Федеральноепосударственноебодехстноеуучреждениенаухи ТихооксанскийоксанологическийинстикутимьВШИльичева Дальневосточного отделения Воссийской академиинаук

# Основные результаты научно-исследовательских работ за 2017 г.

Владивосток 2018 Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева** Дальневосточного отделения Российской академии наук

# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЗА 2017 г.

Владивосток 2018 Основные результаты научно-исследовательских работ за 2017 г. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2018. 106 с., 82 ил., 238 источников.

### Главный редактор акад. РАН В.А. Акуличев

Редколлегия:

ученый секретарь к.г.н. *Н.И. Савельева* д.ф.м.н. *Пранц С.В.* д.г.м.н. *Кулинич Р.Г.* д.г.м.н. *Цой И.Б* д.б.н. *В.П. Челомин* д.т.н. *Моргунов Ю.Н.* д.ф.м.н. *Буланов В.А.* д.г.м.н. *Обжиров А.И.* к.т.н. *О.О. Трусенкова* 

Утверждено к печати Ученым советом ТОИ ДВО РАН

### введение

В отчетном 2017 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 ДВО РАН 23 декабря 2016 г., и в рамках государственного задания на 2017 год и плановый период 2018–2019 годов, утвержденного Федеральным агентством научных организаций (ФАНО) России 24 ноября 2016 г.

Институт выполнял работы по 105 темам, 38 из которых закончены в отчетном году, включая программу фундаментальных исследований Дальневосточного отделения РАН «Дальний Восток» на 2015–2017 гг. Научные исследования проводились в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг. по 11 темам, по Программам фундаментальных исследований РАН по приоритетным направлениям, определяемым РАН на 2017 год, по 34 темам, которые завершены в отчетном году по 29 грантам РФФИ, 3 грантам Российского научного фонда, 1 проекту Фонда перспективных исследований, 3 грантам Президента Российской Федерации для молодых ученых, по 2 проектам для нужд Министерства обороны Российской Федерации, по 5 проектам по договорам с зарубежными партнерами, по 17 темам в рамках хоздоговорной тематики с российскими организациями

Сотрудниками Института защищены: 3 диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, в том числе 1 – по специальности «акустика», 1 – по специальности «океанология», 1 – по специальности «экология (химические науки)».

Получила дальнейшее развитие Учебно-научная кафедра (УНК) для осуществления образовательной деятельности по основным профессиональным образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. В 2017 г. в аспирантуре Института обучалось 8 человек, все с отрывом от производства. В отчетном году в аспирантуру поступил 1 человек за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле (специальность 03.02.08 – «экология»). Три аспиранта закончили обучение с представлением диссертационных работ. Два аспиранта, обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 05.06.01 Науки о Земле, успешно прошли государственную итоговую аттестацию с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» и получили дипломы об окончании аспирантуры.

В Институте созданы и проводят научные исследования 4 международных лаборатории: совместная Российско-вьетнамская- лаборатория по морским геонаукам, основанная Институтом морской геологии и геофизики (ИМГГ), Вьетнамская академия наук и технологий (ВАНТ) и ТОИ ДВО РАН; Российско-корейский центр морских и информационных технологий (с Институтом науки и технологий, г. Кванджу, Республика Корея; российско-японская лаборатория по изучению окружающей среды (ТОИ ДВО РАН – Аспирантура естественных и технических наук Университета Каназавы, Япония; российско-китайский научно-исследовательский Центр ТОИ ДВО РАН – ПИО КНР по изучению океана и климата.

На 31 декабря 2017 года численность сотрудников Института составляла 540 человек, из них 250 – научные сотрудники, в том числе 2 академика, 1 член-корреспондент РАН, 43 доктора наук, 139 кандидатов наук.

Структура научных подразделений Института включает 8 отделов, 31 лабораторию и 2 сектора.

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

- 1/1 Лаборатория физической океанологии к.г.н. Лобанов В.Б.
- 1/2 Лаборатория гидрологических процессов и климата к.г.н., с.н.с. Юрасов Г.И.
- 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 д.г.н., профессор Плотников В.В.
- 1/7 Сектор гидрологических измерений Воронин А.А.
- **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 д.ф.-м.н., с.н.с. Кошель К.В.
- 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.
- 6/3 Лаборатория акустических шумов д.ф.-м.н., профессор Щуров В.А.
- VII. Отдел геологии и геофизики океана (отдел № 7)
- 7/1 Лаборатория электрических и магнитных полей к.г.-м.н., с.н.с. 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.
- 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 лазерной оптики и спектроскопии к.ф.-м.н., доцент Салюк П.А.

В 2017 году сотрудниками Института опубликовано 562 работы, в том числе 19 книг, 7 глав в книгах и 10 статей в сборниках статей. Результаты научных исследований опубликованы сотрудниками Института в центральной, зарубежной и местной печати, а также в материалах симпозиумов, съездов, конференций. Всего статей в журналах 194, из них: в российских журналах – 131, в зарубежных – 63. В сборниках научных статей –10, глав в монографиях – 7. В международных базах данных содержатся сведения по статьям: в Scopus – 99, в WOS – 104 (JCR – 82, RSCI – 8, SCIE – 2, CPCI – 12); в Google Scolar – 81; в списке ВАК – 140, в РИНЦ – 128, в эл. журн. – 31.

Опубликовано 332 доклада и тезиса докладов, из них на российских конференциях – 295, на зарубежных – 37, охраняемых объектов интеллектуальной собственности, зарегистрированных на территории Российской Федерации – 25.

В настоящем сборнике представлены основные результаты научно-исследовательских работ, выполненных в ТОИ ДВО РАН в 2017 г. Представленные результаты характеризуют современное состояние исследований по основным направлениям деятельности Института.

### Тема 1

### «РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ МИРОВОГО ОКЕАНА. РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ»

### Науч. руководители: д.т.н. Ю.Н. Моргунов, д.т.н. В.И. Коренбаум, д.ф.-м.н. В.А. Щуров

### 1.1. Перспективная система высокоточной навигации и связи

д.т.н. Ю.Н. Моргунов, к.т.н. В.В. Безответных, к.ф.-м.н. А.В. Буренин, к.т.н. А.А. Голов, С.И. Каменев

Разработаны облик и элементы перспективной системы высокоточной навигации и связи большой дальности в интересах обеспечения эффективного функционирования робототехнических комплексов различного назначения. Основу системы составляют источники навигационных и связных сигналов (ИНС), размещаемые вблизи береговой черты. Рисунок иллюстрирует вариант архитектуры и состава системы высокоточной навигации и связи для управления группировкой подводных объектов (ПО) в Японском море. На акустико-гидрофизическом полигоне ТОИ ДВО РАН и в соседних акваториях размещаются три ИНС, которые обеспечивают дальнее управление группировкой ПО (сотни километров). При развертывании ПО непосредственно вблизи побережья дополнительно используется высокочастотный ИНС (ВЧ ИНС) (Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Буренин А.В., Голов А.А. // Акуст. журн. 2017, Т. 63, № 6. С. 646–650.).



Рис. 1.1. Облик перспективной системы высокоточной навигации и связи

# 1.2. Способ мониторинга состояния здоровья водолаза-аквалангиста на основе оценки характеристик шумов спокойного дыхания, регистрируемых под водолазным костюмом

д.т.н. В.И. Коренбаум, к.т.н. А.Е. Костив, д.м.н. И.А. Почекутова

Разработан способ мониторинга состояния здоровья водолаза-аквалангиста на основе оценки характеристик шумов спокойного дыхания, регистрируемых под водолазным костюмом. Способ позволяет определять ритм дыхания и путем фильтрации сигналов в низко- и высокочастотном диапазонах – соотношение фаз вдоха и выдоха, которые являются важными физиологическими параметрами в оценке физического состояния водолаза. Показана возможность индивидуального мониторинга состояния водолаза в процессе погружения. Полученный результат соответствует уровню мировой новизны, вносит вклад в изучение фундаментальных основ физиологической акустики дыхания и может быть применен для медико-физиологического и технического обеспечения водолазно-спасательных подводных работ (*Korenbaum V., Kostiv A., Gorovoy S., Malaeva V., Pochekutova I., Shiryaev A., Fershalov A.* // Proc. UACE2017 – 4th Underwater Acoustics Conf. and Exhibition, 2017, Sept., 4–8, Skiathos, Greece. P. 99–103.).



Рис. 1.2. Осциллограммы двух циклов дыхания: канал 1 – совокупность дыхательных шумов водолаза, регистрируемых под костюмом; канал 2 – шумы вдоха на частотах выше 1 кГц; канал 3 – шумы выдоха на частотах ниже 500 Гц: по оси абсцисс – время (минуты), по оси ординат – амплитуда (условные единицы)

1.3. Открытие значимых корреляционных взаимосвязей между акустическими параметрами форсированного выдоха и бодиплетизмографически определяемыми показателями вентиляционной функции легких

д.т.н. В.И. Коренбаум, д.м.н. И.А. Почекутова, к.м.н. В.В. Малаева, к.т.н. А.Е. Костив, С.Н. Шин., к.ф.-м.н. М.А. Сафронова

Впервые выявлены корреляционные взаимосвязи между акустическими параметрами трахеальных шумов форсированного выдоха и бодиплетизмографически определяемыми по-

казателями вентиляционной функции легких, причем наиболее сильные корреляционные связи отмечены между временными акустическими параметрами и бодиплетизмографическими сопротивлениями, отражающими преимущественно функционирование крупных дыхательных путей, а также остаточным объемом легких и его отношением общей емкости легких, которые характеризуют состояние мелких дыхательных путей. Полученный результат обладает абсолютной мировой новизной, вносит вклад в изучение фундаментальных основ физиологической акустики дыхания и может быть применен для медицинской диагностики (*Малаева В.В., Почекутова И.А., Костив А.Е. и др.* // Физиология человека. 2017. Т. 43, № 6. С. 63–70.).



Рис. 1.3. Коэффициенты корреляции Спирмена (r) продолжительности трахеальных шумов форсированного выдоха с бодиплетизмографическими показателями сопротивления (Rex, SRt) и остаточного объема (ООЛ, ООЛ/ОЕЛ) в группах здоровых, больных спирометрически негативной (БА-) и спирометрически подтвержденной (БА+) бронхиальной астмой, хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ)

**1.4. Универсальный аппаратно-программный комплекс** (грант 15-I-1-012 ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток»)

д.т.н. Ю.Н. Моргунов, С.И. Каменев, к.т.н. В.А. Безответных, к.т.н. М.С. Лебедев, Д.С. Стробыкин

Разработан прототип универсального аппаратно-программного комплекса. С использованием прототипа проведены многосуточные измерения интегральных температур, скоростей и направления течений в акваториях залива Петра Великого, выявивших наличие вихревых образований. Пример определения скорости течения вдоль акустической трассы в течение 3.5 суток приведен на рисунке. Здесь же показана изменчивость температуры, скорости звука и уровня прилива. Прототип комплекса подготовлен к опытному производству и коммерциализации в рамках контракта между ТОИ ДВО РАН и Институтом Наук и Технологий г. Кванджу (Республика Корея). (*Матвиенко Ю.В., Моргунов Ю.Н., Стробыкин Д.С.* // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 2 (24). С. 36–41.).



Рис. 1.4. Скорость течения вдоль акустической трассы, температура, скорость звука и уровень прилива в зависимости от времени суток

# **1.5. Низкочастотный приемник градиента давления силового типа** (грант 15-IV-1-001 ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток»)

д.т.н. В.И. Коренбаум, к.т.н. А.А. Тагильцев, С.В. Горовой, к.т.н. А.Е. Костив, к.ф.-м.н.А.Д. Ширяев

Разработан и изготовлен макет оригинальной конструкции низкочастотного приемника градиента давления силового типа Ø100 мм по авторскому изобретению (Патент 2568411 РФ), реализующий чувствительность по звуковому давлению 110 мкВ/Па на частоте 100 Гц. Разработан теоретический метод оптимизации чувствительности приемников этого типа к звуковому давлению за счет максимизации длины набега и коэффициента трансформации поперечных сечений внутреннего канала в корпусе. Полученный результат обладает абсолютной мировой новизной, вносит вклад в развитие фундаментальных основ инженерных наук о подводных акустических преобразователях и может быть использован в перспективных гидроакустических системах двойного назначения (*Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Горовой С.В., Костив А.Е., Ширяев А.Д., Фершалов Ю.Я., Марютин В.С. //* Приборы и техника эксперимента. 2017. № 5. С. 120–124.).

Рис. 1.5. Фотография макета низкочастотного векторно-скалярного приемника силового типа Ø100 мм по авторскому изобретению (Патент РФ 2568411)



**1.6.** Открытие низкоскоростных приходов звуковой волны при зондировании легких человека в высокочастотном диапазоне **10 – 19** кГц (РФФИ, грант 16-08-00075-а)

### д.т.н. В.И. Коренбаум, к.ф.-м.н. А.Д. Ширяев

При исследовании звукопроведения сложных сигналов с поверхности грудной клетки в высокочастотном диапазоне 10–19 кГц на 4-х добровольцах впервые обнаружено существование низкоскоростных приходов со скоростями распространения 150-50 м/с, амплитуда и/ или скорость которых обратно зависят от степени воздухонаполнения легких, что позволяет трактовать эти приходы как результат распространения звуковой волны преимущественно по паренхиме легких, тогда как амплитуды высокоскоростных приходов со скоростями 150 - 1000 м/с усиливаются при уменьшении воздухонаполнения легких, и потому могут быть связаны с распространением звука в плотных тканях грудной клетки. Полученный результат обладает абсолютной мировой новизной, вносит вклад в развитие фундаментальных основ акустики дыхательной системы человека и в перспективе может быть использован для создания акустической технологии просветной визуализации легких человека (*Korenbaum V., Shiryaev A., Kostiv A. et al.* // ILSA 2017 in Tromse Proc. from 42<sup>nd</sup> Annual of the Intern. Sound Association / The Arctic University of Norway. Sept. 28–29, 2017. № 182. P. 59–60.).



Рис. 1.6. Взаимнокорреляционная передаточная функция проведенных и излученных сигналов (масштаб по вертикальной оси логарифмический, цифрами при пиках показаны расчетные скорости звука, синий цвет – вдох, зеленый цвет – выдох): а) норма, б) патология

#### 1.7. Эффект колебательного смещения вихря вектора акустической интенсивности

д.ф.-м.н. В.А. Щуров, С.Г. Щеглов, А.С. Ляшков, Е.С. Ткаченко

Впервые экспериментально обнаружен в реальном волноводе мелкого моря в области деструктивной интерференции низкочастотного сигнала эффект колебательного движения вихря вектора акустической интенсивности, вызванный изменением гидродинамических условий окружающей среды. Вычислялись х-, у-, z-комопненты нормированной величины функции комплексной временной когерентности  $\Gamma_x(\vec{r},t)$ ,  $\Gamma_y(\vec{r},t)$ ,  $\Gamma_z(\vec{r},t)$ . Основным признаком наблюдения вихря вектора акустической интенсивности является разворот на угол 180° горизонтальных компонент вектора интесивности в направлении на источник сигнала. Осцилляции  $\Gamma_x(\vec{r},t)$ и  $\Gamma_y(\vec{r},t)$  в пределах от +1 до -1 указывают на колебательное перемещение вихря вдоль горизонтальной оси волновода. Обнаруженное явление наблюдалось при глубинах моря от 15 м до 120 м. Эффект колебательного смещения вихря может быть использован для зондирования тонких интерференционных процессов, связанных с гидродинамическими явлениями в океане, и при решении прикладных задач гидроакустики (*Щуров В.А., Щеглов С.Г., Ляшков А.С., Ткаченко Е.С.* // Материалы 7 Всероссийской научно-технич. конф. «Технические проблемы освоения Мирового океана», 2–6 октября 2017. С. 155–160; *Shchurov V.A.* // Proc. of Meetings on Acoustics. 2016. V. 24. 070012.).



Рис. 1.7. Горизонтальная х-компонента комплексной временной когерентности  $\Gamma_x(\vec{r},t)$  сигнала для случая двух вихрей. А – одиночный проходящий неколеблющийся вихрь. Б – колеблющийся вихрь. Частота колебаний ~ 1 Гц. Частота сигнала – 88 Гц. Время усреднения – 0,05 с. Обозначения сингулярных точек вихря: • – центр, × – седло. В окрестности седла поток энергии направлен на источник сигнала; в окрестности центра поток энергии сигнала равен нулю. При колебании вихря приемник фиксирует последовательно ту или иную сингулярную точку вихря

#### 1.8. Векторно-фазовый пассивный сонар

д.ф.-м.н. В.А. Щуров, С.Г. Щеглов, А.С. Ляшков, Е.С. Ткаченко

Создан низкочастотный (f<1000Гц) акустический векторно-фазовый сонар на основе комбинированного приемника малых волновых размеров. В основу алгоритмов обнаружения положены явления характерные для шума и сигнала векторного акустического поля (Щуров В.А. и др., 2010). Такой подход позволяет получить выигрыш в помехоустойчивости по сравнению с квадратичным детектором до 30 дБ. Априори известно как взаимодействуют

потоки энергии подводного окружающего шума и сигнала в векторном акустическом поле. Процесс обнаружения осуществляется следующим образом: диаграммы направленности *x* и *y* каналов вращаются вокруг оси *z* с угловой скоростью  $\omega$ . При появлении цели исследуемые функции испытывают скачки, что воспринимается как априорная информация о появлении цели. Процесс статистического принятия решения о наличии или отсутствии цели по критерию Неймана-Пирсона сводится к критерию Релея (*Щуров В.А., Щеглов С.Г., Ляшков А.С.* // II ВАК, XXX сессия РАО. Секция Акустика океана, 6–9 июня 2017 г., Нижний Новгород. С. 938–945; *Щуров В.А., Иванова Г.Ф., Ляшков А.С. и др.* // Десятый Всероссийский симпоз. «Физика геосфер»: материалы конф., Владивосток, 23 – 29 октября 2017. С. 144–148.).



Рис. 1.8. Схема векторно-фазового сонара. 1 – элементы комбинированного приемника: a, b, c – диаграммы направленности векторных каналов x, y и канала акустического давления соответственно; 2 – детектор когерентной мощности; 3 – фазовый детектор; 4 – оператор (процессор принятия решения);  $\omega$  – угловая скорость вращения диаграммы направленности комбинированного приемника. Оси x, y лежат в горизонтальной плоскости, ось z – вертикальная

### Тема 2

### «ИЗУЧЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ АКУСТИКИ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ ОКЕАНА И РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ТОЛЩИ ОКЕАНА, В ТОМ ЧИСЛЕ В ШЕЛЬФОВЫХ ЗОНАХ»

### Науч. руководители: акад. В.А. Акуличев, д.ф.-м.н. В.А. Буланов

# 2.1. Акустические исследования пузырьковых структур и зоопланктона в верхнем слое моря

акад. В.А. Акуличев, д.ф.-м.н. В.А. Буланов, А.В. Стороженко

На основе эффектов нелинейной акустики разработаны новые акустические методы зондирования толщи океана. Дистанционный метод основан на нестационарном широкополосном рассеянии остронаправленных пучков ультразвука, включая применения параметрических акустических излучателей; локальный метод основан на использовании специальных акустических зондов, которые в процессе спуска и подъема позволяют регистрировать акустические характеристики водной среды in situ. Указанные методы позволили получить новые экспериментальные данные о структуре пузырьковых облаков, образующихся при обрушении ветровых волн, их вовлечении в толщу моря, провести оценки газообмена через поверхность при различных состояниях моря, оценить распределение зоопланктона. Показано, что вовлечение воздушных пузырьковых потоков наблюдается при сильном волнении до 15–20 метров, а в условиях мелкого залива – до дна (*Акуличев В.А., Буланов В.А.* Акустические исследования мелкомасштабных неоднородностей в морской среде. Владивосток, 2017. 414 с.; *Буланов В.А.*, *Стороженко А.В.* // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750105.).



Рис. 2.1. Структура пузырьковых облаков, неоднократно образующихся при обрушении ветровых волн в течение 56 часов и суточные вариации распределения зоопланктона. Правая панель-распределение концентрации пузырьков с размером в 20 мкм в пузырьковом облаке в зависимости от глубины в момент времени, отмеченный штриховой линией. Верхняя неровная граница связана с суточными приливными вариациями уровня моря

### 2.2. Теоретические модели и экспериментальные исследования акустической нелинейности морской воды в мелком море

д.ф.-м.н. В.А. Буланов, к.ф.-м.н. И.В. Корсков, к.ф.-м.н. П.Н. Попов

Разработаны теоретические модели нелинейных акустических эффектов в морской воде, содержащей гомогенные неоднородности (диффузионные и термические) и гетерогенные неоднородности, такие как пузырьки, твердые и мягкие взвеси, планктон. Разработан метод изучения нелинейных характеристик морской воды, основанный на анализе накопления нелинейных эффектов в специально разработанном зонде. Проведены исследования нелинейности верхнего слоя мелкого моря с высоким пространственным разрешением (см). Полученные данные показали, что физические свойства морской воды резко изменяются с глубиной, а также с усилением ветрового волнения – в последнем случае резко усиливается нелинейность воды, возникает аномально сильное поглощение звука, резко усиливается сжимаемость воды, возникает аномально сильное рассеяние акустических и оптических волн (*Буланов В.А., Корсков И.В., Попов П.Н.* // Приборы и техника эксперимента. 2017. № 3. С. 114–118; *Буланов В.А.* // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750904.).



Рис. 2.2. Нелинейность морской воды с пузырьками. График вверху показывает изменение во времени нелинейного параметра морской воды на глубине 3 м., график справа показывает распределение нелинейного параметра в зависимости от глубины в момент времени, отмеченный штриховой линией

### Тема 3

### «ПРОСТРАНСТВЕННО–ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ, ИХ СВЯЗЬ СО СТРУКТУРОЙ, ГЕОДИНАМИКОЙ И СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ЛИТОСФЕРЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ РОССИИ И ИХ ОБРАМЛЕНИИ»

### Науч. руководитель д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич

3.1. Мониторинг приливных и нерегулярных изменений силы тяжести в пограничной зоне «континент – окраинное море»

к.г.-м.н. М.Г. Валитов, д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич, З.Н. Прошкина

Завершен годичный цикл мониторинга приливных и нерегулярных изменений силы тяжести в пограничной зоне континент – Японское море (залив Петра Великого, мыс Шульца, МЭС ТОИ ДВО РАН). Основным результатом указанных наблюдений является выделение и уточнение спектра приливных волн, регистрируемых гравиметрической станцией (рис. 3.1). Основные параметры ( $\delta$ -фактор и задержка фаз- $\alpha$ ) главных волн суточного и полусуточного цикла (K1, O1, P1, M2, S2) определены с высокой точностью. В низкочастотной части спектра удалось выделить волны: месячную (Mm), полумесячную (Mf), девятисуточную (Mtm), а также полугодовую волну Ssa. Полученный результат относится к области фундаментальных наук о Земле, пополняя знания о временных вариациях его гравитационного поля (*Timofeev V.Yu., Kalish E.N., Ardyukov D.G., Valitov M.G., Timofeev A.V., Stus Y.F., Kulinich R.G., Nosov D.A., Sizikov I.S., Ducarme B.* // Geodesy and Geodynamics. 2017. V. 8. N. 3. P.193–200.).



Рис. 3.1. Спектр приливных гравитационных волн, выделенных на МЭС м. Шульца за период наблюдений 2012–2017 гг.

# 3.2. Изменения силы тяжести на приливной станции «м. Шульца» как геодинамический эффект катастрофического землетрясения Тохоку Оки в Японии (2011 г.)

д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич, к.г.-м.н. М.Г. Валитов

Выполнен анализ межгодовых изменений силы тяжести на приливной гравиметрической станции «Мыс Шульца» за период 2010–2016 гг. Установлено, что гравитационное поле, увеличившееся здесь после катастрофического землетрясения Тохоку Оки в Японии (11.03.2011 г.), в настоящее время практически приближается к своему прежнему уровню (рис. 3.2.). Этот геофизический эффект может быть объяснен первоначальным опусканием участка коры под гравиметрической станцией как результат воздействия указанного землетрясения с последующим восстановлением его прежнего положения. Указанный эффект зафиксирован в данном районе впервые. Его научная значимость определяется появившейся возможностью оценки упруго-вязких свойств корового субстрата. Выполненные наблюдения показали степень удаленного геодинамического воздействия землетрясения на верхние слои земной коры, что имеет значение для практической сейсмологии.



Рис. 3.2. График межгодового изменения силы тяжести на гравиметрическом пункте «мыс Шульца» до землетрясения Тохоку Оки и после него

#### 3.3. Новая структурно-геологическая схема океанского склона Центральных Курил

З.Н. Прошкина, д.г.-м.н. Р.Г. Кулинич

Выполнено обобщение и повторная интерпретация первичных и опубликованных геофизических и геологических данных по району Центральных Курил, где в 2006–2007 гг. произошли крупнейшие, так называемые Симуширские, землетрясения. Разработана новая структурно-вещественная схема этого района, представлены результаты нового анализа связи указанных землетрясений с блоковой структурой океанского склона островной дуги в этом районе (рис. 4.3). Показана возможная связь формирования установленной здесь наложенной структуры рифтогенного типа с коромантийными глубинными процессами. Научное значение результатов выполненной работы относится к области структуры и геодинамики зон субдукции, практическая значимость лежит в области прогностической сейсмологии (*Прошкина 3.Н., Кулинич Р.Г., Валитов М.Г.*// Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 6. С. 44–55.).



Рис. 3.3. Структурно-вещественная схема зоны деструкции Центральных Курил и ее флангов. 1 – фундамент хр. Витязя, представленный преимущественно магматогенными формациями базитового ряда; 2 – вулканические центры или скрытые магматические массивы базитового состава; 3 – участки фундамента хр. Витязя, представленные геологическими формациями сиалического ряда; 4 – выступы сиалического фундамента; 5 – граниты в фундаменте хр. Витязя; 6 – неглубокое залегание консолидированного фундамента в зоне разрушения хр. Витязя; 7 – блоковые выступы консолидированного фундамента в зоне разрушения хр. Витязя; 8 – подводный магматогенный пьедестал островов Курильской гряды; 9 – слаболитифицированные осадочно-вулканогенные отложения; 10 – слаболитифицированные осадочные отложения; 11 – границы крупных (а) осадочных и мелких (б) осадочных и вулканогенно-осадочных бассейнов; 12 – разломы: а) крупные б) мелкие

# **3.4. Морфотектоника орогенных поясов горных сооружений юга Дальнего Востока России** к.г.-м.н. А.А. Гаврилов

Разработана оригинальная модель формирования и развития горных сооружений юга Дальнего Востока России. Структурный каркас орогенных поясов этой территории образуют линейные системы сводово-блоковых и тектономагматических поднятий, возникновение которых обусловлено периодической активизацией и общей эволюцией глубинных циркумтихоокеанских разломов, Восточно-Азиатского надплюмового мегасвода и его сателлитных магмогенерирующих центров при устойчивой миграции фронта кислого магматизма в позднем мезозое-раннем кайнозое с запада на восток, а базитового – в позднем кайнозое с востока на запад (*Гаврилов А.А.* Морфотектоника окраинно-континентальных орогенных областей (Юг Дальнего Востока и прилегающие территории). Владивосток, 2017. 312 с.).



Рис. 3.4. Корейско-Охотская и Сихотэ-Алинская системы региональных очаговых положительных морфоструктур юга ДВ. Каркасные системы разломов очаговых морфоструктур: 1- концентрические,  $\hat{2}$  – радиальные. Интрузивы гранитоидов разных возрастов: 3 – докембрийского, 4 – палеозойского, 5 – домелового, 6 – ранне- и позднемелового; 7 – эффузивы: андезитового (а) и дацит-риолитового составов (б) позднемелового возраста; 8 – базальтоиды кайнозойского возраста; 9 – рыхлые отложения межгорных впадин; 10 (арабские цифры в кружках) — названия очаговых морфоструктур: 1 – Северо-Корейская, 2 – Амнокканская, 3 – Сунгарийская, 4 – Малохинганская, 5 – Баджало-Буреинская, 6 – Ям-Алинская, 7 – Мынская, 8 – Пильдо-Лимурийская, 9 – Мевачанская, 10 – Усть-Амурская, 11 – Тумнинская, 12 – Анюйская, 13 – Арминская, 14 – Бикинская, 15 – Ханкайская, 16 – Фурмановская, 17 – Лазовская, 18 – Баджальская, 19 – Верхнеселемджинская, 20 – Ульбанская

#### 3.5. Петрофизика магматических комплексов п-ова Гамова и о-ва Русский

Т.А. Харченко, к.г.-м.н. М.Г. Валитов

Выполнен сравнительный петрофизический анализ магматических комплексов п-ова Гамова и о-ва Русский. На п-ове Гамова был выбран тоналит-гранитный комплекс (P<sub>2</sub>g), а на о-ве Русский – седанкинский гранодиорит-гранитный (P<sub>2</sub>s) комплекс. Сравнительными параметрами были плотность и намагниченность пород, слагающих указанные массивы. Установлено четкое различие указанных комплексов по петрофизическим характеристикам

(рис. 3.5). Петрохимические особенности и глубинные условия кристаллизации седанкинских (о-в Русский) гранитов, позволяют отличить их от гранитоидов гамовского комплекса. Гранитоиды гамовского комплекса кристаллизовались в более глубинных условиях (*Харченко Т.А., Валитов М.Г. //* Физика геосфер: Десятый Всеросс. симпоз., 23–29 октября 2017 г., Владивосток: материалы докл. Владивосток, 2017. С. 248–253.).



Рис. 3.5. Диаграмма соотношений плотности и магнитной восприимчивости гранитоидных массивов о-ва Русский и п-ва Гамова. 1 – кварцевые диориты ( $q\delta_1P_2s$ ,  $q\delta_1P_2g$ ); 2 – гранодиориты ( $\gamma\delta_2P_2s$ ,  $\gamma\delta_1P_2g$ ); 3 – лейкограниты ( $l\gamma_3P_2s$ ); 4 – гранит-порфиры ( $\gamma\pi_3P_2s$ )

### Тема 4

### «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОКЕАНЕ»

#### Науч. руководитель д.ф.-м.н. С.В. Пранц

#### 4.1. Лагранжева океанография

д.ф.-м.н. С.В. Пранц, к.ф.-м.н. М.В. Будянский, к.ф.-м.н. М.Ю. Улейский

Подведены итоги 15-летней работы по разработке нового лагранжева подхода к анализу переноса и перемешивания в океане на основе вычисления лагранжевых индикаторов в альтиметрических и численных полях скорости. Разработаны новые методы идентификации происхождения водных масс в вихрях и других структурах. Полученные результаты позволили оценить риски радиоактивного загрязнения вихрей после аварии на АЭС «Фукусима» в 2011 г. и сравнить их с результатами измерений радиоактивности. Методология позволяет в режиме реального времени оценить последствия возможных катастроф для принятия эффективных мер по ликвидации их последствий. Эта методология успешно применена для поиска лагранжевых фронтов в океане и мест благоприятных для улова пелагических рыб и кальмара (*Prants S.V., Uleysky M.Yu., Budyansky M.V.* Lagrangian oceanography: large-scale transport and mixing in the ocean. Berlin, New York: Springer Verlag, 2017. 271 р.).



Рис. 4.1. Лагранжевы карты происхождения вод (а) и антициклонических (красный) и циклонических (синий) вращений частиц (b) показывают состав вод антициклонического вихря у о. Хоккайдо в мае 2004 г. и его циклонических сателлитов (красные и черные – субтропические воды Куросио и Японского моря, зеленые и синие – субарктические воды Охотского моря и Тихого океана); с) разрез вихря вдоль линии *JMA*<sup>\*</sup> – желтые ромбики; d) температура поверхности океана, профили потенииальной температуры и е) солености вдоль линии ЈМА показывают вихрь Хоккайдо и его циклонические сателлиты на панели b). Результаты расчетов подтверждаются данными съемок, дрифтеров (кружки) и буев Арго (звездочки). (\*Японское метеорологическое агенство)

4.2. Мезомасштабная изменчивость на восточном шельфе о. Сахалин в первой половине года

### к.ф.-м.н. Д.В. Степанов

Используя современные базы данных, получены оценки пространственного масштаба мезомасштабной изменчивости (первый бароклинный радиус деформации Россби) в бассейне Охотского моря. На основе данных численного моделирования с вихре-допускающим пространственным разрешением на восточном шельфе о. Сахалин в первой половине года выявлены мезомасштабные вихревые образования. Даны оценки пространственно-временных масштабов этих образований, а также их энергетика. Установлено, что нестационарная составляющая напряжения трения ветра, а также бароклинная неустойчивость Восточно-Сахалинского течения играют ведущую роль в формировании этих образований (*Cmenaнов Д.В.* // Метеорология и гидрология. 2017. № 9. С. 83 – 89.).



Рис.4.2. (слева) – Среднегодовое распределение первого бароклинного радиуса деформации Россби (км) в бассейне Охотского моря, за исключением шельфовых зон. (справа) – Поле скорости (см/с), а также относительной завихренности, нормированной на планетарную, на восточном побережье о. Сахалин 9 апреля 2005 г. Мезомасштабные антициклонические вихри выделены синим цветом в поле относительной завихренности

# 4.3. Полигонные исследования нелинейных внутренних волн в прибрежной зоне приливного моря

### д.ф.-м.н. В.В. Новотрясов

Продолжена работа по исследованию внутренних волновых боров (ВВБ), зарегистрированных на гидрофизическом полигоне ТОИ ДВО РАН в предшествующие годы. В рамках нелинейного уравнения Гарднера проанализирована пространственно- временная структура самого интенсивного, из ранее зарегистрированных, ВВБ. Установлено, что ВВБ сформирован солитонами близкими по форме и амплитудам к солитонам с амплитудами близкими к предельной амплитуде столообразных солитонов уравнения Гарднера. Разработан экспресс – метод определения максимальной амплитуды нелинейных ВВ в шельфовых водах окраинных морей. С использованием теории ударных волн в слабо-дисперсных нелинейных средах получено соотношение, определяющее предельную амплитуду через параметры волн в зоне релаксации ВВБ и его переднего фронта. Установлено, что оценка этой амплитуды по стандартной методике составляет около 14 м, а её значение по предлагаемой методике составляет около 12.5 м, что указывает на удовлетворительное соответствие между двумя видами оценок и может служить косвенным подтверждением адекватности между моделью этого необычного ВВБ и его натурным прототипом (*Ляпидевский В.Ю., Новотрясов В.В., Храпченков Ф.Ф., Ярощук И.О.* // Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 58, № 5. С. 60–71.; *Новотрясов В.В., Пермяков М.С., Степанов Д.В., Ярощук И.О.* // Материалы XV Всеросс. науч.-технич. конф. «Современные методы и средства океанол. исслед.». 2017. Т. 1. С. 110–119.; *Novotryasov V.V., Stepanov D.V., Yaroshchuk I.O.* // Осеап Dynamics. 2016. V. 66, № 1. Р 19–25.).

#### 4.4. Моделирование структур многокомпонентной конвекции

#### к.ф.-м.н. С.Б. Козицкий

Изучалось формирование состояний диффузионного (пространственно-временного) хаоса в системе с многокомпонентной конвекцией, возникающей в бесконечном по горизонтали слое несжимаемой жидкости в случае больших чисел Рэлея. Ранее для рассматриваемой системы при слабо-надкритических параметрах была получена система комплексных уравнений Гинзбурга-Ландау, дополненная уравнением, описывающим генерацию горизонтальной завихренности за счет конвекции. В настоящей работе был построен ряд численных моделей этих уравнений на основе псевдоспектральных методов и проведено численное моделирование формирования конвективных структур при различных значениях параметров конвекции для конвективных ячеек различного типа. Оказалось, что для симметричных начальных условий, таких как гауссов колокол, моделирование эволюции по времени дает сначала ряд регулярных структур, которые, при величинах времени порядка T=15 сменяются состоянием диффузионного хаоса, когда нарушается исходная симметрия решения, и генерируется поле завихренности, также нерегулярно эволюционирующее со временем. *(Kozitskiy S. //* Book of Abstracts of International conference «Vortices and coherent structures: from the ocean to microfluids», Russia, Vladivostok, 28–31 August 2017. POI FEB RAS, 2017. P. 14.).



Рис. 4.4. Численное решение для ячеек гексагонального типа (3 моды) в области 25×25, частота Хопфа  $\omega$ =150000. Начальное условие:  $A=B=C=2exp(-2(X^2+Y^2))$ . На рисунке – модуль суммы амплитуд конвективных мод |A+B+C|: регулярная гексагональная структура при T=4 (слева) и состояние диффузионного хаоса при T=24 (справа)

#### 4.5. Хаотическая динамика эллиптического вихря в нестационарном сдвиговом потоке

к.ф.-м.н. Е.А. Рыжов, д.ф.-м.н. К.В. Кошель

Численно исследована нелинейная динамика эллиптического вихря в периодическом сдвиговом потоке. Используя теорию перекрытия нелинейных резонансов, исследована хаотическая динамики ядра вихря. В случае стационарного внешнего потока рассмотрено два типа фазовых портретов движения вихря. Первый соответствует наличию сепаратрисы, разделяющей ограниченные и неограниченный фазовые траектории, второй включает только ограниченные фазовые траектории, соответствующие периодическим движениям ядра вихря. В случае нестационарного потока, нелинейная динамика вихря существенно усложняется в обоих случаях. В случае наличия сепаратрисы эффект нелинейного резонанса 1:1 изучен детально. В частности, исследован процесс замещения центральной области устойчивости, связанной с эллиптической критической точкой, областью устойчивости, связанной с нелинейным резонансом 1:1 при постепенном изменении частоты возмущений. Показано резкое увеличение устойчивости центральной области регулярной динамики к возмущению, когда резонансная область устойчивости 1:1 занимает область, связанную с эллиптической критической точкой (Ryzhov E.A. // Chaos. 2017. V. 27. Art no. 113101.; Koshel K.V., Ryzhov E.A. // Nonlin. Processes Geophys. 2017. V. 24. P. 1-8; Klyatskin V.I., Koshel K.V. // Physical Review E 2017. V. 95. P. 013109-1-013109-7.).

### 4.6. Трехмерная комплексная численная модель медленных трехмерных течений вязкой жидкости

к.ф.-м.н. В.В. Пак

Разработана комплексная численная модель тонкой поверхностной многослойной неоднородности переменной мощности на вязком основании, объединяющая уравнения Рейнольдса и Стокса. Получено аналитическое решение для модели с однослойной неоднородностью.



Рис. 4.6. (a) Поле скоростей, полученное с применением асимптотического условия в момент времени. Изолиниями показан модуль скорости, тонкими линиями со стрелками – линии тока, толстыми пунктирными линиями – границы поверхностной неоднородности; (b) - Невязка численного решения при использовании асимптотического условия на больших временах

Анализ решения показал существенные различия режимов эволюции поля скоростей на малых и больших временах. Численное и аналитическое решения согласуются на малых временах эволюции, но расходятся на больших. Методом малого параметра получено асимптотическое уравнение, которое использовалось в качестве дополнительного ограничения на искомое решение на больших временах. Для численной реализации этого условия использовался метод проекции градиента. Результаты моделирования показали, что использование этого ограничения того ограничения позволяет получить хорошее приближение для скоростей на больших временах без использования каких-либо уточняющих итерационных процедур (*Pak V.V.* // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2017. V. 57, № 7. Р. 1172–1181.).

#### 4.7. Особенности динамики газового пузырька вблизи межфазной поверхности

#### д.ф.-м.н. А.О. Максимов, к.ф.-м.н. Ю.А. Половинка

Исследование заполняет пробел, существующий в изучении акустических проявлений газового включения, расположенного вблизи межфазной поверхности, и позволяет аналитически описать поведение пузырька на малом (сопоставимом с его размером) расстоянии от границы *h*. Показано, что использование специфической (бисферической) системы координат, позволяет провести разделение переменных и приводит к модифицированному уравнению Рэлея. Получены явные зависимости собственной частоты и затухания от расстояния до границы и физических параметров контактирующих сред (*Максимов А.О., Половинка Ю.А.* // Акуст. журн. 2017. Т. 63, № 1. С. 30–37.).



Рис. 4.7. Нормированные собственная частота  $\Omega_{\star} \Omega_0$  (левая панель) и коэффициент затухания  $v/v_0$  (правая панель) как функции расстояния до границы  $h/R_0$ . Нижние сплошные кривые соответствуют пузырьку над слоем осадков Верхние сплошные кривые – пузырек в осадках. Жирные штрихованные линии описывают зависимости для пузырька в крови вблизи стенки артерии. Тонкие штрихованные линии соответствуют учету только монопольной составляющей во взаимодействии пузырька и его зеркального изображения

# 4.8. Моделирование распространения акустических волн в слоистых геоакустических волноводах методом однонаправленных модовых уравнений

д.ф.-м.н. М.Ю. Трофимов, к.ф.-м.н. С.Б. Козицкий, к.ф.-м.н. А.Д. Захаренко

Для моделирования распространения акустических импульсов в 3D волноводах разработана методика на основе быстрого преобразования Фурье и модовых параболических уравнений с взаимодействием мод. Импульс в источнике представляется в виде суммы тональных компонент, амплитуды которых в точке приемника вычисляются при помощи этих уравнений, итоговый импульс вычисляется через обратное преобразования Фурье. В рамках этого подхода создан программный комплекс, который был успешно протестирован сравнением результатов вычислений с аналитическим решением для проницаемого клина (бенчмарка *Американского акустического общества*), полученным методом изображений источника. Разработанный программный комплекс активно используется группой А.Н. Рутенко для анализа экспериментальных данных и планирования экспериментов по распространению акустических импульсов в мелком море (*Трофимов М.Ю., Козицкий С.Б., Захаренко А.Д.* // Физика геосфер: Десятый Всеросс. симпоз. материалы докл., 23–29 октября 2017 г., Владивосток. С. 328–330.; *Tang J., Petrov P.S., Kozitskiy S.B., Piao S.* // Proc. of the Intern. Conf. «Days on Diffraction 2017», St. Petersburg, June 19 – 23, 2017. Р. 304–310.).



Рис. 4.8. Сравнение импульсов, полученных методом изображений источника и МПУ с взаимодействием мод для приемника, расположенного на расстоянии 2.25 км от источника импульса, на глубине 30 м. Акустический импульс распространяется поперек клина с углом 2.86 градусов (клиновая бенчмарка Американского акустического общества)

# 4.9. Лучевая теория и метод канонического оператора Маслова в задачах моделирования распространения звука в глубоком океане

к.ф.-м.н. П.С. Петров

Разработана новая методика расчета временных рядов импульсных акустических сигналов в точках приема. Методика основана на применении лучевой теории, а также ряда асимптотических формул для решения нестационарного волнового уравнения локализованной правой частью. Для применения этих формул решение волнового уравнения с правой частью (вынуждающим членом), описывающей источник, представляется в форме интеграла Дюамеля, где подынтегральная функция есть решение начально-краевой задачи с нулевым вынуждающим членом, но ненулевыми данными Коши. Асимптотика такого решения, в свою очередь, может быть представлена в терминах канонического оператора Маслова. Для расчета временных рядов в точка приема в рамках предложенной методики необходимо сперва найти бихарактеристики системы (путем численного решения уравнений Гамильтона) и соответствующее лагранжево многообразие. После этого асимптотика решения волнового уравнения может быть представлена в форме некоторого интеграла. Благодаря универсальности описания, достигаемой с помощью метода канонического оператора Маслова, предложенный метод может быть с равным успехом использован для расчета волновых полей как в регулярных, так и в фокальных точках, где стандартные лучевые методы неприменимы (*Petrov P.S., Sergeev S.A., Tolchennikov A.A.* // Doklady Mathematics. 2017. V.95, No. 2. P. 181–184.; *Tang J., Petrov P.S., Kozitskiy S.B., Piao S.* // Proc. of the Intern. Conf. «Days on Diffraction 2017», June 19–23, 2017. IEEE. 2017. P. 304–310.).



Рис. 4.9. Импульсные акустические сигналы, рассчитанные в волноводе глубокого океана с профилем Манка для скорости звука на расстояниях 25 км (слева) и 90 км (справа) от точки излучения. Результаты расчетов с использованием лучевой теории показаны пунктиром, а результаты, полученные с помощью метода нормальных волн – сплошной линией

### Тема 5

### «ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОСТОЯНИЕ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА»

#### Науч. руководитель к.г.н. В.Б. Лобанов

### 5.1. Взаимосвязанные изменения климатического режима в Индо-Тихоокеанском и Азиатско-Тихоокеанском регионах

к.ф.-м.н. В.И. Пономарев, к.т.н. Е.В. Дмитриева, С.П. Шкорба, к.г.н. А.А. Карнаухов

На рубеже 20–21 веков произошло существенное изменение климатического режима планетарного масштаба, что следует из оценок фазовых траекторий основных характеристик взаимодействующей системы океан – атмосфера в различных крупномасштабных районах

планеты. По отношению к предшествующему климатическому режиму в многолетний период (1979-1997 гг.) увеличились испарение и скрытый турбулентный поток тепла (LH) в атмосферу (рис. 5.1а) с большей части поверхности Мирового океана. В результате среднее годовое содержание водяного пара в атмосфере (PWC) существенно увеличилось в окраинных океанических районах тропических, средних и умеренных широт (рис. 5.1б). Наибольшая по площади область увеличения содержания водяного пара в атмосфере охватывает восточную часть Индийского океана, западную и северную части Тихого океана. Отмеченные изменения LH и PWC сопровождаются ростом циклонической активности в пограничной зоне океан - континент, увеличением зональных и уменьшением меридиональных градиентов ТПО и температуры воздуха в Тихом океане, а также уменьшением по абсолютной величине результирующего потока тепла на поверхности Тихого и Индийского океанов (Ponomarev V.I., Dmitrieva E.V., Shkorba S.P., Karnaukhov A.A. // Proc. 3rd Russia-China Sympos. on Marine Science. Vladivostok: POI, 2017. C. 69-72.).



Рис. 5.1. Глобальные поля разности LH (BT/м<sup>2</sup>, a) РWС (кг/м<sup>2</sup>, б) между их среднегодовыми значениями, усредненными за периоды современного (1998-2015гг.) и предшествующего (1979-1997гг.) климатических режимов

### 5.2. Климатические и антропогенные изменения в прибрежных акваториях Охотского моря и прилегающих районах за последние десятилетия

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

Созданы базы архивных данных о климатических и антропогенных изменениях в прибрежных акваториях Охотского моря за последние 40 лет. Анализ этих данных показал, что линейные тренды увеличения поверхностной температуры воды в море составили в среднем  $0,2^{\circ}C/10$  лет и возрастали от района к району с севера на юг. В теплый сезон тренды примерно в 2 раза сильнее, а в холодный – слабее среднегодовых. На фоне общей тенденции выделены фазы похолодания (1977–1987 гг.), потепления (2004–2016 гг.) и переходного режима (1988– 2003 гг.). Эти изменения в прибрежной зоне согласуются с вариациями климатических индексов, ледовитости, температуры воды и воздуха по всей акватории моря. Даны количественные оценки межгодовых изменений состава, концентраций загрязняющих веществ и качества вод прибрежных акваторий Сахалина и Камчатки в результате антропогенных воздействий. К 2016 г. показатели химического загрязнения в основном соответствовали фоновым значениям и установленным нормативам (*Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Воронцов А.А.* // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 191. С. 176–195; *Ростов И.Д., Рудых Н.И., Ростов В.И.* // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5. С. 137–149.)



Рис. 5.2. Межгодовая изменчивость аномалий (а, в, д, ж) и накопленных аномалий (б, г, е, з) температуры воды в выделенных районах прибрежной зоны: север Охотского моря (а, б), северная (в, г) и южная (д, е) прибрежные зоны о-ва Сахалин; Южно-Курильский район (ж, з); 1 – среднегодовые значения; 2, 3 – значения за теплый и холодный сезоны; также показан линейный тренд (а, в, д, ж)

# 5.3. Формирование аномальных гидрологических условий в проливе Лаперуза и прилегающей акватории Японского моря в летний период под влиянием региональной атмосферной циркуляции

к.г.н. В.В. Мороз

На основе гидрологических данных экспедиционных исследований 1970–2015 гг. из базы данных ТОИ ДВО РАН, а также спутниковых данных о температуре поверхности океана за 2008–2015 гг. и синоптических карт Японского метеорологического агентства исследована изменчивость гидрологических условий пролива Лаперуза и прилегающих акваторий Японского и Охотского морей. Установлено, что в летний период формирование аномальных гидрологических условий в проливе и на прилегающей япономорской акватории обусловливается активным развитием Охотского антициклона и его влиянием на траектории прохождения глубоких циклонов. Прохождение циклона вызывает поступление холодных охотоморских вод через пролив в Японское море при изменении атмосферного давления и резкой смене ветрового режима (*Mopos B.B.* // Десятый Всероссийский симпозиум «Физика геосфер», 23–29 октября 2017 г. Владивосток, Россия: материалы докл. Владивосток, 2017. С. 86–90).



*Рис. 5.3. Температура поверхности моря (°С) в районе пролива Лаперуза 17 июля 2011* г. (а) и 17 июля 2015 г. (б) при вторжении охотоморских вод (показано стрелкой)

# 5.4. Сезонная изменчивость антициклонической циркуляции поверхностных вод под воздействием северо-западных ветров в районе о-ва Уруп (Курильская островная гряда)

к.г.н. Г.А. Власова, М.Н. Деменок

На основе численного моделирования выполнено исследование сезонной изменчивости антициклонической циркуляции верхнего квазиоднородного слоя в районе о-ва Уруп под воздействием ветров северо-западного направления за период 1949–2010 гг. (Полякова, 1999). Выявлено соответствие между сезонными изменениями атмосферных процессов и циркуляцией вод. Так, в осенне-зимний период, когда повторяемость северо-западных ветров максимальна, интенсивность антициклонической циркуляции вод значительно усиливается и, наоборот, в весенне-летний сезон, когда их повторяемость уменьшается, интенсифицируется циклоническая циркуляция вод. Это означает, что весной и летом антициклонические морские структуры поддерживаются ветрами других направлений (*Власова Г.А., Деменок М.Н.* // Вестник ДВО РАН. № 5. 1917. С. 150–157.).



Рис. 5.4. Нормированный индекс сезонной изменчивости повторяемости атмосферных процессов «северо-западного» типа за период 1949–2010 гг. (а); нормированный индекс интенсивности антициклонической циркуляции вод (б)

### 5.5. Влияние ветровых и ледовых условий на апвеллинг у западного побережья п-ва Камчатка

к.г.н. И.А., Жабин, к.т.н. Е.В Дмитриева., к.г.н. Н.С. Ванин

На основе анализа данных спутниковых наблюдений над ветром, льдом и температурой поверхности моря рассмотрены гидрометеорологические условия, благоприятные для раз-



Рис. 5.5. Синоптическая метеорологическая ситуация 25 августа 2015 г., связанная с глубоким циклоном и вызвавшая летний апвеллинг у западной Камчатки. Карта приземного анализа Японского метеорологического агентства (а), ИК-изображение зоны прибрежного апвеллинга у западной Камчатки, полученное со спутника NOAA-19, AVHRR, 25 августа 2015 г. (б); снимок в термическом диапазоне с спутника Landsat-7 ЕТМ+, 27 августа 2015 г., показывающий субмезомасштабные структуры во фронтальной зоне апвеллинга (в), и распределение хлорофила-а в период апвеллинга 22-28 августа 2015 г. со спутника Suomi (сканер VIRSN) (г)

вития апвеллинга у западного побережья Камчатки. Показано, что общей особенностью вод западного-камчатского шельфа является апвеллинг в декабре, связанный с началом периода сильных зимних муссонных ветров. Появление дрейфующего льда в январе-феврале приводит к смене апвеллинга даунвеллингом в прикромочной зоне. После разрушения ледового покрова в марте-апреле вновь создаются благоприятные условия для развития ветрового апвеллинга. Летом апвеллинг связан с синоптической изменчивостью поля ветра (*Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Ванин Н.С.* // Исследования Земли из космоса. 2017. № 3. С. 22–29.).

#### 5.6. Межгодовые изменения термического режима в районе побережья Приморского края

#### к.г.н. Л.А. Гайко

Проведено исследование изменчивости температуры воды и воздуха за период инструментальных наблюдений на прибрежных станциях, расположенных вдоль побережья Приморского края. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении температурного фона исследуемого района, в соответствии с концепцией глобального потепления. Положительная тенденция в годовом ходе температуры воды была выявлена на ГМС Владивосток, Посьет и Сосуново, а в годовом ходе температуры воздуха – на всех прибрежных станциях. Наибольшее увеличение среднегодовой температуры воды отмечено на ГМС Владивосток, причём основной вклад в увеличение температуры воды внес холодный период. Среднегодовая температура воздуха значительнее всего увеличилась на ГМС Находка, где основной вклад внес также холодный период. (*Гайко Л.А.* // Десятый Всеросс. симпоз. «Физика геосфер», 23–29 октября 2017 г. Владивосток: материалы докл. Владивосток, 2017. С. 36–40.).



Рис. 5.6. Межгодовая изменчивость температуры воды (слева) и воздуха (справа) на прибрежных ГМС Приморья: 1 – ГМС Посьет; 2 – ГМС Владивосток; 3 – ГМС Находка; 4 – ГМС Рудная Пристань; 5 – ГМС Сосуново

### 5.7. Пространственно-временная изменчивость мезомасштабных вихревых и волновых структур в заливе Петра Великого, Японское море

к.г.н. В.А. Дубина, к.т.н. В.К. Фищенко

Анализ архива изображений, полученных со спутников серии Landsat в 1984–2017 гг., позволил оценить пространственно-временную изменчивость вихрей и внутренних волн в за-

ливе Петра Великого. Установлены характерные масштабы и места генерации мезомасштабных вихрей и гравитационных внутренних волн в заливе Петра Великого, а также выявлены основные черты их эволюции (Дубина В.А., Фищенко В.К. // Десятый всероссийский симпозиум «Физика геосфер», 23–29 октября 2017 г. Владивосток, Россия: мат. докл. Владивосток, 2017. С. 54–56.).



Рис. 5.7. Термическая структура верхнего слоя залива Петра Великого на изображении, полученном в тепловом инфракрасном диапазоне со спутника Landsat-8 29 сентября 2017 г. (слева). Более холодные воды - более тёмные. Стрелками отмечены некоторые спиральные циклонические (Zn) и один антициклонический (Az) вихри с холодными ядрами. Прямоугольники (справа, a, б, в, г) очерчивают границы фрагментов панхроматического изображения за тот же срок

# 5.8. Короткопериодные колебания потоков тепла, импульса и энергии в прибрежной зоне Японского моря

д.ф.-м.н. В.В. Навроцкий, к.г.н. Ф.Ф. Храпченков, к.г.н. Е.П. Павлова

Проанализированы данные измерений на заякоренных станциях, выполненных на шельфе залива Посьет (залив Петра Великого, Японское море) в мае-июне и в июле-сентябре 2017 г. Сезонные различия в стратификации вод обусловливают существенные различия в вертикальных потоках тепла (в сентябре их амплитуды были в 25 раз больше, чем в июне) и динамических условиях для формирования и развития внутренних волн. В сентябре пульсации температуры и потоки тепла имеют хорошо выраженную периодичность. Внутренние волны, генерируемые вблизи кромки шельфа приливами и инерционными колебаниями, являются основным механизмом, переносящим энергию крупномасштабных движений из открытого моря в мелкомасштабные движения в прибрежной зоне. При выходе термоклина на мелководье внутренние волны с максимальными амплитудами часто отрываются от термоклина, образуя чередование стратифицированных болюсов (объемов) с холодной водой и практически однородных от поверхности до дна теплых зон.

Временная перемежаемость колебаний гидрофизических характеристик приводит к перемежаемости их энергетических спектров. В спектрах всех параметров происходит резкое чередование зон максимумов и минимумов энергии во времени и в пространстве периодов (или частот). Спектральные компоненты на малых периодах (высоких частотах) во многих случаях могут быть более энергонесущими, чем компоненты на больших периодах. В этих случаях отсутствует непрерывный поток энергии по спектру, и внутренние максимумы отражают нелинейные взаимодействия внутренних волн, среды и турбулентности. Для всех спектров характерным свойством является увеличение градиентов энергии с уменьшением периода, а особенно резкие перепады энергии во времени находятся в интервале периодов меньше 1 ч. Это значит, что зоны диссипации энергии на высоких частотах также будут резко чередоваться во времени и пространстве. (*Навроцкий В.В., Ляпидевский В.Ю., Павлова Е.П, Храпченков Ф.Ф.* // Десятый Всеросс. симпоз. «Физика геосфер», 23–29 окт. 2017, г. Владивосток: материалы докл. Владивосток, 2017. С. 197–199.).



Рис. 5.8. Колебания температуры (°C) и потоки тепла (в °C\*см/с) в придонном слое в июне и сентябре 2017 г. Здесь и далее Т – температура, U – зональная, V – меридиональная и W – вертикальная компоненты скорости течения

# 5.9. Типизация пространственной структуры концентрации хлорофилла-а на акватории залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря

### д.ф.-м.н. В.В. Навроцкий, к.г.н. Ф.Ф. Храпченков, к.г.н. Е.П. Павлова

В результате анализа спутниковых данных за 2008–2017 гг. проведена типизация пространственной структуры концентрации хлорофилла-а (Кхл) на акватории залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря по преобладанию одного из четырех физических факторов, воздействующих на Кхл: близость берега, адвекция, вихри, конвекция. Преобладающим по частоте проявления и концентрации Кхл на рассматриваемой акватории был фактор близости берега с максимальным эффектом в августе-ноябре. Также интенсивным оказался эффект адвекции Кхл Приморским течением, проходящим очень близко к берегу и входящим в залив вдоль континентального склона северо-западной части моря. Выявлены сезонные изменения типов пространственного распределении Кхл, связанные с сезонными изменениями роли различных физических механизмов в поставке в фотический слой необходимых для первичной продукции биогенов. Ключевым фактором изменения динамических режимов является стратификация плотности, приводящая к появлению внутренних волн и увеличению на порядок горизонтальных и вертикальных потоков тепла, массы и энергии. (*Navrotsky V., Liapidevskii V., Pavlova E. Chrapchenkov F.* // Program and Abstracts of the PICES 2017 Annual Meeting, September 22 – October 1, 2017, Vladivostok, Russia. Vladivostok, 2017. P. 102.).



*Рис. 5.9. Типичные распределения концентрации хлорофилла при преобладании эффекта близости берега* 

# 5.10. Изменчивость гидрофизических характеристик в шельфовой зоне Японского моря на основе спектрального анализа данных измерений в теплый период года

д.ф.-м.н. В.В. Новотрясов, к.г.н. Ф.Ф. Храпченков, д.ф.-м.н. И.О. Ярощук

По данным экспериментальных исследований в шельфовой зоне залива Петра Великого Японского моря в районе МЭС ТОИ ДВО РАН «Мыс Шульца», включавшим долговременные измерения течений на разных горизонтах, придонной температуры и уровня моря с помощью термогирлянд и акустических измерителей течений «Argonaut SonTek» в за августе – октябре 2016 г. и сентябре – октябре 2017 г., показано, что в летне-осенний период в короткопериодную

изменчивость температуры и скорости течения в прибрежной зоне залива Посьет вносят вклад приливы, сейши и короткие внутренние волны, которые генерируются на мелководье при разрушении длинных волн, приходящих с внешнего шельфа и склона. Спектральные компоненты на малых периодах (высоких частотах) во многих случаях могут быть более энергонесущими, чем компоненты на больших периодах. В этих случаях отсутствует непрерывный поток энергии по спектру, а внутренние максимумы отражают нелинейные взаимодействия внутренних волн, среды и турбулентности (*Ляпидевский В.Ю., Новотрясов В.В., Храпченков Ф.Ф., Ярощук И.О.* // Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 58, № 5. С. 60–71.).



Рис. 5.10. Средние спектры давления и температуры в бухте Витязь (а), модуля скорости течения (б – г). Спектры сдвинуты относительно друг друга на 1 порядок

5.11. Влияние ветровых условий на изменчивость апвеллинга у побережья Приморья (северо-западная часть Японского моря) (грант № 15-I-1-047 ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток»)

к.г.н. И.А. Жабин, к.т.н. Е.В. Дмитриева, д.г.н. А.Г. Андреев

Изменчивость апвеллинга в северо-западной части Японского моря у побережья Приморья исследована на основе данных о ветре, полученных при помощи скаттерометра SeaWind/

QuikSCAT (1999-2009 гг.). Интенсивность апвеллинга оценивалась по величине вызванного ветром направленного от берега экмановского переноса (индекс апвеллинга). Полученные результаты показывают, что апвеллинг у южного побережья Приморья наблюдается в период с сентября по март (апрель). Сезон с наиболее благоприятными для развития апвеллинга условиями соответствует периоду зимних муссонных ветров. В восточной части приморского шельфа апвеллинг наблюдается в переходные сезоны между зимними и летними муссонными ветрами (февраль-апрель и сентябрь-октябрь). У северо-восточного побережья Приморья сезон апвеллинга начинается в августе и продолжается по октябрь (ноябрь). Общей характерной особенностью вод шель-



Рис. 5.11. Спутниковое инфракрасное изображение зоны прибрежного апвеллинга у побережья Приморья, полученное 12 октября 2008 г.
фовой зоны Приморья является осенний (сентябрь – октябрь) ветровой апвеллинг. Межгодовая изменчивость зимнего апвеллинга у южного побережья Приморья связана с восточноазиатским центром высокого атмосферного давления (Сибирский антициклон). Апвеллинг усиливается в годы с положительными аномалиями давления в Сибирском антициклоне, а слабый апвеллинг связан с отрицательными аномалиями в этом центре действия атмосферы (Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Кильматов Т.Р., Андреев А.Г. // Метеорология и гидрология. 2017. № 3. С. 58–68.).

**5.12. Экспериментальные исследования изменчивости термохалинной структуры вод над** континентальным склоном северо-западной части Японского моря (гранты РФФИ № 16-05-00899 и ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток» № 15-I-1-047)

к.т.н. А.Ю. Лазарюк, к.г.н. Д.Д. Каплуненко, к.г.н. А.Г. Островский, к.г.н. В.Б. Лобанов, к.т.н О.О. Трусенкова, С.Ю. Ладыченко

В 2015 г. были впервые проведены длительные (около полугода) непрерывные измерения термохалинной структуры вод, выполненные профилографом «Аквалог» на притопленной заякоренной буйковой станции в районе континентального склона северо-западной части Японского моря в районе 42.53° с.ш. и 133.80° в.д. Массив исходных данных, содержащий более 700 парных профилей основных гидрологических параметров, получен в слое 64–320 м с помощью модуля SBE 52-MP на подъеме и спуске профилографа. Первичная обработка этого массива, выполненная оригинальной программой CTDdata\_cor\_SBE\_52-MP, а также верификация по данным судовых зондирований SBE-911plus позволила привести качественные показатели гидрофизической информации к стандартам WOCE. Представленный анализ массива обработанных данных продемонстрировал разномасштабность термодинамических процессов в исследуемом районе Японского моря. В частности, в период с 21 мая по 3 июня про-



Рис. 5.12. Изменение температуры воды (°С) (а), солености (епс) (б), аномалии плотности (кг/м<sup>3</sup>) (в) и частоты Брента-Вяйсяля (цикл/час) (г), полученное профилографом «Аквалог» на буйковой станции в районе континентального склона Приморья в период с 20 мая по 3 июня 2015 г.

филограф зарегистрировал термохалинную структуру, характерную для антициклонического вихря. Детализация некоторых пространственно-временных характеристик этого вихря стала возможной после привлечения спутниковых данных ИСЗ NOAA и гидрологических станций разреза, выполненных с борта НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Применение профилографа «Аквалог» в составе заякоренной станции, в сочетании с судовыми разрезами и спутниковыми съемками является перспективной технологией 4-х мерной океанографии (Лазарюк А.Ю., Каплуненко Д.Д., Островский А.Г., Лобанов В.Б., Трусенкова О.О, Ладыченко С.Ю. // Океанологические исследования. 2017. № 45. С. 33–51.).

**5.13. Короткопериодная изменчивость вертикальной стратификации вод в зоне Приморского течения в северо-западной части Японского моря** (гранты РФФИ № 16-05-00899 и ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток» № 15-I-1-047)

> к.т.н. О.О. Трусенкова, к.т.н. А.Ю. Лазарюк, к.г.н. В.Б. Лобанов, С.Ю. Ладыченко, к.г.н. Д.Д. Каплуненко

С помощью заякоренного сканирующего профилографа «Аквалог», установленного в период с 18 апреля по 15 октября 2015 г. на континентальном склоне в зоне Приморского течения к востоку от зал. Петра Великого (Японское море), получены уникальные данные,



Рис. 5.13. Нормированные аномалии глубины залегания изопикнической поверхности 27.15 кг/м<sup>3</sup> (положительные при углублении изоповерхности и отрицательные при поднятии) по данным профилографа «Аквалог» (а). Собственные модовые функции, полученные на основе преобразования Хуанга и описывающие колебания пикноклина (б – г). Пунктиром показаны периоды (сут) колебаний, оцененные на основе преобразования Гильберта и отнесенные к правой оси у (б, в)

которые позволили исследовать флуктуации в поле плотности под сезонным пикноклином. На основе преобразования Хуанга–Гильберта определены характерные периоды вертикальных колебаний, амплитуды которых существенно изменялись в период наблюдений. Эти периоды составляли 2–3,5 и 8–13 сут, что соответствует продолжительности прохождения над местом установки динамических структур мезо- и синоптического масштабов соответственно. Выявлено также более регулярное колебание с периодом 18–22 сут, связанное, возможно, с прохождением волнового образования над местом установки. С середины апреля до конца мая были зарегистрированы весьма интенсивные колебания – сначала углубление, затем поднятие, а затем снова углубление пикноклина, продолжавшиеся по 2 недели каждое (*Трусенкова О.О., Лазарюк А.Ю., Островский А.Г., Лобанов В.Б., Ладыченко С.Ю., Каплуненко Д.Д.* // Современные методы и средства океанол. исслед.: материалы докл. XV Всеросс. научно-технич. конф. «МСОИ-2017». Том I. М., 2017. С. 80–84.).

# 5.14. Экспериментальные исследования склоновой конвекции в заливе Петра Великого, Японское море (грант № 15-I-1-047 ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток»)

## к.г.н. В.Б. Лобанов, А.Ф. Сергеев, А.А. Воронин, к.г.н. Н.В. Шлык, И.И. Горин, П.Ю. Семкин, П.Е. Щербинин, к.г.н. Е.В. Павлова

Для исследования пространственно-временной структуры характеристик склоновой конвекции в заливе Петра Великого зимой 2016–2017 гг. были проведены измерения с помо-



Рис. 5.14. Изменение температуры воды в придонном слое на АБС, расположенных у кромки шельфа (89 м, вверху), на склоне (глубина 1167 м, посредине) и у подножия склона (глубина 2965 м, внизу) в период 22.12.2016-08.06.2017 щью заякоренных автономных буйковых океанографических станций (АБС), установленных в районе центрального каньона залива (около 131°48' в.д.) в период с декабря 2016 по июнь 2017 гг. на кромке шельфа (89 м), на континентальном склоне (1167 м) и у подножья склона (2965 м). АБС были оснащены измерителями температуры воды, солености и течений, установленных на расстоянии 1,5-2,0 м от дна. Измерения проводились с дискретностью 0,5 часа в период 22.12.2016-08.06.2017. Наблюдения зимой 2016-2017 гг. показали присутствие вод с отрицательной температурой на кромке шельфа (89 м) с середины февраля по начало мая. При этом впервые зарегистрировано несколько событий проникновения вод каскадинга до глубин 1169 м вдоль центрального каньона, отмечавшихся в течение нескольких дней во второй половине февраля и в середине марта. У подножья склона (2965 м) явных следов проникновения вод каскадинга не обнаружено. Отмечались колебания температуры воды с амплитудой 0,002-0,006 С, однако их амплитуда была максимальной в период отмечавшегося выше каскадинга. Коэффициент корреляции, равный 0,45, отмечается между рядами АБС «Шельф» и АБС «Склон», что можно характеризовать как наличие умеренно тесной взаимосвязи. Взаимосвязь слабая для рядов «Склон – Подножье» (коэффициент корреляции равен 0,28) и отсутствует для рядов «Шельф – Подножье» (коэффициент корреляции равен 0,06). В низкочастотной области на спектрах для всех трех рядов выделяется квазипериодичность 21 суток, в высокочастотной – инерционная и полусуточная составляющие колебаний придонной температуры (Лобанов В.Б., Семкин П.Ю., Сергеев А.Ф. и др. // Океанография залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря: тез. докл. Третьей науч. конф., 26-28 апреля 2017 г., Владивосток. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. С. 21.).

5.15. Информационно-справочная система о режиме и изменчивости ледяного покрова залива Петра Великого (Японское море) (грант № 15-І-1-038 ПФНИ ДВО РАН «Дальний Восток»)

> к.г.н. И.Д. Ростов, д.г.н. В.В. Плотников, к.г.н. В.А. Дубина, Я.Н. Рудых, к.г.н. Н.И. Рудых, В.И. Ростов

На основе зарегистрированной в государственном Реестре базы данных «Ледовый режим залива Петра Великого» и архива спутниковых изображений разработана и реализована электронная информационно-справочная система (ЭИСС), включающая в себя совокупность обобщенных данных, картографической и графической информации о режиме и изменчивости ледяного покрова залива Петра Великого. ЭИСС состоит из информационного блока, электронного атласа, архива данных наблюдений и пользовательских программных средств для работы в среде Интернет. Все имеющиеся данные наблюдений систематизированы по квадратам и декадам за период с 1959 г. по настоящее время, а ряды ледовитости залива представлены с 1917 г. Система обеспечивает быстрый доступ к специально отобранной, обобщенной справочной и картографической информации, рассредоточенной по различным источникам и корпоративным ресурсам, и поэтому ограниченной для широкого использования. ЭИСС доступна на странице http://pacificinfo.ru/eisp/piter/ специализированного сайта «Океанография и состояние морской среды ДВ региона России» (*Ростов И.Д., Плотников В.В., Дубина В.А.и др.* // Метеорология и гидрология. 2017. № 11. С. 113–118.).



*Рис. 5.15.* Примеры отображения картографической информации ЭИСС по запросу пользователя: сплоченность (а), возраст (б), формы преобладающего льда (в), вероятность встречи со льдом (г)

#### 5. 16. Мезомасштабная циркуляция вод в районе Восточно-Сахалинского течения

#### д.г.н. А.А. Андреев

На основе данных спутниковой альтиметрии исследована мезомасштабная циркуляция вод в районе Восточно-Сахалинского течения (западная часть Охотского моря) за период с 1993 по 2014 гг. Установлено, что ветры южных/северных румбов в западной части Охотского моря приводят к формированию мезомасштабной циклонической/антициклонической циркуляции вод в июле-августе/октябре-декабре. Показано, что происхождение вод (с относительно высокой соленостью и низкой температурой) в мезомасштабных циклонических круговоротах связано с прибрежным апвеллингом и приливным перемешиванием. Воды (с относительно низкими соленостями) в антициклонических образованиях формируются в северо-западной части Охотского моря под влиянием стока р. Амур. В октябре-декабре возрастает приток вод с пониженной соленостью на восточное побережье о-ва Сахалин под воздействием зимнего муссона, что способствует образованию мезомасштабных антициклонов. Показано, что высокая первичная продукция приурочена к центрам мезомасштабных циклонов (*Андреев А.Г.* Мезомасштабная циркуляция вод в районе Восточно-Сахалинского течения (Охотское море) // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 3–12.).



Рис. 5.16. Поле поверхностных геострофических течений по данным AVISO (a-г) и распределение температуры в поверхностном слое вод по данным MODIS/Aqua (в-г). Мезомасштабные циклоны и антициклоны на рис. 1а, б отмечены треугольниками

# Тема 6

# «ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СОСТОЯНИЕ БИОТЫ В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ»

### Науч. руководитель д.б.н. В.П. Челомин

### 6.1. Гипоксия придонных вод эстуария реки Раздольной

д.х.н. П.Я. Тищенко, П.Ю. Семкин, к.г.н. П.П. Тищенко, д.б.н. В.И. Звалинский, Ю.А. Барабанщиков, Т.А. Михайлик., С.Г. Сагалаев, М.Г. Швецова, Е.М. Шкирникова

Гипоксия придонных вод речной части эстуария р. Раздольной впервые была обнаружена в сентябре 2014 года (рис. 6.1. а). Ее формирование происходит в результате поглощения кислорода в процессе деструкции оседающей на дно «избыточной» биомассы фитопланктона, синтезированной на верхнем горизонте, аналогично морской части эстуария. Высокая величина первичной продукции в речной части эстуария была обусловлена сформированным пикноклином по уникальному "диффузному типу", когда нижележащий слой воды имеет более высокую температуру и соленость в сравнении с вышележащим слоем. Таким образом, над «жидким дном» происходило «цветение» фитопланктона, а под ним – его деструкция. При этом кислород обнаруживает определенную симметрию распределения в обеих частях эстуария по отношению к бару: наблюдаются близкие максимальные на поверхности и минимальные у дна концентрации кислорода (соответственно 300 и менее 60 мкмоль/л.).



Рис. 6.1. Распределения концентраций измеренных в лабораторных условиях гидрохимических параметров на разрезе р. Раздольная—Амурский залив (река – слева): **а** – кислород; **б** – хлорофилла; **в** – N/P отношение; **г** – парциальное давление углекислого газа, рассчитанное из измерений рН, ТА (путь (а) – 1, 2); DIC, ТА (путь (б), модель (2) – 3, 4). 1, 3 – верхний горизонт; 2, 4 – придонный горизонт. Пунктирная линия рис. а соответствует "пороговому" уровню кислорода 76 мкмоль/кг. Бар располагается на 17.5 – 20.0 км на шкале расстояний

Сформировавшиеся при этом аномалии гидрохимических параметров резко отличаются в двух частях эстуария, что наиболее ярко проявляется в величине N/P отношения и парциального давления углекислого газа (рис. 6.1. в, г). Обсуждаются причины возникновения уникальной ситуации (*Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Тищенко П.П. и др.* // ДАН. 2017. Т. 476, № 5. С. 576–580.).

## 6.2. Карбонатная система поверхностных вод на шельфе Японского и Восточно-Китайского моря. Сравнительный анализ

д.х.н. П.Я. Тищенко, Е.М. Шкирникова, к.г.н. П.П. Тищенко

Сравнительный анализ параметров карбонатной системы шельфов ВКМ и ЯМ для августа 2014 г. показал, что залив Петра Великого был преимущественно источником углекислого газа, а шельф ВКМ – стоком для атмосферного углекислого газа. Главная причина отличия двух эстуарных экосистем шельфа состоит в том, что шельф ВКМ находится под доминирующим влиянием стока крупных рек, а залив Петра Великого находится под доминирующим влиянием открытой части Японского моря (*Chou W.-C., Tishchenko P.Y., Chuang K.-Y., et al.* // Marine Chemistry. 2017. V. 195. P. 50–60.).



Рис. 6.2. Распределение параметров карбонатной системы в поверхностных водах ВКМ (a,c,e,g,i) и залива Петра Великого (b,d,f,h,j) щелочность (a,b), DIC (c,d), pCO<sub>2</sub> (e,f), Chl (g,h), нитратов (i,j). 19–31 августа, 2014 г. ВКМ; 26 августа – 6 сентября, 2014 г. Залив Петра Великого

### 6.3. Карбонатная система речных вод

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

Предложен подход к корректному изучению карбонатного равновесия в водах р. Раздольной. Он включает в себя измерение рН с помощью ячейки безжидкостного соединения на основе шкалы Питцера, измерение щелочности по методу Бруевича, использование кажущихся констант карбонатного равновесия и учет органической щелочности. Методом Питцера рассчитаны кажущиеся константы карбонатного равновесия для раствора, моделирующего карбонатное равновесие в составе речной воды: Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O для диапазона щелочности 0-0,005 моль/кг и диапазона температур 0-25°С. Для четырех сезонов исследовано карбонатное равновесие р. Раздольной. Установлено, что несмотря на высокое содержание биогенных веществ в реке, их роль в кислотно-основном равновесии несущественна. Кислотно-основное равновесие в реке определяется карбонатным равновесием и содержанием гумусового вещества. Значимость гумусового вещества возрастает с увеличением расхода реки. На карбонатное равновесие в реке, помимо продукции и деструкции органического вещества, влияют поставляемое в реку с почвенными и грунтовыми водами гумусовое вещество и общая щелочность. Рассчитаны годовые потоки щелочности (1.33 × 10<sup>9</sup> молей) и гумусового вещества (9.9×10<sup>6</sup> кгС), поставляемые р. Раздольной в Амурский залив. Экспорт углекислого газа р. Раздольной равен потоку щелочности и не зависит от механизма выветривания (Тищенко П.Я., Михайлик Т.А., Павлова Г.Ю. и др. // Геохимия. 2017. Т. 55, № 3. С. 236–248.).



Рис. 6.3. Параметры карбонатной системы (a - pHin situ, 6 - pCO2, TA - в, DIC - г) реки Раздольной. (1 - 13 - 14 февраля; 2 - 23 апреля; 3 - 29 июля; 4 - 29 октября, 2008)

### 6.4. Короткопериодная изменчивость в системе химических показателей в Амурском заливе и на шельфе о. Сахалин

### О.В. Шевцова

Показано совпадение степенных связей между средними по времени концентрациями неконсервативных химических параметров и их короткопериодной изменчивостью (коэффициент вариации или среднеквадратическое отклонение от среднего), полученных в Амурском заливе и на шельфе о. Сахалин (рис.). Этот факт указывает на универсальный характер данной зависимости. Предложена объясняющая ее статистическая модель, которая реализует системный подход в исследованиях сложного случайного процесса, позволяет объяснить различные флуктуационные режимы, и, наряду с нормальными флуктуациями параметров, рассматривать их сильные выбросы, что повышает эффективность описания случайных процессов (*Шевцова О.В.* // Актуальные проблемы современной науки. 2017. № 6 (97). С. 351–355; *Shevtsov B.M., Shevtsova O.V.* // E3S Web of Conf. V. 20 (2017), 02014. https://doi.org/10.1051/ e3sconf/20172002014).



Рис. 6.4. Связь между средними концентрациями  $<\!P>$  и среднеквадратическими отклонениями s\* для гидрохимических параметров на 13 горизонтах 4-х суточных станций в различных районах Амурского залива. 1-16 – соленость,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $O_2$ ,  $SiO_3$ ,  $CO_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_2^-$ ,  $a_H^+$  соответственно; 17 и 18 – степенные регрессии для консервативных и неконсервативных показателей

#### 6.5. Генотоксические свойства оксидов меди в наноформе для морских организмов

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

Проведена сравнительная оценка биодоступности двух форм меди – наночастиц CuO (50 нм) и Cu-2+, и их влияния на развитие процессов окислительного стресса в тканях тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*. Показано, что аккумуляция обеих форм меди сопровождается повреждением молекулы ДНК клеток жабр и пищеварительной железы. При этом отмечается, что клетки жабр этого моллюска в большей степени подвержены генотоксическому воздействию наночастиц СuO, чем клетки пищеварительной железы. Высказано предположение о непрямых механизмах проявления генотоксичности наночастиц оксида меди (*Chelomin V.P., Slobodskova V.V., Zakhartsev M., Kukla S.P. //* Oceanic and Coastal Sea Research. 2017. V. 16. Р. 339–345; *Кукла С.П., Слободскова В.В., Челомин В.П. //* Биология моря. 2017. Т. 43, № 2. С. 139–143.).

# **6.6.** Влияние факторов среды на сдвиг нереста у морского ежа Strongylocentrotus intermedius д.б.н. П.М. Жадан, Т.Н. Альмяшова

Обобщены результаты многолетних (2003–2015 гг.) исследований причин сдвига сроков нереста с осени на раннее лето в популяциях *Strongylocentrotus intermedius*, обитающих в подвергнутых антропогенному загрязнению районах, в результате чего появились 3 типа поселений морского ежа, отличающихся соотношением особей с ранним (конец мая-июнь) и поздним (сентябрь-начало октября) сроками нереста. Использованы морфологические, генетические, физико-химические и гидрологические методы исследования. Показано, что фитопланктон является важнейшим фактором, регулирующим сроки нереста. Выдвинута гипотеза о том, что сдвиг сроков нереста с осени на раннее лето в популяциях *S. intermedius* обусловлен феноти-пической реакцией этого вида на изменения окружающей среды, связанные с эвтрофикацией (*Zhadan P.M., Vaschenko M.A., Almyashova T.N.* // Seaurchin–from environment to aquaculture and biomedicine. Chpt. 3. Reijeka: INTECH. 2017. P. 35–69.).

## 6.7. Иерархия биотических и абиотических факторов, участвующих в регуляции нереста донных беспозвоночных

д.б.н. П.М. Жадан, к.б.н. С.Д. Рязанов

Состояние среды благоприятное для развития личинок, является важнейшим условием успешного воспроизводства морских беспозвоночных с внешним оплодотворением. Впервые, на примере *Strongylocentrotus intermedius*, описана иерархия биотических и абиотических факторов, участвующих в регуляции нереста донных беспозвоночных: 1) главным фактором необходимым для запуска нереста является фитопланктон, при низкой концентрации которого нерест не происходит; 2) увеличение концентрации фитопланктона стимулирует повышенную двигательную активность и нерест самцов; 3) наличие фитопланктона и спермы стимулирует нерест самок; 4) темное время суток и фазы полной и новой луны являются дополнительными факторами, повышающими вероятность нереста; 5) нет зависимости между нерестом и приливной активностью, солёностью, температурой и степенью насыщения кислородом (*Жадан П.М., Ващенко М.А., Рязанов С.Д.* // ДАН. 2017. Т. 476, № 3. С. 357–361.).

### 6.8. Ареал редкого вида китов

к.б.н. С.Д. Рязанов

Проанализированы собственные и литературные данные по регистрациям крайне редко встречающегося в море вида китов – клюворыла. Имеющаяся в литературе информация содержит большое количество ошибок из-за схожести клюворыла с малым полосатиком и северным плавуном. На основании собственных данных и опроса коллег, выявлены верифицированные встречи этих животных. В ходе анализа установлено, что ареал клюворыла в России значи-

47

тельно шире, чем считалось раньше и простирается по меньшей мере до 58° северной широты (Фомин С.В., Рязанов С.Д., Усатов И.А. Бурканов В.Н. // Биология моря. 2017. Т. 43, № 3. С. 215–218.).

### 6.9. Особенности поведения северного морского льва

к.б.н. С.Д. Рязанов

Впервые описаны случаи каннибализма у северного морского льва. Описано поведение животных при прямом инфантициде. Проанализированы литературные данные об инфантициде и каннибализме у ластоногих и других млекопитающих. Сделан вывод, что умышленный инфантицид и каннибализм у северного морского льва является социальной патологией, исключительно редко проявляющейся в природе.(*Ryazanov S.D., Kirillova A.D., Laskina N.B., Burkanov V.N.* // Marine Mammal Science. 2017. № 12437.).

## 6.10. Сезонные миграции лахтака Erignathus barbatus

д.б.н. В.В. Мельников

В 1993–1996, 1998–2000, 2002–2005 и 2010–2011 годах проведены наблюдения лахтака (*Erignathus barbatus*). Впервые получено представление о сезонных перемещениях, и относительной численности этих тюленей в прибрежной зоне Чукотского полуострова. В зимний период по мере приближения весны лахтаки образуют скопления в северной части Анадырского залива. В течение весны лахтаки мигрируют на восток, а затем на север вдоль побережья южной, а затем восточной Чукотки в направлении Берингова пролива и далее в сторону кромки дрейфующего льда. Движение на север продолжается после схода льда по открытой воде и заканчивается лишь к августу. В августе и сентябре лахтаки в прибрежной зоне Чукотского полуострова встречаются единично. Осенняя миграция этих тюленей в южном направлении наблюдается с октября по декабрь. В этот период животные побережья не придерживаются и уходят на юг широким фронтом по мере наступления льда (*Melnikov V.V.* // Arctic. 2017. V. 70, № 4. Р. 403–413.).

## 6.11. Современное распределение и численность финвала в Охотском море

д.б.н. В.В. Мельников

В июне – июле 2014, в апреле 2015 гг. проведены наблюдения финвала в Охотском море. Работы осуществляли во время следования научных судов к месту расположения полигонов исследований. В конце июня 2014 г., было учтено 10,1, через месяц в конце июля – 8,28, а в период с 25 по 26 апреля 2015 г. – 3,01 особи в среднем на 100 морских миль маршрута. Синтез имеющейся литературной информации и собственные данные показывают, что в Охотском море в последние десятилетия произошло 2-х – 3-х кратное увеличение численности финвала. Столь значительного количества финвалов в Охотском море не регистрировали ни в начальный период китобойного промысла, ни в период его развития (*Melnikov V.V., Sidorenko M.M., Fomin S.V.* // Open Access Library Journal. 2017. V. 4, №. е3250. С. Р. 1–9. <u>http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1103250;</u> *Мельников В.В., Сидоренко М.М., Фомин С.В.* // Труды ВНИРО. 2017. Т. 168. С. 147–155.

## 6.12. Влияние экстракта из морской бурой водоросли Sargassum pallidum на метаболические реакции

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

Исследовано влияние обогащенного полифенольными соединениями экстракта из морской бурой водоросли Sargassum pallidumu коммерческого препарата сравнения «Легалон» на биохимические показатели печени крыс при интоксикации четыреххлористым углеродом (ЧХУ). Применение экстракта из S. pallidum оказывало выраженный антиоксидантный и гепатопротекторный эффект, который проявлялся в снижении активности аланинаминотрансферазы в плазме крови, в нормализации активности супероксиддисмутазы, содержания восстановленного глутатиона, перекисного окисления липидов и антирадикальной активности печени. Отмечено восстановление липидного обмена и снятие жировой инфильтрации печени. По эффективности экстракт саргассума не уступал эталонному гепатопротектору «Легалон», а по способности восстанавливать фосфолипидный обмен превосходил таковой (Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф., Фоменко и др. // Биология моря. 2017. Т. 43, № 6. С. 444–449.).

### 6.13. Применение экстракта асцидии Halocynthia aurantium при радиационном воздействии

к.б.н. Т.И. Пономарева

Исследована активность экстракта асцидии пурпурной (*Halocynthiaaurantium*) при поражении организма радиацией малой мощности (0,0067 Гр/мин). Экстракт асцидии обладает способностью повышать неспецифическую резистентность организма к действию ряда экстремальных повреждающих факторов. Показано, что экстракт ускоряет репаративные процессы в организме, предотвращая развитие атрофических изменений в кроветворной и иммунной системе и уменьшая проявления постлучевой лейкопении. Выраженность лечебного эффекта экстракта увеличивается со снижением дозы облучения. Известно, что исход поражения при лучевом воздействии определяется, как степенью угнетения гемопоэза, так и способностью кроветворной ткани к постлучевой регенерации. Одним из механизмов, лежащих в основе лечебного эффекта экстракта асцидии, является активация под его влиянием пролиферации и дифференцировки стволовых кроветворных клеток, сохранившихся в костном мозге в результате облучения (*Пономарева Т.И.* // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. Т. 71, № 4. С. 113–115.).

### 6.14. Функциональные различия двух типов фагоцитов голотурии Eupentacta fraudatrix

к.б.н. Л.С. Долматова, О.А. Уланова

Установлено, что два типа фагоцитов голотурии *Eupentacta fraudatrix* функционально и фенотипически различны. Фагоциты двух типов в норме обладают разным уровнем оксида азота и активности аргиназы, что позволяет провести аналогию с М1 и М2 макрофагами позвоночных. Термостабильный токсин *Yersinia pseudotuberculosis* способен менять исходный фенотип фагоцитов, тем самым, по-видимому, снижая их бактерицидный эффект (Долматова Л.С., Уланова О.А., Бынина М.П., Тимченко Н.Ф. // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. Т. 70, № 3. С. 108–111.).

# Тема 7

# «ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЯ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ВОСТОКА РОССИИ И ПРИМЫКАЮЩИХ РАЙОНОВ ТИХОГО ОКЕАНА, ОСОБЕННОСТИ И ЭТАПНОСТЬ КАЙНОЗОЙСКОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ, МАГМАТИЗМА И РУДОГЕНЕЗА»

### Науч. руководитель д.г.-м.н. И.Б. Цой

7.1. Стратиграфия и условия формирования осадочного чехла окраинных морей и северо-западной части Тихого океана

### 7.1.1. Стратиграфия и условия формирования осадочного чехла плато Уллын (Криштофовича)

д.г.-м.н. И.Б. Цой, М.Т. Горовая, Л.Н. Василенко, к.г.-м.н. Н.Г. Ващенкова, Н.К. Вагина

Впервые представлена стратиграфия осадочного чехла плато Уллын и восстановлены условия его формирования. В основании чехла залегает комплекс 1 (туффиты, туфоалевро-



Рис. 7.1.1. Схема стратиграфии осадочного чехла плато Уллын Японского моря. Условные обозначения: 1 – алевроаргиллиты, глины; 2 – туффиты, туфы, 3 – туфоалевролиты, туфоаргиллиты, туфогенные глины, туфоалевропелиты, туфопелиты; 4 – туфопесчаники, туфопесчаники гравелистые; 5 – песчаники гравелистые; 6 – вулканиты трахиандезитового комплекса позднего олигоцена – раннего миоцена; 7 – раннемеловые граниты, гранодиориты, диориты; 8 – докембрийский (поздний архей – ранний протерозой) метаморфический комплекс, 9 – предполагаемые стратиграфические перерывы и несогласия, 10 – микропалеонтологические группы, обнаруженные в комплексах пород: D – диатомеи, S – силикофлагеллаты, R – радиолярии, P – споры и пыльца. ЖМО – железомарганцевые образования, NPD – кодовый номер северотихоокеанских диатомовых зон

литы), содержащий многочисленные пресноводные диатомеи и палинофлору, доказывающие озерный генезис и раннемиоценовый возраст пород. Вышележащие комплексы пород сложены туфогенно-осадочными породами морского генезиса, возраст которых конец раннего миоцена – плейстоцен. Стратиграфическое несогласие между континентальными и морскими отложениями охватывает короткий интервал в конце раннего миоцена и свидетельствует об относительно быстром тектоническом погружении плато Уллын, которое сопровождалось глобальной трансгрессией. С конца раннего миоцена преобладало морское осадконакопление, которое происходило преимущественно в батиальных условиях (Цой И.Б., Горовая М.Т., Василенко Л.В., Ващенкова Н.Г., Вагина Н.К. // Стратиграфия. Геол. Корреляция. 2017. Т. 25, № 1. С. 85–108.).

# 7.1.2. Пресноводная диатомовая флора раннего миоцена из отложений возвышенности Ямато

д.г.-м.н. И.Б. Цой

Впервые детально описанная пресноводная диатомовая флора из туффогенно-терригенных отложений подводной возвышенности Ямато Японского моря свидетельствует о распространении на возвышенности обширных пресноводных озер с хорошо развитой пелагиалью в раннем миоцене (23–16 млн лет назад), что, в свою очередь, доказывает существование наземных условий на этой крупнейшей возвышенности Японского моря. В конце миоцена она начала погружаться в процессе деструкции коры, что в дальнейшем привело к расширению бассейна Японского моря (*Tsoy I.B.* // Diatom Research. 2017. Vol. 32 (3). Р. 277–293.).



Рис. 7.1.2. Пресноводные диатомеи раннего миоцена возвышенности Ямато (a) и районы распространения отложений с пресноводными диатомеями раннего миоцена на подводных возвышенностях Японского моря и окружающей суше (б); a) 1-3 – Actinocyclus bradbury Hayashi, Saito-Kato, Tanimura; 4, 5 – A. nipponicus Hayashi, Saito-Kato, Tanimura; 6 – Ellerbeckia arenaria var. teres (Brun) Crawford; 7 – Actinocyclus gorbunovii (Sheshukova) Moiseeva & Sheshukova; 8 – Ellerbeckia kochii (Pantocsek) Moisseeva; 9 – Melosira undulata (Ehrenberg) Kützing

# 7.1.3. Олигоцен-раннемиоценовые радиолярии из отложений подводного хребта Витязь (островной склон Курило-Камчатского желоба) и их стратиграфическое значение

## Л.Н. Василенко

В результате изучения радиолярий из осадочных пород подводного хребта Витязь (островной склон Курило-Камчатского желоба) установлена разнообразная фауна, состоящая из 106 таксонов. Анализ видового состава и их количественного соотношения позволил выделить 5 разновозрастных комплексов: Prunopyle solida – Calocyclas extensa contracta (ранний олигоцен), Prunopyle solida – Doryphacus bergontianus (ранний-поздний олигоцен), Haliomma oculatum – Cenosphaera compacta и Actinomma sexaculeatum– Ceratocyrtis robustus (поздний олигоцен), Siphocampe nodosaria-Siphocampe arachnea (поздний олигоцен-ранний миоцен). Уточнен возраст стратиграфически важных видов, что позволило детализировать региональную биостратиграфическую шкалу по радиоляриям для олигоцена – раннего миоцена (*Bacu-ленко Л.Н.*// Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3, вып. 35. С. 87–102.).

од	xa		Гай	ют Детройт	Подводный хребет Витязь (остр. склон Курило-Камчатского желоба)					
Пери	топ С		Радис и во (Точил	оляриевые зоны зраст (млн л.) ина и др., 2017)	Комплексы радиолярий (Василенко, 2017)	Диатомовые зоны и возраст (млн л.) (Терехов и др., 2012, 2013 Цой, 2014)				
Heor.	Мио.	Ран.		Dendrospyris (?) sakaii		Thalassiosira				
Палеоген	Олигоцен	Поздняя	23.5 25.4 26.4	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Siphocampe nodosaria Siphocampe arachnea		·24.0			
				Hal. nobile	Actinomma sexaculeatum - Ceratocyrtis robustus Haliomma oculatum- Cenosph compacta	Rocella gelida				
		Ранняя	27.4	Prunopyle solida	Prunopyle solida - Doryphacus bergontianus	Cavitatus rectus	-28.2 -29.6 -30.2			
					Prunopyle solida - Calocyclas extensa contracta	Rhizosolenia oligocenica	.33.7			

Рис. 7.1.3а. Корреляционная схема радиоляриевых зон, диатомовых зон и радиоляриевых комплексов, установленных в отложениях гайота Детройт и подводного хребта Витязь



Рис. 7.1.36. Виды радиолярий: 1 – Doryphacus bergontianus Carnevale; 2 – Haliomma oculatum Ehrenberg; 3 – Cenosphaera compacta Haeckel; 4 – Actinomma ex gr. sexaculeatum (Stohr); 5 – Prunopyle solida Dreyer; 6 – Calocyclas extensa contracta Clark et Campbell; 7 – Siphocampe nodosaria (Haeckel); 8 – Siphocampe arachnea (Ehrenberg); 9 – Ceratocyrtis robustus Bjorklund

# 7.1.4. Особенности геологического строения гайотов Детройт и Мейджи (север Императорского хребта)

#### к.г.-м.н. С.В. Точилина, Л.Н. Василенко, д.г.-м.н. А.В. Можеровский

Проведенные исследования на севере Императорского хребта по гайотам Детройт (скв. 883В, 884В) и Мейджи (скв. 192) позволили получить принципиально новые результаты геологического строения этих ключевых структур и представить новую геотектоническую модель их развития. Для решения этой проблемы большое значение имели определения возрастного интервала между концом тектоно-магматического этапа и началом океанского осадочного процесса. В результате экосистемного подхода, включающего геохронологию; радиолярий – тончайших индикаторов океанской солёности; литологию и рентгеноструктурный анализ, впервые выявлены: 1) крупные перерывы стратиграфической летописи между базальтовым фундаментом и осадочным чехлом: на Детройт ~ 24 млн лет, на Мейджи ~ 30 млн лет; 2) определен возраст гемипелагических слоев осадочного чехла, что служит показателем наступления океана: на Детройт в позднем палеоцене – 56.4 млн лет, на Мейджи в позднем олигоцене – 27.4 млн лет; 3) геологическое строение осадочного чехла показало геодинамику опускания гайотов по субвертикальным разломам в кайнозое, что свидетельствовало о наступлении океанских условий седиментации на Детройт и Мейджи севера Императорского хребта (Точилина С.В., Голл (Попова) И.М., Василенко Л.Н., Можеровский А.В. // Тихоокеанская геология. 2017. T. 36, № 5. C. 92–115.).

скв. 883В				ſ	скв. 884В									
Период	0,00	JIIOXA	Зоны Radiolaria скв. 883В Shilov (1995) Точилина (слои с R)	Глуб, М	-	Литология скв. 884В	Глуб, м	Керны	Зоны Foraminifera (F) Басов (1997) (S) Bukry (1995)	Хрон Barron, Глад	Зоны Diatom Gladenkov (1995) денков (2007)	Зоны Radiolarian скв. 884В Точилина (2015)	Абс. д млн.л Cande (19	Хрон e, Kent 995)
гверт.	ейст.	$\sim$	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~		=						~~~~~~			
He	Ē		Spongodiscus osculosus	207	ļ		181	22x-1		C2A	N. koizumii-	Spongodiscus osculosus	2.58	C2An
	ИО		Clathrocyclas bicornis	332			373	41x-1				Clathrocyclas bicornis	3.04	C2An
	Ē		Lithocampe radicula	370			403	44x-2	D. katavamae	C3AB	D. kamtschatica	Lithocampe radicula	6.1	C3An
		ЯЯ	Ariadnella numerosa				461	50× 0		C4A		Ariadnella numerosa	6.5	C4A
вый		здн	Lychnocanium parallelipes	448	Ē		401	50X-2		C5-C4A	T. schraderi	Lychnocanium parallelipes	7.5	C4n
НОВ	ы	Ĕ	Theocorys redondoensis	516			499	54x-2	D. dimorpha	C5A	Th. yabei	Theocorys redondoensis	9.88	C5n
оге	10B	ЯЯ		527	E	Cu	518	56x-55x		C5r	D. praedimorpha		40.7	05.4
He	Чe	едн		537	Ē		536	58x-57x		C5AA-	D. nicobarica		12.7	CSAr
	140	СD	Eucyrtidium inflatum	546			559	60x-CC	D.lauta	C5AB	D. hyalina	Eucyrtidium inflatum	14.9	C5Bn
	2	ш	Theocapsa japonica	616		~~~	581	63x-05	D. praelauta		C. kanavae	Stichocorys huschkei	16.7	C5Cn
		H		634			586	63x-CC	C.sawamurae>	C6-C5E		Theocapsa japonica	18.8	C5En
		Ра	Cyrtocapsa pyrum	636			605	00X-2			I. fraga	Cyrtocapsa pyrum	21.8	C6AA
			Dendrospyris (?) sakaii	645	t	-/7: +	621	67x-06		C6r-1r?	Th. praefraga	Dendrospyris (?) sakaii	23.5	C6Cn
	Ξ.	H.	Haliomma nobile	654	E	<u>–CaCO3</u>	643	69x-68x	biapiculata		Rocella gelida	Haliomma nobile	25.4	C7r
	DILE	П03	Haliomma oculatum Prunopyle solida	674			663	71x-70x			Cavitatus rectus	Haliomma oculatum Prunopyle solida	26.4 27 4	C8 C9n
	ИПО	<u>a</u> .	Lithomitrella minuta	693		682	73x-02			Rocella vigilans	Lithomitrella minuta	30.3	C11r-1	
							706	76x-05	Catapsydrax martini		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Stylosphaera radiosa	34.9	C15n
ЫЙ	вая	рзд	Stylosphaera radiosa	720			721	77x-02				Calocyclas semipolita	37.8	C17n
HOE	<b>HO</b>	Ĕ	Haliomma eocenica	749		- <i>::::::::::::::::::::::::::::::::::::</i>	740	78x-05- 79x-02	Globigerinatheka index			Haliomma eocenica	40.1	C18n
Orei	Эоце	U.	Theocampe(?)striata striata	759			763	82x-04	Discoaster saipanensis			Theocampe(?)striata striata	41.5	C19n
але	_	Ч.	Podocyrtis mitrella	779		CaCO3	777	83x-01				Podocyrtis ex gr. papalis	43.8	C20n
	Палеоц.	Поздн.	Acarinina soldadoensis	814			801	84x-01- 86x-04	Morozovella subbotinae			Theocampe apicata	56.4	C25n
<u> </u>					E				1		I	1	81.0	
	~~	- E	диатомит []-	– I лина			диат – Диат	омовыи м		конгломер	аты [ГгГ]-	Базальты		
~	– Диатомовый ил – Аргиллит – наннофоссилиевый/ – Вулканический пепел													

Рис. 7.1.4. Радиоляриевая зональная шкала кайнозоя гайота Детройт (скв. 883В и 884В), север Императорского хребта

# 7.1.5. Биостратиграфические и палеогеографические исследования горных пород гайотов Магеллановых гор

д.г.-м.н. С.П. Плетнев, О.Л. Смирнова

Результаты комплексных лито- и биостратиграфических исследований осадочных отложений из Российского разведочного района (гайоты Говорова, Коцебу и Вулканолог, Магеллановы горы) позволили классифицировать их по генетически-возрастным типам. Анализ палеонтологических данных по планктонным фораминиферам, радиоляриям и кораллам позволил установить несколько стратоуровней, ранжированных в интервале от раннего мела до плейстоцена и отражающих стадии геологического развития области исследований. На основе анализа планктонных фораминифер предложены локальные био- и литостратиграфические схемы расчленения мел-кайнозойских отложений района исследований. Эти схемы скоррелированы с едиными биозональными шкалами по планктонным фораминиферам тропической зоны Тихого океана. Впервые для района Магеллановых гор дана характеристика верхнекампан-нижнемаастрихтского комплекса бентосных фораминифер и позднеаптских – альбских радиолярий. Полученные материалы позволяют реконструировать палеогеографическую обстановку осадконакопления на изученных гайотах и более ясно понять связь рудогенеза на подводных горах с региональными и глобальными палеокеанографическими событиями (Плетнев С.П., Мельников М.Е., Пунина Т.А., Смирнова О.Л., Копаевич Л.Ф. // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 2. С. 86–92.).

Период	ц Эпоха		Номер зон Бло	a oy	Планктонные фораминиферовые зоны, по [7]	Наличие Зон												
Q	голоце плейсто	Ps 22-2	3	Truncorotalia truncatulinoides		→ 08Γp. 4-5; 08Γp. 10-11												
-		П	N20-2	1														
S	плиоцен	Р	N19	-			1											
1			N18				1											
081			N17		Globorotalia plesiotumida		1											
CH		п	N16		Turborotalia acostaensis		+ 08Д76; 08Б103; 08Б107											
102	миоцен	C	N15-9	-														
Ŧ		P	N4-8				1											
	9	-	P22	8	Globigerina ciperoensis		1											
	оцен	п	P21	_	Globigerina opima opima		1											
			P20	-	Globigerina ampliapertura		1											
	N N	1	P19		Cassigerinella chipolensis		1											
	-	P	P18	_	Pseudohastegerina micra		1											
		-	P17-1	6	Turborotalia cerroazulensis s.1.		1											
		1	P15	-	Globigerinatheka seminvoluta		1											
			P14		Truncorotaloides rohri		→ 08Б102; 09Д11-1											
		1	P13	-	Orbulinoides beckmanni		→ 08Б103; 14Д46-1											
-		C	P12	-	Morozovella lehneri	· ·												
E	эоцен		P11	_	Globigerinatheka s. subconglobata		1											
1			P10	-	Hantkenina nuttalli	-	1											
081		Р	P9		Acarinina pentacamerata	1	1											
E			P8	-	Morozovella aragonensis		08Л79-1: 08Б101-1:											
102			P7	_	Morozovella formosa formosa		→ 08Б105: 14Л52:											
E.C.				1	Morozovella subbotinae		146103											
=			P6		Morozovella edgari													
	палеоцен	п	P5		Morozovella velascoensis		→ 08Б101-1											
			1 P4		Planorotalites pseudomenardii													
		1			2	2	2		1				2			Planorotalites pusilla pussila		1
		C	P3		Morozovella angulata		1											
			P2		Morozovella uncinata		1											
		Р			Morozovella trinidadensis		1											
			P1		Morozovella pseudobulloides		1											
			1222		Globigerina eugubina		1											
-	8	маа	маастрихт кампан сантон коньяк турон				08Д77; 08Д79;											
2	адний	кам					* 14Д43; 14Д47-2											
(K		can					2863-68 - 68 - 6869											
0.E		KOR					1											
OB	8	тур					1											
len		сен	оман	1			00 007. 00 000. 140.4											
N	ранний	аль	.б			?	+ 09Д07; 09Б08; 14Д46-1											
		апт	r.															

Рис. 7.1.5а. Возраст ископаемой фауны планктонных фораминифер на гайотах Говорова, Вулканолог и Коцебу согласно биозональной шкале Блоу. Темный цвет – присутствие фауны данного возрастного интервала, белый – ее отсутствие



Рис. 7.1.56. Ископаемые кораллы Магеллановых гор: 1 – Astraeofungia tenori (Felix), Aulosmilia archiaci (Fronmentel). Внутри двустворчатого моллюска. Обр. 08Д7 (нат. вел.), сантон; 2 – Aulosmilia archiaci (Fronmentel). Обр. 08Д76 (×1.4) вид сбоку; сантон-маастрихт; 3 – Cyathoceras embaensis Kusmicheva. Обр. 09Д12 (×1.4), вид сверху; кампан-маастрихт; 4 – Stylopsammia judaica Oppenhein. Обр. 09Д12 (×1.4), вид сверху; кампанмаастрихт; 5 – Smilotrochus grandis Siemiradzki. Обр. 09Д12-A (×1.4), вид сверху; кампан-маастрихт; 6 – Heterocoenia exigua (Michelin). Обр. 14Д43В (нат. вел.) вид сбоку – сантон

# 7.2. Докайнозойская тектоническая эволюция Япономорского региона и геодинамическая модель возникновения и развития окраинных морей Тихого океана

# 7.2.1. Позднепермские кольцевые структуры и докайнозойские формации островов залива Петра Великого (Японское море)

д.г.-м.н. Л.А. Изосов, К.Ю. Крамчанин, Н.С. Ли

В результате дешифрирования крупномасштабных космофотоснимков и полевых исследований на ряде островов залива Петра Великого выявлены крупные вулканогенно-интрузивные купола, фиксирующиеся и в геофизических полях. Кроме того, намечены многочисленные мелкие кольцевые морфоструктуры, отражающие локальные интрузивные и субвулканические тела. Составлены крупномасштабные геологические карты нового поколения исследованных островов с данными дешифрирования космофотоснимков (*Изосов Л.А., Крамчанин К.Ю., Ли Н.С., Огородний А.А.* // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 51–58.).



Рис. 7.2.1. Докайнозойские геологические формации залива Петра Великого и его побережья. Геологические формации: Т – терригенная, TC – терригенная угленосная, TLC – терригенно-карбонатная слабо угленосная, V – вулканогенная, VT – вулканогенно-терригенная, VTL – вулканогенно-терригенно-карбонатная, TVC – терригенно-вулканогенная слабо угленосная, TLV – терригенно-карбонатно-вулканогенная, TVS – терригенно-вулканогенно-кремнистая, SLTV – кремнисто-карбонатно-терригенно-вулканогенная, MVT – метавулканогенно-терригенная, MG – метагабброидная, G – гранитовая (батолитовая), D – диоритовая (субвулканических интрузий). Примечания: 1) в скобках указана мощность формации (м); 2) геологические индексы соответствуют таковым на геологической карте. (Условные обозначения даны в Изосов и др., 2017)

Охарактеризованы докайнозойские геологические формации залива Петра Великого и его побережья: 1) древних платформ (кристаллический фундамент и активизированный чехол), 2) мобильных раздвиговых зон, 3) молодых платформ (чехол). Впервые на островных территориях выявлены глубоководные отложения, содержащие радиолярии раннего и среднего триаса. Характерными тектоническими формами, свойственными позднепермским магматическим формациям, являются кольцевые структуры, связанные с заложением и функционированием региональных магмоконтролирующих сдвигов северо-восточного простирания, ярко выраженных в Южном Приморье и прослеживающихся по дну залива Петра Великого. Химический состав индикаторных для региона позднепермских магматитов свидетельствует о значительной роли сиалической коры в процессе их формирования, а также указывает на участие в нём океанических базальтовых расплавов. С позднепермской гранит-риолитовой формацией связано непромышленное Au-Ag оруденение, а формации чехла молодых платформ вмещают промышленные залежи каменных углей (Изосов Л.А., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А.,  $Ли \ H.C. //$  Вестник Воронежского государственного университета. Серия геологическая. 2017. № 2. С. 17–25.).

### 7.2.2. Метаморфические породы острова Русский (залив Петра Великого, Японское море)

А.А. Пугачев

Петрографическое и геохимическое изучение метаморфических пород и отдельных минералов острова Русский (северо-западная часть бухты Рында) позволило установить, что метаморфизм протекал при температуре 300–500°С и давлении около 2 кбар, что соответствует зеленосланцевой и биотит-мусковит-гнейсовой фации метаморфизма. Изученные породы имеют сходство с позднепротерозойскими метаморфическими образованиями Ханкайского массива Приморья, что позволяет предположить продолжение последних в Южно-Приморскую зону (*Пугачев А.А.* // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 120–129.).



Рис. 7.2.2. Геотермобарометры: плагиоклаз-амфиболовый Л.П. Плюсниной (а); амфиболовый М.А. Мишкина (б). Залитыми кружками на диаграмме обозначены: эпидот-хлорит-карбонат-плагиоклаз-калишпат-кварцевые сланцы (обр. 61), черными квадратами – биотит-хлорит-кварц-плагиоклаз-актинолитовые сланцы (обр. 5-1)

### 7.2.3. Тектонические и вулканогенные факторы контроля сейсмической активности Япономорского звена Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан и проблемы глобальной вихревой геодинамики

д.г.-м.н. Л.А. Изосов, Н.С. Ли

Япономорское звено Западно-Тихоокеанской мегазоны перехода континент – океан, включающее Японское окраинное море, отличается исключительно высокой сейсмической активностью. В результате совместного анализа геолого-геофизических, морфоструктурных и сейсмологических данных авторами впервые был выявлен контроль сейсмоактивных зон: 1) Япономорской вихревой структурой, 2) системами долгоживущих разломов фундамента и 3) кайнозойскими базальтовыми вулканическими сооружениями. Эти данные следует учитывать при прогнозировании сейсмоактивных зон в Западно-Тихоокеанских окраинных морях (*Изосов Л.А., Ли Н.С.* // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 4. С. 40–47.).



Рис. 7.2.3. Карта тектонических и сейсмоактивных структур Япономорского звена Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан. (Условные обозначения даны в Изосов, Ли, 2017)

### 7.2.4. Вихревые структуры в тектонике Земли

д.г.-м.н. Л.А. Изосов, Н.С. Ли



В тектонической структуре Земного шара, сформированной ротационными процессами, главное значение имеют: устойчивая регматическая сеть (тектонический каркас) и структуры

Рис. 7.2.4. Карта разломов Японского моря и его континентального и островного обрамления с эпицентрами землетрясений: 1 – тектонические швы, установленные (a) и предполагаемые (б); 2 – региональные разломы установленные (a) и предполагаемые (б): (расшифровку 1, 2 см. Изосов и др., 2017); 3 – разломы, контролирующие четвертичные вулканы; 4 – границы Ханкайской субкольцевой разломной депрессии; 5 – рифтогенная зона с раннепалеозойскими офиолитами; 6 – неоген-четвертичная щелочно-базальтоидная формация: вулканы (a), неоген-четвертичные интрузивные массивы (б) и вулканические постройки Япономорской впадины (в); 7 – эпицентры землетрясений: глубина очагов h = 0–60 км (a), h = 60–300 км (б), h = 300–660 км (в). Сейсмолинеаменты: I – Нансей–Мацуэ, II – Центральный Нампо–Итоигава-Шизуока; III – Восточный Нампо–Танакура–Восточно-Япономорский; IV – Восточный Хоккайдо; V – Западный Нампо–Хасан; VI – Ямато–Лаперуза; сейсмические «кольца»: Фукусима ( $\Phi$ ), Иваки (H) и Хитати (X)

центрального типа (кольцевые, вихревые и т.п.). Литосферные плиты, вероятно, являются глобальными вихревыми системами, возникшими в результате тектонического течения масс – как вязкой жидкости. Вихревые структуры представляют собой тектонические комплексы, в которых запечатлены результаты сочетания вертикальных и горизонтальных тектонических движений, и которые могут быть зафиксированы прямыми геологическими наблюдениями (*Изосов Л.А., Ли Н.С.* // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 1. С. 27–33.).

Япономорская вихревая структура (ЯВС) образовалась в результате вращательного сдвига в процессе бокового динамического взаимодействия Тихоокеанской и Евроазиатской плит, спровоцировавшего раскрытие Японского окраинного моря. В процессе становления ЯВС имело место сложное сочетание горизонтальных и вертикальных тектонических движений, суммирующим результатом которых явилось формирование вращающегося магматического диапира. К ЯВС приурочены многочисленные эпицентры землетрясений, свидетельствующие об её сейсмической активности. При субдукции вращающейся литосферной Тихоокеанской плиты под Евроазиатскую сформировался мантийный уровень сейсмичности, связанный с активизацией регматической сети (*Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С.* // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3, вып. 35. С. 26–35.).

#### 7.2.5. Модель формирования краевых морей западной части Тихого океана

д.г.-м.н. Л.А. Изосов

Представлена геодинамическая модель возникновения и движения окраинных морей Тихого океана при боковом взаимодействии двух литосферных плит – Евроазиатской и Тихоокеанской. В переходной тектонической мегазоне сдвига происходит дробление континентальной и океанической плит на блоки, которые вовлекаются во вращение, формируются мантийные плюмы и тектоносферные воронки (восходящие и нисходящие литосферные вихри). Сформулированы следствия из модели. Представлено три сценария эволюции окраинноморских бассейнов в зависимости от направления движения Тихоокеанской плиты (*Чупрынин В.И., Изосов Л.А.* // ДАН. Науки о Земле. 2017. Т. 472, № 1. С. 68–71.).



Рис. 7.2.5. Движение блоков-морей при сдвиге скорости между плитами

## 7.3. Комплексные исследования глубоководных осадков плейстоцена и голоцена Японского и Охотского морей

7.3.1. Столетние и тысячелетние колебания климата в Северо-Западной Пацифике и их связь с Восточно-Азиатским муссоном и Северной Атлантикой в максимум последнего оледенения – раннем голоцене

д.г.-м.н. С.А. Горбаренко, к.г.-м.н. А.А. Босин

Впервые для Северо-Западной Пацифики зафиксирована столетняя изменчивость продуктивности и климата на основе высокоразрешающего изучения семи параметров продуктивности и магнитных свойств осадков за время максимума последнего оледенения – раннего голоцена (21–8 тысяч календарных лет). Синхронность установленных событий повышенной продуктивности с субинтерстадиалами летнего Восточно-Азиатского муссона предполагает, что вариации интенсивности и положения Сибирского антициклона являлись общим и основным регулятором столетних изменений климата Азиатско-Тихоокеанского региона (*Gorbarenko S.A., Shi X., Malakhova G.Y., Bosin A.A., Zou J., Liu J., Chen M.-T.* // Climate of the Past. 2017. Vol. 13. P. 1063–1080.).



Рис. 7.3.1. Корреляция за последние 21–8 тысяч лет столетних событий повышенной/пониженной продуктивности, вызванных потеплениями/похолоданиями климата Северо-Западной Пацифики (желтые/синие вертикальные полосы соответственно) с изменениями климата Сибири (регион озера Байкал), Гренландии ( $\delta^{18}$ О ледового керна и содержание пыли в нём), Антарктиды ( $\delta^{18}$ О ледового керна), а также с изменениями ледового разноса Северной Атлантики (окрашенные гематитом минеральные зёрна), вариациями солнечной радиации ( $\Delta^{14}$ С) и интенсивности летнего Восточно-Азиатского муссона (пещеры Хулу, Донг)

# 7.3.2. Отклики бентосных фораминифер на палеоокеанологические изменения в течение максимума последнего оледенения – голоцене в Северо-Западной Пацифике

#### О.Ю. Пшенева, д.г.-м.н. С.А. Горбаренко

Впервые получены детальные сведения об изменениях в комплексах глубоководных бентосных фораминифер северо-западной части Тихого океана, отражающих вариации первичной продукции и кислородных условий в придонных и поровых водах в связи с глобальными и региональными изменениями климата во время максимума последнего оледенения, дегляци-



Рис. 7.3.2. Изменение на временной шкале во фракциях (фр) 63–150 мкм и >150 мкм кислородозависимых групп бентосных фораминифер (%), общего числа бентосных фораминифер (ЧБФ) и их видового богатства (ВБ) при вариациях индикаторов продуктивности поверхностных вод хлорина,  $C_{ope}$ , CaCO<sub>3</sub> и показателя интенсивности поступления материала ледового разноса, ln(МЛР). Темно-серым цветом выделены холодные события стадиала Гейнрич 1(ГС1) и позднего дриаса (ПД), светло-серым – теплые интерстадиала бёллинг/аллерёд (Б/А) и пребореала голоцена (ПБ)

ации и голоцена. Проведена реконструкция палеосре-(палеопродуктивности ды и вентиляции придонных вод), выявлены взаимосвязь циркуляции водных масс, насыщенности кислородом вод и изменение палеопродуктивности в теплые и холодные фазы климатических периодов, произошедших в период 8-18 тысяч календарных лет назад. Результаты работы имеют методологическое значение, позволяют дополнить данные о недостаточно исследованных до настоящего времени бентосных фораминиферах в осадках ледникового и межледникового периодов в северо-западной части Тихого океана с целью дальнейшей детализапии палеоклиматических реконструкций и моделей (Пшенева О.Ю., Горбаренко *С.А.* // Биология моря. 2017. T. 43, № 1. C. 54–63.).

# 7.3.3. Палеоокеанографические изменения в Охотском море в позднем плейстоцене-голоцене

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

На основе кислородно-изотопной стратиграфии, изучении диатомовых палеокомплексов шести кернов осадков из разных районов Охотского моря и сопоставлении полученных данных с результатами других анализов (геохимических, литологических) получены новые обобщенные данные о региональных палеоокеанологических изменениях Охотского моря для



Рис. 7.3.3. Изменения основных показателей палеопродуктивности и условий природной среды Охотского моря во времени, на основе изменений численности в осадке диатомей и соотношения отдельных видов и экологических групп, содержания материала ледового разноса

последних 150 тыс. лет. Была прослежена очередность потеплений и похолоданий, определена контрастность и продолжительность сезонов года, выделены периоды активного таяния льда, а также степень влияния и дальность проникновения в Охотское море тихоокеанских и япономорских водных масс. Также было определено время открытия пролива Соя в голоцене и начало установления современных гидрологических условий. Выделены периоды наибольшей продуктивности моря в плейстоцене и голоцене. Практическая значимость работы состоит в том, что были выделены универсальные критерии проведения границ между диатомовыми комплексами – индикаторами палеособытий и продуктивности вод данного района в прошлом в зависимости от климатических условий региона (*Artemova A., Gorbarenko S., Vasilenko Yu., Shi X., Liu Ya., Chen M-T.* // Quaternary International. 2017. Vol. 459. P. 175–186.).



Рис. 7.3.4. Схемы режимов льда и ветра, характерные для: а) периода от начала МИС 4 до 64 тыс. лет; b) MIS 4 и 3; c) MIS 3; d) для MIS 2. Стрелки показывают направление ветров; толстые стрелки указывают направление доминирующих ветров. Вертикальная штриховка на картах показывает области формирования льда; горизонтальная штриховка показывает области дивергенции и конвергенции льда. «S», «SE», «SW» и «W» обозначения южных, юго-восточных, юго-западных и западных направлений дрейфа льда

### 7.3.4. Особенности изменения ледовых условий в Охотском море в позднем плейстоцене

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

Выполнено высокоразрешающее комплексное исследование колонки LV28-44-4 из восточной части Охотского моря. В осадках колонки были измерены: процент крупной фракции, распределение гранулометрического состава по длине колонки, степень окатанности гальки и гравия и характер поверхности гальки. Возрастная модель осадков колонки построена на основе полученных радиоуглеродных датировок методом ускорительной масс-спектрометрии, тефрохронологии, записи  $\delta^{18}$ О бентосных фораминифер, и корреляции ранее измеренных пиков продуктивности с наиболее выраженными Дансгор-Ошгер интерстадиалами записи  $\delta^{18}$ О датированного ледового керна Гренландии. Полученные записи свидетельствуют, что переносчиком материала ледового разноса в восточной части Охотского моря был морской лед, а не айсберги как ранее предполагалось. Показано, что установленные в работе пики МЛР в восточной части Охотского моря во время морской изотопной стадии 3 происходили синхронно с Дансгор-Ошгер стадиалами ледового керна Гренландии посредством усиления атмосферной циркуляции северного полушария при кратковременных похолоданиях климата (*Vasilenko Y.P., Gorbarenko S.A., Bosin A.A. et al.* // Quaternary International. 2017. Vol. 459. P. 187–200.).

# 7.3.5. Продукционные характеристики бактерий и фитопланктона в весенне-летний период в Охотском и Беринговом морях

## к.б.н. С.П. Захарков, А.С. Владимиров, к.г.н. Е.А. Штрайхерт

Получены оценки продукционных параметров бактериопланктона в весенне-летний период в западных частях Охотского и Берингова морей, а также в северо-западной части Тихого океана. Минимальные значения продукции бактерий наблюдались в начале июня во время весеннего цветения фитопланктона (0.08 мг С сут<sup>-1</sup> м<sup>-3</sup>), максимальные (до 55 мг С сут<sup>-1</sup> м<sup>-3</sup>) – в конце июля – начале августа, через полтора – два месяца после цветения. Оценка концентрации растворённого органического вещества (РОВ) – субстрата для развития бактериопланктона проводилась с использованием спутниковых данных. Соотношение бактериальной и первичной продукции для поверхностных проб варьировало от 0.5% в максимуме цветения фитопланктона до 180% при максимальном развитии бактериопланктона (Захарков С.П., Владимиров А.С., Штрайхерт Е.А., Ши С., Гладких Р.В., Бузолёва Л.С. // Микробиология. 2017. Т. 86, № 3. С. 364–372.).

## 7.4. Металлогения и рудообразование в окраинных морях Северо-Востока Азии и северозападной части Тихого океана

# 7.4.1. Обстановки современного осадконакопления в Чукотском море и прилегающих районах Северного Ледовитого океана (РНФ № 16-17-10109.).

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

На основе Q-кластерного анализа геохимических, гранулометрических и других вспомогательных данных по поверхностным донным осадкам Чукотского моря и прилегающих районов Северного Ледовитого океана (более 4700 числовых значений) выделено и картографически отображено 15 кластеров. Пространственное распределение кластеров отвечает участкам дна с разными обстановками осадконакопления. Геохимически и статистически подтверждено господство на изученной площади терригенной седиментации с механической сортировкой осадочного материала. При этом в химическом составе осадков, прежде всего, заметно уменьшение доли кремния при нарастании содержания алюминия в глубь моря. Биогенное осадконакопление и меет подчиненное значение и реализуется в повышенных концентрациях в осад-ках отдельных районов (Южно-Чукотская котловина, каньон Геральд) общего органического углерода, частично кальция, магния, бария, стронция и ряда других биогенных компонентов и химических элементов. Хемогенная и биохимическая седиментация (обогащение осадков железом, марганцем, ванадием, никелем, хромом, кобальтом и другими элементами, развитие аутигенных новообразований) находит свое отражение на участках дна с особым гидрохимическим режимом – в каньоне Геральд, на внешнем шельфе, в глубоководной части Северного Ледовитого океана (*Колесник А.Н., Астахов А.С., Колесник О.Н.* // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 12. С. 1853–1866.).



Рис. 7.4.1. Распределение поверхностных осадков различного гранулометрического и химического состава в Чукотском море с обозначением станций пробоотбора, попавших в выборку. 1–15 – кластеры: 13–15 – преимущественно песчаные и алевритовые обломочные осадки с пиковым содержанием кремния и, в целом, минимальным содержанием всех остальных макро- и микроэлементов; 1–5 – типично глинистые осадки, обедненные кремнием и крайне обогащенные алюминием, магнием, железом, марганцем, кальцием, титаном при повышенных концентрациях практически всех микроэлементов; 6 – специфические глинистые осадки, резко обогащенные железом и вмещающие железомарганцевые конкреции; 7–12 – осадки, по химическому составу, занимающие, в целом, промежуточное положение между типичными обломочными и типичными глинистыми

# 7.4.2. Благородные металлы в железомарганцевых образованиях дальневосточных морей к.г.-м.н. Н.В. Астахова

На основании данных по содержанию благородных металлов (Au, Ag, Pt, Os, Ir и Ru) в валовых пробах железомарганцевых образований (ЖМО), наличию в них включений микро- и наноразмерных зерен Ag, Au, Pd и Pt часто с примесью других элементов, а также их хаотичное распределение, был сделан вывод о трех источниках поступления этих металлов в рудные корки дальневосточных морей: морская вода, поствулканические газо-гидротермальные флю-иды и гидротермальные плюмы. Присутствие зерен платиноидов и золота в ЖМО лишь некоторых возвышенностей может быть связано с особенностью формирования вулканических пород на древнем континентальном фундаменте (*Астахова Н.В.* // Океанология. 2017. Т. 57, № 4. С. 618–627.).

# 7.4.3. Современные геологические процессы и условия формирования баритовой залежи в котловине Дерюгина Охотского моря

д.г.-м.н. А.С. Астахов, к.г.-м.н. В.Н. Карнаух, А.А. Коптев, к.т.н. Б.Я. Ли, Е.Н. Суховеев

Изучены рельеф, строение верхней части осадочного чехла и масштабы баритовой минерализации в котловине Дерюгина Охотского моря с использованием комплекса методов, вклю-



Рисунок 7.4.3. Рельеф дна района «Баритовых холмов» и маршруты погружений ТПА Comanche. Синей итриховкой показана основная область распространения высоких БП (Саломатин, Юсупов, 2009 с изменениями); красными линиями – маршруты погружений ТПА Comanche; синими итриховыми и сплошной линиями – маршруты погружений системы OFOS (Cruise..., 1999; Aloisi et al., 2004); зелеными кружками – участки, где при погружениях ТПА Comanche обнаружены формирующиеся БП. На врезке: вариации солености и потенциальной температуры придонных вод, полученные системой OFOS на профиле SO178-57-1 (на карте показан синей сплошной линией) и место отбора колонки SO178-62-1 (Wallmann et al., 2004)

чая телеуправляемый подводный аппарат Comanche. Установлена интенсивная дислоцированность осадочного чехла, включая голоценовые осадки, выявлены небольшие грязевые вулканы, подтверждена современная дефлюидизация осадочного чехла, проявленная, в том числе, в формировании новых баритовых построек (БП). Они встречены в осевой части поднятия и представляют собой наросты и столбообразные тела, наращивающие более старые постройки, имеющие зональное строение. Подтверждается существующие гипотезы об образовании их за счет поставки бария глубинными барийсодержащими низкотемпературными гидротермами (*Acmaxos A.C., Ивин В.В., Карнаух В.Н., Коптев А.А., Ли Б.Я., Суховеев Е.Н.* // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 2. С. 200–214.).

# 7.4.4. Геохимические особенности накопления РЗЭ и Y субколлоидной фракцией осадков северной части Амурского залива

к.б.н. Д.М. Поляков

В субколлоидной фракции осадков Амурского залива на станциях, примыкающих к выходу р. Раздольная, выявлено высокое содержание РЗЭ (легких, средних и тяжелых), Fe и Mn относительно среднего содержания в заливе, что связано с флоккуляцией их и удалением из раствора путем адсорбции на оксигидроксидах (Fe-O-OH). В этих отложениях определено преобладание средних лантаноидов над легкими и тяжелыми (M/H<sub>м</sub>=1.1), а в осадках центральной части залива преобладание тяжелых (M/H<sub>м</sub>=0.9) над средними РЗЭ, что может свидетельствовать в пользу биохимического пути накопления РЗЭ. Показано, что от 98 (Sm, Eu, Tb) до 100% (Tm, Lu) связано с глинистыми минералами и незначительная часть (до 2%) ассоциируется с гуминовыми кислотами (*Поляков Д.М., Зарубина Н.В.* // Геохимия. 2017. № 5. С. 463–469.).



Рис.7.4.4. Спектры распределения отношений  $Me/Mi_{_{M}}$  в субколлоидной фракции осадков Амурского залива: станции центральной части залива:  $\blacktriangle 1, -2, \circ 3$ ; станции с приустьевого шельфа р. Раздольная:  $\varDelta 4$ ,  $\blacksquare 5, \bullet 6$ 

7.4.5. Изменения среды южной части Чукотского моря в голоцене по результатам диатомового анализа (РНФ № 16-17-10109)

д.г.-м.н. И.Б. Цой, к.г.-м.н. М.С. Обрезкова, к.г.-м.н. К.И. Аксентов, к.г.-м.н. А.Н. Колесник

На основе изменения содержания диатомей на г/осадка, количественного соотношения доминирующих видов и экологической структуры диатомовых комплексов установлены



Рис.7.4.5. Изменения содержания экологических групп диатомей на г/осадка (a) и доминирующих видов и групп диатомей (б, в), характерные для выделенных на основе диатомей зон I-III в позднеголоценовых осадках юго-западной части Чукотского моря (колонка HC11) и палеотемпературная кривая (г) для Северного полушария с указанием основных климатических событий

3 зоны, отражающие изменения среды южной части Чукотского моря за последние 2300 лет: 2 потепления (~262 г. до н.э. – 630 г. н.э. и ~630–1300 гг. н.э.) и похолодание (~1300–1840 гг. н.э.). Возраст осадков установлен на основе скорости современного осадконакопления в точке отбора осадков по <sup>210</sup>Pb (0.43 мм/год) и радиоуглеродного датирования раковин моллюсков. Установленные на основе диатомей изменения среды соответствуют глобальным изменениям климата – потеплениям раннего (римское) и среднего (средневековое) и похолоданию (малый ледниковый период) позднего субатлантического периода (Цой И.Б., Обрезкова М.С., Аксентов К.И., Колесник А.Н., Панов В.С. // Биология моря. 2017. Т. 43, № 4. С. 246–255.).

# 7.4.6. Диатомеи и силикофлагеллаты голоценовых осадков морей Восточной Арктики России (РНФ № 16-17-10109)



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

Диатомовые водоросли и силикофлагеллаты – одноклеточные микроводоросли с кремниевым скелетом, который хорошо сохраняется в осадках, фиксируя прижизненные условия среды. Диатомовые водоросли являются одним из основных продуцентов органического вещества в Арктических морях, они особенно чувствительны к изменению климата и ледового покрова, что позволяет эффективно использовать их для восстановления палеоусловий. В Атласе представлены 425 видовых и внутривидовых таксона диатомей, принадлежащих 125 родам, и 4 вида силикофлагеллат, установленных в голоценовых осадках морей Восточной Арктики России-Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. Книга представляет интерес для исследователей Арктики: биологов, микропалеонтологов, стратиграфов, палеогеографов, геологов, экологов, а также может использоваться в качестве учебного пособия для студентов и аспирантов, определителя и справочника (Цой И.Б., Обрезкова М.С. Атлас диатомовых

водорослей и силикофлагеллат голоценовых осадков морей Восточной Арктики России / Под ред. С.И. Генкала, А.С. Астахова. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. 146 с.).

# 7.4.7. Поступление ртути в акваторию Амурского залива (Японское море) после прохождения тайфунов в 2015 г. (гранты РФФИ № 14-05-00723\_A и 15-05-06845\_A)

к.г.-м.н. К.И. Аксентов

Содержание ртути в абиотических компонентах геосистемы р. Раздольная – Амурский залив варьируется в узких пределах и близко к содержанию в верхнем слое земной коры, а так-

же соответствуют среднему глобальному уровню в почве, взвеси и донных отложениях. Концентрация растворенной формы ртути находится ниже предела обнаружения (0,5 нг/л). Накопленная в депонирующих средах ртуть во время паводков выносится в Амурский залив, создавая при этом локальный геохимический фон. Миграция ртути осуществляется как в виде взвешенного материала, так и в виде отдельных фрагментов почвенного покрова, который может осаждаться в открытых частях шельфа залива Петра Великого согласно существующей циркуляции поверхностных вод (Аксентов К.И. // Метеорология и гидрология. 2017. № 11. C. 51–56).



Рис. 7.4.7. Карта-схема расположения станций отбора проб (а), а также фрагмент почвенного покрова, плавающий по акватории Амурского залива (б)
## Тема 8

# «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»

#### Науч. руководитель д.г.-м.н. А.И. Обжиров

## 8.1. Линеаментный контроль современных очагов метановой дегазации морей Восточной Азии

д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, д.г.-м.н А.И. Обжиров., к.ф.-м.н. А.С. Саломатин

На примере одной из сквозных геотектонических структур – линеаментов Восточной Азии выявлено, что они контролируют формирование и деятельность наиболее мощных очагов эмиссии метана – индикаторов активности тектоносферы и скоплений углеводородов. Показано, что удаленные друг от друга очаги интенсивных подводных потоков природных газов



Рис. 8.1. Карта «линеаментного» контроля наиболее активных очагов эмиссии природного газа в Охотском, Японском и Восточно-Сибирском морях. 1 – газовый факел F1 в Охотском море; 2 – факел «Гизелла» в Охотском море; 3 – поле факелов метана в море Лаптевых; 4 – Срединный Арктический хребет; 5 – очаги скоплений «факелов» природного газа; 6 – зона Охотско-Япономорского линеамента и его продолжение в море Лаптевых, 7 – северная граница Охотоморской плиты. Выполнено на основе карты Уломова В.И. (2007 г.). ВКС – Верхояно-Колымская система. БРЗ – Байкальская рифтовая зона. Врезка 1а – положение эпицентра землетрясения Тохоку (2011 г.) на схеме линеамента (1 – динеамент; 2 – событие Тохоку)

(метан до 99% об.) в дальневосточных и восточно-арктических морях могут контролироваться одними и теми же линеаментами. Изменения в режиме деятельности этих очагов являются информативным сигналом флуктуаций сейсмической активности. Выявлен закономерный «газогеохимический отклик» сейсмотектонических процессов при взаимодействии литосферных плит на больших расстояниях на примере газовых выходов Японского и Охотского морей и озера Байкал (Шакиров Р.Б., Обжиров А.И., Саломатин А.С., Макаров М.М. // ДАН. 2017. Т. 477, № 3. С. 331–334.).

# 8.2. Распределения метана в морской среде и его потоков на границе вода–атмосфера в западной части Охотского моря

### к.х.н. Г.И. Мишукова, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, д.г.-м.н. А.И. Обжиров

За период 1990–2016 гг. установлено, что высокая пространственная изменчивость потоков метана на границе вода–атмосфера (от поглощения до эмиссии более чем 5,00 (кг/км<sup>2</sup> сут.) в западной части Охотского моря носит пульсационный сейсмозависимый характер. Выявлено, что межгодовая эмиссия метана в атмосферу, особенности пересыщения поверхностных вод метаном, относительно его равновесных содержаний в атмосфере, возникающих аномалий метана в приповерхностном слое морской воды, распределение метана в водной толще, состав и содержание углеводородных газов в донных отложениях северо-западного континентального



Рис. 8.2. Потоки метана (кг/км<sup>2</sup>×сут., столбики и цифры) на границе вода – атмосфера на акватории Охотского моря. Газогеохимические провинции (ГГП): I – Центрально-Охотоморская; II – Западно-Охотоморская; III – Южно-Охотоморская; IV – Восточно-Охотоморская; V – Северо-Охотоморская. Звездочки–эпицентры наиболее значимых землетрясений на момент отбора проб

шельфа, северо-восточного склона о. Сахалин и впадины Дерюгина Охотского моря определяются количеством и составом газов, мигрирующих из литосферных источников. Повышенная эмиссия метана в атмосферу с акватории связана с зонами распространения сквозных и комбинированных аномальных газогеохимических полей газов, формирование которых обусловлено тектоникой и распределением источников углеводородов (Мишукова Г.И., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. // ДАН. 2017. Т. 475, № 6. С. 697–701; Мишукова Г.И., Шакиров Р.Б. // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 4. С. 493–503.).

# 8.3. Газоносность донных осадков и геохимические признаки угленефтегазоносности шельфа Восточно-Сибирского моря

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

Установлено, что площади прогнозируемых газонефтяных, нефтегазовых и нефтяных залежей шельфа Восточно-Сибирского моря характеризуются минимальной метаноносностью и углеводородоносностью донных осадков (менее 0,05 и 0,001 см3/кг, соответственно), а также максимальной мощностью осадочного чехла в пределах Северо-Чукотского (более 10 км),



Рис. 8.3. Схема расположения площадей газогеохимических исследований Восточно-Сибирского моря: 1 – осадочный бассейн и его номер: I – Новосибирский, II – Айонский, III – Южно-Чукотский, IV – Северо-Чукотский. 2 – геоструктурные элементы: 1 – Новосибирский прогиб, 2 – Котельническо-Святоносское поднятие, 3 – Благовещенская структурная терраса, 4 – Медвежинское поднятие, 5 – Айонская впадина, 6 – Чаунская впадина, 7 – Куульский антиклинорий, 8 – Валькарайская впадина, 9 – впадина Лонга, 10 – поднятие Врангеля, 11 – Врангелевский грабен, 12 – Северо-Шелагское сводовое поднятие, 13 – Колючинский грабен-рифт, 14 – Северо-Чукотская впадина. 3 – стратоизогипсы по подошве чехла, км (по Яшин, Ким, 2007); 4 – границы геоструктур, 5 – границы площадей газогеохимических исследований, 6 – газогеохимические станции, 7 – скважина и ее номер, 8 – газирующая скважина и ее номер. Месторождения и углепроявления: 9 – каменного угля, 10 – бурого угля, 11 – битумопроявления, 12 – газогеохимический разрез

Южно-Чукотского, Айонского бассейнов (более 3 км). Определено, что аномальные газогеохимические поля в донных осадках формируются в пределах поднятий с незначительной мощностью осадочного чехла, осложненных интенсивным развитием разломов и тектонической нарушенностью, являющихся областями газовой разгрузки. Основными геохимическими маркерами и индикаторами нефтегазоносности шельфа ВСМ являются показатели молекулярной массы углеводородной фракции, изотопного состава углерода метана донных осадков и мощности чехла. Выделены площади распространения различных по генезису углеводородных газов и оценены перспективы их нефтегазоносности (Гресов А.И., Обжиров А.И., Яцук А.В., Мазуров А.К., Рубан А.С. // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 77–84.).

## 8.4. Исследование структуры земной коры Азиатско-Тихоокеанской переходной зоны

В.В. Лепешко, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, д.г.н. Б.А., Казанский, О.В. Белоус, к.г.-м.н. Ю.И. Мельниченко

Приведены результаты изучения эволюции земной коры Азиатско-Тихоокеанской переходной зоны на основе статистического и сравнительного анализов структур земной поверхности



Рис. 8.4. Эскизы полей деформаций земной поверхности Азии, построенные по геологической карте (А) и карте рельефа (В). 1 – линеаменты, ограничивающие поля деформаций: а – региональные и трансрегиональные, b – локальные. 2–4 (рис. А) – поля деформаций. 2 – сформированные в неоген-четвертичное время с доминантными признаками поперечного сжатия: а – продольного и цепочного строения, b – сложные, с наследием донеогеновой планировки. 3 – без заметного поперечного сжатия, остаточные и новообразованные: а – перекрытые мощным чехлом кайнозойских отложений, b – без такового. 4 – дно акваторий

и геофизических полей. Строение рельефа, вещества литосферы и геофизических полей имеет причинно-следственные связи. По структурным рисункам карт рельефа и геофизических полей выявлены локальные, региональные и трансрегиональные тенденции эволюции поверхности земной коры региона. Эволюция земной коры разделила её поверхность на участки с разной концентрацией и ориентировкой форм рельефа и плотностных параметров – контрастные зоны складчатости и, разделяемые ими, участки с менее выраженной концентрацией (*Лепешко В.В., Шакиров Р.Б., Казанский Б.А., Белоус О.В., Мельниченко Ю.И.* // Геология морей и океанов: Материалы XXII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии, Москва, 20–24 ноября 2017 г. М.: ИО РАН, 2017. Т. V. С. 325–330.).

#### 8.5. Распределение метана на акватории залива Петра Великого

А.К. Окулов, д.г.-м.н. А.И. Обжиров, к.х.н. Г.И. Мишукова, Ал.К. Окулов

Впервые получены системные данные по регулярной сети станций за период 2009– 2015 гг. о составе и распределении углеводородных газов в осадках, придонном и поверхностном слое воды залива Петра Великого. Путями миграции газа из глубоких горизонтов к поверхности являются разломы земной коры. Получены данные о гидрологических и сейсмоакустических характеристиках водной среды и верхней части осадочной толщи залива. Выделены участки со стабильно высоким содержанием метана: район о. Рикорда (1); юго-западная часть залива Посьет (2) (бровка шельфа, метан до 2900 нМ/дм<sup>3</sup>); восточная часть Амурского залива от Спортивной гавани до м. Токаревского (метан до 625 нМ/дм<sup>3</sup>) (3); б. Славянка (4); район м. Песчаный (5); центральная часть Уссурийского залива (6); северо-восточная часть Уссурийского залива (7), б. Суходол ( метан до 2837 нМ/дм<sup>3</sup>) (7); юго-восточная часть площади (8). По



Рис. 8.5. Схема распределения метана в верхнем слое осадка, нМ/дм<sup>3</sup>

происхождению газовые аномалии разделяются на углеметаморфические сингенетические, магматическое и биохимического типа, а также газы, образованные в результате хозяйственной деятельности. Наблюдается взаимосвязь газовых аномалий, обнаруженных в заливе Петра Великого, и высоких концентраций углеводородных газов, углекислого газа, водорода, гелия в подземных водах исследуемых гидрогеологических скважин, пробуренных в прибрежной зоне акватории залива (Окулов А.К., Обжиров А.И., Мишукова Г.И., Окулов Ал.К. // Подводные исследования и робототехника. 2017. No 1(23). С. 68–73.).

## 8.6. Химический состав базальтов (поздний миоцен-плейстоцен) на острове Фукуи (Южно-Китайское море)

## д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров

Химический состав базальтов (поздний миоцен-плейстоцен) на острове Фукуи (Южно-Китайское море) позволяет разделить их на две основные геохимические группы, отражающие формирование и развитие острова. Основой является ранняя низкощелочная группа, включающая оливиновые и толеитовые базальты. Поздняя группа с высоким содержанием щелочи,  $\text{TiO}_2$  и  $P_2O_5$  и низким содержанием  $\text{SiO}_2$ , образована благодаря извержениям вулканов центрального типа (щелочно-оливиновые и оливиновые базальты) и перекрывает раннюю эруптивную группу. Результаты моделирования показывают, что ранние базальты генерировались под давлением около 18–20 Кб (около 55–60 км), а более поздние базальты были сформированы в диапазоне давлений от 20 до 25 Кб (что соответствует глубинам около 60–75 км). Сделан вывод, что инфильтрация астеносферных потоков, возможно, является главной движущей силой раскрытия Южно-Китайского моря (*Anh L.D., Nguyen Hoang, Shakirov R.B., Huong T.Th.* // Vietnam Journal of Earth Sciences. 2017. V. 39. № 3. Р. 270–288.).



Рис. 8.6. Примеры субщелочных базальтов с разными текстурами на острове Фукуи (Южно-Китайское море). Ol: оливин, Idd: иддингсит, Pl: плагиоклазы

#### 8.7. Рельеф Японо-Охотоморского бассейна как индикатор ротационной геодинамики

к.г.-м.н. Ю.И. Мельниченко, д.г.-м.н. Л.А. Изосов, д.г.н. Б.А. Казанский, В.В. Лепешко, Н.С. Ли, д.г.-м.н. А.И. Обжиров, к.ф.-м.н. Е.Б.Осипова, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров

С позиции ротационной гипотезы изучалась морфологическая тектоника Японо-Охотоморского региона Западно-Тихоокеанского тектонического пояса. Приведены результаты исследования по установлению связей морфоструктурных элементов морских впадин и смежной континентально-островной суши. Для интерпретации морфологических материалов использовались данные об аномалиях гравитационных и магнитных полей, сейсмичности, тепловом потоке, газо-гидротермальной активности литосферы. Построена схема морфотектоники региона, где просматривается характер взаимодействия морфоструктур Японского и Охотского мо-



Рис. 8.7. Морфотектоническая схема Японо-Охотоморского региона. Условные обозначения к рисунку: слева структура земной коры в гравитационном поле Охотского и Японского морей, совмещенная с полем рельефа прилегающей континентально-островной суши. Линиями отмечены резкостные границы аномалий плотности земной коры. Справа - схема линеаментов поверхности земной коры Японо-Охотоморского бассейна. Обозначены геоблоки Амурский (Ам), Японский (Яп), Охотский (Ох) и области мезокайнозойской складчатости континентально-островного обрамления – Сихотэ-Алинь (Cx-A), Корейский п-ов (Корея), о. Хонсю, о. Сахалин. Показаны предполагаемые границы внешней сферы вихревых систем: Японо-Амурской и Восточно-Китаеморской (1), линейные и дуговые линеаменты земной поверхности и фрагменты зон трансрегиональных разломов (2), фрагменты речной сети (3), участки газогеохимических аномалий, газогидратов и потоков метана (4). Вставка – границы плит Северо-Американской (СА), Евразийской (ЕА), Тихоокеанской (ТО) и геоблоков Амурского (АМ), Беринговоморского (БЕ), Охотского (ОХ), Япономорского (ЯБ). Стрелками показан тренд движений Амурской и Тихоокеанской плит

рей со структурами суши (левый рис.). Выделены мегаморфоструктуры центрального и вихревого типов, зоны контакта которых наиболее подвержены разломным деформациям коры. Они представляют интерес для изучения потоков метана и формирования сопряженных с ними полей газогидратов (правый рис.). Для объяснения механизма взаимодействия вихревых мегаморфоструктур рассмотрена математическая модель конвективного движения коромантийных масс в условиях окраинноморских бассейнов. Она показывает развитие разнонаправленных потоков, при котором наблюдаются явления адвекции масс с периферии динамической ячейки, что отвечает геологическим данным (Мельниченко Ю.И., Изосов Л.А., Казанский Б.А., Лепешко В.В., Ли Н.С., Обжиров А.И., Осипова Е.Б., Шакиров Р.Б. // Геология морей и океанов: Материалы XXII Междунар. науч. конф. (Школы) по морской геологии, Москва, 20–24 ноября 2017 г. М.: ИО РАН, 2017. Т. V. С. 172–177.).

## 8.8. Газогеохимические особенности осадков залива Тонкин (Южно-Китайское море)

## д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров, А.В. Сорочинская, к.г.-м.н. С.Н. Сырбу

Выявлены аномалии термогенного и метаморфогенного метана, а также гелия, водорода, окиси и двуокиси углерода, которые тяготеют к зонам разломов и бортам складчатых структур рифта Красной реки (Вьетнам). В современных осадках Тонкинского залива большинство элементов имеют кларки концентраций (Кк) в пределах их содержания в верхней континентальной коре (UCC) – (0,7–1,21 × UCC). Повышенные содержания в осадках отмечены для Pb, As, Li (1,48–3,32 × UCC), что, очевидно, генетически связано с полиметаллическими месторождениями северо-восточного Вьетнама. Газогеохимические аномалии, увеличение значений титанового и алюмо-кремниевого модулей в рифтогенной зоне реки Красная свидетельствуют об активном преобразовании вещества в этой зоне и отражают ее тектоническую активность (Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Сырбу Н.С., Нгуен Ну Чунг, Фунг Ван Фать, Ле Дык Ань, Чон Тхань Фи // Вестник ДВО РАН. № 4. 2017. С. 33–42.).

## Тема 9

# «ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ АРКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЛИТОСФЕРА-ГИДРОСФЕРА-АТМОСФЕРА» В ТИХООКЕАНСКОМ СЕКТОРЕ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ: ФИЗИЧЕСКИЕ, ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ, БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ»

#### Науч. руководитель чл.-корр. РАН И.П. Семилетов

## 9.1. Динамика карбонатной системы в поверхностных водах внешнего шельфа и континентального склона евразийских арктических морей

к.г.н. И.И. Пипко, к.г.н. С.П. Пугач, к.г.-м.н. А.Н. Чаркин, к.ф.-м.н. А.Н. Салюк, д.г.-м.н. О.В. Дударев, Э.А. Спивак, К.П. Щербакова

Обнаружена устойчивая многолетняя тенденция в распределении величин парциального давления  $CO_2$  (p $CO_2$ ) в поверхностном слое вод внешнего шельфа и континентального склона евразийских арктических морей (Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского) – увеличение  $pCO_2$  с запада на восток, которая определяется различными океанографическим и биогеохимическим режимами в западной и восточной частях исследуемого региона. Уста-



Рис. 9.1. Пространственное распределение поверхностной температуры (T, °C), солености (S, ‰), pCO<sub>2</sub> (мкатм) и потоков CO<sub>2</sub> в системе океан-атмосфера (F CO<sub>2</sub>, ммоль м<sup>-2</sup> сутки<sup>-1</sup>) в сентябрь 2007 г. (год экстремально низкого распространения льда) и в теплый сезон 2006 и 2009 гг.

новлен разный отклик карбонатной системы поверхностных вод восточных и западных евразийских арктических морей на происходящие изменения климата: открытая акватория высокопродуктивных вод северной части Баренцева моря и северо-западной части Карского моря становится более эффективным стоком для атмосферного  $CO_2$ , а абсорбция  $CO_2$  в восточной части региона существенно снижается (рис. 9.1). (*Pipko I.I., Pugach S.P., Semiletov I.P., Anderson L.G., et al.* // Ocean Science. 2017. Vol. 13. P. 997–1016.).

## 9.2. Короткоживущие изотопы <sup>224</sup>Ra и <sup>223</sup>Ra как трассеры динамики вод эстуария

к.г.-м.н. А.Н. Чаркин, д.г.-м.н. О.В. Дударев, к.ф.-м.н. А.Н. Салюк

Получен первый опыт измерения короткоживущих изотопов <sup>224</sup>Ra и <sup>223</sup>Ra в системе «река Анадырь – Берингово море» и возможность их применения как трассеров оценки скорости горизонтального смешения и времени транзита вод в эстуарии (Таблица). Их активность и транспорт связаны с поступлением взвешенного материала, структурно-морфологическими особенностями бассейна (лимана) и приливно-отливными течениями. (*Чаркин А.Н., Дударев О.В., Салюк А.Н. и др. //* ДАН. 2017. Т. 476, № 1. С. 51–54.).

Таблица

Соленость, активность изотопов <sup>223</sup>Ra и <sup>224</sup>Ra, отношение активности <sup>223</sup>Ra / <sup>224</sup>Ra, «возраст радия» в поверхностном горизонте эстуария р. Анадырь

Номер станции	Солёность, %	Активность, Бк/м <sup>3</sup>		224 <b>D</b> = /223 <b>D</b> =	«Возраст ра-
		<sup>223</sup> Ra	<sup>224</sup> Ra	<sup>22</sup> 'Ra/ <sup>223</sup> Ka	дия», сут
7	0,03	$0,026 \pm 0,01$	$0,\!39\pm0,\!07$	15	_
11	0,03	$0,026 \pm 0,003$	$0,\!43 \pm 0,\!04$	16,5	_
16	3,3	$0,\!156\pm0,\!02$	$3,\!13\pm0,\!12$	20	_
17	3,5	$0,\!143\pm0,\!02$	$4,02 \pm 0,16$	28	0
19	13,5	$0,\!166\pm0,\!02$	$3,8 \pm 0,13$	22,9	1,5
21	20,3	$0,\!146\pm0,\!02$	$3,3 \pm 0,13$	22,6	1,7
24	20,8	$0,\!135 \pm 0,\!02$	$2,03 \pm 0,11$	15	4,9

## 9.3. Потоки CO<sub>2</sub> в системе океан-атмосфера на восточно-сибирском арктическом шельфе в период ледотаяния

д.г.н. И.П. Семилетов, Д.А. Космач

Установлено, что в летний сезон во время пика ледотаяния центральная и внешняя часть восточно-сибирского арктического шельфа, в целом, служит стоком для атмосферного  $CO_2$ , при этом центральная часть Восточно-Сибирского моря (ВСМ) и склоновые воды ВСМ и моря Лаптевых в исследуемый сезон являются автотрофной системой, в то время как центральная часть моря Лаптевых – гетеротрофной (*Humborg C., Geibe, M.C., Anderson L.G., Björk G., Mörth C.-M., Sundbom M., Thornton B.F., Deutsch B., Gustafsson E., Gustafsson B.Ek J. Semiletov I. //* Global Biogeochem. Cycles. 2017. Vol. 31.).

9.4. Органический и неорганический углерод в мерзлоте и талых осадках бухты Буор-Хая

д.г.н. И.П. Семилетов

Исследовано распределение органического и карбонатного углерода (С) в кернах из скважин в мелководной части моря Лаптевых в районе губы Буор-Хая и п-ва Быковский. Продемонстрирована значительная неоднородность распределения С в трёх исследованных колонках. Установлены значительные пространственные неоднородности распределения и захоронения органического вещества (ОВ) в условиях пульсирующего поступления речного и термоабразионного материалов и их неоднократная смена, а также преимущественно терригенный генезис ОВ (*Ульянцев А.С., Романкевич Е.А., Братская С.Ю., Семилетов И.П., Авраменко В.А.* // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473, № 6. С. 709–713.).

# 9.5. Обстановки современного осадкообразования на подводном береговом склоне губы Буор-Хая

д.г.-м.н. О.В. Дударев

Построены типовые модели формирования пространственного распределения химических элементов и их ассоциаций в современных донных осадках Губы Буор-Хая (рис. 9.5.). Предложены геохимические индикаторы, отражающие специфику восточно-арктического подтипа полярного литогенеза. Доказано существование комплексного природного седиментационно-биогеохимического барьера. Выявлена определяющая роль в его формировании субмеридионального гидрологического раздела, квазиустойчивого при безледном и подледном режимах седиментации (*Рубан А.С., О.В. Дударев, А.К. Мазуров, Е.В. Панова.* // Изв. Томского политехнического университета. 2017. Т. 328, № 8. С. 83–93.).



Рис. 9.5. Структура пространственного распределения донных осадков (литологические типы: 1 – гравийно-галечные разности с песчаным заполнителем; 2 – песок разнозернистый; 3 – песок мелкозернистый; 4 – алеврит песчаный; 5 – алеврит крупнозернистый; 6 – алеврит мелкозернистый; 7 – алеврит пелитовый; 8 – пелит; 9 – миктит песчаный; 10 –миктит алевритовый; 11–миктит пелитовый)

## Тема 10

# «РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ И МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ»

## Науч. руководители: д.ф.-м.н. Л.М. Митник, к.т.н. В.К. Фищенко

## 10.1. Микроволновый сканер-зондировщик МТВЗА-ГЯ на новом российском метеорологическом спутнике «Метеор-М № 2»: моделирование, калибровка и измерения

д.ф-м.н. Л.М. Митник, к.т.н. М.Л. Митник, В.П. Кулешов

Впервые получены глобальные поля яркостных температур Тя на 8 частотах в диапазоне 10–92 ГГц, характеризующие изменчивость температуры поверхности океана, скорости приводного ветра, содержания водяного пара атмосфере и капельной воды в облаках с октября 2014 г. по август 2017 г. на основе данных микроволнового (MB) радиометра МТВЗА-ГЯ на российском метеорологическом спутнике «Метеор-М № 2». По результатам моделирования переноса MB излучения в системе «подстилающая поверхность-атмосфера» выполнена калибровка каналов радиометра. Разработаны алгоритмы восстановления геофизических параметров по яркостным температурам МТВЗА-ГЯ, AMSR2 (спутник GCOM-W1) и GMI (спутник GPM). Изучена эволюция структуры и параметров опасных морских погодных систем, материковых и морских льдов по данным MB радиометров и сопутствующей спутниковой и наземной информации (*Mitnik L., Kuleshov V., Mitnik M. et al.* // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2017. V. 10, № 7. Р. 3036–3045.).



Рис. 10.1. Яркостная температура Земли (в Кельвинах) 3 августа 2017 года по измерениям радиометра МТВЗА-ГЯ со спутника «Метеор-М № 2» на частотах 10,65 ГГц (а) и 18,7 ГГц (б) на вертикальной поляризации, на 23,8 ГГц (в) и 42,0 ГГц (г) на горизонтальной поляризации

#### 10.2. Роль холодных вторжений в теплообмене Японского моря с атмосферой

к.г.н. М.К. Пичугин

Исследован турбулентный теплообмен Японского моря с атмосферой в холодный период года за 20 лет (1988–2008). Выявлена значительная пространственная неоднородность средних многолетних потоков. Изменчивость потоков обусловлена вариациями положения субарктического фронта моря и орографией суши. Синоптическая изменчивость турбулентной теплоотдачи моря и ее суммарная величина определяются суммарной продолжительностью интенсивных холодных вторжений. Экстремальные значения потоков достигают 700–900 Вт/м<sup>2</sup>, а амплитуда колебаний составляет 300–400 Вт/м<sup>2</sup> (*Пичугин М.К.* Автореферат дис. к.г.н. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. 25 с.)



Рис. 10.2. Вертикальные потоки явного S (б, д), скрытого LE (а, г) и суммарного S+LE (в, е) тепла с морской поверхности (Bm/м<sup>2</sup>), осредненные за ноябрь-март 1988–2008 гг. Потоки взяты из массивов J-OFURO2 (верхний ряд) и OAFlux (нижний ряд). Черные окружности показывают положение максимумов теплопереноса у побережья

## 10.3. Аппаратно-программные комплексы для измерения спектральных и поляризационных характеристик небосвода и морской поверхности

к.ф.-м.н. О.Г. Константинов

Разработаны аппаратно-программные комплексы для измерения спектральных и поляризационных характеристик небосвода и морской поверхности на базе видеокамер и спектрометра с использованием современной технологии микропроцессорного управления и 3D печати. Проведен анализ спектральных и поляризационных характеристик небосвода в районе г. Владивостока для оценки характеристик атмосферного аэрозоля; выполнен комплексный мониторинг состояния акватории МЭС «м. Щульца» оптическими и контактными методами. Выполнена оценка возможности регистрации поверхностных загрязнений с помощью радиолокаторов СУДС (системы управления движением судов) поста м. Басаргина (*Pavlov A.N., Zubko E, Konstantinov O.G. et al.* // J. of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2017. Т. 204. С. 94–102; Шмирко К.А., Константинов О.Г., Павлов А.Н., Дубинкина Е.С. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2017. Т. 53, № 1. С. 107–114.).

# 10.4. Особенности флуоресценции растворенных органических веществ (РОВ) в морской воде

к.ф.-м.н. П.А. Салюк

Исследованы особенности флуоресценции растворенных органических веществ (РОВ) в морской воде дальневосточных морей при многочастотном возбуждении и регистрации в диапазоне 240–700 нм. Разработана методика определения оптических предикторов, характеризующих различные типы РОВ в морской воде (рис. 10.4). Результаты будут использованы для изучения процессов воспроизводства и трансформации РОВ в морской воде, а также для разработки компактных приборов, позволяющих проводить оперативные *in-situ* измерения (*Salyuk P.A., Nagorny I.G.* // Physics Procedia. 2017. V. 86. Р. 86–91.).





Рис. 10.4. Спектральные диапазоны проявления пиков флуоресценции гуминовых соединений в морской воде: (a) тип 1, (б) тип 2 ( верхний ряд); спектральные диапазоны проявления пиков флуоресценции белковых соединений в морской воде: (a) тип 1, (б) тип 2 ( нижний ряд)

10.5. Особенности спектроскопии при лазерном пробое воды и водных растворов в ультразвуковом поле

к.ф.-м.н. А.В. Буланов, к.ф.-м.н. Е.В. Соседко

Проведены эксперименты с одновременным использованием оптического и акустического излучения. Показано, что при воздействии ультразвука наблюдается усиление линии при всех концентрациях используемых растворов, что свидетельствует об эффективности спектроскопического возбуждения жидкости ультразвуком. Представленная методика синхронизации акустического и оптического излучения позволила определить взаимосвязь интенсивности спектральных линий в зависимости от фазы ультразвукового воздействия. Полученные результаты свидетельствуют о возможности повышения эффективности лазерно-искровой спектроскопии жидкости в поле ультразвука (*Буланов А.В., Нагорный И.Г., Соседко Е.В.* // ПЖТФ. 2017. Вып. 16, Т. 43. С. 55–60.).



Рис. 10.5. Интенсивность линий I натрия без использования (1) и с использованием (2) ультразвука при различной концентрации раствора NaCl: a) 10 %; b) 3.5 %

#### 10.6. Алгоритмы и программы обработки данных мировой сети локализации молний

д.ф.-м.н. М.С. Пермяков, к.г.н. Е.Ю. Поталова, А.Н. Дрога

Разработаны алгоритмы и программы обработки данных мировой сети локализации молний (WWLLN), позволяющие в режиме реального времени получать оценки координат центра и радиуса облачной стены глаза тайфуна. Для тайфунов 2012–2015 гг. эти оценки сравнивались с данными и с радиусами максимального ветра, полученными по данным спутниковых скаттерометров ASCAT. Показано, что оценки координат центра тайфуна и радиуса глаза по данным сети WWLLN достаточно точны и надежны. По распределению молний можно оценивать положение центра тайфуна и скорость его перемещения, а также получать оценки геометрических характеристик стены глаза, которые приводятся в штормсводках о тайфунах. Они согласуются с данными архивов Японского метеорологического агентства JMA и американского Объединенного центра предупреждения тайфунов (JTWC) (*Пермяков М.С., Поталова Е.Ю., Дрога А.Н., Шевцов Б.М.* // Исследование Земли из космоса. 2017. № 4. С. 59–67.).



*Рис. 10.6. Скорость ветра ASCAT и композиция точек разрядов за час в центральной части ТЦ Хайян* (а); гистограмма радиального распределения молний в центре (б) 6 ноября 2013 в 23:30

## 10.7. Пространственные спектры полей температуры поверхности моря (ТПМ) и концентрации хлорофилла «а»

к.г.н. Т.И. Клещёва, д.ф.-м.н. М.С. Пермяков, к.ф.-м.н. П.А. Салюк, И.А. Голик

По данным судового флуориметра и данным спутникового сканера MODIS со спутника Aqua за 2003–2004 гг. в отдельных районах окраинных морей северо-западной части Тихого океана получены оценки пространственных спектров полей температуры поверхности моря (ТПМ) и концентрации хлорофилла «а» (Хл) на масштабах от 4 до 160 км. Оценки наклонов спектров ТПМ по судовым и спутниковым данным варьировали от -2,2 до -3,1 и от -1,6 до -2,9 соответственно. По судовым данным наклоны спектров Хл близки к -1, а по данным сканера MODIS – к  $\sim -2$ . Показано, что оценки наклонов спектров по судовым данным лежат в диапазоне значений, предсказываемых известными теориями турбулентности (*Клещёва Т.И., Пермяков М.С., Салюк П.А., Голик И.А.* // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 5. С. 209–220.).

#### 10.8. Интенсивные мезомасштабные циклоны над дальневосточными морями

к.г.н. И.А. Гурвич

Впервые по данным спектрорадиометра MODIS со спутников Aqua и Terra создан архив изображений полярных мезоциклонов (МЦ) над ДВ морями за 14 холодных сезонов (2003–2017 гг.) и получены статистические характеристики МЦ над Японским и Охотским морями. Выявлены общие закономерности условий формирования и развития МЦ, вызывающих сильные осадки в Приморском крае. Обобщены результаты исследования структуры и характеристик МЦ с использованием пассивных и активных микроволновых спутниковых измерений (*Гурвич И.А.* Интенсивные мезомасштабные циклоны над дальневосточными морями. Часть I. Структура и характеристики мезомасштабных циклонов по мультисенсорным спутниковым

измерениям / отв. ред. д.ф.-м.н., профессор Л.М. Митник. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. 88 с.; *Гурвич И.А., Пичугин М.К., Баранюк А.В., Кулешов В.П.* // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 4. С. 155–168.).

## 10.9. Развитие Океанологической информационно-аналитической системы ДВО РАН

### к.т.н. В.К. Фищенко

Разработана и используется система мониторинга океанографических ресурсов Интернета. Новая информация автоматически скачивается на основной сервер Океанологической информационно-аналитической системы (ОИАС). В 2017 году ОИАС пополнена новыми данными. В нее внесены данные ранее введенных в эксплуатацию и новых систем надводного и подводного видеонаблюдения залива Петра Великого и полученные с их помощью оценки волнения и колебаний уровня моря в нескольких точках.

С 2002 года в ОИАС собираются данные наблюдений дальневосточных морей с нескольких спутников. В 2017 г. начата интеграция в ОИАС радиолокационных (РЛ) изображений залива Петра Великого и прилегающей акватории Японского моря, полученных радарами с синтезированной апертурой (РСА) со спутников Sentinel-1А и Sentinel-1В в 2015–2017 гг.



Рис. 10.9. Анализ фрагмента изображения PCA залива Петра Великого, полученного со спутника Sentinel-1В 7 июля 2017 г., с помощью программы Qavis из подсистемы аналитической поддержки ОИАС

## Тема 11

# «ИЗУЧЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ОСНОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, РАЗВИТИЯ, ТРАНСФОРМАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ, ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКОГО И МЕЛКОГО МОРЕЙ»

## Науч. руководитель академик РАН Г.И. Долгих

# 11.1. Особенности распространения сейсмоакустических волн и гидроакустических волн на клиновидном шельфе

## 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. В.А. Швец, к.т.н. С.В. Яковенко

В ходе выполнения экспериментальных работ по изучению закономерностей распространения и трансформации гидроакустических и сейсмоакустических сигналов, создаваемых различными низкочастотными гидроакустическими и сейсмоакустическими излучателями, находящимися в воде, на шельфе и берегу, изучено пространственно-временное распределение гидроакустической энергии на клиновидном шельфе с определением доли гидроакустической энергии, трансформированной в объёмные и поверхностные волны земной коры. Пространственно-временное распределение энергии на клиновидном шельфе исследовалось с помощью мобильной приёмной высокоточной гидроакустической системы, установленной на автономном необитаемом подводном аппарате (рис. 11.1, слева). АНПА выполнял миссию по схеме, приведённой на рис. 11.1, справа.



Рис. 11.1. Слева – АНПА с приёмной системой; справа – схема проведения эксперимента: И – гидроакустический излучатель, АНПА – автономный необитаемый подводный аппарат, БП – береговой пост управления и сейсмоизлучатель

## 11.2. Особенности трансформации излучённых гидроакустических сигналов

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. В.А. Швец к.т.н. С.В. Яковенко

Экспериментально и модельно-теоретически установлено, что около 22% энергии, излучённой низкочастотным гидроакустическим излучателем, трансформируется в энергию гидроакустических волн на частоте работы излучателя, а остальная энергия трансформируется в энергию объёмных волн. Около 72% энергии гидроакустических волн трансформируется в энергию поверхностных волн рэлеевского типа, распространяющихся по границам раздела сред «вода – дно», «воздух – земная кора». Около 28% энергии гидроакустических волн трансформируется в энергию волн поперечного типа, а также во внутреннюю энергию пород земной коры. При работе низкочастотного сейсмоакустического излучателя установлено, что излучённая энергия распространяется, в основном, в земной коре и по границе «вода–дно», высвечиваясь в отдельных зонах в воду. По полученным оценкам построена модель земной коры (рис. 11.2), адекватно описывающая полученные экспериментальные результаты. Данные результаты могут быть основой при построении систем сверхдальней связи с подводными донными объектами (*Dolgikh G.I., Chupin V.A., Scherbatyuk A.F.* // Proc. of the IEEE OES Intern. Sympos. on Underwater Technology, February 21–24, 2017, Busan, Korea. P. 64.; *Dolgikh G.I., Budrin S.S., Dolgikh S.G., Ovcharenko V.V., Chupin V.A., Yakovenko S.V.* // J. Acoust. Soc. America. 2017. V. 142 (4). P. 1990–1996.).



Рис. 11.2. Модельное распределение интенсивности излучённой энергии

#### 11.3. Универсальный метод количественной оценки метана

к.т.н. Д.В. Черных, д.г.н. И.П. Семилетов

Разработан универсальный метод количественной оценки метана, выделяемого областями его пузырьковой разгрузки газа. Суть метода заключалась в получении зависимости интен-



*Рис. 11.3. Графическое представление оценки потока метана для выбранных газовых факелов* 

сивности отраженного акустического сигнала от смоделированного газового факела с известными значениями газового потока. При сравнения оценок потока метана в реальных условиях установлено, что, благодаря более широкой озвученной многолучевым эхолотом зоны, точность количественной оценки возросла более, чем на 30%. Метод позволяет адаптировать многолучевые эхолоты для выполнения количественной акустической оценки потока метана из областей его пузырьковой разгрузки как на шельфе, так и за его пределами (*Leifer I., Chernykh D., Shakhova N., Semiletov I.* // The Cryosphere. 2017. V. 11, iss. 3. P. 1333–1350.).

# 11.4. Распространение низкочастотных акустических волн во флуктуирующем мелком море

#### д.ф.-м.н. И.О. Ярощук, д.ф.-м.н. О.Э. Гулин, к.т.н. Р.А. Коротченко, А.В. Кошелева

Разработана методика и проведено статистическое моделирование распространения подводного звука в случайно-неоднородном мелком море. Установлено: на разных расстояниях от источника особенности поведения потерь при распространении определяется интенсивностью флуктуаций, их горизонтальным масштабом и зависит от исходных регулярных параметров, таких как частота излучения и величина потерь звука в дне. Аналитически установлено, что для рассматриваемых параметров волновода и частоты звука межмодовое взаимодействие имеет локальный характер и оказывает слабое влияние на статистику. Установлено, что гидроакустические поля обладают свойством существенной перемежаемости (*Гулин О.Э., Ярощук И.О.* // Акуст. журн. 2017. Т. 63, № 2. С. 158–164; *Гулин О.Э., Ярощук И.О.* // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. 1750114.).



Рис. 11.4. Потери при распространении относительного значения интенсивности в свободном поле на расстоянии 1 м от источника. Верхний график - потери для трех реализаций из ансамбля, маркеры – адиабатическое приближение. Источник расположен на глубине z0 = 25 м, горизонт наблюдения z = 30 м от поверхности

### 11.5. Разработка технических средств для исследования гидрофизических и гидроакустических полей в шельфовой зоне океана

д.ф.-м.н. И.О. Ярощук, к.г.н. А.Н. Самченко, А.В. Кошелева, к.ф.-м.н. А.Н. Швырев, А.А. Пивоваров

Для регистрации различных гидрофизических полей и волн (акустические волны, внутренние гравитационные волны, сейши, приливы и др.) были разработаны и использованы в экспериментах различные типы уникальных гидрофизических регистраторов [1, 2], обладающих достаточно большим временем автономности (до нескольких месяцев). Основой всех регистраторов являются типовые технические решения (микроконтроллеры, SD – карты и др.). Такой подход позволил создавать достаточно дешевые гидрофизические регистраторы, во многих случаях не уступающие по техническим характеристикам зарубежным аналогам, а по некоторым характеристикам, таким как объем памяти, даже превосходящие их. Наличие автомномных стабилизированных с высокой степени точности регистраторов позволило оперативно создавать различные пространственно-распределенные измерительные структуры: термогирлянды различных типов, вертикальные и горизонтальные дискретные гидроакустические антенны (1. *Леонтьев А.П., Ярощук И.О., Смирнов С.В., Кошелева А.В., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н. //* ПТЭ. 2017. № 1. С. 128–135; 2. Автономный регистратор гидрофизических полей. Патент № 171967 U1. Российская Федерация. МПК G01V 1/38 / *Пивоваров А.Н., Ярощук И.О., Швырев А.Н., Леонтьев А.П.*).



Рис. 11.5. Термогирлянды (2 типа), вертикальная и горизонтальная гидроакустические антенны: 1 – цифровые датчики температуры; 2 – регистраторы гидростатического давления; 3 – буй натяжения; 4 – сигнальные буйки; 5 – контейнер с электронной частью и утяжеленное ограждение; 6 – регистраторы температуры и давления; 7 – груз (якорь); 8 – акустические регистраторы, закрепленные на фале (горизонтальная антенна); 9 – акустические регистраторы, размещенные в пирамидках на дне (горизонтальная антенна)

## Публикации

#### Книги

- 1. Цой И.Б., Обрезкова М.С. Атлас диатомовых водорослей и силикофлагеллат голоценовых осадков морей Восточной Арктики России. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 146 с.
- 2. Гаврилов А.А. Морфотектоника окраинно-континентальных орогенных областей (Юг Дальнего Востока России и прилегающие территории). В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 312 с.
- 3. Акуличев В.А., Буланов В.А. Акустические исследования мелкомасштабных неоднородностей в морской среде. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 414 с.
- 4. Гайко Л.А. Гидрометеорологический режим залива Восток (Японское море). В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 250 с.
- 5. *Гурвич И.А.* Интенсивные мезомасштабные циклоны над дальневосточными морями. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 88 с.
- 6. Основные результаты научно-исследовательских работ ТОИ ДВО РАН за 2016 г. (на русском яз) / Главный ред. акад. РАН В.А. Акуличев. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 82 с.
- 7. The main results of scientific research for 2016 (на англ. яз.) / *Chief Editor Acad. V.A. Akulichev*. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 84 с.
- 8. Десятый Всероссийский симпозиум «Физика геосфер»: материалы докл., 23–29 октября 2017 г., Владивосток / Председатель оргкомитета акад. Г.И. Долгих. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 340 с.
- 9. Океанологические процессы и изменения климата:3-й междунар. росс. кит. симпоз. по морским наукам: материалы докл., 21–23 сент. 2017 г., Владивосток, Россия=Осеапіс process and climate change: proc., 21–23 Sept., 2017, Vladivostok, Russia / *Chairman: Lobanov V.B., Tiegang Li.* В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017 (эл. издание).
- Океанография залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря: тезисы докладов Третьей научной конференции, 26–28 апреля 2017 г., Владивосток. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017 / Председатель оргкомитета к.г.н. В.Б. Лобанов. В-восток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017. 47 с. (эл. издание).
- 11. International conference «Vortices and coherent structures: from the ocean to microfluids: abstracts», Russia, Vladivostok, 28–31 August 2017. (эл. издание).
- 12. Голиков С.Ю., Майоров И.С., Петухов В.И., Говорушко С.М., Петрова Е.А. Применение принципов. экосистемного подхода при планировании развития прибрежных акваторий и приморских территорий Дальнего Востока России. В- восток: типография дирекции публикационной деят. ДВФУ, 2016. 414 с.
- 13. Голиков С.Ю., Майоров И.С., Петухов В.И., Блиновская Я.Ю., Говорушко С.М., Петрова Е.А. Морское пространственное планирование на Дальнем Востоке Российской Федерации. В-восток: изд-во ДВФУ, 2017. 240 с.
- 14. Голиков С.Ю., Петухов В.И., Майоров И.С., Блиновская Я.Ю., Говорушко С.М., Петрова Е.А. Основы морского пространственного планирования. ДВФУ, 2017. 440 с.
- 15. Prants S.V., Uleysky M.Yu., Budyansky M.V. Lagrangian oceanography: large-scale transport and mixing in the ocean = Лагранжева океанография: крупномасштабный транспорт и перемешивание в океане. Berlin, New York: Springer Verlag, 2017. 271 с. (на англ. яз.).
- 16. Громашева О.С., Оськин Д.А. Моделирование и исследование систем в SCILAB. Владивосток: ИПХЦ ТИГ ДВО РАН, 2017 260 с.
- 17. Дударев О.В., Чаркин А.Н., Шахова Н.Е., Мазуров А.К., Семилетов И.П. Современный литоморфогенез на восточно-арктическом шельфе. Изд-во: Томский политехн. ун-т, 2016. 192 с.
- 18. Гайко Л.А. Гидрология: Гидрология суши: Методич. указания по выполнению практич. работ и организации самостоят. работы студентов направления 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» всех форм обучения. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2017. 33 с.
- Гайко Л.А. Метеорология: Методические указания по выполнению практических работ и организации самостоятельной работы студентов направления 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» всех форм обучения. Дальрыбвтуз, 2017. 60 с.

#### Статьи

- 1. Аксентов К.И. Поступление ртути в акваторию Амурского залива (Японское море) после прохождения тайфунов в 2015 г. // Метеорология и гидрология. 2017. № 11. С. 51–56.
- 2. Акуличев В.А., Буренин А.В., Ладыченко С.Ю., Лобанов В.Б., Моргунов Ю.Н. Особенности распространения импульсных псевдослучайных сигналов из шельфа в глубокое море при наличии на акустической трассе вихревого образования // Доклады Академии наук. 2017. Т. 475, № 5. С. 584–587.
- 3. *Андреев А.Г.* Мезомасштабная циркуляция вод в районе Восточно- Сахалинского течения (Охотское море) // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 3–12.
- 4. *Андреев А.Г.* Мезомасштабная циркуляция вод в северо-западной части Японского моря // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 61–69.
- 5. Астахов А.С., Ивин В.В., Карнаух В.Н., Коптев А.А., Ли Б.Я., Суховеев Е.Н. Современные геологические процессы и условия формирования баритовой залежи в котловине Дерюгина Охотского моря // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 2. С. 200–214.
- 6. *Астахова Н.В.* Благородные металлы в железомарганцевых образованиях дальневосточных морей: источники поступления // Океанология. 2017. Т. 57, № 4. С. 618–627.
- 7. *Астахова Н.В., Лопатников Е.А.* Марганцевые руды Японского моря (экономическая зона России) // Природа. 2017. № 12. С. 45–51.
- 8. Бельчева Н.Н., Истомина А.А., Звягинцев А.Ю., Епур И.В., Карпенко А.А., Караулова Е.П. Определение метаболитов полициклических ароматических углеводородов в желчи рыб для сравнительной оценки загрязнения прибрежных акваторий // Вопросы ихтиологии. 2017. Т. 57, № 6. С. 737–742.
- 9. Будянский М.В., Пранц С.В., Самко Е.В., Улейский М.Ю.Выявление и лагранжев анализ океанографических структур, перспективных для промысла кальмара Бартрама (Ommastrephes bartramii) в районе Южных Курил // Океанология. 2017. № 5. С. 720–730.
- 10. Будянский М.В., Улейский М.Ю., Андреев А.Г., Пранц С.В. Лагранжев анализ Курильских вихрей // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 81–88.
- 11. Буланов А.В., Нагорный И.Г., Соседко Е.В. Особенности спектроскопии при лазерном пробое воды и водных растворов в ультразвуковом поле // Письма в Журнал технической физики. 2017. Т. 43, № 16. С. 55–60.
- 12. Буланов В.А. Акустическая нелинейность верхнего слоя моря // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750904.
- 13. Буланов В.А., Корсков И.В., Попов П.Н. Измерения нелинейного акустического параметра морской воды с применением устройства, использующего отраженные импульсы // Приборы и техника эксперимента. 2017. Т. 60, № 3. С. 114–118.
- 14. Буланов В.А., Стороженко А.В. О рассеянии высокочастотного звука в верхнем слое океана // Ученые записки физического факультета МГУ // 2017. № 5. Art.no. 1750105.
- 15. Василенко Л.Н. Олигоцен-раннемиоценовые радиолярии из отложений южного плато подводного хребта Витязь (островной склон Курило-Камчатского желоба) и их стратиграфическое значение // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3 (35). С. 87–102.
- Вах Е.А., Павлова Г.Ю., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю. Основной солевой состав и редкоземельные элементы как индикаторы экологического состояния рек южного Приморья // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328, № 1. С. 39–49.
- 17. Власова Г.А., Деменок М.Н. Сезонная изменчивость антициклонической циркуляции вод под влиянием синоптических процессов в районе острова Уруп // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5. С. 150–157.
- 18. Войтенко Е.А., Моргунов Ю.Н. Особенности распространения низкочастотных импульсных сигналов через вихревую структуру в зимних условиях Японского моря // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2017. Т. 10, № 2. С. 63–68.
- 19. Гаврилов А.А. Водораздельные узлы ключевые элементы строения и факторы развития горных областей // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 1 (33). С. 67–82.

- 20. ГельманЕ.И., АсташенковаЕ.В., ПискареваЯ.Е., БессоноваЕ.А., Зверев С.А. Мультидисциплинарные исследования бохайской группы могил в окрестностях Краскинского городища // Археология, этнография и антропология Евразии. 2016. Т. 44, № 4. С. 114–121.
- 21. Голиков С.Ю., Майоров И.С., Петрова Е.А. Повышение качества средне- и долгосрочных прогнозов оптимальных схем природопользования на юге Дальнего Востока России // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2017. Т. 33, № 4. С.148–161.
- 22. Голиков С.Ю., Майоров И.С., Петухов В.И., Петрова Е.А. Использование региональных преимуществ при подготовке специалистов в области охраны природы и природопользования на Дальнем Востоке России // Мир науки, культуры, образования. 2017. № 4 (65). С. 17–22.
- 23. Гордейчук Т.В., Казачек М.В. Атомная эмиссия Na при сонолюминесценции водных растворов поверхностно-активных веществ различного типа // Техническая акустика. 2017. Art.no. 4.
- 24. Гресов А.И., Обжиров А.И., Яцук А.В., Мазуров А.К., Рубан А.С. Газоносность донных осадков и геохимические признаки нефтегазоносности шельфа Восточно-Сибирского моря // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 77–84.
- 25. Гулин О.Э., Ярощук И.О. О локальном эффекте взаимодействия мод низкочастотного звукового поля в случайно-неоднородном двумерном мелком море // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750114.
- 26. Гулин О.Э., Ярощук И.О. Особенности энергетической структуры акустических полей в океане с двумерными случайными неоднородностями // Акустический журнал. 2017. Т. 63, № 2. С. 158–164.
- 27. Гурвич И.А., Пичугин М.К., Баранюк А.В., Кулешов В.П. Некоторые особенности мезомасштабного циклогенеза над Японским морем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 4. С. 155–168.
- 28. Данченков М.А., Лобанов В.Б., Соколова В.Е. У истоков региональной океанографии // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1 (191). С. 149–159.
- 29. Дианский Н.А., Фомин В.В., Чумаков М.М., Степанов Д.В. Ретроспективные расчеты циркуляции и ледяного покрова Охотского моря на основе современных технологий численного моделирования // Вести газовой науки. 2017. Т. 32, № 4. С. 82–93.
- 30. Долгих Г.И. Разработка технологии томографии земной коры шельфа и глубокого моря на основе применения береговых лазерных деформографов и широкополосных низкочастотных гидроакустических излучателей // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art. no. 1750804.
- 31. Долгих Г.И., Будрин С.С., Давыдов А.В., Долгих С.Г., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В., Ярощук И.О. Технология определения структуры морской земной коры для акваторий, покрытых льдом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 11 (106). С. 50–54.
- 32. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н., Чупин В.А., Ярощук И.О. Развитие технологии томографии земной коры шельфовых областей // Доклады Академии наук. 2017. Т. 475, № 2. С. 210–214.
- 33. Долгих Г.И., Будрин С.С., Долгих С.Г., Чупин В.А., Яковенко С.В. Особенности применения мобильного лазерного деформографа в зимних условиях // 2017. № 4 (64). С. 86–91.
- 34. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырёв А.Н., Чупин В.А., Яковенко С.В., Ярощук И.О. Излучающая гидроакустическая система на частотах 19–26 Гц // Приборы и техника эксперимента. 2017. № 4. С. 137–141.
- 35. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Плотников А.А., Чупин В.А., Швец В.А., Яковенко С.В. Низкочастотные особенности динамики фитопланктона // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 89–95.
- 36. Долгих Г.И., Долгих С.Г., Чупин В.А., Фищенко В.К., Швец В.А., Яковенко С.В. Оптико-биологический комплекс // Фотоника. 2017. № 8 (68). С. 38–46.
- 37. Долгих Г.И., Чупин В.А., Щербатюк А.Ф. Аппаратно-программный комплекс для исследования динамики гидросферно-литосферных процессов // Приборы и техника эксперимента. 2017. Т. 217, № 1. С. 156–157.
- 38. Долгих С.Г., Будрин С.С., Плотников А.А. Лазерный измеритель вариаций давления гидросферы с механической системой компенсации температурного воздействия // Океанология. 2017. Т. 57, № 4. С. 663–666.

- *З9. Долматова Л.С., Долматов И.Ю.* Исследование иммуномодулирующих свойств экстракта из дальневосточных видов голотурий при заживлении ран на модели голотурии Eupentacta fraudatrix // Труды ВНИРО. 2017. Т. 167. С. 96–103.
- 40. Долматова Л.С., Уланова О.А., Бынина М.П., Тимченко Н.Ф. Термостабильный токсин Yersinia pseudotuberculosis вызывает разнонаправленные изменения уровней маркеров функциональной активности двух типов фагоцитов у голотурии Eupentacta fraudatrix // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 3 (70). С. 108–111.
- 41. Другова Е.С. Мембранопротекторные свойства экстракта из морской бурой водоросли SACCHARINA JAPONICA при гиперхолестеринемии // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4. С. 92–94.
- 42. Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Ванин Н.С. Влияние ветровых и ледовых условий на апвеллинг у западного побережья Камчатки (Охотское море) по данным спутниковых наблюдений // Исследование Земли из космоса. 2017. № 3. С. 22–29.
- 43. Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Кильматов Т.Р., Андреев А.Г. Влияние ветровых условий на изменчивость апвеллинга у побережья Приморья (северо-западная часть Японского моря) // Метеорология и гидрология. 2017. № 3. С. 58–68.
- 44. Жадан П.М., Ващенко М.А., Рязанов С.Д. Роль циркадного ритма и природных факторов в регуляции нереста морского ежа // Доклады Академии наук. 2017. Т. 476, № 3. С. 357–361.
- 45. Захарков С.П., Владимиров А.С., Штрайхерт Е.А., Ши С., Гладких Р.В., Бузолёва Л.С. Продукционные характеристики бактерий и фитопланктона в весенне-летний период в Охотском и Беринговом морях // Микробиология. 2017. Т. 86, № 3. С. 364–372.
- 46. Изосов Л.А., Крамчанин К.Ю., Ли Н.С., Огородний А.А. Позднепермские кольцевые структуры островов залива Петра Великого (Японское море) // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 51–58.
- 47. Изосов Л.А., Крамчанин К.Ю., Огородний А.А., Ли Н.С. Докайнозойские формации залива Петра Великого и его побережья // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология. 2017. № 2. С. 17–25.
- 48. Изосов Л.А., Ли Н.С. Проблемы глобальной вихревой геодинамики // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 1. С. 27–33.
- 49. Изосов Л.А., Ли Н.С. Тектонические и вулканогенные факторы контроля сейсмической активности Япономорского звена Западно-Тихоокеанской зоны перехода континент – океан // Региональные проблемы. 2017. Т. 20, № 4. С. 40–47.
- 50. Изосов Л.А., Чупрынин В.И., Ли Н.С. // Япономорская сейсмоактивная вихревая структура // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2017. № 3 (35). С. 26–35.
- Касаткина А.П. Уникальная находка глубоководных Chaetognatha (Protokrohnitella gen. n., sp. n., fam. Krohnetellidae Bieri, 1989) из юго-восточной части залива Петра Великого Японского моря // Зоологический журнал. 2017. Т. 96, № 9. С. 1054–1059.
- 52. Клещёва Т.И., Пермяков М.С., Салюк П.А., Голик И.А. Пространственные спектры полей температуры поверхности моря и концентрации хлорофилла «а» в окраинных морях северозападной части Тихого океана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 5. С. 209–220.
- 53. Колесник А.Н., Астахов А.С., Колесник О.Н. Обстановки современного осадконакопления в Чукотском море и прилегающих районах Северного Ледовитого океана (по результатам Q-кластеризации геохимических и гранулометрических данных) // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 12. С. 1853–1866.
- 54. Константинов О.Г., Шмирко К.А., Кульчин Ю.Н., Столярчук С.Ю., Павлов А.Н., Коренский М.Ю. Моделирование оптического контраста тонких органических пленок на морской поверхности // Изв. РАН. ФАО. 2017. Т. 53, № 3. С. 422–432.
- 55. Коренбаум В.И. Методы виброзащиты векторных приемников // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750117.
- 56. Коренбаум В.И., Почекутова И.А., Малаева В.В., Сафронова М.А., Костив А.Е. Трахеальные шумы форсированного выдоха человека: происхождение и диагностические приложения // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. 5. Art.no. 1750703.

- 57. Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Горовой С.В., Костив А.Е., Ширяев А.Д. Низкочастотные приемники градиента давления инерционного типа для океанологических исследований // Приборы и техника эксперимента. 2017. Т. 60, № 4. С. 142–146.
- 58. Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Горовой С.В., Костив А.Е., Ширяев А.Д., Фершалов Ю.Я., Марютин В.С. Низкочастотный приемник градиента давления силового типа для океанологических исследований // Приборы и техника эксперимента. 2017. Т. 60, № 5. С. 120–124.
- 59. Коробов В.В., Чупрынин В.И., Лебедев И.И., Уткин И.В. Эколого-геоморфологические аспекты развития портовой логистики в заливе Петра Великого (Южное Приморье) // Морские порты. 2017. № 5 (156). С. 56–59.
- 60. Коротченко Р.А. Применение сингулярного спектрального анализа для обнаружения акустических сигналов от серых китов // Информационные технологии. 2017. Т. 23, № 12. С. 893–896.
- 61. Кукла С.П., Слободскова В.В., Челомин В.П. Генотоксические свойства оксидов меди в наноформе для морских организмов на примере тихоокеанской мидии // Биология моря. 2017. Т. 43, № 2. С. 139–143.
- 62. Кушнерова Н.Ф. Профилактика стрессовых нарушений здоровья студентов функциональным пищевым продуктом, состоящим из пюре тыквы и морской зеленой водоросли Ulva lactuca // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4. С. 101–103.
- 63. Лазарюк А.Ю., Каплуненко Д.Д., Островский А.Г., Лобанов В.Б., Трусенкова О.О, Ладыченко С.Ю. Экспериментальные исследования изменчивости термохалинной структуры вод над континентальным склоном северо-западной части Японского моря // Океанологические исследования. 2017. № 45. С. 33–51.
- 64. Леонова Т.Д. Рельеф дна Удского залива (Охотское море) // Аспирант и соискатель. 2017. № 6 (102). С. 49–53.
- 65. Леонтьев А.П., Ярощук И.О., Кошелева А.В., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н., Смирнов С.В. Пространственно-распределенный измерительный комплекс для мониторинга гидрофизических процессов на океаническом шельфе // Приборы и техника эксперимента. 2017. Т. 60, № 1. С. 128–135.
- 66. Лесникова Л.Н. Экстракт из туники асцидии пурпурной природный источник биологически активных веществ // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4. С. 103–104.
- 67. Лобанова П.В., Звалинский В.И., Тищенко П.Я. Первичная продукция фитопланктона и концентрация хлорофилла-а в западной части Японского моря по спутниковым и натурным данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 2. С. 135–147.
- 68. Ляпидевский В.Ю., Новотрясов В.В., Храпченков Ф.Ф., Ярощук И.О. Внутренний волновой бор в шельфовой зоне моря // Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 58, № 5. С. 60–71.
- 69. *Макаров Д.В.* Моделирование акустических полей с помощью теории случайных матриц // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750124.
- 70. Макаров Д.В. Об измерении углов прихода акустических импульсов с помощью вертикальной антенны // Акустический журнал. 2017. Т. 63, № 6. С. 637–645.
- 71. *Макаров Д.В.* Эффект обращения атомного потока в флуктуирующей бегущей оптической решетке // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 5. С. 451–454.
- 72. *Макаров Д.В., Коньков Л.Е.* О точности измерения углов прихода звуковых импульсов с помощью вертикальной антенны // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750125.
- 73. Максимов А.О., Половинка Ю.А. Пульсации газового включения вблизи межфазной поверхности // Акустический журнал. 2017. Т. 63, № 1. С. 30–37.
- 74. Малаева В.В., Почекутова И.А., Костив А.Е., Шин С.Н., Коренбаум В.И. Корреляция акустических характеристик трахеальных шумов форсированного выдоха и бодиплетизмографических/ спирографических показателей вентиляционной функции у здоровых и больных с обструктивными заболеваниями легких // Физиология человека. 2017. Т. 43, № 6. С. 63–70.
- 75. *Матвиенко Ю.В., Моргунов Ю.Н., Стробыкин Д.С.*Особенности формирования пространственной структуры векторно-фазовых акустических полей в условиях шельфовой зоны Японского моря // Подводные исследования и робототехника. 2017. Т. 24, № 2. С. 36–41.
- 76. *Мельников В.В., Сидоренко М.М., Фомин С.В.* Современное распределение и численность финвала в Охотском море // Труды ВНИРО. 2017. Т. 168. С. 147–155.

- 77. *Мельниченко Н.А., Тювеев А.В., Лазарюк А.Ю., Савченко В.Г., Кустова Е.В.* Особенности формирования вертикальной структуры льда в бухте Новик (о-в Русский) по данным ЯМР и МРТ // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 70–80.
- 78. Мерзляков В.Ю. Влияние экстракта из морского гидробионта асцидии пурпурной на нарушения липидного обмена печени при алкогольной интоксикации // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4. С. 107–108.
- 79. Мишукова Г.И., Шакиров Р.Б. Пространственная изменчивость распределения метана в морской среде и его потоков на границе вода-атмосфера в западной части Охотского моря // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 4. С. 493–503.
- 80. *Мишукова Г.И., Шакиров Р.Б., Обжиров А.И. Потоки* метана на границе вода-атмосфера в Охотском море // Доклады Академии наук. 2017. Т. 475, № 6. С. 697–701.
- Моргунов Ю.Н. Исследование особенностей акустической подводной дальнометрии в зимних гидрологических условиях Японского моря // Подводные исследования и робототехника. 2017. Т. 23, № 1. С. 57–61.
- 82. Моргунов Ю.Н., Буренин А.В. Распространение импульсных псевдослучайных сигналов из шельфа в глубокое море в зимних гидрологических условиях Японского моря // Ученые записки физического факультета МГУ. 2017. № 5. Art.no. 1750106.
- 83. Моргунов Ю.Н., Буренин А.В., Безответных В.В., Голов А.А. Распространение импульсных псевдослучайных сигналов из шельфа в глубокое море в зимних гидрологических условиях японского моря // Акустический журнал. 2017. Т. 63, № 6. С. 646–650.
- 84. Мороз В.В. Формирование температурных аномалий в северо-восточной части Японского моря под влиянием атмосферных процессов в летний период // Slovak International Scientific Journal. 2017. № 3. С. 28–30.
- 85. Обжиров А.И. Газогидраты как альтернативный источник углеводородов // НефтеГазоХимия. 2016. № 4. С. 59–62.
- 86. Обжиров А.И. Наукометрическая истерия и Наука и Образование // Евразийское Научное Объединение. 2017. Т. 2, № 3. С. 162–164.
- 87. Окулов А.К., Обжиров А.И., Мишукова Г.И., Окулов Ал.К. Распределение метана на акватории залива Петра Великого // Подводные исследования и робототехника. 2017. № 1(23). С. 68–73.
- 88. Пак В.В. Трехмерная совместная численная модель медленного течения вязкой жидкости // Прикладная механика и техническая физика. 2017. Т. 57. С. 1172–1181.
- 89. Пермяков М.С., Поталова Е.Ю., Дрога А.Н., Шевцов Б.М. Поля молниевых разрядов в тайфунах // Исследование Земли из космоса. 2017. № 4. С. 59–67.
- 90. Петров П.С., Сергеев С.А., Толченников А.А. Моделирование распространения импульсных акустических сигналов в глубоком океане с помощью канонического оператора Маслова // Доклады Академии наук. Математика. 2017. Т. 473, № 2. С. 142–145.
- 91. Плетнёв С.П., Мельников М.Е., Пунина Т.А., Смирнова О.Л., Копаевич Л.Ф. Новые палеонтологические данные по гайотам Говорова, Вулканолог и Коцебу (Магеллановы горы, Тихий океан) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 2. С. 86–92.
- 92. Половинка Ю.А., Максимов А.О. Обнаружение подводных утечек газа с помощью обращенных во времени акустических сигналов // Ученые записки физического факультета МГУ. Акустика океана. 2017. № 5. Art.no. 1750127.
- 93. Поляков Д.М. Динамика содержания микроэлементов в донных отложениях маргинального фильтра (река Раздольная-Амурский залив) результат биогеохимических процессов // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 4. С. 485–492.
- 94. Поляков Д.М. Зарубина Н.В. Геохимические особености накопления РЗЭ и Y субколлоидной фракцией осадков северной части Амурского залива (Японское море) // Геохимия. 2017. Т., № 5. С. 463–469.
- 95. Пономарева Т.И. Применение экстракта Halocynthia aurantium при радиационном воздействии // Здоровье. Медицинская экология. 2017. Т. 71, № 4. С. 113–115.
- 96. Пранц С.В., Коньков Л.Е. О возможности наблюдения хаотического блуждания холодных атомов в жестких оптических решетках // Квантовая электроника. 2017. Т. 47, № 5. С. 446–450.

- 97. Прошкина З.Н., Кулинич Р.Г., Валитов М.Г. Структура, вещественный состав и глубинное строение океанского склона Центральных Курил: новые детали // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 6. С. 44–55.
- 98. Пугачев А.А. Кристаллические сланцы острова Русский (залив Петра Великого, Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 120–129.
- 99. Пшенёва О.Ю., Горбаренко С.А. Отклики бентосных фораминифер на палеоокеанологические изменения во время максимума последнего оледенения, дегляциации и голоцена в северо-западной части Тихого океана // Биология моря. 2017. Т. 43, № 1. С. 54–63.
- 100. Ростов И.Д., Дмитриева Е.В., Воронцов А.А. Тенденции климатических изменений термических условий прибрежных районов Охотского моря за последние десятилетия // Известия ТИНРО. 2017. Т. 191. С. 176–195.
- 101. Ростов И.Д., Плотников В.В., Дубина В.А., Рудых Я.Н., Рудых Н.И., Ростов В.И. Информационносправочная система «Режим и изменчивость ледяного покрова залива Петра Великого (Японское море)» // Метеорология и гидрология. 2017. № 11. С. 113–118.
- 102. Ростов И.Д., Рудых Н.И., Ростов В.И. Динамика межгодовых изменений показателей химического загрязнения прибрежных акваторий Сахалина и Камчатки // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5. С. 137–149.
- 103. Самченко А.Н. Геоакустическое моделирование на шельфе с помощью геоинформационных систем // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2017. Т. 33, № 4. С.131–138.
- 104. Самченко А.Н., Ярощук И.О. Акустические параметры рыхлых донных отложений залива Петра Великого (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5. С. 130–136.
- 105. Спрыгин В.Г. Полифенольная фракция из морской бурой водоросли Sargassum pallidum как фармакологическое средство при гепатозах // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4. С. 115–117.
- 106. Спрыгин В.Г., Кушнерова Н.Ф., Фоменко С.Е., Другова Е.С., Лесникова Л.Н., Мерзляков В.Ю., Момот Т.В. Влияние экстракта из морской бурой водоросли SARGASSUM PALLIDUM (Turner) С. Agardh, 1820 на метаболические реакции печени при экспериментальном токсическом гепатите // Биология моря. 2017. Т. 43. № 6. С. 444–449.
- 107. Степанов Д.В. Оценка бароклинного радиуса деформации Россби в Охотском море // Метеорология и гидрология. 2017. № 9. С. 83–89.
- 108. Стробыкин Д.С. Особенности применения М-последовательностей на несущей с фазовой манипуляцией для целей акустического мониторинга неоднородностей морской среды // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5. С. 121–129.
- 109. Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Горнов П.Ю., Тимофеев А.В., Валитов М.Г., Бойко Е.В. Современные движения континентальной окраины Дальнего Востока России по результатам GPS наблюдений // Вестник СГУГиТ. 2017. Т. 22, № 1. С. 88–102.
- 110. Тищенко П.П., Звалинский В.И., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю. Первичная продукция Амурского залива (Японское море) в летний сезон 2008 года // Биология моря. 2017. Т. 43, № 3. С. 195–202.
- 111. Тищенко П.Я., Михайлик Т.А., Павлова Г.Ю., Тищенко П.П., Колтунов А.М., Jing Zhang. Карбонатное равновесие вод реки Раздольной // Геохимия. 2017. Т. 55, № 3. С. 236–248.
- 112. Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Звалинский В.И., Барабанщиков Ю.А., Михайлик Т.А., Сагалаев С.Г., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Шулькин В.М. Гипоксия придонных вод эстуария реки Раздольная // Доклады Академии наук. 2017. Т. 476, № 5. С. 576–580.
- 113. Точилина С.В., Голл (Попова) И.М., Василенко Л.Н., Можеровский А.В. Особенности геологического строения глубоководных разрезов гайотов Детройт и Мейджи на севере Императорского хребта (Тихий Океан) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 5. С. 92–115.
- *114. Трухин А.М.* Ларга: уникальная популяция на юге ареала // Мордовский заповедник. 2017. № 12. С. 11–13.
- 115. Уланова О.А., Долматова Л.С. Модуляция дексаметазоном оксидантно-антиоксидантного баланса приводит к различным изменениям апоптоза Φ1 и Φ2 фагоцитов голотурии Eupentacta fraudatrix // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4 (71). С. 123–125.
- 116. Фоменко С.Е. Использование экстракта из морской зеленой водоросли Ulva lactuca для профилактики стресс-индуцированных нарушений метаболизма в организме // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2017. № 4. С. 126–128.

- 117. Фоменко С.Е., Кушнерова Н.Ф., Момот Т.В. Изменение липидного состава мембран эритроцитов у водолазов, работающих на малых и средних глубинах // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 3. С. 41–46.
- 118. Фомин С.В., Рязанов С.Д., Усатов И.А., Бурканов В.Н. Встречи клюворыла Ziphius Cavirostris Cuvier, 1823 (Cetacea: ziphiidae) в водах восточной Камчатки и Командорских островов // Биология моря. 2017. Т. 43, № 3. С. 215–218.
- 119. Худик В.Д., Съедин В.Т. К проблеме изучения двухстворчатых моллюсков рода Lucinoma Dall из кайнозоя северо-восточной Пацифики // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 29–37.
- 120. ЦойИ.Б., Горовая М.Т., Василенко Л.Н., Ващенкова Н.Г., Вагина Н.К. Возрасти условия формирования пород осадочного чехла подводного плато Уллын Японского моря по микропалеонтологическим данным // Стратиграфия. Геологическая Корреляция. 2017. Т. 25, № 1. С. 85–108.
- *121. Цой И.Б., Обрезкова М.С., Аксентов К.И., Колесник А.Н., Панов В.С.* Позднеголоценовые изменения среды юго-западной части Чукотского моря по результатам диатомового анализа // Биология моря. 2017. Т. 43, № 4. С. 246–255.
- 122. Чаркин А.Н., Дударев О.В., Салюк А.Н., Шахова Н.Е., Сергиенко В.И., Семилетов И.П. Короткоживущие изотопы 224Ra и 223Ra в системе «река Анадырь Берингово море» // Доклады Академии наук . 2017. Т. 476, № 1. С. 51–54.
- 123. Чудновский В.М., Маховская Т.Г, Юсупов В.И., Жигарьков В.С., Дыдыкин А.В., Дыдыкин В.Ф. Лазерная перфорация экструзий межпозвонковых дисков // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. 2017. № 7 (90). С. 69–75.
- 124. Чудновский В.М., Юсупов В.И., Дыдыкин А.В., Невожай В.И., Кисилёв А.Ю., Жуков С.А., Баграташвили В.Н. Лазероиндуцированное кипение биологических жидкостей в медицинских технологиях // Квантовая электроника. 2017. Т. V. 47, № 4. С. 361–370.
- 125. Чудновский В.М., Юсупов В.И., Жуков С.А., Ечмаев С.Б., Баграташвили В.Н. Лазероиндуцированный режим сверхинтенсивного пузырькового кипения // Доклады Академии наук. 2017. Т. 473, № 5. С. 533–535. 2017. Vol. 62, No. 4. Р. 174–175.
- 126. Чупин В.А., Будрин С.С., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швец В.А., Швырев А.Н., Яковенко С.В., Ярощук И.О. Разработка методики томографии морского дна для акваторий, покрытых льдом. Первый эксперимент // Подводные исследования и робототехника нет. 2017. Т. 23, № 1. С. 62–67.
- 127. Чупин В.А., Долгих Г.И., Самченко А.Н. Неразрушающий бесконтактный метод исследования строения морского дна // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2017. Т. 10, № 2. С. 9–15.
- 128. Чупрынин В.И., Изосов Л.А. Модель формирования краевых морей Западной части Тихого океана. Доклады Академии наук. Науки о Земле. 2017. Т. 472, № 1. С. 68–71.
- 129. Шакиров Р.Б., Обжиров А.И., Саломатин А.С., Макаров М.М. Новые данные о линеаментном контроле современных очагов метановой дегазации морей Восточной Азии // Доклады Академии наук. 2017. Т. 477, № 3. С. 327–330.
- 130. Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Сырбу Н.С., Нгуен Ну Чунг, Фунг Ван Фать, Ле Дык Ань, Чон Тхань Фи. Газогеохимические особенности осадков залива Тонкин (Южно-Китайское море) // Вестник ДВО РАН. 2017. № 4. С. 33–42.
- *131. Шевцова О.В.* Рост относительной короткопериодной изменчивости в системе неконсервативных химических показателей на шельфе о.Сахалин // Актуальные проблемы современной науки. 2017. № 6 (97). С. 351–355.
- 132. Шмирко К.А., Константинов О.Г., Павлов А.Н., Дубинкина Е.С. Особенности формирования сликов на морской поверхности // Изв. РАН. 2017. Т. 53, № 1. С. 107–114.
- 133. Anh L.D., Nguyen Hoang, Shakirov R.B., Huong T.Th. Geochemistry of late Miocene-Pleistocene basalts in the Phu Quy Island area (East Vietnam Sea): implication for mantle source features and melts generation // Vietnam Journal of Earth Sciences. 2017. T. 39, № 3. C. 270–288.
- 134. Artemova A.V., Gorbarenko S.A., Vasilenko Yu.P., Shi Xuefa, Liu Yanguang, Chen Min-Te. Palaeoceanography changes in the Okhotsk Sea during Late Pleistocene and Holocene according to diatoms // Quaternary International. 2017. № 459. C. 175–186.

- 135. Bulanov A.V., Nagorny I.G. The Magnification of Atomic Lines Intensity Originated by laser Breakdown in Ultrasound Field // Physics Procedia. 2017. T. 86. C. 147–151.
- 136. Bulanov A.V., Nagorny I.G., Storozhenko A.V. Features of Optical Breakdown of Liquid under the Action of Ultrasound // Physics Procedia. 2017. T. 86. C. 141–146.
- 137. Bulavintsev V., Petrov P., Posypkin M., Zaikin O. A GPU-enabled black-box optimization in application to dispersion-based geoacoustic inversion // CEUR Workshop Proceedings. 2017. T. 1987. C. 95–100.
- 138. Charkin A.N. Rutgers van der Loeff M., Shakhova N.E., Gustafsson Ö., Dudarev O.V., Cherepnev M.S., Salyuk A.N., Koshurnikov A.V., Spivak E.A., Gunar A.Y., Ruban A.S., Semiletov I.P. Discovery and characterization of submarine groundwater discharge in the Siberian Arctic seas: a case study in the Buor-Khaya Gulf, Laptev Sea // The Cryosphere. 2017. № 11. C. 2305–2327.
- 139. Chelomin V.P., Slobodskova V.V., Zakhartsev M., Kukla S.P. Genotoxic potential of copper oxide nanoparticles in the bivalve mollusk Mytilus trossulus // Journal of Ocean University of China. 2017. T. 16, № 2. C. 339–345.
- 140. Chou W.-C., Tishchenko P.Y., Chuang K.-Y., Gong G.-C., Shkirnikova E.M., Tishchenko P.P. The contrasting behaviors of CO2 systems in river-dominated and ocean-dominated continental shelves: A case study in the East China Sea and the Peter the Great Bay of the Japan/East Sea in summer 2014 // Marine Chemistry. 2017. T. 195. C. 50–60.
- 141. Dolgikh G.I., Budrin S.S., Dolgikh S.G., Ovcharenko V.V., Chupin V.A., Yakovenko S.V. Particulars of a transmitted acoustic signal at the shelf of decreasing depth // Journal of the Acoustical Society of America. 2017. T. 142, № 4. C. 1990–1996.
- 142. Fershalov A.Y., Tsigankova L.P., Fershalov M.Y. An Empirical Model For Gas-Dynamic Characteristics Microturbines Rotor Wheels // International Journal of Mechanics. 2016. T. 10. C. 99–104.
- 143. Fershalov Yu. Ya., Fershalov M. Yu., Fershalov A. Yu. Energy Efficiency of Nozzles for Axial Microturbines // Procedia Engineering. 2017. № 206. C. 499–504.
- 144. Gorbarenko S.A., Shi X., Malakhova G.Yu., Bosin A.A., Zou J., Liu Y., Chen M.-T. Centennial to millennial climate variability in the far northwestern Pacific (off Kamchatka) and its linkage to the East Asian monsoon and North Atlantic from the Last Glacial Maximum to the early Holocene // Climate of the Past. 2017. T. 13, № 8. C. 1063–1080.
- 145. Gorbarenko S.A., Velivetskaya T., Malakhov M., Bosin A.A. Glacial terminations and the Last Interglacial in the Okhotsk Sea; Their implication to global climatic changes // Global and Planetary Change. 2017. T. 152. C. 51–63.
- 146. Guravskaya G.I., Kasatkina A.P. Finding of skeletal attaching structures of euconodonts (h-elements) from the lower triassic of south primorye: ethological significance // Albertiana. 2017. T. 44. C. 1–3.
- 147. Kameneva P.A., Krasheninina E.A., Slobodskova V.V., Kukla S.P., Orlova T.Yu. Accumulation and Tissue Distribution of Dinophysitoxin-1 and Dinophysitoxin-3 in the Mussel Crenomytilus grayanus Feeding on the Benthic Dinoflagellate Prorocentrum foraminosum // Marine Drugs. 2017. T. 15, № 10. C. 329–330.
- 148. Kasatkina A.P., Stolyarova M.V., Sergeev A.F. Morphological changes in marine planctonic animals chaetognatha under radiation exposure // Journal of International Scientific Publications: Ecology and Safety. 2017. T. 11. C. 211–219.
- 149. Klyatskin V.I., Koshel K.V. Impact of diffusion on surface clustering in random hydrodynamic flows // Physical Review E. 2017.T. 95. C. 013109-1-013109-7.
- 150. Kostenko V.A., Nesterenko V.A., Trukhin A.M. Mammals of the Kuril Islands. Part 22. Pinnipeds // Forest Protection (Синрин Хокаку). 346. 2017. № 6. С. 12–15.
- 151. Kostenko V.A., Nesterenko V.A., Trukhin A.M. Mammals of the Kuril Islands. Part 23. Phoca largha // Forest Protection (Синрин Хокаку). 347. 2017. № 12. С. 21–24.
- 152. Leifer I., Chernykh D., Shakhova N., Semiletov I. Sonar gas flux estimation by bubble insonification: application to methane bubble flux from seep areas in the outer Laptev Sea // The Cryosphere. 2017. N

   № 11. C. 1333–1350.
- 153. Lester Lembke-Jene, Ralf Tiedemann, Dirk Nürnberg, Ulla Kokfelt, Reinhard Kozdon, Lars Max, Ursula Röhl, Gorbarenko S.A. Deglacial variability in Okhotsk Sea Intermediate Water ventilation and biogeochemistry: Implications for North Pacific nutrient supply and productivity // Quaternary Science Reviews. 2017. T. 160. C. 116–137.

- 154. Luchsheva L., Konovalov Yu., Obzhirov A. Gas Hydrate deposits are a real source of mercury in marine ecosystems // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2017. Vol. 2, № 6. P. 10–14.
- 155. Makarov D.V., Uleysky M.Yu. Chaos-assisted formation of immiscible matter-wave solitons and selfstabilization in the binary discrete nonlinear Schrödinger equation // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2017. T. 43. C. 227–238.
- 156. Melnikov V.V. Seasonal Movements and Relative Abundance of Bearded Seals (Erignathus barbatus) in the Coastal Waters of the Chukotka Peninsula // Arctic. 2017. T. 70, № 4. C. 403–413.
- 157. Melnikov V.V., Sidorenko M.M., Fomin, S.V. Okhotsk Finwhale (Balaenoptera physalus) Modern Distribution and Abundance // Open Access Library Journal. 2017. T. 4, e3250. C. 1–9.
- 158. Mitnik L., Kuleshov V., Mitnik M., Streltsov A.M., Cherniavsky G., Cherny I. Microwave scanner sounder MTVZA-GY on new Russian meteorological satellite Meteor-M N 2: modeling, calibration and measurements // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2017. T. 10, № 7. C. 3036–3045.
- 159. Mochalov V.A., Permyakov M.S., Cherneva N.V., Mochalova A.V. Functional scheme of the construction process of a multi-site system for lightning activity monitoring of tropical cyclones // Proceedings of SPIE «The International Society for Optical Engineering: 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics». 2017. T. 10466. Art.no. 1046612.
- 160. Nguyen Huu Tuyen, Pham Nam Hung, Cao Dinh Trong, Nguyen Trung Thành, Phung Van Phach, Shakirov R. Geoblocks Delineation and Recognition of Earthquake Prone Areas in the Tuan Giao Area (Northwest Vietnam) // American Journal of Environmental and Resource Economics. 2017. T. 2, № 3. C. 132–150.
- 161. Obzhirov A. Gasgeochemical indicators seismic activity // E3S Web of Conferences. 2017. T. 20. Art.no. 03003.
- 162. Pavlov A., Konstantinov O., Shmirko K. Optical monitoring of film pollution on sea surface // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. 2017. T. 10466. C. 6.
- 163. Pavlov A., Konstantinov O., Shmirko K., Zubko E. Polarimeter based on video matrix // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. 2017. V. 10466. Art.no. 104663D.
- 164. Peihua Feng, Jiazhong Zhang, Shengli Cao, Prants S.V., Yan Liu. Thermalized solution of the Galerkintruncated Burgers equation: From the birth of local structures to thermalization // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2017. T. 45. C. 104–116.
- 165. Petrov P.S., Ehrhardt M, Makarov D.V. Multiscale Approach to parabolic equations derivation: beyond the linear theory // Procedia Computer Science. T. 108. C. 1823–1831.
- *166. Petrov P.S., Prants S.V., Petrova T.N.* Analytical Lie-algebraic solution of a 3D sound propagation problem in the ocean // Physics Letters A. 2017. T. 381. C. 1921–1925.
- *167. Petukhov V.I., Petrova E.A., Losev O.V.* Analysis of level of technogenic impact on water area of Uglovoy Bay // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. T. 262. Art.no. 012173.
- 168. Pipko I.I., Pugach S.P., Semiletov I.P., Anderson L.G., Shakhova N.E., Gustafsson Ö., Repina I.A., Spivak E.A., Charkin A.N., Salyuk A.N., Shcherbakova K.P., Panova E.V., Dudarev O.V. The spatial and interannual dynamics of the surface water carbonate system and air–sea CO2 fluxes in the outer shelf and slope of the Eurasian Arctic Ocean // Ocean Science. 2017. T. 13, № 6. C. 997–1016.
- 169. Prants S.V. Quantum-classical correspondence in chaotic dynamics of laser-driven atoms // Physica Scripta. 2017. T. 92. Art.no. 044002.
- 170. Prants S.V., Andreev A.G., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu. Mesoscale circulation along the Sakhalin Island eastern coast // Ocean Dynamics. 2017. T. 67, № 3. C. 345–356.
- 171. Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu. Lagrangian simulation and tracking of the mesoscale eddies contaminated by Fukushima-derived radionuclides // Ocean Science. 2017. T. 13. C. 453–463.
- 172. Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M.Yu. Statistical analysis of Lagrangian transport of subtropical waters in the Japan Sea based on AVISO altimetry data // Nonlinear Processes in Geophysics. 2017. T. 24. C. 89–99.
- 173. Prants S.V., Uleysky M.Yu. Genealogical Tree of Russian schools on Nonlinear Dynamics // Discontinuity, Nonlinearity, and Complexity. 2017. T. 6, № 2. C. 191–199.
- 174. Rodriguez O.C., Sturm F., Petrov P.S., Porter M. Three-dimensional model benchmarking for cross-slope wedge propagation // Proceedings of Meetings on Acoustics. 2017. T. 30. Art.no. 070004.

- 175. Ryazanov S.D., Kirillova A.D., Laskina N.B., Burkanov V.N. Infanticide and cannibalism in Steller sea lions (Eumetopias jubatus) // Marine Mammal Science. 2017. № 12437.
- 176. Ryzhov E.A. Nonlinear dynamics of an elliptic vortex embedded in an oscillatory shear flow // Chaos. 2017. T. 27. Art.no. 113101.
- 177. Ryzhov E.A., Koshel K.V. Parametric resonance in the dynamics of an elliptic vortex in a periodically strained environment // Nonlinear Processes in Geophysics. 2017. T. 24. C. 1–8.
- 178. Salyuk P.A., Nagorny I.G. Analysis of Spectral Features of Seawaterbiooptical Components Fluorescence from the Excitation-emission Matrix // Physics Procedia. 2017. T. 86. C. 86–91.
- 179. Shakhova N., Semiletov I., Gustafsson O., Sergienko V., Lobkovsky L., Dudarev O., Tumskoy T., Grigoriev M., Mazurov A., Salyuk A., Ananiev R., Koshurnikov A., Kosmach D., Charkin A., Dmitrevsky N., Karnaukh V., Gunar A., Meluzov A., Chernykh D. Current rates and mechanisms of subsea permafrost degradation in the East Siberian Arctic Shelf // Nature Communications. 2017. № 8. Art.no. 15872.
- 180. Shevtsov B.M., Shevtsova O.V. Fractional properties of geophysical field variability on the example of hydrochemical parameters // E3S Web of Conferences. 2017. T. 20. Art.no. 02014.
- 181. Simonenko S.V. The confirmed validity of the thermohydrogravidynamic theory concerning the strongest intensifications of the global natural processes of the Earth in 2016 since 1 September, 2016 // British Journal of Applied Science and Technology. 2016. T. 18, № 5. Art.no BJAST.30049.
- 182. Simonenko S.V. The confirmed validity of the thermohydrogravidynamic theory concerning the strongest intensifications of the global natural processes of the Earth in 2017 since 10 April, 2017 // International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. 2017. T. 7, № 5. C. 389–395.
- 183. Simonenko S.V. The confirmed validity of the thermohydrogravidynamic theory concerning the first subrange of the strongest intensifications of the global natural processes of the Earth in 2017 since 10 April, 2017 and before 6 August, 2017 // Transylvanian Review. 2017. T. XXV, № 20. C. 5049–5058.
- 184. Simonenko S.V. The cosmic gravitational genesis of the predicted intensifications of global natural processes since 10 April, 2017 and before 26 February, 2018 // American Journal of Earth Sciences. 2017. T. 4, № 3. C. 32–47.
- 185. Simonenko S.V. The prediction of the thermohydrogravidynamic theory concerning the first subrange of the strongest intensifications of the global natural processes of the Earth in 2017 since 10 April, 2017 and before 16 July, 2017 // International Journal of Emerging Research in Management and Technology. 2017. T. 6, № 5. C. 7–12.
- 186. Simonenko S.V. The prediction of the thermohydrogravidynamic theory concerning the strongest intensifications of the global natural processes of the Earth since 18 July, 2017 and before 26 February, 2018 // International Journal of Research Granthaalayah. 2017. T. 5, № 8. C. 127–145.
- 187. Simonenko S.V. The prediction of the thermohydrogravidynamic theory concerning the strongest intensifications of the seismotectonic and climatic processes in California since 9 August, 2017 and before 3 March, 2018. International Journal of Research Granthaalayah. 2017. T. 5, № 10. C. 137–159.
- 188. Timofeev V.Yu., Kalish E.N., Ardyukov D.G., Valitov M.G., Timofeev A.V., Stus Y.F., Kulinich R.G., Nosov D.A., Sizikov I.S., Ducarme B. Gravity observation at continental borderlands (Russia, Primorie, Cape Shults) // Geodesy and Geodynamics. 2017. T. 8, № 3. C. 193–200.
- 189. Tsoy I.B. Early Miocene freshwater diatom flora from the Yamato Rise, the Sea of Japan // Diatom Research. 2017. T. 32, № 3. C. 277–293.
- 190. Vakh E.A., Vakh A.S, Petukhov V.I., Pavlova G.Yu., Tarasenko I.A., Zubtsova A.S. Study on rare-earth elements distribution in the surface waters of Primorsky region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.2017. T. 87. Art.no. 072005.
- 191. Vasilenko Yu.P., Gorbarenko S.A., Bosin A.A., Shi X., Chen M.-T., Zou J., Liu Y., Artemova A.V., Yanchenko E.A., Savenko M.P. Millennial mode of variability of sea ice conditions in the Okhotsk Sea during the last glaciation (MIS 4-MIS 2) // Quaternary International. 2017. T. 459. C. 187–200.
- 192. Winiger P., Andersson A., Eckhardt S., Stohl A., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Charkin A.N., Shakhova N.E., Klimont Z., Heyes C., Gustafsson O. Siberian Arctic black carbon sources constrained by model and observation // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2017. T. 114, № 7. C. E1054–E1061.

- 193. Zaikin O., Petrov P. Application of iterative hill climbing to the sound speed profile inversion in underwater acoustics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. T. 173. Art.no. 012022.
- 194. Zaikin O., Petrov P., Posypkin M., Bulavintsev V., Kurochkin I. Using volunteer computing for sound speed profile estimation in underwater acoustics // CEUR Workshop Proceedings. 2017. T. 1973. C. 43–48.

#### Патенты, программы для ЭВМ и базы данных

- 1. Автономный регистратор гидрофизических полей: Пат. 171967 U1/ А.А. Пивоваров, И.О. Ярощук, А.П. Леонтьев, А.Н. Швырев з. 2017109315, заявл. 20.03.2017, зарег. и опубл. 22.06.2017, Бюл. № 18
- 2. БД Содержание загрязняющих веществ в контролируемых прибрежных акваториях Сахалина и Камчатки. Свидетельство о рег. № 2017620398 / И.Д. Ростов, Е.В. Дмитриева з. № 2017620135, заявл. 20.02.2017, зарег. и опубл 06.04.2017, Бюл. № 3.
- 3. БД Физические свойства горных пород Дальневосточного сектора зоны перехода от континента к Тихому океану: Свидетельство о рег.2017620378 / А.Н. Сокарев, Т.А. Харченко, М.Г. Валитов з. № 2017620398, заявл. 20.02.2017, зарег. и опубл. 05.04.2017, Бюл. № 3.
- 4. Гепатопротекторное средство из морских водорослей: Пат. 2616253 С1 / В.Г. Спрыгин, Н.Ф. Кушнерова, С.Е. Фоменко з. № 2016116700, заявл. 27.04.2016, зарег. и опубл.13.04.2017, Бюл. № 11.
- 5. Гидроакустическая дальномерная система навигации: Пат. 2624980С1 / Ю.А. Половинка з. № 2016132753, заявл. 08.08.2016, зарег. и опубл.11.07.2017, Бюл. № 20.
- 6. Гребной винт регулируемого шага: Пат. № 168677 U1 / С.Н. Ковалев з. № 2016120135, заявл. 24.05.2016, зарег. и опубл. 15.02.2017, Бюл. № 5.
- 7. Двухкомпонентный приемник градиента давления и способ измерения градиента давления с его использованием: Пат 2624791 С1 / В.И. Коренбаум, С.В. Горовой, А.А. Тагильцев, А.Е. Костив з. № 2016138938, заявл. 03.10.2016, зарег. и опубл.06.07.2017, Бюл. № 19.
- 8. Комбинированный приемник для регистрации дыхательных звуков на поверхности грудной клетки: Пат 2611735 С1 / В.И. Коренбаум, С.В. Горовой, А.А. Тагильцев, А.Е. Костив, Л.Д. Ширяев – з. № 2016112834, заявл. 04. 04.2016, зарег. и опубл. 28.02.2017, Бюл. № 7.
- 9. Лазерно-интерференционный измеритель градиента давления в жидкости: Пат. № 2625000С1/ Г.И. Долгих, А.А. Плотников – з. № 2016110389, заявл. 21.03.2016, зарег. и опубл. 11.07.2017, Бюл.20.
- 10. Многоканальный цифровой регистратор сигналов: Пат. 2616346 С1 / А.П. Леонтьев, С.Н. Ковалев з. № 2016111551, заявл. 28. 03.2016, зарег. и опубл. 14.04.2017, Бюл. № 11.
- 11. Подвесной поверхностный привод судна: Пат. 2628039С1 / С.Н. Ковалев з. № 2016122326, заявл. 06.06.2016, зарег. и опубл.14.08.2017, Бюл. № 23.
- 12. Программа генерации двумерного случайного дельта-коррелирования по времени поля скорости с заданным корреляционным тензором: Св. № 2016663674 / К.В. Кошель з. № 2016661434, заявл. 27.10.2016, зарег. 13.12.2016, опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
- *13. Программа ЭВМ «ADDdataTDBhydro»* : Свидетельство о рег. № 2017662179/ В.А.Гриценко –з. №2017619004, заявл.07.09.2017, зарег. и опубл.01.11.2017, Бюл. №11
- *14. Программа ЭВМ «24BitToInputFormat»*: Свидетельство о рег. № 2017662178 / В.А. Гриценко –з. № 2017619001, заявл. 07.09.2017, зарег. и опубл. 01.11.2017, Бюл. № 11.
- 15. Программа ЭВМ «Библиотека подпрограмм для расчета нормальных мод, групповых скоростей и гармонических звуковых полей в мелком море»: Свидетельство о рег. № 2017662004 / П.С. Петров, О.С. Заикин № 2017618878, заявл. 29.08.2017, зарег. и опубл. 25.10.2017, Бюл. № 11.
- 16. Программа ЭВМ «Программа для расчета звукового поля в мелком море с изогнутым подводным каньоном»: Свидетельство о рег. № 2017611350 / П.С. Петров № 201666371, заявл. 21.11.2016, зарег. 08.12.2016, опубл. 02.02.2017, Бюл. № 1.
- 17. Программа ЭВМ «Программа для расчета звуковых полей в океане с помощью итеративных параболических уравнений»: Свидетельство о рег. № 2017610684 / П.С. Петров № 2016662708, заявл. 21.11.2016, зарег. 16.01.2017, опубл. 20.01.2017, Бюл. № 1.

- 18. Программа ЭВМ «Программа для расчета распространения импульсных сигналов в акустических средах с вязкоупругим затуханием (WELWET)»: Свидетельство о рег. № 2017611354 / П.С. Петров № 201666365, заявл. 08.12.2016, зарег и опубл. 02.02.2017, Бюл. № 2.
- 19. Программа ЭВМ «Программа для фильтрации модовых компонент импульсного сигнала и построения дисперсионных кривых»: Свидетельство о рег. № 2017662013/П.С. Петров, О.С. Заикин з. № 2017618608, заявл. 29.08.2017, зарег. и опубл. 25.10.2017, Бюл. № 11.
- 20. Программа ЭВМ «Программа расчета спектров уходящего микроволнового излучения Земли»: Свидетельство о рег. № 2017664080 / М.Л. Митник з. № 2017660920, заявл. 27.10.2017, зарег. и опубл. 15.12.2017, Бюл. № 12.
- 21. Программа ЭВМ «Программа экспресс-анализа изображений и видео (QAVIS)»: Свидетельство о рег. № 2017611593 / В.К. Фищенко, А.А. Гончарова № 201663409, заявл. 08.12.2016, зарег. и опубл. 02.02.2017, Бюл. № 2.
- 22. Способ контроля физиологических параметров дыхательной системы водолазов : Пат. № 2625274 / А.Е.Костив, В.И.Коренбаум з. № 2016137384, заявл. 19.09.2016, зарег. и опубл. 12.07.2017, Бюл. № 20.
- 23. Способ получения карты мощности антропогенных карбонатных отложений археологического памятника типа «раковинная куча»: Пат. 2631527С1 / Е.А. Бессонова, А.Н. Попов, Б.В. Лазин № 2016129812, заявл. 20. 07.2016, зарег. и опубл. 25.09.2017, Бюл. № 27.
- 24. Способ электромагнитной разведки источников углеводородного сырья на глубоком шельфе морских акваторий: Пат. № 2627670 С1 / Б.А. Буров, А.И. Обжиров № 2016138376, заявл. 27.09.2016, зарег. и опубл. 09.08.2017, Бюл. № 22.
- *25.* Фрикционный планетарный редуктор с регулируемым прижатием: Пат. 2617009 С1 / С.Н. Ковалев № 2016115012, заявл. 18. 04.2016, зарег. и опубл.19.04.2017, Бюл. № 11.

Научное издание

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ЗА 2017 г.

Подписано к печати 14 апреля 2017 г. Формат 60х90/8. Бумага офсетная. Усл. п. л. 13,25. Уч.- изд. л. 12,9 Тираж 100 экз. Заказ 00

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук 690106, г. Владивосток, ул. Радио, 7

Отпечатано в Информационно-полиграфическом хозрасчетном центре ТИГ ДВО РАН 690106, г. Владивосток, ул. Радио, 7

