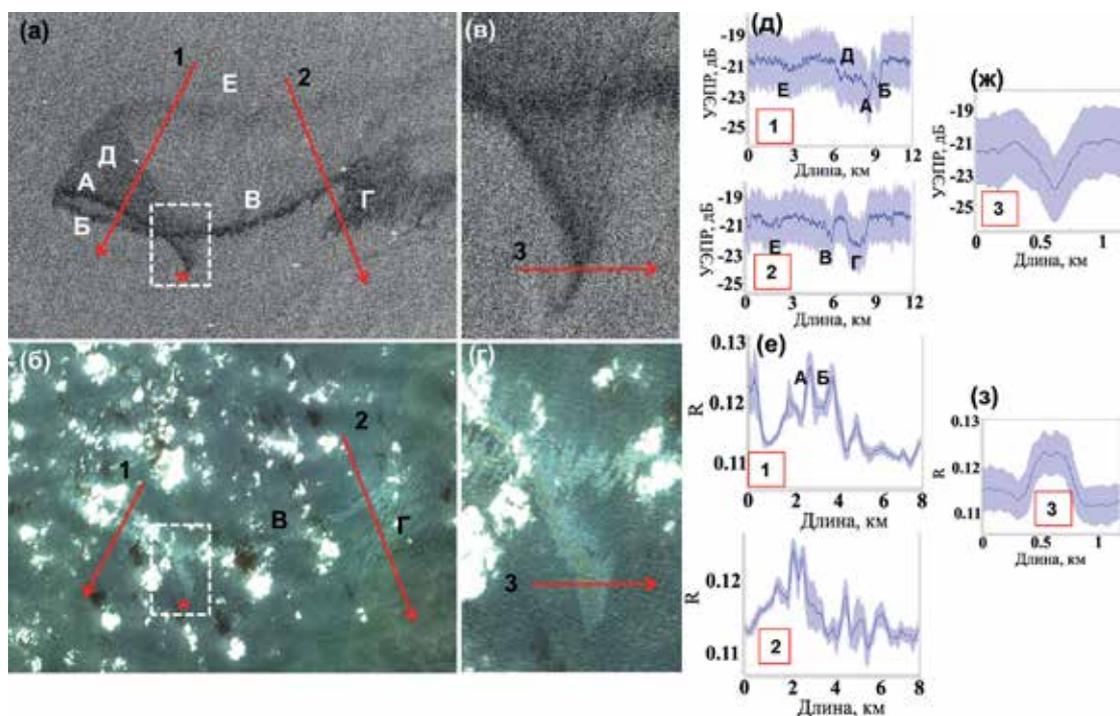


Рис. 11.8. Нефтяные плёнки в районе затопления танкера Sanchi на изображениях PALSAR-2, полученных 18 января 2018 г. в 03:33 UTC со спутника ALOS-2 (а, в) и MSI, полученных в 02:20 UTC со спутника Sentinel-2 (каналы 4, 3, 2) (б, г); пунктирные прямоугольники (а, б) отмечают границы фрагментов (в, г). Профили УЭПР σ° (д, ж) и коэффициента отражения R (е, з) вдоль сечений 1–3 на рис. а–г. Красная звёздочка на рис. а, б отмечает место затопления танкера.

Fig. 11.8. Oil films in the area of the Sanchi sinking in PALSAR-2 images obtained on January 18, 2018 at 03:33 UTC from the ALOS-2 satellite (a, b) and MSI, obtained at 02:20 UTC from the Sentinel-2 satellite (channels 4, 3, 2) (b, d); dotted rectangles (a, b) mark the boundaries of fragments (c, d). The profiles of the UEPR σ° (e, g) and the reflection coefficient R (f, h) along sections 1–3 in Fig. a – d. The red asterisk in Fig. a, b marks the place where the tanker was flooded

11.9. Внезапное стратосферное потепление над Антарктидой в сентябре 2019 г. по данным радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника «Метеор-М» № 2-2 / Sudden stratospheric warming over Antarctica in September 2019 according to the MTVZA-GYa radiometer from the Meteor-M satellite No. 2-2

*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*

Приведены первые результаты измерений исключительно редкого крупномасштабного атмосферного явления - внезапного стратосферного потепления (ВСП) в Южном полушарии (рис. 11.9). Измерения, выполненные сканирующим микроволновым (МВ) температурно-влажностным зондировщиком атмосферы МТВЗА-ГЯ с нового метеорологического спутника России «Метеор-М» № 2-2 в диапазоне частот $\nu = 52,8-57,6$ ГГц, дают представление об изменчивости температуры стратосферы и верхней тропосферы Земли. При анализе временных рядов антенных температур $T_a(\nu)$ на 10 частотах обнаружен быстрый (на несколько десятков градусов за неделю) рост температуры средней и нижней стратосферы над Антарктидой в конце августа - сентябре 2019 г. Спутниковые данные находятся в согласии с вертикальными профилями температуры воздуха по данным радиозондов, выпущенных с Южного полюса (станция 89009) и с побережья Антарктиды (станции 89062, 89055, 89592, 89611, 89511, 89664 и 89532), максимальная высота подъёма которых $h_{max} = 28-34$ км. (Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17, № 7. С. 229-242).

11.10. Анализ зимних выносов тёплого морского воздуха на западное побережье Татарского пролива / Analysis of winter outflows of warm sea air to the western coast of the Tatar Strait

к.г.н. Е.Ю. Поталова / E.Yu. Potalova

Исследованы зимние локальные выносы тёплого морского воздуха (ЛМВ) на западное побережье Татарского пролива – одной из малоизученных особенностей взаимодействия океана и атмосферы на Дальнем Востоке. Особенностью ЛМВ является нарушение широтного распределения приземной температуры воздуха, когда с широтой температура воздуха над Японским морем не уменьшается, а растёт. На основе метеорологических данных ежедневных наблюдений со станций Советская Гавань и Владивосток, а также синоптических карт Гидрометцентра СССР и Японского метеорологического агентства выявлены и проанализированы все случаи ЛМВ за 1966–2018 гг. Показано, что чаще всего такие события бывают в декабре и январе, продолжаются в среднем около 4 суток и сопровождаются повышением температуры с юга (Владивосток) на север (Советская Гавань) в среднем на 4°C , а в отдельных случаях на более чем 9°C , и обильными осадками на севере. Рассмотрены синоптические процессы над северо-западной частью Тихого океана и континентальной частью Азии (районы Якутии, Восточной Сибири), приводящие к ЛМВ, выявлено и описано 3 основных типа процессов. (Василевская Л.Н., Поталова Е.Ю. // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2020. № 1 (375). С. 7–20).

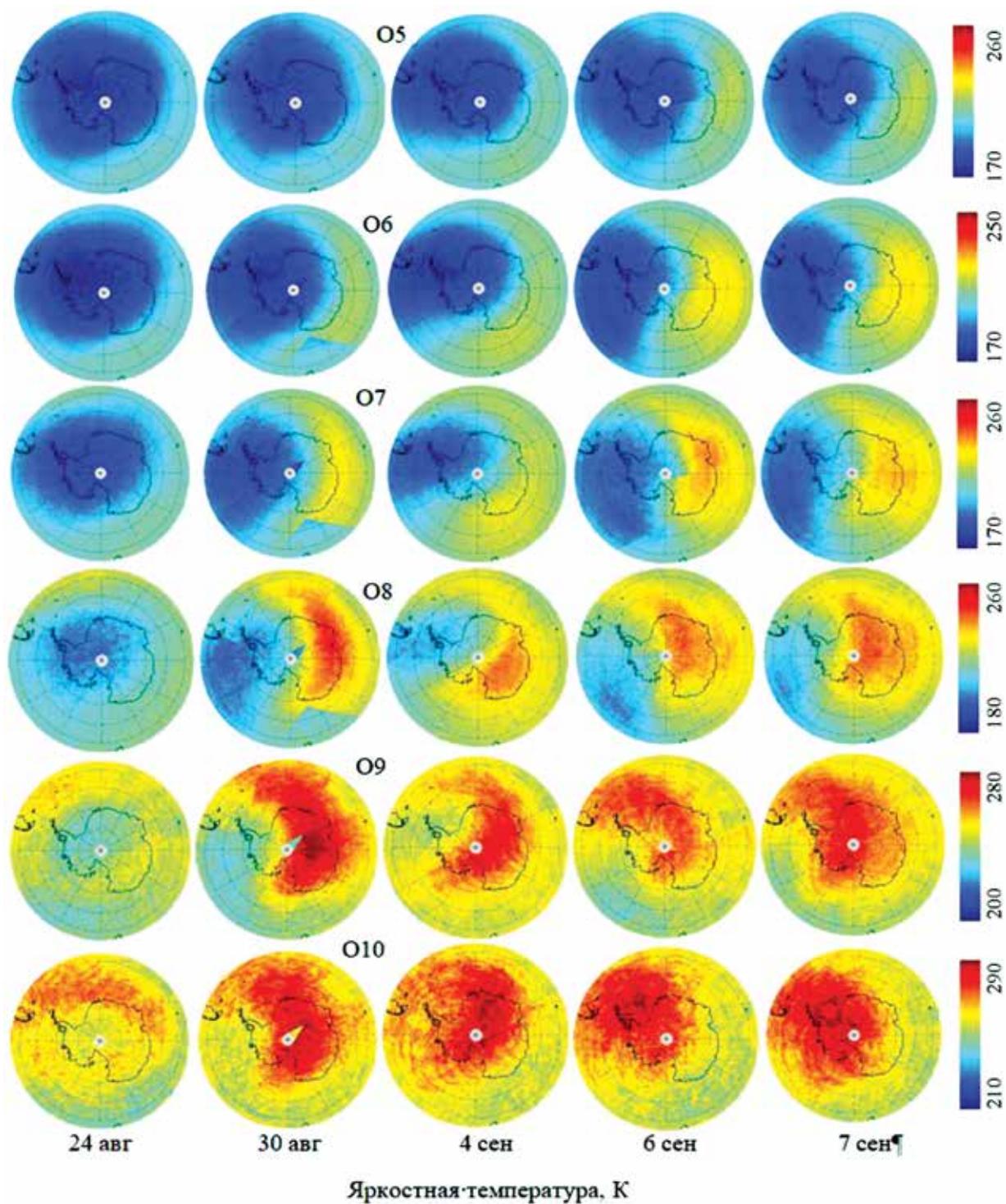


Рис. 11.9. Изменчивость яркостной температуры над Южной полярной областью по измерениям радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника «Метеор-М» № 2-2 до и во время внезапного стратосферного потепления в конце августа – начале сентября 2019 г.

Fig. 11.9. Variability of brightness temperature over the South Polar Region as measured by the MTVZA-GYa radiometer from the Meteor-M satellite No. 2-2 before and during a sudden stratospheric warming in late August - early September 2019

11.11. Характеристики очагов тайфунов по данным World Wide Lightning Location Network / Characteristics of typhoon eyewalls according to World Wide Lightning Location Network data

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

Разработаны методы оперативной оценки геометрических характеристик облачной стены глаза тайфунов (координаты центра, радиус и ширина, радиусы внутренней и внешней границ) по данным глобальной сети локализации молний WWLLN. Полученные с помощью этих методов оценки были валидированы на характеристики тайфунов, восстановленные из спутниковых данных ASCAT, JTWC и JMA. Полученные результаты указывают на возможность в оперативной практике прогноза тайфунов использовать данные сети локализации молний WWLLN для определения в реальном масштабе времени их характеристик. Показано, что точность оценок координат центра тайфунов и радиусов облачной стены по данным глобальной сети WWLLN (~1,5 км) может быть выше оценок по спутниковым изображениям, достигая точности радиолокационных методов. В случае высокой плотности и частоты данных WWLLN можно проводить оценки характеристик облачной стены тайфуна в скользящем окне с дискретностью 15-30 минут, сравнимой с дискретностью получения изображений с геостационарных спутников. Использование метода позволяет дополнительно получать данные, когда спутниковые изображения не доступны, что увеличивает количество полезной информации о характеристиках тропических циклонов. (*Permyakov M., Kleshcheva T., Potalova E., Holzworth R.H. // Monthly Weather Review. 2019. V. 147, No. 11. P. 4027-4043*).

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»
(новая лаборатория)

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

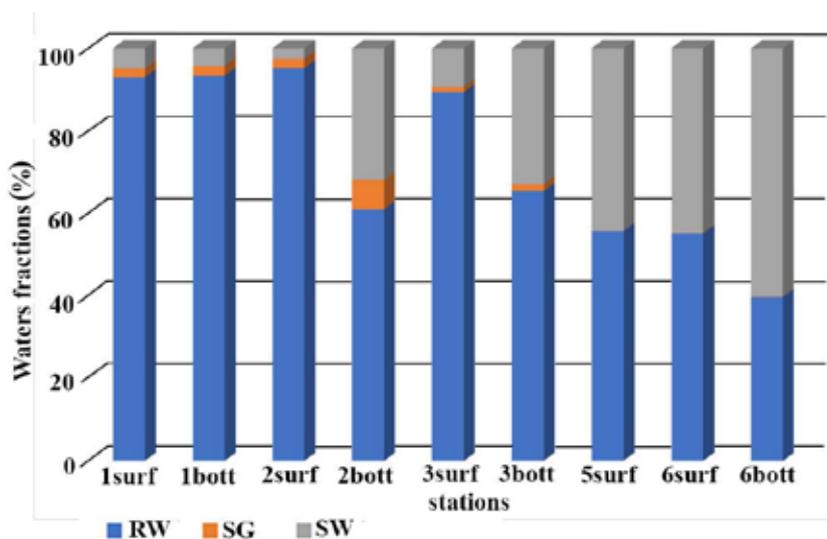
12.1. Гидрохимия и изотопия подмерзлых подземных вод на восточном склоне дельты р. Лены (море Лаптевых) / Hydrochemistry and Isotopic Signatures of Subpermafrost Groundwater Discharge along the Eastern Slope of the Lena River Delta in the Laptev Sea

к.г.-м.н. А.Н. Чаркин, А.Е. Леусов, К.П. Щербакова,
Е.И. Ярощук, Т.А. Гуленко и др. / A.N. Charkin, A.E. Leusov,
K.P. Shcherbakova, E.I. Yaroshchuk, T.A. Gulenko et al.

Установлено, что в губе Буор-Хая (море Лаптевых), в районе разгрузки субмаринных грунтовых вод большая часть короткоживущих изотопов радия (^{224}Ra , ^{223}Ra , ^{228}Ra) поступает из осадочного материала и лишь высокая активность долгоживущего изотопа ^{226}Ra обеспечивается вкладом грунтового источника. Подмерзлотный генезис грунтовых вод подтверждается низкими значениями $\delta^{18}\text{O}$, $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$ отношения и максимальной щёлочностью относительно остальных вод исследуемой акватории (губа Буор-Хая). С помощью модели трёх источников смешения «Monte Carlo» установлено, что содержание подмерзлотных грунтовых вод в районе их разгрузки (ст. 2 дно) достигает 7%. (Charkin A.N., Pipko I.I., Pavlova G., Dudarev O.V., Leusov A.E., Barabanshchikov Y.A., Shcherbakova K.P., Yaroshchuk E.I., Pugach S.P., Gulenko T.A., Goriachev V.A., Semiletov I.P., Zarubina N.V. // Journal of Hydrology. 2020. V. 590. Art.no. 125515.)

Рис. 12.1. Фракционирование водных масс трёх источников смешения (RW – речная вода, SG – подмерзлотные грунтовые воды, SW – морская вода) на разрезе вдоль восточного края дельты реки Лена (губа Буор-Хая) рассчитанные на основе данных $\delta^{18}\text{O}$ – солёность.

Fig. 12.1. Fractionation of water masses of three sources of mixing (RW - river water, SG - subpermafrost groundwater, SW - sea water) in the section along the eastern edge of the Lena River delta (Buor-Khaya Bay) calculated on the basis of data $\delta^{18}\text{O}$ - salinity



12.2. 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/м³ ($1,45 \pm 0,12$ нг/м³; 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 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/м²/ч, в среднем $0,70 \pm 0,26$ нг/м²/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).

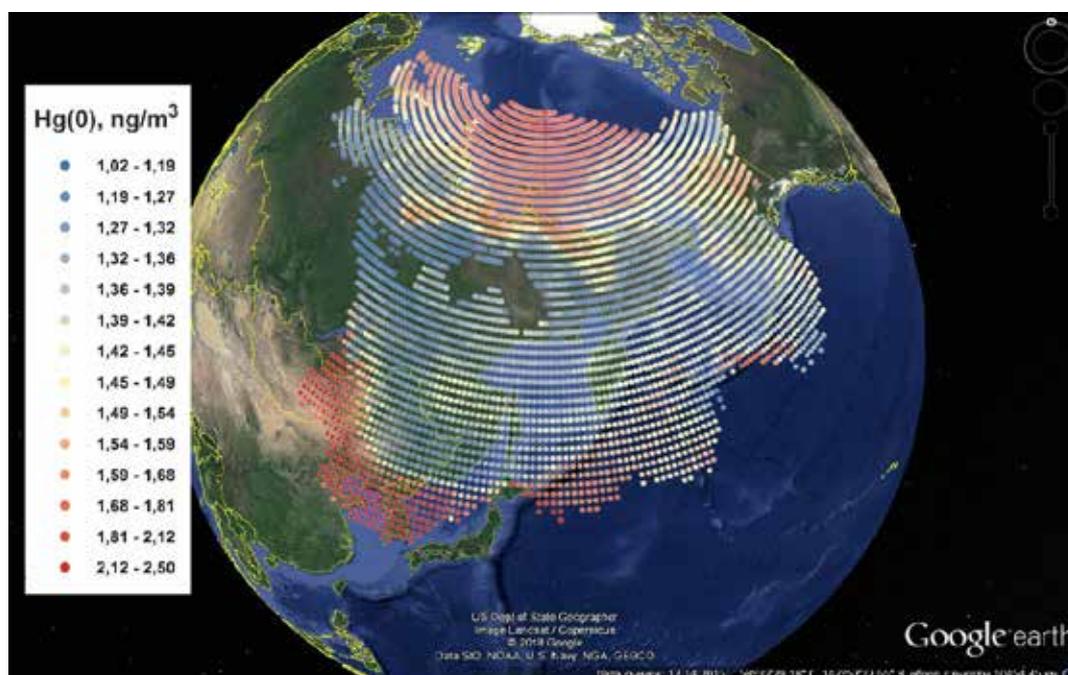


Рис. 12.2. Значения по сетке ($1^\circ \times 1^\circ$) обратных траекторий движения воздушных масс, взвешенных по концентрациям Hg(0).

Fig. 12.2. Grid ($1^\circ \times 1^\circ$) values of back trajectories of air masses weighted by Hg (0)

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 “» (новая лаборатория)

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

13.1. Полициклические ароматические углеводороды в устьях двух рек Японского моря / Polycyclic aromatic hydrocarbons in the estuaries of two rivers of the Sea of Japan

Т.Л. Чижова, Ю.В. Кудряшова, д.х.н. П.Я. Тищенко /
T.L. Chizhova, Y. Koudryashova, P. Tishchenko

Впервые были изучены сезонные колебания растворенных и взвешенных форм 13 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в эстуариях рек Партизанской и Туманной. Определено, что уровень ПАУ в течение года в целом был низкий, однако наблюдалось повышение концентраций ПАУ вследствие влияния сезонных факторов, как природных (летние паводки), так и антропогенных (активность отопительных систем). Установлено, что сезонные увеличения содержания канцерогенных и потенциально канцерогенных ПАУ ведут к повышению уровня экологического риска до среднего. Показано, что ПАУ, поступающие в эстуарии в течение года, были пирогенного происхождения, однако в отдельные сезоны наблюдался приток петрогенных ПАУ. Распределение ПАУ между солеными и соленоватыми/пресными водами в эстуарных системах зависело от путей поступления ПАУ. Были оценены массы ПАУ, поступающие со стоком рек в воды Японского моря: для реки Партизанской массовый поток ПАУ составил 0,028 т/г, для реки Туманной – 2,5 т/г. Было установлено, что массы ПАУ, поступающие в Японское море зависят, в первую очередь, от расхода рек, а не от уровня концентраций ПАУ (*Chizhova T., Koudryashova H., Prokuda N., Tishchenko P., Hayakawa K. // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. V. 17. 6019*).

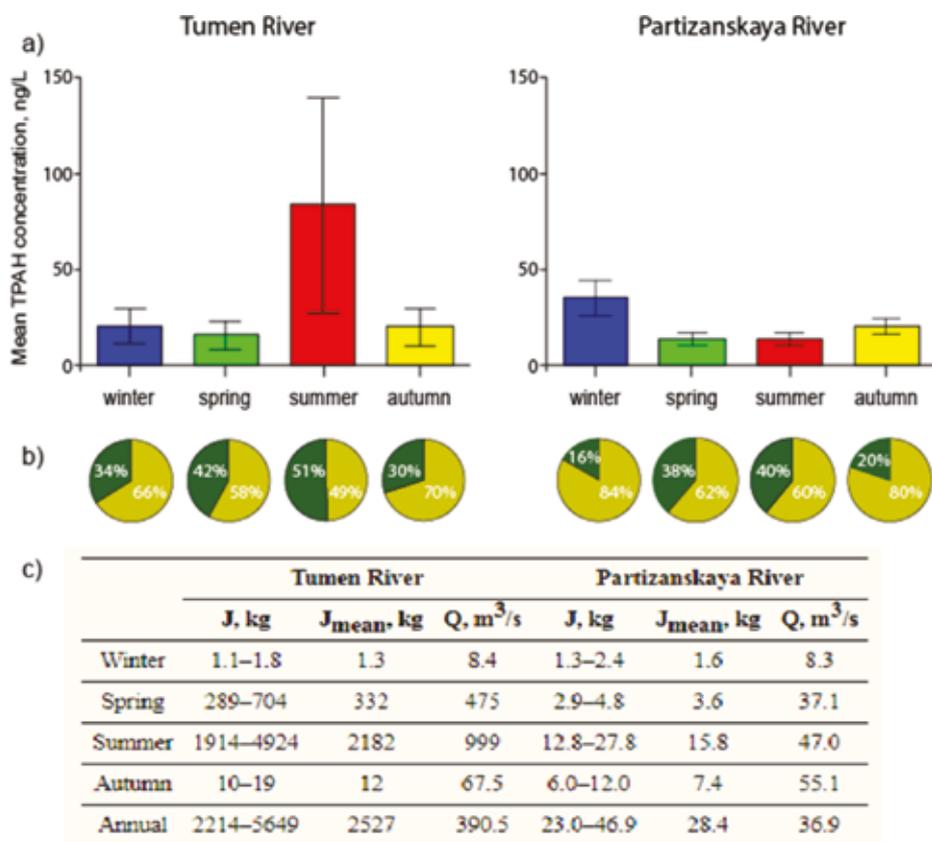


Рис. 13.1. а) Сезонные изменения концентраций ПАУ в эстуариях изучаемых рек; б) относительное содержание взвешенной (зеленый цвет) и растворенной (желто-зеленый) форм ПАУ в образцах; в) массовые потоки ПАУ (J) и расход рек (Q) Туманная и Партизанская.

Fig. 13.1. a) Seasonal changes in PAH concentrations in estuaries of the studied rivers; b) the relative content of suspended (green) and dissolved (yellow-green) forms of PAHs in the samples; c) mass flows of PAHs (J) and discharge of rivers (Q) Tumannaya and Partizanskaya

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

14.1. Глубоководная метановая аномалия в проливе Брансфилд (Антарктика) /
Deepwater methane anomaly in Bransfield Strait (Antarctica)

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

Впервые выявлена аномалия метана в новом глубоководном (более 1000 м) участке пролива Брансфилд. С помощью газогеохимической съемки был выявлен фокусированный метановый сип на глубине 1397 м, характеризующийся высоким уровнем концентрации метана (43 нмоль/л) в придонном горизонте воды. Установлено, что обогащенный метаном (10,29–14,46 нмоль/л) придонный слой морской воды распространяется на расстояние до 30–35 км от центральной части метановой аномалии. На этом участке выявлен мощный микробиальный фильтр, расположенный в зоне разгрузки метана, в составе которого были зафиксированы культивируемые формы термофильных метанотрофных бактерий, что указывает на термогенное происхождение метана и характеризует в целом активные эндогенные процессы «дыхания недр» в рифтогенной структуре пролива Брансфилд. Полученные результаты вносят важный вклад в понимание деятельности геосистем и экосистем Атлантического сектора Южного океана. (Полоник Н.С., Пономарева А.Л., Шакиров Р.Б. // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 61–76).

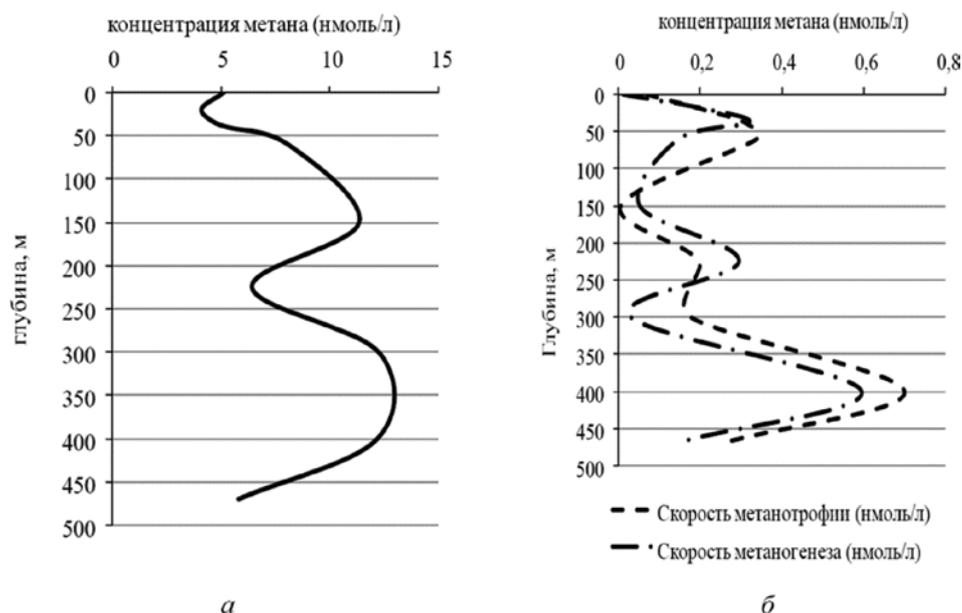


Рис. 14.1. Бимодальное распределение метана в водной колонке станции 6587 в проливе Брансфилд: а – концентрация метана в воде; б – скорость процессов метанотрофии и метаногенеза.

Fig. 14.1. Bimodal distribution of methane in the water column of station 6587 in Bransfield Strait: a - concentration of methane in water; b - the rate of the processes of methanotrophy and methanogenesis

Статьи в зарубежных журналах / Articles in Foreign Journals

1. *Aksentov K.I., Sattarova V.V.* Mercury geochemistry of deep-sea sediment cores from the Kuril area, northwest Pacific // *Progress in Oceanography* 2020. V. 180. Art.no. 102235.
2. *Andreev A.G., Budyansky M.V., Khen G.V., Uleysky M.Y.* Water dynamics in the western Bering Sea and its impact on chlorophyll a concentration // *Ocean Dynamics*. 2020. V. 70. P. 593-602.
3. *Astakhov A.S., Shi Xuefa, Darin A.V., Kalugin I.A., Hu Limin, Tsoy I.B., Kolesnik A.N., Obrezkova M.S., Alatorsev A.V., Babich V.V., Plotnikov V.V.* Reconstructing ice conditions in the southern Chukchi Sea during the last millennium based on chemical composition of sediments and diatom assemblages // *Marine Geology*. 2020. V. 427. Art.no. 106220.
4. *Charkin A.N., Pipko I.I., Pavlova G.Yu., Dudarev O.V., Leusov A.E., Barabanshchikov Y.A., Shcherbakova K.P., Yaroshchuk E.I., Pugach S.P., Gulenko T.A., Goriachev V.A., Semiletov I.P., Zarubina N.V.* Hydrochemistry and Isotopic Signatures of Subpermafrost Groundwater Discharge along the Eastern Slope of the Lena River Delta in the Laptev Sea // *Journal of Hydrology*. 2020. V. 590. Art.no. 125515.
5. *Chernykh D., Yusupov V., Salomatin A., Kosmach D., Shakhova N., Gershelis E., Konstantinov A., Grinko A., Chuvilin E., Dudarev O., Koshurnikov A., Semiletov I.* Sonar estimation of methane bubble flux from thawing subsea permafrost: A case study from the laptev sea shelf // *Geosciences*. 2020. V. 10, № 10. P. 1-14.
6. *Chizhova T., Koudryashova Y., Prokuda N., Tishchenko P.Y., Hayakawa K.* Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Estuaries of Two Rivers of the Sea of Japan // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. V. 17. Art.no. 6019.
7. *Chubilin 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*. 2020. V. 123. Art.no. 104672.
8. *Chudnovskii V.M., Levin A.A., Yusupov V.I., Guzeve M.A., Chernov A.A.* The formation of a cumulative jet during the collapse of a vapor bubble in a subcooled liquid formed as a result of laser heating // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2020. V. 150. Art.no. 119286.
9. *Derkachev A.N., Gorbarenko S.A., Ponomareva V.A., Portnyagin M.V., Malakhova G.Y., Liu Y.* Middle to late Pleistocene record of explosive volcanic eruptions in marine sediments offshore Kamchatka (Meiji Rise, NW Pacific) // *Journal of Quaternary Science*. 2020. V. 35, № 1-2. P. 362-379.
10. *Didov A.A., Kon'kov L.E., Makarov D.V.* Transport through degenerate tori and quantum-to-classical crossover in a driven Aubry-Andre model // *The European Physical Journal B*. 2020. V. 93, Iss. 1. Art. no. 13.
11. *Didov A.A., Uleysky M.Yu., Budyansky M.V.* Stable and unstable periodic orbits and their bifurcations in the nonlinear dynamical system with a fixed point vortex in a periodic flow // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2020. V. 91. Art.no. 105426.
12. *Dolgikh G., Budrin S., Dolgikh S.* Fluctuations of the sea level, caused by gravitational and infra-gravitational sea waves // *Journal of Marine Science and Engineering*. 2020. V. 8, № 10. Art.no. 796.
13. *Dolgikh G., Budrin S., Dolgikh S., Plotnikov A.* Supersensitive Detector of Hydrosphere Pressure Variations // *Sensors*. 2020. V. 20. Art.no. 6998.
14. *Dolgikh G.I., Chupin V.A., Gusev E.S.* Microseisms of the “Voice of the Sea” // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2020. V. 17, № 5. P. 750-754.
15. *Dolgikh G.I., Piao Shengchun, Budrin S.S., Song Yang, Dolgikh S.G., Chupin V.A., Yakovenko S.V., Dong Yang, Wang Xiaohan.* Study of Low-Frequency Hydroacoustic Waves' Behavior at the Shelf of Decreasing Depth // *Applied Sciences- Basel*. 2020. V. 10, № 9. Art.no. 3183.
16. *Dolmatova L.S., Dolmatov I.Y.* Different macrophage type triggering as target of the action of biologically active substances from marine invertebrates // *Marine Drugs*. 2020. V. 18 (1). P. 37.
17. *Dong M.D., Phach P.V., Thanh N.T., Hung D.Q., Hiep P.Q., Diep N.V., Shakirov R.B.* Application of numerical model Simclast for studying the development of Red river delta in late Pleistocene-Holocene // *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*. 2019. V. 19, № 4. P. 463-478.

-
18. *Dovzhenko N.V., Mazur A.A., Kukla S.P., Slobodskova V.V., Kolosova L.F., Istomina A.A., Chelomin V.P.* Plastics as vehicles of chemical compounds to marine organisms // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548, № 4. Art.no. 042040.
 19. *Dovzhenko N.V., Slobodskova V.V., Matrosova I.V., Pryazhevskaya T.S.* Biomonitoring of estuaries of the Peter the Great Bay (the Sea of Japan) using *Corbicula japonica* (Prime, 1864) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 421, № 6. Art.no. 062031.
 20. *Fursenko R.V., Chudnovskii V.M., Minaev S.S., Okajima J.* Mechanism of high velocity jet formation after a gas bubble collapse near the micro fiber immersed in a liquid // Intern. Journal of Heat and Mass Transfer. 2020. V. 163. Art.no. 120420.
 21. *Gershelis E., Grinko F., Oberemok I., Klevantseva E., Poltavskaya N., Ruban A., Chernykh D., Leonov A., Guseva N., Semiletov I.* Composition of Sedimentary Organic Matter across the Laptev Sea Shelf: Evidences from Rock-Eval Parameters and Molecular Indicators // Water. 2020. V. 12. Art. no. 3511.
 22. *Gorbarenko S.A., Shi X., Liu Y., Zou J., Psheneva O.Y., Bosin A.A., Kirichenko I.S., Artemova A.V., Yanchenko E.A., Vasilenko Yu.P.* Evidence of Southern Ocean influence into the far Northwest Pacific (Northern Emperor Rise) since the Bølling–Allerød warming // Global and Planetary Change. 2020. V. 195. Art.no. 103315.
 23. *Gorbarenko S.A., Yanchenko E.A., Harada N., Bosin A.A., Artemova A.V., Vasilenko Y.P.* Orbital and millennial-scale environmental and hydrological changes of the central Okhotsk Sea over the last 136 kyr inferred from micropaleontological (radiolarian and benthic foraminifera), geochemical and lithological proxies and the mechanisms respons // Quaternary Science Reviews. 2020. V. 247. Art. no. 106569.
 24. *Grinko A.A., Goncharov I.V., Shakhova N.E., Gustafsson Ö., Oblasov N.V., Romankevich E.A., Zarubin A.G., Kashapov R.S., Chernykh D.V., Gershelis E.V., Dudarev O.V., Mazurov A.K., Semiletov I.P.* Sediment organic matter in areas of intense methane release in the Laptev Sea: Characteristics of molecular composition // Russian Geology and Geophysics. 2020. V. 61, № 4. P. 456-477.
 25. *Hayakawa Kazuichi, Tang Ning, Nagato Edward, Toriba Akira, Lin Jin-Min, Zhao Lixia, Zhou Zhijun, Qing Wu, Yang Xiaoyang, Mishukov V., Neroda A., Chung Hae-Young.* Long-Term Trends in Urban Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nitropolycyclic Aromatic Hydrocarbons: China, Russia, and Korea from 1999 to 2014 // Intern. Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. V. 17, № 2. P. 431.
 26. *Hu L., Liu Y., Xiao X., Gong X., Zou J., Bai Y., Gorbarenko S., Fahl K., Stein R., Shi X.* Sedimentary records of bulk organic matter and lipid biomarkers in the Bering Sea: A centennial perspective of sea-ice variability and phytoplankton community // Marine Geology. 2020. V. 429. Art.no. 106308.
 27. *Istomina A., Mazur A., Chelomin V., Kukla S., Slobodskova V., Zvyagintsev A., Kolosova L., Zhukovskaya A., Fedorets Y.* The different biomarkers in the assessment of the marine environmental quality using the representative species *Mytilus trossulus* // Water, Air and Soil Pollution. 2020. V. 231, № 8. Art. no. 403.
 28. *Jakobsson M., Mayer L.A., Bringensparr C., Castro C.F., Mohammad R., Johnson P., Ketter T., Accettella D., Amblas D., An L., Arndt J.E., Canals M., Casamor J.L., Chauché N., Coakley B., Danielson S., Demarte M., Dickson M.L., Dorschel B., Dowdeswell J.A., Dreutter S., Fremand A.C., Gallant D., Hall J.K., Hehemann L., Hodnesdal H., Hong J., Ivaldi R., Kane E., Klaucke I., Krawczyk D.W., Kristoffersen Y., Kuipers B.R., Millan R., Masetti G., Morlighem M., Noormets R., Prescott M.M., Rebesco M., Rignot E., Semiletov I.P., Tate A.J., Travaglini P., Velicogna I., Weatherall P., Weinrebe W., Willis J.K., Wood M, Zarayskaya Y., Zhang T., Zimmermann M., Zinglensen K.B.* The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0 // Scientific Data. 2020. V. 7. Art.no. 176.
 29. *Jia, R., Mu, X., Chen, M., Zhu, J., Wang, B., Li, X., Astakhov A.S., Zheng M., Qiu, Y.* Sources of particulate organic matter in the Chukchi and Siberian shelves: clues from carbon and nitrogen isotopes // Acta Oceanologica Sinica . 2020. V. 39, № 9. C. 96-108.
 30. *Karaseva N., Gantsevich M., Obzhairov A., Shakirov R., Starovoitov A., Smirnov R., Malakhov V.* Correlation of the siboglinid (annelida: siboglinidae) distribution to higher concentrations of hydrocarbons in the sea of Okhotsk // Marine Pollution Bulletin. 2020. V. 158. P. 111448.

31. Kondrashov D., Ryzhov E.A., Berloff P. Data-adaptive harmonic analysis of oceanic waves and turbulent flows // *Chaos*. 2020. V. 30. Art.no. 061105.
32. Korenbaum V., Kostiv A., Gorovoy S., Dorozhko V., Shiryaev A. Underwater noises of open-circuit scuba diver // *Archives of Acoustics*. 2020. V. 45, № 2. P. 349-357.
33. Korenbaum V.I., Pochekutova I.A., Kostiv A.E., Malaeva V.V., Safronova M.A., Kabantsova O.I., Shin S.N. Human forced expiratory noise. Origin, apparatus and possible diagnostic applications // *Journal of the Acoustical Society of America*. 2020. V. 148. P. 3385-3391.
34. Korotchenko R.A., Kosheleva A.V. 2D singular spectrum analysis for hydrological data processing // *Regional Studies in Marine Science*. 2020. V. 37. Art.no. 101347.
35. Kozitskiy S.B. The first 180 Lyapunov exponents for two-dimensional complex Ginzburg-Landau-type equation // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2020. V. 84. P. 105172-1-105172-7.
36. Latushkin A.A., Artemiev V.A., Salyuk P.A., Garmashov A.V. Distribution of bio-optical parameters in the Lomonosov equatorial undercurrent in December 2019 // *Proc. of SPIE: the Intern. Society for Optical Engineering. 26-th Intern. Sympos. on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics*. 2020. V. 11560. Art.no. 1156041.
37. Le Duc Anh, Nguyen Hoang, Phung Van Phach, Malinovskii A.I., Dinh Quang Sang, Shakirov R.B. Geochemical features of olivines from Northeastern Phu Quy Volcanic Island and their relation to melt variations in the magma source // *Journal of Geology. Series B*. 2019. № 49-50. P. 1-18.
38. Levin A.A., Safarov A.S., Chudnovskii V.M., Chernov A.A. Modeling of non-stationary temperature field in the neighborhood of the optical fiber end under laser pulse heating // *Interfacial Phenomena and Heat Transfer*. 2020. V. 8, № 1. P. 25-32.
39. Li Li, Yanguang Liu, Xiaojing Wang, Limin Hu, Gang Yang, Hongmin Wang, A.A.Bosin, A.S.Astakhov, Xuefa Shi. Early diagenesis and accumulation of redox-sensitive elements in East Siberian Arctic Shelves // *Marine Geology*. 2020. V. 429. Art.no. 106309.
40. Lipinskaya N.A. The study of the indicate and characteristics of internal waves according to satellite images of the color of the sea // *Proc. of SPIE: the Intern. Society for Optical Engineering. 26-th Intern. Sympos. on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics*. 2020. V. 11560. Art.no. 115604T.
41. Makarov D.V., Elistratov A.A., Lozovik Yu.E. Non-Markovian effects in dynamics of exciton-polariton Bose condensates // *Physics Letters A*. 2020. V. 384, № 36. Art.no. 126942.
42. Maksimov A. Splitting of the surface modes for bubble oscillations near a boundary // *Physics of Fluids*. 2020. V. 32, № 10. Art.no. 102104.
43. Martens J., Wild B., Muschitiello F., O'Regan M., Jakobsson M., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Gustafsson O. Remobilization of dormant carbon from Siberian-Arctic permafrost during three past warming events // *Science Advances*. 2020. V. 6, № 42. Art.no. Eabb6546.
44. Mazur A.A., Zhuravel E.V., Slobodskova V.V., Mazur M.A., Kukla S.P., Chelomin V.P. Waterborne Exposure of Adult Sand Dollar, *Scaphechinus Mirabilis* (Agassiz, 1864), to Zinc Ions and Zinc Oxide Nanoparticles Affects Early Development of its Offspring // *Water, Air and Soil Pollution*. 2020. V. 231, № 3. Art.no. 115.
45. Melnikov V.V. Observations of Annual Walrus (*Odobenus rosmarus divergens*) Migrations in the Nearshore Waters of the Chukotka Peninsula from 1990 to 2012 // *Arctic*. 2020. V. 73, № 1. P. 99-113.
46. Neroda A.S., Goncharova A.A., Mishukov V.F. PAHs in the atmospheric aerosols and seawater in the North–West Pacific ocean and sea of Japan // *Atmospheric Environment*. 2020. V. 222. P. 117117.
47. Novotryasov V.V. Nonlinear diagnostic of a shallow sea stratified by density with weak dispersion and weak nonlinearity // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. V. 1666. Art. no. 012067.
48. Osadchiev A.A., Medvedev I., Schuka S., Kulikov M., Spivak E.A., Pisareva M., Semiletov I.P. Influence of estuarine tidal mixing on structure and spatial scales of large river plumes // *Ocean Science*. 2020. V. 16, № 4. P. 781-798.
49. Osadchiev A.A., Pisareva M.N., Spivak E.A., Shchuka S.A., Semiletov I.P. Freshwater transport between the Kara, Laptev, and East-Siberian seas // *Scientific Reports*. 2020. V. 10, № 1. Art.no. 13041.
50. Panfilova M., Karaev V., Mitnik L., Titchenko Y., Ryabkova M., Meshkov E. Advanced view at the ocean surface // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 2020. V. 125, № 11. Art.no. e2020JC016531.

51. *Petrov P.S., Antoine X.* Pseudodifferential adiabatic mode parabolic equations in curvilinear coordinates and their numerical solution. *Journal of Computational Physics.* 2020. T. 410. Art.no. 109392.
52. *Petrov P.S., Ehrhardt M., Tyshchenko A.G., Petrov P.N.* Wide-angle mode parabolic equations for the modelling of horizontal refraction in underwater acoustics and their numerical solution on unbounded domains // *Journal of Sound and Vibration.* 2020. V. 484. Art.no. 115526.
53. *Prants S.V., Budyansky M.V., Lobanov V.B., Sergeev A.F., Uleysky M.Yu.* Observation and Lagrangian analysis of quasi-stationary Kamchatka trench eddies // *Journal of Geophysical Research: Oceans.* 2020. V. 125. P. 1-21.
54. *Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Ganzey L.A., Ponomarev V.I., Gorbunov A.O., Klimin M.A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu.* Recurrence of extreme floods in southern Sakhalin Island as evidence of paleo-typhoon variability in the northwestern Pacific since 6.6 ka // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 2020. V. 556. Art.no. 109901.
55. *Ruban A.S., Rudmin M., Dudarev O.V., Mazurov A.* The Formation of Authigenic Carbonates at a Methane Seep Site in the Northern Part of the Laptev Sea // *Minerals.* 2020. V. 10, № 11. Art.no. 948.
56. *Ryzhov E.A., Kondrashov D., Agarwal N., McWilliams J., Berloff P.* On data-driven induction of the low-frequency variability in a coarse-resolution ocean model // *Ocean Modelling.* 2020. V. 153. Art. no. 101664.
57. *Salyuk P.A., Glukhovets D.I., Moiseeva N.A., Artemiev V.A., Mayor A.Yu., Khrapko A.N.* Phycoerythrin influence on the optical characteristics of seawater in the Atlantic sector of the Southern Ocean // *Proc. of SPIE: the Intern. Society for Optical Engineering. 26th Intern. Sympos. on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics.* 2020. V. 11560. Art.no. 1156056.
58. *Salyuk P.A., Stepochkin I.E., Shmirko K.A., Golik I.A.* Use of polarization multi-angular measurements of the parasol satellite radiometer for detection of Asian dust storms over the marine surface // *Proc. of SPIE: the Intern. Society for Optical Engineering. 26-th Intern. Sympos. on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics.* 2020. V. 11560. Art.no. 115607L.
59. *Shakirov R.B., Sorochinskaja A.V., Syrbu N.S., Urumu Tsunogai, Tran Hoan Yen.* Gas-geochemical studies of gas fields and increased metal concentrations in the East Siberian Sea // *Vietnam Journal of Earth Sciences.* 2020. V. 42, № 4. P. 395-410.
60. *Simonenko S.V.* The Confirmed Validity of the Thermohydrogravodynamic Theory Concerning the Forthcoming Intensification of the Global Natural Processes from December 7, 2019 to April 18, 2020 AD // *Journal of Geoscience and Environment Protection.* 2020. V. 8, N. 10. P. 351-367.
61. *Sokolovskiy M.A., Koshel K.V., Dritschel D.G., Reinaud J.N.* N-symmetric interaction of N hetons. I. Analysis of the case $N = 2$ // *Physics of Fluids.* 2020. T. 32, № 9. Art.no. 096601.
62. *Stepanov D., Ryzhov E., Berloff P., Koshel K.* Floating tracer clustering in divergent random flows modulated by an unsteady mesoscale ocean field // *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics.* 2020. V. 114, № 04-05. C. 650-714.
63. *Stepanov D.V., Ryzhov E.A., Zagumennov A.A., Berloff P., Koshel K.V.* Clustering of floating tracer due to mesoscale vortex and submesoscale fields // *Geophysical Research Letters.* 2020. V. 47, № 3. Art. no. e2019GL086504.
64. *Suslin V.V., Churilova T.Ya., Efimova T.V., Moiseeva N.A., Skorokhod E.Yu., Stepochkin I.E.* Regional bio-optical algorithm for remote estimation of the Sea of Azov's IOPs // *Proc. of SPIE: the Intern. Society for Optical Engineering. 26-th Intern. Sympos. on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics.* 2020. V. 11560. Art.no. 115600R.
65. *Tishchenko P.Ya., Tishchenko P.P., Lobanov V.B., Mikhaylik T.A., Sergeev A.F., Semkin P.Yu., Shvetsova M.G.* Impact of the transboundary Razdolnaya and Tumannaya Rivers on deoxygenation of the Peter the Great Bay (Sea of Japan) // *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 2020. V. 239. Art.no. 106731.
66. *Trukhin A.M., Boyarova M.D.* Organochlorine pesticides (HCH and DDT) in blubber of spotted seals (*Phoca largha*) from the western Sea of Japan // *Marine Pollution Bulletin.* 2020. V. 150, Art.no. 110738.
67. *Wu Y., Shi X., Gong X., Jian Z., Zou J., Liu Y., Lohmann G., Gorbarenko S.A., Tiedemann R., Lembke-Jene L.* Evolution of the upper ocean stratification in the Japan Sea since the last glacial // *Geophysical Research Letters.* 2020. V. 47. Art.no. 2020GL088255.

68. *Yatsuk A., Shakirov R., Gresov A., Obzhirov A.* Hydrocarbon gases in seafloor sediments of Tatar Strait, Northern Sea of Japan // *Geo-Marine Letters*. 2020. V. 40, № 4. P. 481-490.
69. *Yu P-S., Liao C-J., Chen M-T., Zou J-J., Shi X., Bosin A.A., Gorbarenko S.A., Yokoyama Y.* Alkenone surface hydrographic changes of the subarctic North Western Pacific since the last glacial: proxy limitations and implications of non-thermal environmental influences // *Progress in Earth and Planetary Science*. 2020. V. 7. P. 2-13.
70. *Zaytsev A., Dogan Guney G., Dolgikh G., Dolgikh S., Yalciner Ahmet C., Pelinovsky E.* The 25 march 2020 tsunami at the Kuril Islands: analysis and numerical simulation // *Science of Tsunami Hazards*. 2020. V. 39, № 4. P. 243-253.
71. *Zhong Y., Liu Y., Yang X., Zhang J., Liu J., Bosin A., Gorbarenko S., Shi X., Chen T., Chou Y-M., Liu W., Wang H., Gai C., Liu J., Derkachev A., Qiang X., Liu Q.* Do non-dipole geomagnetic field behaviors persistently exist in the subarctic Pacific Ocean over the past 140 ka? // *Science Bulletin*. 2020. V. 65. P. 1505-1507.
72. *Zhukovskaya A.F., Dovzhenko N.V., Slobodskova V.V., Chelomin V.P.* Age-related changes in the anti-radical defense system in the tissues of Yesso scallop *Mizuhopecten Yessoensis* (JAY1857) // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. V. 548. Art.no. 042058.
73. *Zuev Yu.* Hierarchical relativity principle and its role in the change of paradigm of the solution of the basic question of philosophy // *Intern. Journal of Science Education*. 2020. № 6. P. 47-49.
74. *Зуев Ю.Ф.* Принцип иерархической относительности в смене парадигмы решения основного вопроса философии // *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2020. № 46(2). P. 56-58.
75. *Плетнев С.П., Седышева Т.Е.* Ранние стадии железомарганцевого рудогенеза на гайотах Магеллановых гор (Тихий океан) // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. Изд-во: Нац. академия наук Украины. 2020. Т. 56, № 3. P. 3-12.

Статьи в российских журналах / Articles in Russian Journals

76. *Andreev A.G.* Mesoscale circulation in the East Sakhalin Current region (Okhotsk Sea) // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2020. V. 57, № 12. P. 1140-1145.
77. *Andreev A.G.* Water circulation in the north-western Bering Sea studied by satellite data // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2020. V. 57, № 9. P. 963-969.
78. *Drugova E.S., Kushnerova N.F., Merzlyakov V.Yu., Fomenko S.E., Sprygin V.G., Momot T.V.* Plant phenolic compounds in prevention of metabolic disturbances during nitrogen oxides intoxication in experiment // *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2020. № 1. С. 44-54.
79. *Fayman P.A., Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu.* New circulation features in the Okhotsk Sea from a numerical model // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2020. V. 56, № 6. P. 618-631.
80. *Gershelis E.V., Kashapov R.S., Ruban A.S., Oberemok I.A., Leonov A.A., Chernykh D.V., Dudarev O.V., Semiletov I.P.* Identifying sources of organic carbon in surface sediments of laptev sea shelf using a rock-eval approach // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2020. V. 331, № 8. С. 189-198.
81. *Obzhirov A.I., Telegin Y.A., Shakirov R.B., Salomatin A.S., Derkachev A.N., Syrbu N.S., Li N.S., Ponomareva A.L., Es'kova A.I.* Methane Flows and Gas Hydrates in the Transition Zone between the Western Slope of the Kuril Basin and Offshore from Sakhalin Island // *Тихоокеанская геология*. 2020. V. 14. N 6. P. 591-600.
82. *Pak V.V.* Asymptotic Study of Instability in a Three-Layer Stokes Flow with an Inhomogeneous Layer Thickness. Modeling of the Folding Process // *Journal of Applied Mechanics and Technical Physics*. 2019. V. 60, № 6. С. 1020-1030.
83. *Phach P.V., Lai V.C., Shakirov R.B., Le D.A., Tung D.X.* Tectonic Activities and Evolution of the Red River Delta (North Viet Nam) in the Holocene // *Геотектоника*. 2020. V. 54, № 1. С. 113-129.
84. *Prants S.V., Kon'kov L.E.* Patterns with cold atoms in a square optical lattice // *Journal of Russian Laser Research*. 2020. T. 41, № 3. С. 300-309.

-
85. *Syrbu N.S., Shakirov R.B., Le Duc, Kholmogorov A.O., Iakimov T.S., Kalgin V.Yu.* Formation of Abnormal Gas-Geochemical Fields of Methane, Helium, and Hydrogen in Northern Vietnam, Its Coastal and Adjacent Water Areas // *Lithology and Mineral Resources*. 2020. V. 55, № 6. С. 512-527.
86. *Vlasova G., Xuan Ba Nguyen, Thuy Dung Thi Nguyen.* Comparative influence analysis of various tropical cyclones in the South China Sea on the structure of the Vietnamese Current // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2020. V. 20, № 5. Art.no. ES5001.
87. *Vologina E.G., Sturm M., Astakhov A.S., Kulagina N.V., Bosin A.A., Kolesnik A.N.* Composition of recent bottom sediments of the Chukchi Sea. Results of an integrated sedimentological research // *Limnology and Freshwater Biology*. 2020. № 4. С. 579-580.
88. *Акуличев В.А., Буланов В.А., Бугаева Л.К.* Влияние пузырьковых облаков в возмущенном приповерхностном слое океана на распространение звука // *Ученые записки физического факультета МГУ*. 2020. № 1. Art.no. 2010107.
89. *Андреев А.Г.* Алеутские вихри и их влияние на температуру вод и концентрацию растворенного кислорода в западной части тихоокеанской субарктики // *Океанологические исследования*. 2020. № 3. С. 109-122.
90. *Андреев А.Г.* Влияние стока реки Амур и прибрежного апвеллинга на циркуляцию вод в Татарском проливе (Японское море) // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 1. С. 120-126.
91. *Андреев А.Г., Хен Г.В.* Влияние нодального (деклинационного) прилива на термохалинную структуру вод, уровень моря и геострофические течения в юго - западной части Берингова моря // *Известия ТИНРО*. 2020. Т. 200, № 4. С. 951-964.
92. *Бакунина М.С., Пономарева А.Л., Дубовчук С.С., Еськова А.И., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И.* Особенности психрофильных и термофильных метанотрофных микроорганизмов // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 5. С. 43-50.
93. *Буланов А.В., Соседко Е.В.* Оптоакустические эффекты при лазерном пробое морской воды в ультразвуковом поле // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2020. Т. 491, № 1. С. 92-96.
94. *Буланов В.А., Корсков И.В., Соседко Е.В.* О применении нелинейного рассеяния звука для оценки структуры и размерного состава газовых факелов в море // *Подводные исследования и робототехника*. 2020. Т. 34, № 4. С. 45-52.
95. *Буланов В.А., Корсков И.В., Соседко С.Н., Стороженко А.В.* Система многочастотного акустического зондирования для исследования акустических характеристик верхнего слоя моря // *Приборы и техника эксперимента*. 2020. Т. 63, № 3. С. 131-136.
96. *Буланов В.А., Корсков И.В., Стороженко А.В., Соседко С.Н.* Исследования акустических характеристик верхнего слоя моря методом многочастотного акустического зондирования // *Подводные исследования и робототехника*. 2020. № 1. С. 42-55.
97. *Буренин А.В., Войтенко Е.А., Голов А.А., Лебедев М.С., Моргунов Ю.Н.* Исследование зависимости импульсных характеристик волноводов от параметров излучаемых фазоманипулированных сигналов при дальнем распространения в Японском море // *Подводные исследования и робототехника*. 2020. Т. 3, № 33. С. 58-62.
98. *Валитов М.Г., Ли Н.С., Сергеев А.Ф., Сагалаев С.Г., Легкодимов А.А., Захарков С.П., Пермьяков П.А., Рязанов С.Д., Лобанов В.Б., Шакиров Р.Б., Салюк П.А., Колтацникова Т.Н.* Комплексные экспедиционные исследования в Японском и Охотском морях в 55-ом рейсе научно-исследовательского судна «Академик Опарин» // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 1. С. 165-168.
99. *Валитов М.Г., Ли Н.С., Яцук А.В., Прошкина З.Н., Пономарева А.Л., Калинин В.В., Плетнев С.П., Марьина Е.Н., Обжиров А.И., Шакиров Р.Б., Швалов Д.А., Бовсун М.А.* Комплексные геолого-геофизические, газогеохимические и океанографические исследования в Японском море и Татарском проливе в 85-ом рейсе НИС «Академик М.А. Лаврентьев» // *Тихоокеанская геология*. 2020. Т. 39, № 3. С. 104-109.
100. *Василевская Л.Н, Поталова Е.Ю.* Анализ зимних выносов тёплого морского воздуха на западное побережье Татарского пролива // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2020. Т. 375, № 1. С. 6-20.
101. *Власова Г.А.* История океанографических исследований в Южно-Китайском море // *Вопросы истории естествознания и техники*. 2020. Т. 41, № 3. С. 484-503.

-
102. Власова Г.А., Нгуен Ба Суан, Деменок М.Н., Буй Хонг Лонг, Ле Динх Мао, Нгуен Тхи Тхай Данг. Тропический циклон на севере Южно-Китайского моря как фактор, влияющий на структуру Вьетнамского течения // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56, № 4. С. 446-457.
103. Воробьева О.В., Романова Н.Д., Мошаров С.А., Бардюкова Е.В., Захарков С.П. Продукционные характеристики фитопланктона пролива Брансфилд в летний период // Труды ВНИРО. 2020. Т. 181. С. 178-186.
104. Гаврилов А.А. Некоторые особенности соотношений орографических элементов и гидросети // Вестник Московского университета. Сер. 5: География. 2020. № 6. С. 99-109.
105. Гаврилов А.А. Структурные элементы впадины Японского моря и прилегающей островной и континентальной суши по данным космогеологических исследований // Исследование Земли из космоса. 2020. № 4. С. 27-40.
106. Гершелис Е.В., Кашапов Р.С., Рубан А.С., Оберемок И.А., Леонов А.А., Черных Д.В., Дударев О.В., Семилетов И.П. Исследование состава органического вещества донных осадков моря Лаптевых с применением метода Rock-Eval // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 8. С. 189-198.
107. Голов А.А., Моргунов Ю.Н., Сорокин М.А., Петров П.С. Результаты экспериментальных и теоретических исследований распространения импульсных сигналов в мелком море вдоль кромки континентального шельфа // Подводные исследования и робототехника. 2020. № 1(31). С. 36-41.
108. Гордейчук Т.В., Казачек М.В. Время - коррелированный счет фотонов для оценки длительности всплеск Na и континуума в спектрах многопузырьковой сонолюминесценции // Оптика и спектроскопия. 2020. Т. 128, № 10. С. 1492-1500.
109. Горячев Н.А., Соцкая О.Т., Астахов А.С., Ши Сюефа, Михалицына Т.И., Аксентов К.И., Бердников Н.В. Рудная минерализация в плейстоценовых отложениях пролива Лонга (Восточно-Сибирское море) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 491, № 2. С. 37-41.
110. Гресов А.И., Сергиенко В.И., Яцук А.В., Зарубина Н.В., Калинин В.В. Газогеохимические показатели донных отложений северной части Восточно-сибирского моря и котловины Подводников Северного Ледовитого океана // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 492, № 1. С. 113-117.
111. Гресов А.И., Яцук А.В. Газогеохимические признаки нефтегазоносности Юго-Восточной части Восточно-Сибирского моря // Геология нефти и газа. 2020. № 4. С. 83-96.
112. Гресов А.И., Яцук А.В. Геохимия и генезис углеводородных газов Чаунской впадины и Айонского осадочного бассейна Восточно-Сибирского моря // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39, № 1. С. 92-101.
113. Григорьева Н.И., Журавель Е.В., Мазур А.А. Сезонные изменения качества воды в заливе Восток (залив Петра Великого, Японское море) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47, № 2. С. 162-169.
114. Гринько А.А., Гончаров И.В., Шахова Н.Е., Густавфссон О., Обласов Н.В., Романкевич Е.А., Зарубин А.Г., Кашапов Р.С., Черных Д.В., Гершелис Е.В., Дударев О.В., Мазуров А.К., Семилетов И.П. Характерные особенности молекулярного состава органического вещества осадков моря Лаптевых в районах аномального выброса метана // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 4. С. 560-585.
115. Гурвич И.А., Пичугин М.К., Хазанова Е.С. Мезомасштабный циклогенез над Японским морем. Ч. II: Мезоциклоническая деятельность при атмосферном блокировании // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 1. С. 243-251.
116. Дианский Н.А., Степанов Д.В., Фомин В.В., Чумаков М.М. Циркуляция вод у северо-восточного побережья острова Сахалин при прохождении трех типов глубоких циклонов над Охотским морем // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 45-58. 2020.
117. Довженко Н.В., Слободскова В.В., Жадько Е.А., Пряжевская Т.С. Применение биохимических маркеров для оценки устойчивости марикультурных хозяйств // Московский экономический журнал. 2020. № 10. <https://qje.su/selskohozyajstvennye-nauki/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-10-2020-22/>
118. Долгих Г.И. Принципы построения «деформационной антенны Земли» // Письма в Журнал технической физики. 2020. Т. 46, № 7. С. 3-7.

119. Долгих Г.И., Piao Shengchun, Будрин С.С., Song Yang, Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Чупин В.А., Яковенко С.В., Dong Yang, Wang Xiaohan, Швец В.А. Особенности распространения и трансформации низкочастотных гидроакустических сигналов на шельфе убывающей глубины. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 491, № 2. С. 112-116.
120. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Пивоваров А.А., Плотников А.А., Самченко А.Н., Чупин В.А., Швец В.А., Швырёв А.Н., Яковенко С.В., Яроцук И.О. Томография морской земной коры на основе применения береговых лазерных деформографов и гидроакустических излучателей // Известия Российской академии наук. Сер. физическая. 2020. Т. 84, № 6. С. 766-771.
121. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Лисина И.А. Динамические особенности шельфовых инфрагравитационных волн // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 495, № 1. С. 58-62.
122. Долгих Г.И., Будрин С.С., Яковенко С.В. Автогенерационные процессы в системе «атмосфера-земная кора» // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 490, № 2. С. 57-60.
123. Долгих Г.И., Долгих С.Г. Деформационные признаки цунами // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. № 3. С. 259-270.
124. Долгих Г.И., Долгих С.Г. Лазерно-интерференционные системы исследования цунамигенных землетрясений // Фотоника. 2020. Т. 14, № 7. С. 616-624.
125. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Василевская Л.Н., Лисина И.А. Атмосферно-литосферное взаимодействие в минутном диапазоне периодов // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2020. Т. 490, № 1. С. 22-26.
126. Долматова Л.С., Слинко Е.Н., Колосова Л.Ф. Вариации содержания тяжелых металлов в тканях голотурии *Eupentacta fraudatrix* в прибрежных водах Японского моря: влияние физиологических и антропогенных факторов // Океанология. 2020. Т. 60, № 4. С. 515-527.
127. Дубина В.А., Катин И.О., Боброва М.А., Плотников В.В. Кораблекрушение на границе морского заповедника. Результаты спутникового мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 1. С. 267-270.
128. Дубовчук С.С., Пономарева А.Л., Бакунина М.С., Еськова А.И., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И., Полоник Н.С. Биогеохимическая роль анаэробного окисления метана в морских донных отложениях и перспективы исследований бактериального фильтра в Южном океане // Вестник ДВО РАН. 2020. № 5. С. 32-42.
129. Емельянова Т.А., Леликов Е.П., Пугачев А.А. Плиоцен-голоценовый щелочно-базальтоидный вулканизм Цусимской котловины Японского моря: новые данные по геохимии и геодинамике // Океанология. 2020. Т. 60, № 2. С. 269-280.
130. Емельянова Т.А., Петрищевский А.М., Изосов Л.А., Ли Н.С., Пугачев А.А. Позднемезозойско-кайнозойские этапы вулканизма и геодинамика Японского и Охотского морей // Петрология. 2020. Т. 28, № 5. С. 468-481.
131. Еськова А.И., Пономарева А.Л., Легкодимов А.А., Калгин В.Ю., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Особенности распределения индикаторных групп микроорганизмов в донных отложениях Южно-Китайского моря // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 33. С. 33-43.
132. Жабин И.А., Лукьянова Н.Б. Субмезомасштабные вихревые дорожки в районе Шантарских островов (Охотское море) по данным спутникового дистанционного зондирования // Исследование Земли из космоса. 2020. № 3. С. 38-44.
133. Жабин И.А., Лукьянова Н.Б., Дубина В.А. Влияние приливного перемешивания и речного стока на термохалинную структуру вод в районе Шантарских островов (Охотское море) // Метеорология и гидрология. 2020. № 10. С. 90.
134. Захаренко А.Д., Петров П.С., Трофимов М.Ю. О возмущении акустических мод неоднородностями батиметрии в мелком море // Подводные исследования и робототехника. 2020. Т. 34, № 4. С. 66-69.
135. Захарков С.П., Лазарюк А.Ю., Гордейчук Т.Н., Штрайхерт Е.А. Влияние толщины, состояния поверхности льда и концентрации фитопланктона на подлёдную освещённость вод залива Пе-

- тра Великого Японского моря по наблюдениям 2010–2016 гг. // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2020. Т. 13, № 2. С. 5–15.
136. *Захарков С.П., Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Штрайхерт Е.А., Гордейчук Т.Н.* Первичная продукция Авачинской бухты летом 2017 г. // *Вестник ДВО РАН*. 2020. Т. 209, № 1. С. 83–89.
137. *Захарков С.П., Московцева А.В., Лепская Е.В., Штрайхерт Е.А., Гладких Р.В.* Продукционные характеристики бактерио и фитопланктона Авачинской бухты и южного района Дальневосточного государственного морского Биосферного заповедника в летне-осенний период 2017 года // *Микробиология*. 2020. Т. 89, № 5. С. 593–603.
138. *Захаров А.И., Захарова Л.Н., Митник Л.М.* Мониторинг стабильности топливных резервуаров Норильской ТЭЦ-3 методами радарной интерферометрии // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17, № 5. С. 281–285.
139. *Изосов Л.А., Кульков Н.П.* Геология раннего-среднего палеозоя Япономорской зоны перехода континент–океан (обзор). Ч. 2 // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 3. С. 31–46.
140. *Изосов Л.А., Петрищевский А.М., Емельянова Т.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С., Васильева М.А.* Модель формирования западно-тихоокеанских окраинных морей: вихревая геодинамика, сейсмичность и мантийный апвеллинг // *Вулканология и сейсмология*. 2020. Т. 1. С. 49–63.
141. *Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Петрищевский А.М., Емельянова Т.А., Мельниченко Ю.И., Васильева М.А., Ли Н.С.* Формирование окраинных морей Тихого океана: следствие сдвиговой неустойчивости и астеносферного диапиризма // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2020. № 2 (46). С. 85–101.
142. *Казак М.С., Петров П.С.* Об адиабатическом распространении звука в мелком море с изогнутым подводным каньоном // *Акустический журнал*. 2020. Т. 66, № 6. С. 613–621.
143. *Казачек М.В., Гордейчук Т.В.* Применение корреляционного метода для определения количества всплывающих пузырьков и количества фотонов в вспышке при многопузырьковой сонолюминесценции // *Письма в Журнал технической физики*. 2020. Т. 46, № 6. С. 11–15.
144. *Казачек М.В., Гордейчук Т.В., Починок А.С.* Определение температуры сонолюминесценции методом Орнштейна // *Фотоника*. 2020. Т. 14, № 3. С. 260–263.
145. *Караев В.Ю., Панфилова М.А., Митник Л.М., Рябкова М.С., Титченко Ю.А., Мешков Е.М., Андреева З.В., Волгутов Р.В.* Особенности радиолокационного зондирования ледяного покрова при малых углах падения на примере Охотского моря // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17, № 7. С. 187–202.
146. *Карнаух В.Н., Коптев А.А., Суховеев Е.Н., Матюхов В.П., Апарина К.А.* Рельеф дна возвышенности Первенец (Японское море) // *Геоморфология*. 2020. № 2. С. 50–59.
147. *Карнаух В.Н., Сергеев А.Ф., Лобанов В.Б., Тищенко П.Я.* Комплексные океанологические исследования северо-западной части Тихого океана, Японского и Охотского морей в 73-м рейсе НИС “Профессор Гагаринский” и 53-м рейсе НИС “Академик Опарин” // *Океанология*. 2019. № 6. С. 1093–1096.
148. *Кильматов Т.Р., Лазарюк А.Ю.* Рециркуляция вод залива Петра Великого Японского моря вследствие осеннего муссона // *Вестник Инженерной школы ДВФУ*. 2020. Т. 43, № 2. С. 106–115.
149. *Кислова С.И., Плотников В.В., Дубина В.А.* Цифровой портрет состояния и изменчивости ледяного покрова Японского моря // *Известия ТИНРО*. 2020. Т. 200, № 4. С. 978–993.
150. *Клещёва Т.И., Пермяков М.С., Поталова Е.Ю.* Мониторинг тайфунов по данным глобальной сети локализации молний // *Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского*. 2020. № 674. С. 200–206.
151. *Колесник А.Н., Босин А.А., Колесник О.Н., Янченко Е.А., Василенко Ю.П.* Новая методика получения количественных данных о цвете морских осадков // *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. 2020. Т. 495, № 1. С. 52–57.
152. *Коренбаум В.И., Ширяев А.Д.* Особенности звукопроводения в легких человека в диапазонах частот 80–1000 Гц и 10–19 кГц // *Акустический журнал*. 2020. Т. 66, № 5. С. 563–574.
153. *Кошелева А.В., Яроцук И.О., Швырев А.Н., Самченко А.Н., Пивоваров А.А., Гулин О.Э., Коротченко Р.А., Яроцук Е.И.* Особенности высокочастотной составляющей фоновых внутренних гравитационных волн на шельфе Японского моря // *Вестник Инженерной школы ДВФУ*. 2020. Т. 43, № 2. С. 96–105.

154. Кулешов В.П., Митник Л.М., Митник М.Л. Глобальные поля яркостной температуры Земли в диапазоне частот 6-190 ГГц по измерениям со спутников «Метеор-М № 2-2» и GCOM-W1 // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2020. № 674. С. 223-228.
155. Кулик В.В., Пранц С.В., Будянский М.В., Улейский М.Ю., Файман П.А., Глебов И.И., Глебова С.Ю., Новиков Р.Г. Связь запасов черного палтуса в промысловой зоне Охотского моря, обусловленная факторами внешней среды // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200, № 1. С. 58-81.
156. Кулинич Р.Г., Осипова Е.Б., Валитов М.Г. Плотностные неоднородности и напряжения в земной коре Центральных Курил // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39, № 2. С. 21-28.
157. 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. Оценка изменений липидного состава плазмы крови и мембран эритроцитов студентов в условиях учебной нагрузки и их профилактика // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 2. С. 187-192.
158. Кушнерова Н.Ф., Фоменко С.Е., Спрыгин В.Г., Момот Т.В. Влияние липидного комплекса экстракта из морской красной водоросли *Ahnfeltia tobuchensis* (Kanno et Matsubara) Makienko на биохимические показатели плазмы крови и мембран эритроцитов при экспериментальном стрессе // Биология моря. 2020. Т. 46, № 4. С. 269-276.
159. Легкодимов А.А., Бовсун М.А., Швалов Д.А., Мишукова Г.И., Иванов М.В., Липинская Н.А., Шаповалова М.В., Шиянов А.Г. Предварительные результаты комплексных океанографических и геофизических наблюдений на профиле залив Петра Великого – Цусимский пролив (Японское море, октябрь 2019 г.) // Вестник ДВО РАН. 2020. № 3. С. 59-67.
160. Липинская Н.А., Салюк П.А. Исследование воздействия внутренних волн на оптические характеристики поверхности моря в шельфовой зоне Залива Петра Великого // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2020. Т. 13, № 2. С. 51-59.
161. Лобанов В.Б., Лазарюк А.Ю., Пономарев В.И., Сергеев А.Ф., Кустова Е.В., Марьина Е.Н., Старжинский С.С., Харламов П.О., Шкорба С.П., Воронин А.А., Горин И.И., Зверев С.А., Калинин В.В., Косьяненко А.А., Крайников Г.А., Рудых Я.Н., Семкин П.Ю., Суховеев Е.Н., Щербинин П.Е. Результаты гидрометеорологических измерений комплексом приборов буя WaveScan на юго-западном шельфе залива Петра Великого в 2016 г. // Океанологические исследования. 2020. Т. 48, № 4. С. 5-31.
162. Лучин В.А., Григорьева Н.И. Влияние температуры воды на сроки нереста и оседания личинок приморского гребешка (*Mizuhopecten Yessoensis* Jay, 1857) в бухте Миноносок (залив Посыета, залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200, № 1. С. 168-183.
163. Ляпидевский В.Ю., Турбин М.В., Храпченков Ф.Ф., Кукарин В.Ф. Нелинейные внутренние волны в многослойной мелкой воде // Прикладная механика и техническая физика. 2020. № 1. С. 53-62.
164. Мазур А.А., Журавель Е.В., Слободскова В.В., Мазур М.А. Оценка токсического воздействия ионов цинка и наночастиц оксида цинка на раннее развитие морского ежа *Scaphechinus mirabilis* (Agassiz, 1864) (Echinodermata: Echinoidea) // Биология моря. 2020. Т. 46, № 1. С. 53-59.
165. Максеев Д.С., Аксентов К.И., Шакиров Р.Б., Федоров С.А., Федорова К.С. Аномальные геохимические поля рудных элементов Южно-Татарского осадочного бассейна (Татарский пролив, Японское море) // Известия Уральского государственного горного университета. 2020. № 2(58). С. 39-47.
166. Мельников В.В. Результаты многолетних наблюдений распределения, сезонных миграций и относительной численности лахтака (*Erigonatus barbatus* Exleben, 1777) в прибрежье Чукотского полуострова // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2019. № 54. С. 85-102.
167. Мельников В.В., Федорец Ю.В., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Тищенко П.Я. Гидробиологические особенности заливов Шантарского района в связи с летним нагулом полярных китов охотской популяции // Океанология. 2020. Т. 60, № 2. С. 244-249.
168. Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л. Внезапное стратосферное потепление над Антарктидой в сентябре 2019 г. по данным радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника «Метеор-М» № 2-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 7. С. 229-242.

169. Митник Л.М., Хазанова Е.С. Авария танкера Sanchi в Восточно-Китайском море: обнаружение и мониторинг нефтяного загрязнения по радиолокационным и оптическим спутниковым изображениям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 4. С. 246-255.
170. Михайлик Т.А., Недашковский А.П., Ходоренко Н.Д., Тищенко П.Я. Особенности эвтрофикации Амурского залива (Японское море) рекой Раздольной // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200, № 2. С. 401-411.
171. Мороз В.В., Шатилина Т.А. Влияние атмосферных процессов на формирование экстремальных гидрологических условий в южной части Охотского моря и прилегающих акваториях в летний период // Метеорология и гидрология. 2020. № 9. С. 78-89.
172. Навроцкий В.В., Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Воронин А.А., Горин И.И., Павлова Е.П. Динамическая структура каскадинга в заливе Петра Великого (Японское море) // Океанологические исследования. 2020. Т. 48, № 3. С. 148-163.
173. Никифоров В.М., Варенцов И.М., Шкабарня Г.Н., Каплун В.Б., Жуковин А.Ю., Куонг Д.Х. Магнитотеллурические исследования Северного Вьетнама в длиннопериодном диапазоне ($10 < T < 20000$ с). Long-period ($10 < T < 20,000$ s) // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 9. С. 1266-1288.
174. Обжиров А.И., Емельянова Т.А., Телегин Ю.А., Шакиров Р.Б. Эволюция газовыделений в Охотском море как следствие мелкайнозойской тектоно-магматической активности в Охотоморском регионе // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39, № 2. С. 66-78.
175. Павлова Г.Ю., Вах Е.А., Тищенко П.Я., Петухов В.И. Гидрохимический сток речных вод юга Хабаровского края в период летнего паводка. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 3. С. 61-71.
176. Пак В.В. Комплексная численная модель медленного течения многофазной жидкости // Вычислительная механика сплошных сред. 2020. Т. 13, № 2. С. 150-160.
177. Пермяков М.С., Журавлев П.В., Семькин В.И. Нелинейная модель экмановского пограничного слоя в обобщенном уравнении завихренности // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56, № 6. С. 669-675.
178. Петров П.С., Голов А.А., Безответных В.В., Буренин А.В., Козицкий С.Б., Сорокин М.А., Моргунов Ю.Н. Экспериментальное и теоретическое исследование времен прихода и эффективных скоростей при дальнем распространении импульсных акустических сигналов вдоль кромки шельфа в мелком море // Акустический журнал. 2020. Т. 66, № 1. С. 20-33.
179. Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н., Яроцук И.О. Использование гидрофизического исследовательского комплекса в натурном эксперименте на шельфе Японского моря // Подводные исследования и робототехника. 2020. Т. 32, № 2. С. 56-61.
180. Пивоваров А.А., Яроцук И.О., Швырев А.Н., Самченко А.Н. Автономная низкочастотная широкополосная гидроакустическая излучающая станция с электромагнитным преобразователем // Приборы и техника эксперимента. 2020. № 6. С. 95-99.
181. Пичугин М.К., Гурвич И.А., Хазанова Е.С., Салюк П.А. Некоторые особенности океанологических условий осеннего цветения микроводорослей у юго-восточного побережья Камчатки // Подводные исследования и робототехника. 2020. № 4(34). С. 70-73.
182. Плетнев С.П., Юньхуа Ву., Романова А.В., Аннин В.К., Уткин И.В., Верещагина О.Ф. Негативные экскурсы $Og13C$ раковин бентосных фораминифер: голоценовая история метановых событий в центральной части Охотского моря // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 4. С. 527-545.
183. Плотников В.В., Вакульская Н.М., Дубина В.А., Руденко О.Н., Пустошнова В.И. Пространственно-временная структура сплоченности льда в Чукотском море // Метеорология и гидрология. 2020. № 4. С. 54-61.
184. Плотников В.В., Вакульская Н.М., Мезенцева Л.И., Дубина В.А., Пустошнова В.И. Изменчивость ледовых условий в Чукотском море и их связь с Арктической осцилляцией // Известия ТИНРО. 2020. Т. 200, № 1. С. 155-167.
185. Плотников В.В., Вражкин А.Н., Мезенцева Л.И., Друзь Н.И., Вакульская Н.М., Дубина В.А. Изменчивость гидрометеорологического режима морей восточного сектора Арктики (Восточно-Сибирское, Чукотское) в современный период // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 7. С. 103-115.

186. Полоник Н.С., Пономарева Е.Л., Шакиров Р.Б. Глубоководная метановая аномалия в проливе Брансфилд (Антарктика) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 61-76.
187. Поляков Д.М., Зарубина Н.В. Особенности накопления макро-и микроэлементов субколлоидной фракцией донных отложений маргинального фильтра под влиянием повышенного стока р. Раздольной (Амурский залив, Японское море) // Океанология. 2020. Т. 60, № 3. С. 418-428.
188. Пономарева А.Л., Бакунина М.С., Еськова А.И., Дубовчук С.С., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Роль разнообразия природных микробных сообществ в цикле углерода в водах южного океана // Успехи современного естествознания. 2019. № 12-2. С. 353-358.
189. Пранц С.В. Хаотическое блуждание холодных атомов в двумерной оптической решетке // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2020. Т. 158, № 9. С. 459-468.
190. Пранц С.В., Кулик В.В., Будянский М.В., Улейский М.Ю. О связи мест промысла сайры с крупномасштабными когерентными структурами в океане по спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2020. № 4. С. 18-26.
191. Разжигаяева Н.Г., Гребенникова Т.А., Ганзей Л.А., Горбунов А.О., Пономарев В.И., Климин М.А., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Реконструкция палеотайфунов и повторяемости экстремальных паводков на юге острова Сахалин в среднем-позднем голоцене // Геосистемы переходных зон. 2020. Т. 4, № 1. С. 46-70.
192. Рогачев К.А., Шлык Н.В. Усиление прибрежного течения под действием отжимного ветра в заливе Петра Великого // Океанология. 2020. Т. 60, № 4. С. 495-506.
193. Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Рудых Н.И., Воронцов А.А. Климатические изменения термических условий окраинных морей западной части Тихого океана // Метеорология и гидрология. 2020. № 3. С. 44-57.
194. Рутенко А.Н., Фершалов М.Ю., Ущиповский В.Г. Акустические шумы, формируемые на мелководном шельфе судами с электродвигателями // Акустический журнал. 2020. Т. 66. С. 527-539.
195. Салюк П.А., Стёпочкин И.Е., Захарков С.П., Игнатъева Е.С., Яковлева Д.А., Шупило А.И., Качур В.А., Нагорный И.Г. Анализ применимости спутниковых данных по цвету моря в Амурском заливе в летний период // Подводные исследования и робототехника. 2020. Т. 32, № 2. С. 49-55. РИНЦ, ВАК.
196. Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Тищенко П.Я., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Ходоренко Н.Д., Шкирникова Е.М., Швецова М.Г. Характеристика продукционно-деструкционных процессов в эстуариях рек Уда и Усалгин (Охотское море) в период летнего паводка // Вестник ДВО РАН. 2020. № 2. С. 88-96.
197. Слободскова В.В., Довженко Н.В., Кукла С.П., Челомин В.П., Жадько Е.А., Пряжевская Т.С. Анализ биохимического статуса культивируемых гидробионтов для оценки устойчивости марикультурных хозяйств // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 4. С. 113-120.
198. Сорокин М.А., Петров П.С., Каплуненко Д.Д., Степанов Д.В., Моргунов Ю.Н. Оценка влияния синоптических вихрей на точность решения задач акустической дальнометрии // Подводные исследования и робототехника. 2020. Т. 34, № 4. С. 53-60.
199. Старжинский С.С., Никифоров В.М. Результаты магнитовариационного зондирования Татарского пролива в двух пунктах на противоположных берегах // Геология и геофизика. 2020. Т. 61, № 12. С. 1756-1770.
200. Старжинский С.С., Никифоров В.М., Йошикава А. Опыт магнитовариационного зондирования в Арктике в Лаптевоморском регионе // Физика Земли. 2020. № 2. С. 89-102.
201. Терехов Е.П., Харченко Т.А. О возможности возрастной корреляции геологических комплексов в регионе Курильской островодужной системы с использованием сейсмоакустических характеристик // Тихоокеанская геология. 2020. Т. 39, № 3. С. 88-103.
202. Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Бойко Е.В., Валитов М.Г., Стусь Ю.Ф., Сизиков И.С., Носов Д.А., Калиш Е.Н. О сравнении результатов определения координат и скоростей смещения пунктов с помощью двухчастотных приемников космической геодезии // Вестник СГУГиТ. Геодезия и маркшейдерия. 2020. Т. 25, № 2. С. 63-77.

203. Тимофеев В.Ю., Валитов М.Г., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Дюкарм Б., Кулинич Р.Г., Колпацникова Т.Н., Прошкина З.Н., Бойко Е.В., Наумов С.Б. Океанические приливные модели и гравиметрические приливные наблюдения // *Океанология. Физика моря*. 2020. Т. 60, № 1. С. 37-48.
204. Тищенко П.Я., Медведев Е.В., Барабанщиков Ю.А., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Уланова О.А., Тибенко Е.Ю., Орехова Н.А. Органический углерод и карбонатная система в донных отложениях мелководных бухт залива Петра Великого (Японское море) // *Геохимия*. 2020. Т. 65, № 6. С. 583-598.
205. Тищенко П.Я., Ходоренко Н.Д., Барабанщиков Ю.А., Волкова Т.И., Марьяш А.А., Михайлик Т.А., Павлова Г.Ю., Сагалаев С.Г., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М. Диagenез органического вещества в осадках покрытых зарослями zostеры морской (*Zostera marina* L.) // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 3. С. 393-406.
206. Трусенкова О.О., Лобанов В.Б. 26-я международная конференция Тихоокеанского конгресса морских наук и технологий (РАCON-2019) // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 2. С. 138-146.
207. Ульяновцев А.С., Братская С.Ю., Дударев О.В., Семилетов И.П., Романкевич Е.А. Литолого-геохимическая характеристика морфолитогенеза в губе Буор-Хая. // *Океанология*. 2020. Т. 60, № 3. С. 407-417.
208. Файман П.А., Будянский М.В., Улейский М.Ю., Пранц С.В., Высоцкий В.Л., Припачкин Д.А. Моделирование распространения радиоактивного загрязнения в Уссурийском заливе в первые сутки после ядерной аварии в бухте Чажма в августе 1985 года // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 5. С. 18-31.
209. Фищенко В.К., Зимин П.С., Голик А.В., Гончарова А.А. Использование систем стационарного подводного видеонаблюдения для оценивания параметров 2020. № 2(32). С. 62-73.
210. Фищенко В.К., Зимин П.С., Зацерковный А.В., Суботэ А.Е., Голик А.В., Гончарова А.А. Системы стационарного подводного видеонаблюдения прибрежных акваторий // *Подводные исследования и робототехника* 2020 № 1(31). С. 60-71.
211. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Спрыгин В.Г., Другова Е.С., Момот Т.В. Репарация мембран эритроцитов липидной фракцией из бурой водоросли *Sargassum pallidum* при токсическом гепатите в эксперименте // *Химико-фармацевтический журнал*. 2019. Т. 53, № 11. С. 42-47.
212. Цой И.Б., Ващенко Н.Г., Василенко Л.Н., Горюва М.Т., Вагина Н.К., Мельниченко Ю.И. Стратиграфия и условия формирования осадочного чехла возвышенности Ямато Японского моря // *Стратиграфия. Геологическая Корреляция*. 2020. Т. 28, № 2. С. 103-131.
213. Чернявский Г.М., Митник Л.М., Кулешов В.П., Митник М.Л., Стрельцов А.М., Евсеев Г.Е., Черный И.В. Моделирование яркостной температуры и первые результаты, полученные микроволновым радиометром МТВЗА-ГЯ со спутника «Метеор-М» № 2-2 // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020. Т. 17, № 3. С. 51-65.
214. Чудновский В.М., Юсупов В.И. Генерация затопленной струи при лазерном нагреве поверхности жидкости // *Письма в Журнал технической физики*. 2020. Т. 46, № 20. С. 31-34.
215. Шакиров Р.Б., Маи S., Мишукова Г.И., Обжиров А.И., Шакирова М.В., Мишукова О.М. Особенности потоков метана в западной и восточной Арктике: обзор // *Геосистемы переходных зон*. 2020. Т. 4, № 1. С. 4-25.
216. Шакиров Р.Б., Валитов М.Г., Сырбу Н.С., Яцук А.В., Обжиров А.И., Мишуков В.Ф., Лифанский Е.В., Мишукова О.В., Саломатин А.С. Потоки метана на границе вода-атмосфера в южной части Татарского пролива Японского моря: особенности распределения и изменчивости // *Геология и геофизика*. 2020. Т. 61, № 9. С. 1215-1230.
217. Шакиров Р.Б., Ли Н.С., Обжиров А.И., Валитов М.Г., Съедин В.Т., Телегин Ю.А., Прошкина З.Н., Окулов А.К., Стороженко А.В., Иванов М.В., Швалов Д.А., Легкодимов А.А., Еськова А.И., Липинская Н.А., Бовсун М.А., Максеев Д.С., Калгин В.Ю., Якимов Т.С., Нгуен Чун Тхань, Ле Дык Ань. Комплексная российско-вьетнамская геолого-геофизическая и океанографическая экспедиция в Южно-Китайское море (НИС «Академик М.А. Лаврентьев», рейс 88, 2019 г.) // *Вестник ДВО РАН*. 2020. № 3(211). С. 138-152.
218. Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Яцук А.В., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Вовна В.И., Осмушко И.С., Короченцев В.В. Икаит в зоне метановой аномалии на континентальном склоне Японского моря // *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2020. № 2 (46). С. 72-84.

-
219. Шакирова М.В., Обжиров А.И., Соколова Н.Л., Телегин Ю.А., Шакиров Р.Б. Особенности и методы исследований подводных газогидратов и их ресурсов в морях Восточной Азии // Подводные исследования и робототехника. Средства и методы подводных исследований. 2020. № 3(33). С. 63-71.
 220. Шакирова М.В., Соколова Н.Л., Мальцева Е.В., Телегин Ю.А., Холмогоров А.О. Особенности генезиса метана газогидратов в Дальневосточных морях // Тихоокеанская география. 2020. № 4. С. 54-64.
 221. Щуров В.А., Щеглов С.Г., Буренин А.В., Ткаченко Е.С. Эффекты распространения подводного низкочастотного звука через материковый барьер // Подводные исследования и робототехника. 2020. № 3(33). С. 36-45.
 222. Яковенко С.В. Система учета температурной погрешности показаний интерферометра автономного лазерного измерителя колебаний давления // Фотоника. 2020. Т. 14, № 6. С. 532-537.
 223. Ярощук Е.И. Рудные корки возвышенности Шевалдина и горы Петра Великого (центральная котловина Японского моря) // Вестник ДВО РАН. 2020. № 1. С. 138-145.

Книги / Books

1. Плетнев С.П., Мельников М.Е., Съедин В.Т. и др. Геология гайотов Магеллановых гор (Тихий океан) / Отв. ред. член-корр. РАН В.Г. Сахно. Рецензенты: д.г.-м.н. А.И. Обжиров, к.г.-м.н. Ю.И. Коновалов. Владивосток: ФГУП «Издательство Дальнаука», 2020. 200 с.
2. Российско-вьетнамские океанологические исследования в Южно-Китайском море / Гл. ред. к.г.н. В.Б. Лобанов. Рецензент академик РАН П.Я. Бакланов. Владивосток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2020. 334 с.
3. Физика геосфер. Вып. 2 / Ред. кол.: академик Г.И. Долгих, д.ф.-м.н. В.И. Короченцев, д.ф.-м.н. В.А. Луговой, д.ф.-м.н. И.О. Ярощук. Владивосток: ФГУП «Издательство Дальнаука», 2020. 192 с.
4. Основные результаты научно-исследовательских работ ТОИ ДВО РАН за 2020 г. / Гл. ред. академик РАН В.А. Акуличев. Владивосток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2020. 125 с.

Патенты / Patents

1. Колонковая труба: Пат. № 195162 U1 / Шакиров Р.Б., Якимов Т.С., Валитов М.Г. – з. № 2019131221, заявл. 02.10.2019, зарег. и опубл. 16.01.2020, Бюл. № 2.
2. Сканирующее устройство экспресс-анализа кернов: Пат. № 197194 U1 / Гуленко Т.А., Волков В.Г., Лопатников Е.А. – з. № 2020101560, заявл. 15.01.2020, зарег. и опубл. 10.04.2020, Бюл. № 10.
3. Автономный регистратор геофизических параметров: Пат. № 2735003 C1 / Ковалев С.Н. - з. 2020116711, заявл. 07.05.20, зарег. и опубл. 27.10.2020, Бюл. № 30.
4. Береговой комплекс для системы многочастотного акустического зондирования морской среды: Пат. № 199731 U1 / Корсков И.В. -з. № 2020118058, заявл. 21.05.2020, зарег. и опубл. 16.09.2020, Бюл. № 26.
5. Компенсатор температурной погрешности лазерно-интерференционного измерителя: Пат. № 2738597 C1 / Ковалев С.Н. – з. № 2020116710, заявл. 07.05.2020, зарег. и опубл. 14.12.2020, Бюл. 35.

Программы для ЭВМ / Computer's Programmes

6. Программа ЭВМ «Программа анализа траекторий движения воздушных масс (AtmoSand-box)»: Свидетельство о рег. № 2020664288/ Гончарова А.А., Нерода А.С. - з. № 2020663571, заявл. 03.11.2020, зарег. и опубл. 11.11.2020, Бюл. № 11.
7. Программа для численного решения модовых параболических уравнений методом SSP (WAMPE): Свидетельство о рег. № 2020610772 / Петров П.С. - № 2019667291, заявл. 25.12.2019, зарег. и опубл. 20.01.2020.

Базы данных / Data Bases

8. База данных «База данных измерений удельной эффективной площади рассеяния льда в Амурском заливе Японского моря»: Свидетельство о рег. № 2020621641 / Хазанова Е.С. - з. № 2020621508, заявл. 25.08.2020, зарег. и опублик. 09.09.2020, Бюл. № 9.
9. База данных «Комплексные гидрологические наблюдения на МЭС «Мыс Шульца» с июня по сентябрь 2020»: Свидетельство о рег. № 2020622164/ Степочкин И.Е., Яцук А.В.- з. № 2020622007, заявл. 21.10.2020, зарег. и опублик. 05.11.2020, Бюл. № 11.
10. База данных «Результаты гидрологических наблюдений научно-исследовательской экспедиции на НИС «Академик Опарин» (рейс № 57) в Японском море в октябре 2019»: Свидетельство о рег. № 2020622332 / Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Шлык Н.В., Воронин А.А., Цой В., Лукьянова Н.Б., Зверев С.А., Горин И.И., Крайников Г.А., Рудых Я.Н., Прушковская И.А., Теличко А.С., Марьина Е.Н., Лазарюк А.Ю., Дмитриева Е.В. - з. № 2020622232, заявл. 10.11.2020, зарег. и опублик. 18.11.2020.
11. База данных «Результаты гидрологических наблюдений научно-исследовательской экспедиции на НИС «Академик Опарин» (рейс № 58) в Японском море в октябре, ноябре 2019»: Свидетельство о рег. № 2020622489 / Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Марьина Е.Н., Попов О.С., Рудых Я.Н., Прушковская И.А., Власова Г.А., Цой В., Леусов А.Э., Зверев С.А., Лазарюк А.Ю., Дмитриева Е.В. - з. № 2020622235, заявл. 10.11.2020, зарег. и опублик. 02.12.2020.
12. База данных «Результаты гидрологических наблюдений научно-исследовательской экспедиции на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» (рейс № 80) в заливе Петра Великого Японского моря в апреле 2018»: Свидетельство о рег. № 2020622490 / Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Марьина Е.Н., Воронин А.А., Горин И.И., Семкин П.Ю. Шлык Н.В., Коптев А.А., Гуленко Т.А., Крайников Г.А., Калинин В.В., Лазарюк А.Ю., Дмитриева Е.В.- з. № 2020622233, заявл. 10.11.2020, зарег. и опублик. 02.12.2020.

Научное издание

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЗА 2020 ГОД

Формат 60×84/8. Бумага мелованная. Тираж 75 экз. .

Усл. п. л. 17,0. Уч.-изд. л. 15,9. Заказ 7.

Отпечатано в типографии
ИП Миромановой И.В.
690106, г. Владивосток, ул. Нерчинская, 42-102

