

ВВЕДЕНИЕ

Работы в отчетном 2015 году включали в себя 64 темы за счет базового бюджетного финансирования, 2 проекта по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН, 23 проекта в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума РАН. Кроме того, сотрудники ИОРАН выполняли исследования в рамках 6 долговременных международных программ и проектов различных зарубежных научных и правительственных организаций, получали 8 грантов РНФ, 5 грантов Минобрнауки, 107 грантов РФФИ, 2 гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ и 3 гранта Президента РФ для поддержки молодых российских учёных – кандидатов наук. 14 тем разрабатывались на основе соглашений с российскими заказчиками. В настоящий момент в штате Института работают 2 действительных члена РАН и 4 члена-корреспондента РАН.

Научный потенциал Института составляют также 104 докторов и 243 кандидатов наук, всего в штате числится 1259 сотрудников.

В Институте функционировали диссертационные советы по защите докторских и кандидатских диссертаций - Д 002.239.01, Д002.239.02 и Д 002.239.03.

Диссертационный Совет Д 002.239.01 имеет право принимать к защите докторские и кандидатские диссертации по специальностям «гидробиология» -03.02.10 и «ихтиология» – 03.02.06. и присуждать ученую степень доктора и кандидата биологических наук.

Диссертационный Совет Д 002.239.02 имеет право принимать к защите диссертации по специальности «океанология» – 25.00.28 и присуждать ученую степень доктора и кандидата географических и физико-математических наук.

В 2015 г. проведено 10 заседаний диссертационных советов, из них четыре – по защитам диссертаций: три – на соискание ученой степени кандидата наук и одна – на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Все четыре рассмотренных диссертации (все с положительным решением по результатам защиты) представлены сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова:

1. Тараканов Роман Юрьевич «Структура крупномасштабной циркуляции антарктических вод» на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

2. Костылева Анна Владимировна «Распределение растворенного органического углерода в северо-восточной части Черного моря» на соискание ученой степени кандидата географических наук.

3. Степанова Наталья Борисовна «Вертикальная термохалинная структура и механизмы

формирования холодного промежуточного слоя Балтийского моря» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;

4. Журбас Наталия Викторовна «О некоторых механизмах обмена и перемешивания в Арктическом бассейне и Карском море» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Защищенные работы посвящены актуальным проблемам океанологии. Все работы обладают существенной новизной, вносят важный вклад в соответствующие отрасли знаний и могут иметь практические приложения.

Диссертационный Совет Д 002.239.03 имеет право принимать к защите диссертации по специальности «океанология» -25.00.28 и присуждать ученую степень доктора и кандидата геолого-минералогических и технических наук. В 2015 г. проведено 5 заседаний, на которых представлено, рассмотрено и одобрено три диссертационные работы. Все три работы выполнены сотрудниками Института океанологии и защищены на ученую степень кандидата геолого-минералогических наук:

1. Козина Н.В. «Минеральный состав донных отложений и особенности современного осадконакопления в Каспийском море».

2. Овсепян Е.А. «Корреляция палеоокеанологических событий на низких и высоких широтах Тихого океана в течение последних ледниковых-межледниковых циклов».

3. Беляев Н.А. «Органическое вещество взвеси и донных осадков Белого моря»

В Аспирантуре Института обучаются 36 человек, из них 23 человека - с отрывом от производства.

С января по декабрь 2015 года Институт провел 10 экспедиций общей продолжительностью 539 суток. В рейсах приняло участие 281 научный сотрудник и специалист, которые представляли 35 организаций и 6 министерств России, МГУ и иностранные участники из Аргентины, Великобритании, США, Канады, Литвы, Чили, Польши, Германии, Швейцарии. Общий объем финансирования научных рейсов за двенадцать месяцев 2015 г. составил 208.57 млн. руб., из них – бюджетное – 89.46 млн. руб., внебюджетное – 119.11 млн. руб.

Важной частью деятельности Института океанологии в 2015 году было осуществление международных научных связей. Благодаря многолетним научным контактам с зарубежными научными центрами и отдельными иностранными учёными Институт получил большой объём новой научной информации по всем направлениям своей научной деятельности, смог принять участие в совместных работах в рамках международных программ и проектов изучения Мирового океана, командировать за рубеж большое число своих сотрудников для научной работы по интересующей Институт тематике, а также представить результаты своих исследований на международных встречах учёных.

НАУЧНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ИНСТИТУТА

Физическое направление

1. Лаборатория взаимодействия океана с водами суши и антропогенных процессов
Заведующий – д.г.н. Завьялов П.О.
2. Лаборатория взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климатических изменений
Заведующий – член-корр. РАН Гулев С.К.
3. Лаборатория нелинейных волновых процессов
Зам. заведующего – д.ф.-м.н. Бадулин С.И.
4. Лаборатория экспериментальной физики океана
Заведующий – д.ф.-м.н. Зацепин А.Г.
5. Лаборатория крупномасштабной изменчивости гидрофизических полей
Заведующий – д.ф.-м.н. Бышев В.И.
6. Лаборатория геофизической гидродинамики
Заведующий – д.ф.-м.н. Резник Г.М.
7. Лаборатория оптики океана
Заведующий – д.ф.-м.н. Копелевич О.В.
8. Лаборатория морских течений
Заведующий – д.ф.-м.н. Жмур В.В.
9. Лаборатория внутренних волн и структуры пограничных слоев океана
Заведующий – д.ф.-м.н. Морозов Е.Г.
10. Лаборатория морской турбулентности
Заведующий – д.ф.-м.н., Журбас В.М.
11. Лаборатория акустики океана
И.о. заведующий – к.ф.-м.н. Островский А.Г.
12. Лаборатория шумов и флуктуации звука в океане
Заведующий – к.ф.-м.н. Веденев А.И.
13. Группа моделирования изменчивости климата океанов и морей
Руководитель – член-корр. РАН Ибраев Р.А.

Геологическое направление

1. Лаборатория геодинамики, георесурсов и геоэкологии
Заведующий – член-корр. РАН Лобковский Л.И.
2. Лаборатория физико-геологических исследований
Заведующий – академик РАН Лисицын А.П.
3. Лаборатория геодинамики и палеоокеанологии
Заведующий – к.г.-м.н. Баранов Б.В.
4. Лаборатория сейсмостратиграфии
Заведующий – д.г.н. Никифоров С.Л.
5. Лаборатория геофизических полей
Заведующий – к.ф.-м.н. Пальшин Н.А.
6. Лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии
Заведующий – д.г.-м.н. Матуль А.Г.
7. Лаборатория нефтегазоносности акваторий
Заведующий – к.г.-м.н. Егоров А.В.
8. Лаборатория цунами им. С.Л.Соловьева
Заведующий – д.ф.-м.н. Куликов Е.А.

- | | |
|---|---|
| 9. Лаборатория шельфа и морских берегов им. В.П.Зенковича | Заведующий – д.г.-м.н. Кузнецов С.Ю. |
| 11. Лаборатория химии океана | Заведующий – д.г.-м.н. Пересыпкин В.И. |
| 12. Лаборатория геохимии | Заведующий – д.г.-м.н. Дубинин А.В. |
| 13. Аналитическая лаборатория | Заведующий – д.г.-м.н. Немировская И.А. |

Направление экология морей и океанов

- | | |
|---|---|
| 1. Лаборатория экологии планктона | Заведующий – д.б.н. Флинт М.В. |
| 2. Лаборатория структуры и динамики планктонных сообществ | Заведующий – член-корр. РАН Верещака А.Л. |
| 3. Лаборатория донной фауны океана | Заведующий – д.б.н. Гебрук А.В. |
| 4. Лаборатория экологии прибрежных донных сообществ | Заведующий – д.б.н. Мокиевский В.О. |
| 5. Лаборатория морских млекопитающих | Заведующий – д.б.н. Белькович В.М. |
| 6. Лаборатория океанической ихтиофауны | Заведующий – д.б.н. Евсеенко С.А. |
| 7. Лаборатория биогидрохимии | Заведующий – д.г.н. Маккавеев П.Н. |

Направление морская техника

- | | |
|--|---|
| 1. Лаборатория гидролокации дна | Заведующий – д.т.н. Римский-Корсаков Н.А. |
| 2. Лаборатория методологии и технических средств океанологических исследований | Заведующий – академик РАН Смирнов Г.В. |
| 3. Лаборатория научной эксплуатации ГОА | Заведующий – д.т.н. Сагалевиц А.М. |
| 4. Лаборатория подводной видеотехники | Заведующий – к.т.н. Розман Б.Я. |
| 5. Лаборатория техники подводных исследований и испытаний | Заведующий – к.т.н. Рогинский К.А. |

Научно-вспомогательные подразделения

- | | |
|---|---|
| 1. Отдел научных экспедиций и флота | Руководитель – к.г.н. Терещенков В.П. |
| 2. Научно-координационный океанологический центр. | Руководитель – к.ф.-м.н. Шаповалов С.М. |
| 3. Отдел информационных технологий | Руководитель – Свиридов С.А. |
| 4. Группа по комплексной программе «Гидрофизика» | Руководитель – к.т.н. Коваленко В.В. |
| 5. Отдел научно-технической информации и литературы | Руководитель – Геринас Е.А. |
| 6. Группа научно-технической документации | Руководитель – Харламова З.В. |
| 7. Группа истории Института | Руководитель – Ушакова М.Г. |

8. Аспирантура

Руководитель – Михальченко С.С.

9. Видеостудия

Руководитель – Марин В.М.

Атлантическое отделение (директор – к.г.-м.н. Сивков В.В.)

1. Лаборатория геоэкологии

Заведующий – к.г.-м.н. Ульянова М.О.

2. Лаборатория экспериментальных гидрофизических исследований

Заведующий – д.ф.-м.н. Пака В.Т.

3. Лаборатория геологии Атлантики

Заведующий – к.г.-м.н. Баширова Л.Д.

4. Лаборатория экологии моря

Заведующий – к.б.н. Ежова Е.Е.

5. Лаборатория прибрежных систем

Заведующий – к.ф.-м.н. Чубаренко Б.В.

6. Лаборатория физики моря

Заведующий – д.ф.-м.н. Чубаренко И.Л.

Южное отделение (и.о. директора – к.г.н. Куклев С.Б.)

1. Лаборатория гидрофизики и моделирования

Заведующий – к.г.н. Куклев С.Б.

2. Лаборатория литодинамики и геологии

Заведующий – д.г.н. Косьян Р.Д.

3. Лаборатория химии

Заведующий – к.г.н. Часовников В.К.

4. Лаборатория экологии

Заведующий – д.г.н. Есин Н.В.

Санкт-Петербургский филиал (директор –д.т.н. Родионов А.А.)

1. Лаборатория геофизических пограничных слоев

Заведующий – к.ф.-м.н.Зимин А.В

2. Лаборатория моделирования океанских биогеохимических циклов

Заведующий – д.ф.-м.н. Рябченко В.А.

3. Лаборатория оптики океана и атмосферы

Заведующий – к.ф.-м.н. Родионов М.А.

4. Лаборатория численных экспериментов по динамике океана

Заведующий – к.г.н. Романенков Д.А.

Северо-Западное отделение

Директор

д.г.н. Коробов В.Б.

Каспийский филиал

Директор

к.б.н. Ушивцев В.Б.

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Аномально глубокая конвекция в море Ирмингера зимой 2014/15 гг.

Руководители – Гладышев С.В., Гладышев В.С.,
чл.-корр. РАН Гулев С.К., к.г.н. Соков А.В.

В июне 2015 г. специалистами ИО РАН зарегистрированы следы аномально глубокой зимней конвекции в море Ирмингера, которая распространялась до глубины 1300 м. Конвекции подобной интенсивности в этом районе океана не наблюдалось последние 20 лет. В предыдущие три года зимняя конвекция в этом районе регулярно достигала глубины 1000 м, что свидетельствует об ускорении нижнего «лабладорского» звена глобального конвейера в Северной Атлантике. Усиление конвекции отражает интенсификацию зимней циклонической активности в атмосфере, которая остановила (возможно, временно) глобальный тренд потепления океана в Субполярном круговороте Северной Атлантике.

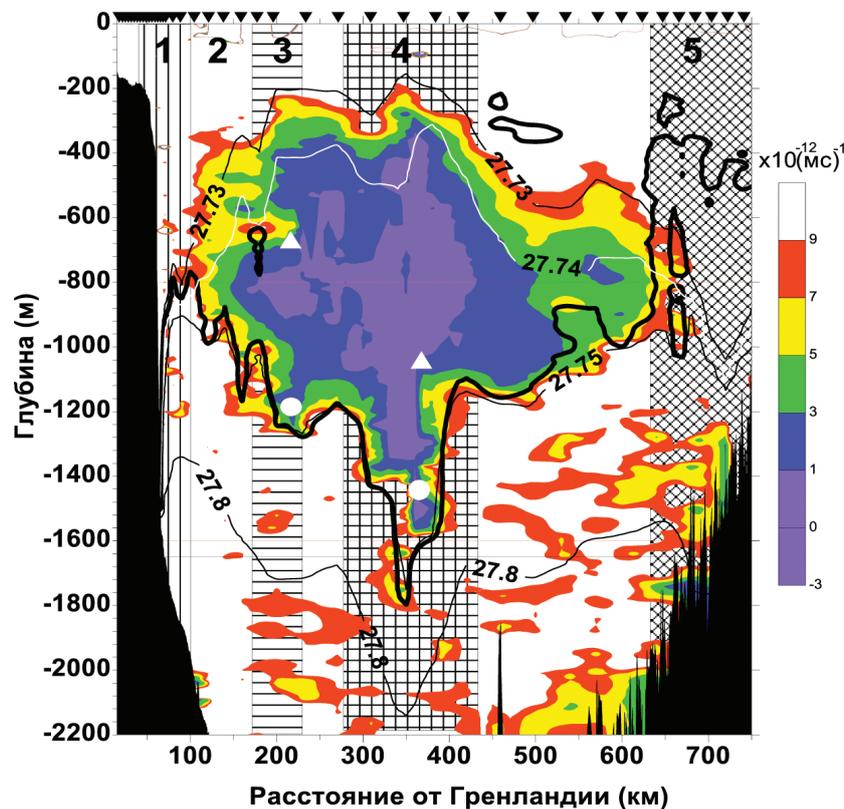


Рис. Вертикальное распределение потенциальной завихренности на разрезе вдоль 59.5° с.ш. в море Ирмингера в июне 2015 г. Область конвекции показана цветом (минимум потенциальной завихренности), ее нижняя граница (определена по 93% изолинии насыщения растворенным кислородом) черной утолщенной линией. Граница деформирована антициклоническим вихрем, который сформировался летом 2015 г. Заштрихованы области: 1 – Западное пограничное течение, 2 – центральная часть круговорота Ирмингера, 3 – восточная периферия круговорота Ирмингера, 4 – антициклонический вихрь, 5 – течение Ирмингера. Изолинии потенциальной плотности показаны тонкими линиями, Треугольники белого цвета обозначают положение максимума растворенного кислорода внутри Лабладорской промежуточной воды, точками белого цвета показано залегание минимума солёности. Положение гидрологических станций на разрезе показано треугольниками на верхней оси рисунка.

Полиметаллические руды в рифтах Срединно-Атлантического хребта (15–40° с.ш.): геохимия, минералогия, генезис

Руководители – д.г.-м.н. Богданов Ю.А., д.г.-м.н. Леин А.Ю., академик РАН Лисицын А.П.

Изучены процессы современного гидротермального рудообразования, связанные с взаимодействием вода – базальт в земной коре океанского типа в районах гидротермальных полей. Гидротермальный процесс идет на поверхности дна/или в подповерхностных слоях и связан с тектоно-магматическим фактором – скоростью спрединга (от менее 3 до 16–18 см/год) и обусловлен взаимодействием горячих базальтов с холодной морской водой. Детально изучены руды (их минеральный, химический и изотопный состав, органическое

вещество, уникальная биота) девяти гидротермальных полей на разрезе 15–40° с.ш. Срединно-Атлантического хребта, с малыми скоростями спрединга (менее 3 см/год), а также состав и свойства гидротермальных растворов, из которых они образуются.

Открыты рудопроявления с промышленными содержаниями полиметаллов и благородных металлов с запасами в миллионы тонн руды. Сделан прогноз, что в будущем следует ожидать открытия новых более крупных месторождений.



Рис. Гидротермальная постройка Нейл. Линзы ангидрита в пирит-сфалеритовой руде.

Экосистема Карского моря от эстуариев Оби и Енисея до жёлоба Святой Анны

Руководитель – д.б.н. Флинт М.В.

Получены оценки современного состояния экосистемы одного из ключевых районов Российской Арктики – Карского моря, находящейся под воздействием меняющегося климата и антропогенной нагрузки. Впервые показано, что природная система этого Арктического бассейна состоит из крупных экологических блоков, существенно различающихся по свойствам среды, структуре и продуктивности биологических сообществ, реакции на воздействие климатических и антропогенных факторов. Установлены механизмы влияния

крупнейшего в Арктике речного стока на экосистему Карского бассейна в эстуарных районах, в области шельфа и континентального склона и механизмы блокирующие поступление «континентального сигнала» в Центральный Арктический бассейн. Впервые описано уникальное явление естественного «пелагического биофильтра», формирующегося в эстуарных районах и ограничивающего проникновение на шельф аллохтонного органического вещества, приносимое речным стоком. Показана роль процессов в области континентального склона в формировании биологической продукции Арктических экосистем.

Исполнители - Пронин А.А., Анисимов И.М., Белевитнев Я.И.

Разработан, испытан и внедрен в практику морских экспедиционных исследований аппаратурно-программный комплекс – буксируемый необитаемый подводный аппарат с передачей видеоинформации по оптоволоконному кабель-тросу. Разработана технология использования комплекса для проведения океанологических исследований. Комплекс внедрен в работах экспедиции 63 рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в Арктике. В ходе опытной эксплуатации комплекса получены новые уникальные данные о морфологии дна и окружающей среде районов подводной разгрузки углеводородов в море Лаптевых, о состоянии экологии акваторий заливов Новой Земли в Карском море и Новоземельской впадины в условиях захоронений радиоактивных отходов. Уточнены координаты подводных объектов, содержащих радиоактивные отходы, визуально определен их тип и состояние с использованием видеосистемы подводного аппарата.



Рис. Фрагмент видеозаписи с изображением контейнера с твердыми радиоактивными отходами.



Рис. Фрагмент видеозаписи с изображением одного из отходов и донной биоты.

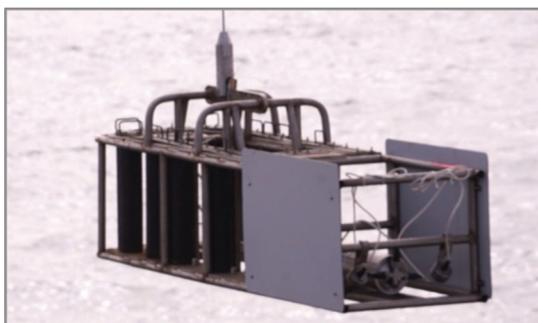


Рис. Буксируемый необитаемый подводный аппарат БНПА.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАКОНЧЕННЫХ РАБОТ

ФИЗИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Тема № 0149-2014-0002 «Исследование динамики распространения материкового стока во внутренних и окраинных морях и его влияния на планктонные сообщества»

Руководитель – д.г.н. Завьялов П.О.,
исполнители – Осадчиев А.А., Ижицкий А.С., Коновалов Б.В.,
Пелевин В.В., Часовников В.К.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120910097-4

Исследования, проведенные в экспедиции в приустьевых районах рек Мзымта, Сочи и Битха на Черном море показали, что наиболее высокие значения концентрации загрязнителей – поверхностно-активных веществ (> 0.010 мг/л) наблюдаются в приустьевых зонах р. Мзымта как на поверхности, так и на дне, а также на поверхности в приустьевой зоне р. Кудепста. Наиболее сильные загрязнения тяжелыми металлами обнаружены в прибрежных поверхностных и придонных водах, находящихся под влиянием стока рек Битха и Сочи. В частности, для этих районов были зафиксированы превышения ПДК по концентрации марганца. Также превышения ПДК по марганцу, кобальту и железу фиксировались непосредственно в воде р. Мзымта. Кроме того, в зоне распространения плюма р. Мзымта наблюдались превышения ПДК по меди и железу в приповерхностном слое. Загрязнения прибрежных вод пестицидами вблизи устьев исследуемых рек имели сравнительно малый разброс значений в 1-2 нг/дм³ (суммарная концентрация пестицидов) для большинства проб. Наименьшая суммарная концентрация пестицидов была равна 0.5 нг/дм³ на поверхности около устья р. Кудепста, максимальная – 4.1 нг/дм³, наблюдалась в воде р. Мзымта.

Тема № 0149-2014-0003 «Исследование состояния и разработка сценария дальнейшей эволюции современной приостановки глобального потепления климата на ближайшие 2-3 десятилетия»

Руководитель – д.ф.-м.н. Сонечкин Д.М.,
исполнитель – к.ф.-м.н. Вакуленко Н.В.

Выполнен многомасштабный анализ локальных трендов в рядах глобальной и полушарных средних приземных температур воздуха, как они представлены на сайтах основных международных групп мониторинга глобального климата (университета Восточной Англии – CRU, американского климатического центра – NCDC и американского центра космических исследований им. Годдарда – GISS) с целью определить, насколько необычной является приостановка дальнейшего роста средней глобальной температуры, начавшаяся

в 1998 году. Для этого анализа была специально разработана техника, использующая вещественное вейвлетное преобразование анализируемых рядов с использованием вейвлетной функции – первой производной гауссиана, а также комплексное вейвлетное преобразование с использованием вейвлетной функции Морле. Эта техника позволила количественно оценить локальные по времени линейные тренды температуры в диапазоне временных масштабов от нескольких лет до примерно половины столетия. Оказалось, что наблюдаемая в настоящее время примерно 15-летняя приостановка глобального потепления не является необычной. Она, во многом, повторяет начало примерно 30-летней приостановки глобального потепления, зафиксированной в рядах инструментальных наблюдений температуры в 1940-1960-х годах.

Тема № 0149-2014-0004 «Климатическая динамика обмена энергией на границе океан-атмосфера и его роль в формировании динамики океана; влияние разномасштабной изменчивости океанических процессов на развитие атмосферных процессов и режимов увлажнения»

Руководитель – член-корр. РАН Гулев С.К.

Проанализированы механизмы формирования экстремально высоких потоков тепла из океана в атмосферу в средних широтах и описана крупномасштабная атмосферная циркуляция, приводящая к формированию экстремальных потоков тепла из океана в атмосферу за последние несколько десятилетий. Идентифицированы моменты времени и интенсивности экстремально высоких значений потока тепла в Северной Атлантике по трем регионам: Гольфстрим, Гренландское море и море Лабрадор, характеризующимися высокими значениями потоков и океанологическими процессами, сильно зависящими от взаимодействия океана и атмосферы.

Проведен анализ крупномасштабной циркуляции атмосферы, характерной для моментов времени с экстремально высокими потоками тепла и построены композиционные картины атмосферного давления, которые позволили описать атмосферные условия, приводящие к формированию экстремально высоких потоков тепла из океана в атмосферу. Обнаружено наличие в приводном слое атмосферы синоптической ситуации, характеризующейся зоной взаимодействия циклон-антициклон (то есть взаимосвязанных положительной и отрицательно аномалии давления). Это приводит к возникновению выноса холодной и относительно сухой воздушной массы из северных областей на относительно теплую подстилающую поверхность океана при умеренных и сильных ветрах. Эти условия, называемые cold air outbreak, приводят к резким понижениям температуры воздуха и росту температурного и влажностного градиентов между поверхностью океана и воздухом, что, в свою очередь, приводит к усилению потока тепла из океана в атмосферу.

Тема № 0149-2014-0005 «Структурообразующие гидрофизические процессы и обусловленная ими изменчивость параметров морской среды в Чёрном, Балтийском, Каспийском Карском и других морях, а также в избранных районах Мирового океана»

Руководитель – д.ф.-м.н. Зацепин А.Г.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750018-9

А.Н. Колмогоров в своей первой работе по теории развитой турбулентности, обнародованной сентябре 1939 г., предложил формулу для момента корреляции D_{11} в инерционном интервале, которую можно представить в виде:

$$D_{11} = C (\varepsilon r)^{2/3} \left(\frac{r}{\lambda}\right)^\alpha$$

Здесь ε – скорость диссипации энергии в тепло, $\lambda = \nu^{3/4}/\varepsilon^{1/4}$ – момент длины, который теперь называется колмогоровским масштабом, ν – кинематическая вязкость, C и α – константы. А.М. Обухов, действовавший независимо и использовавший спектральное представление, показал А.Н. Колмогорову, что если предположить независимость локальной структуры от вязкости в «инерционном интервале», то получается, что $\alpha = 0$, а C – универсальная постоянная. Эта константа, была определена А.Н.Колмогоровым путем обработки данных, полученных американцем Х.Л. Драйденом с соавторами.

Анализ, выполненный в работе Г.И. Баренблатта «Феномен Колмогорова-Обухова в учении о турбулентности», опубликованной в 2015 г. в сборнике трудов, посвященном памяти А.Н. Колмагорова (см. список опубликованных статей), показал, что закон $2/3$ с определенной точностью подтверждается экспериментом, однако константа C зависит от числа Рейнольдса, так что автомодельность по числу Рейнольдса – неполная.

Тема № 0149-2014-0006 «Аномалии гидрофизических полей Мирового океана и их климатическая значимость».

Руководители – д.ф.-м.н. Бышев В.И., член-корр. РАН Нейман В.Г.,
исполнители – Серых И.В., Анисимов М.В.,
Сидорова А.Н., Анисимов И.М.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750017-2

На основе многолетних гидрологических наблюдений (1960-2014 гг.), выполнен диагноз климатической изменчивости термохалинной структуры и теплосодержания верхнего 1000-метрового слоя на северо-западе Тихого океана (СЗТО). Выявлены междекадные фазы теплонакопления (1960–1974 гг.) и (2000–2014 гг.) и тепловой разгрузки (1975–1999 гг.) верхнего (0–600 м) деятельного слоя (ВДС) океана, которые соответствуют фазам изменения глобального климата. Потепление климата на континентах совпало с периодом тепловой разгрузки ВДС СЗТО, т.е. с выхолаживанием океана, а замедление роста среднемноголетней

температуры приповерхностного воздуха на континентах – с периодом теплонакопления (ВДС). В фазу тепловой разгрузки ВДС в 1987 г., в СЗТО был выполнен крупнейший в отечественной и мировой практике гидрофизический эксперимент «МЕГАПОЛИГОН» с участием 10 океанографических судов, в котором проведены комплексные наблюдения термодинамического состояния океана. Серия гидрологических съемок и измерения течений на 198 заякоренных буйковых станциях, а также непрерывный сбор гидрометеорологической информации в течение июня-ноября 1987 г. позволили подтвердить наблюдаемое выхолаживание СЗТО в период потепления климата на континентах.

Тема № 0149-2014-0007 «Течения и гидрология Южного океана. Исследование процессов водообмена в районе Слупского желоба Балтийского моря. Численное моделирование океанских процессов с усвоением натуральных данных»

Руководитель – д.ф.-м.н. Жмур В.В.,
исполнители – Тараканов Р.Ю., Гриценко А.М.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750020-2

Исследована тонкая структура струй и фронтов в проливе Дрейка по данным двух гидрофизических разрезов – января 2010 г. и ноября 2011 г. Установлено существование на линиях этих разрезов десяти индивидуальных струй (т.е. струй, характеризовавшихся индивидуальными максимумами горизонтальной компоненты скорости течения) Антарктического циркумполярного течения в 2010 г. и девяти струй в 2011 г. Эти струи представляли собой различные комбинации двенадцати струй АЦТ, выделенных ранее этими же авторами в районе к югу от Африки.

Тема № 0149-2014-0008 «Донные течения и внутренние волны; влияние топографии дна и ледяного покрова»

Руководитель – д.ф.-м.н. Морозов Е.Г.,
исполнители – Сарафанов А.А., Фалина А.С.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120850071-3

На основе результатов новейших исследований, значительная часть которых получена сотрудниками Лаборатории гидрологических процессов ИО РАН, проведен критический анализ современных представлений о главных процессах и районах формирования нижнего звена меридиональной термохалинной циркуляции (МТЦ) вод Северной Атлантики. Показано, что современная концепция МТЦ не учитывает ряд ключевых механизмов трансформации вод, а именно: (1) охлаждение и увеличение плотности вод в восточной ветви Субполярного круговорота, (2) опускание (каскадинг) вод с Восточно-Гренландского шельфа и (3) глубокую конвекцию в море Ирмингера, см. схему (рис.1):

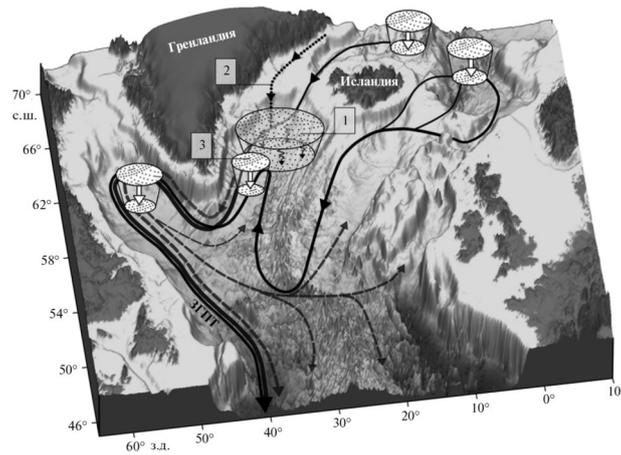


Рис. 1. Новая схема формирования вод нижнего звена МТЦ на севере Атлантики. Цилиндрами отмечены главные районы трансформации приповерхностных вод верхнего звена МТЦ в плотные промежуточные и глубинные воды нижнего звена. Цифрами показаны механизмы, вклад которых в этот процесс до недавнего времени не учитывался.

Тема № 0149-2014-0009 «Эмпирический анализ измерений и моделирование процессов турбулентного перемешивания и переноса вещества в прибрежной зоне и в Арктическом бассейне»

Руководитель – д.ф.-м.н. Журбас В.М
исполнитель – Коротенко К.А.

1. На базе прямых измерений турбулентности в приливном потоке с помощью акустического доплеровского профилографа получена зависимость интенсивности турбулентности от средней скорости приливного течения (рис. 2). Полученная зависимость позволяет решать важную для практики задачу выбора места и глубины постановки турбины гидроэлектростанции в приливном потоке с целью получения максимального КПД.

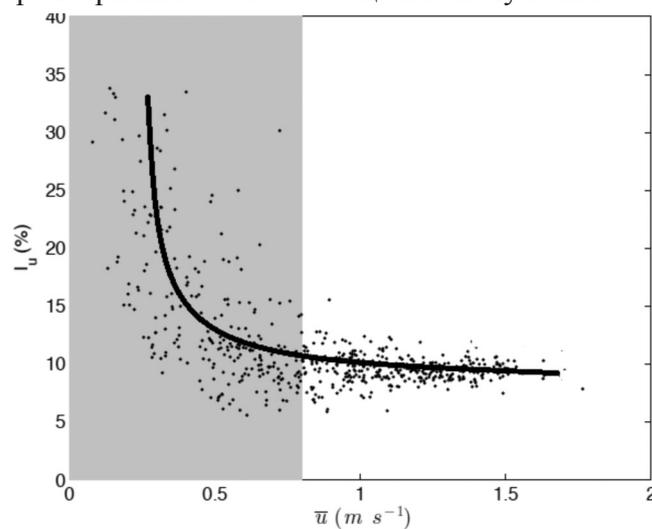


Рис. 2. Зависимость интенсивности турбулентности (в процентах) от скорости приливного течения (в м/с).

2. Разработана численная модель Рижского залива Балтики с разрешением $(1/120)^\circ$. Численные расчеты при реальных потоках тепла и напряжении трения ветра показали смену типа циркуляции в бассейне с антициклонической в летний сезон на циклоническую в зимний сезон (рис. 3). Показано, что антициклоническая циркуляция летом вызвана комбинированным действием отрицательной завихренности ветра, наличием сезонной стратификации и топографическим эффектом, а циклоническая циркуляция зимой определяется положительной завихренностью ветра и топографическим эффектом.

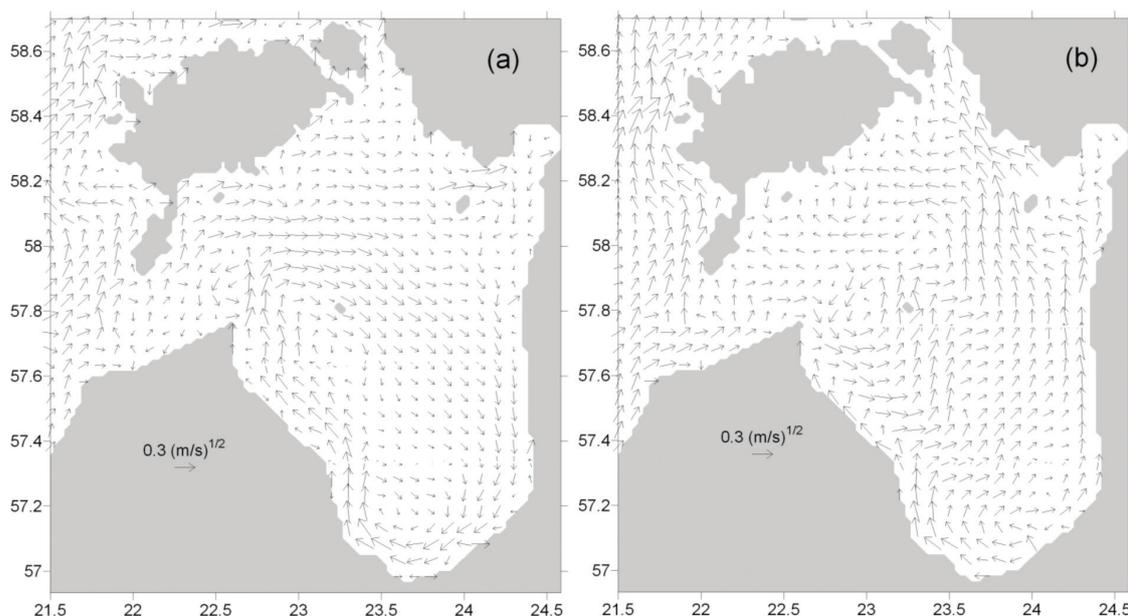


Рис. 3. Карты средних течений на поверхности Рижского залива, рассчитанные с помощью модели в (а) летний и (б) зимний сезоны.

Тема № 0149-2014-0010 «Нелинейная динамика низкочастотной изменчивости океана»

Руководитель – д.ф.-м.н. Резник Г.М.

№ гос.регистрации АААА-А15-115120910101-8

Продолжалось изучение нестационарных пограничных слоев в стратифицированном океане, недавно обнаруженных Г.М. Резником. В отсутствие вращения в процессе эволюции произвольного начального возмущения на больших временах у поверхности и дна стратифицированного слоя возникают узкие пограничные слои, причем при $t \rightarrow \infty$ толщина такого погранслоя стремится к нулю $\sim 1/t$, а вертикальные градиенты горизонтальных скоростей в нем – к бесконечности $\sim t$. Каждый такой пограничный слой состоит из бесконечного числа мод внутренних волн с большими вертикальными номерами $n \gg 1$. Групповые скорости этих мод очень малы и стремятся к нулю при $n \rightarrow \infty$.

Вращение ослабляет погранслои у твердых границ: их толщины убывают $\sim 1/\sqrt{t}$, при этом вертикальные градиенты остаются ~ 1 . Значительный интерес представляют пограничные

слои в устойчиво-нейтрально стратифицированном океане, состоящем из перемежающихся стратифицированных и однородных областей. При наличии вращения в однородных областях возникают субинерционные колебания, которые не могут существовать в областях стратифицированных. Проникновение этих колебаний в стратифицированные области блокируется нестационарными пограничными слоями, которые развиваются у поверхностей раздела. При этом вертикальные градиенты горизонтальных скоростей в погранслоях растут $\sim \sqrt{t}$, что должно приводить к неустойчивости и сильному перемешиванию в окрестностях интерфейсов.

Тема № 0149-2014-0011 «Теоретические основы многоуровневого гидрофизического мониторинга морской поверхности и ее адаптация к условиям шельфовых районов Российской Федерации»

Руководитель – д.ф.-м.н. Бадулин С.И.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750024-0

Работы по теме велись на основе имеющихся экспериментальных данных, полученных на полигоне Южного отделения ИО РАН и в кооперации с зарубежными коллегами. Представлены результаты создания и тестирования прибрежной радиолокационной (РЛ) системы мониторинга ветрового волнения и течений в Черном море (г. Геленджик) на базе навигационных радиолокаторов X-диапазона «Река» и «Фуруно М1715». На основе рядов данных за сезон 2013-2014 года, и разовых экспериментов других лет, по 9-ти штормам была произведена верификация РЛ наблюдений волнения и течений с помощью волнового буя и акустической донной станции. Были определены условия достижения наилучших характеристик РЛ наблюдения волнения и течений в условиях работы в прибрежной зоне. Существенной помехой для надежных РЛ измерений волнения оказалось ограничение зоны обзора радара по углу при работе в узких бухтах. Применительно к радару X-диапазона с длиной антенны 2 м оказалось возможным успешно определять высоту волнения на расстоянии 1.2 км от радара при направлении волнения $\pm 31^\circ$ к направлению радиолокационного зондирования. Для них коэффициенты корреляции между данными о волнении составляют 0.82, стандартное отклонение по значимой высоте волн 0.26 м. Для штормовых условий с высотой волны более 0.9 м также продемонстрирована возможность определения вектора скорости течений.

Тема № 0149-2014-0012 «Развитие оптических и радиофизических методов исследования характеристик приповерхностного слоя атмосферы, морской поверхности и верхнего слоя моря для решения научных и прикладных задач океанологии и мониторинга морской среды»

Руководитель – д.ф.-м.н. Копелевич О.В.,
исполнитель – Иванов Ю.А.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750023-3

В рамках раздела «Идентификация пленочных загрязнений моря на спутниковых радиолокационных изображениях на основе радиолокационных мульти-поляризационных

характеристик» проведена обработка и анализ мульти-поляризационных радиолокационных (РЛ) данных, полученных канадским спутником Radarsat-2 в Северном море (во время Oil Spill Exercises-2011/2012 – экспериментов с искусственными разливами) и в Каспийском море (около промыслов «Нефтяные Камни»), где создавались/имелись разливы различных маслянистых веществ (сырая нефть, эмульсия, растительное масло), образующих пятна пленочных загрязнений морской поверхности. В результате анализа установлено, что образуемые ими на радиолокационных изображениях (РЛИ) морской поверхности области выглаживания (или слики), можно характеризовать параметром, представляющим отношение вкладов в процесс выглаживания гравитационно-капиллярных волн резонансной и нерезонансной компонент (ratio of the Resonant and Non-resonant components relative Damping) обратного рассеяния, или RND. Как видно из рис.4, это отношение, установленное из теоретических соображений по данным расчетов и в результате обработки экспериментальных радиолокационных данных, дает возможность различения на радиолокационных изображениях моря нефтяных пленок (нефть и нефтепродукты) и пленок растительных масел, плавающих на поверхности и создающих области выглаживания. Этот результат открывает перспективы спутниковой индикации не только наличия нефтяных загрязнений на поверхности моря, но и установления виновника этих загрязнений

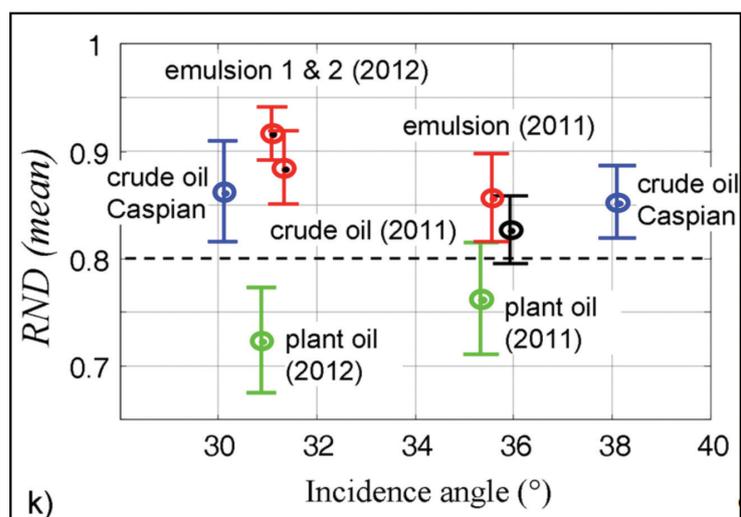


Рис. 4. Отношение RND в зависимости от углов падения радиосигнала (incidence angle) для трех основных типов пленочных загрязнений: сырой нефти (crude oil – синий и черный), нефте-водяной эмульсии (emulsion – красный) и растительного масла (plant oil – зеленый), наблюдаемых радиолокатором спутника Radarsat-2 в Северном и Каспийском морях.

Тема № 0149-2014-0013 «Теоретическое, численное и экспериментальное развитие методов расчета акустических полей в океане, а также решение обратных задач гидроакустики для океанологических приложений»

Руководитель – к.г.н. Островский А.Г.

Были исследованы возможности использования корреляционной функции шумов, измеренных в пространственно-разнесенных точках на мелководье, для дистанционного

зондирования физических параметров водной толщи и морского дна (шумовая интерферометрия):

– В лучевом и модовом приближениях разработаны численные алгоритмы расчета оценки получаемой в эксперименте корреляционной функции шумов.

– Показано, что в условиях низкочастотного (маломодового) распространения звука использование классической схемы лучевой томографии может дать лишь грубую оценку профиля скорости звука и мало пригодна для определения параметров дна.

– Однако в силу принципа взаимности ошибки лучевой теории на низких частотах почти полностью компенсируются при распространении звука по и против течения, что позволяет приближенно восстановить профиль скорости течения.

– Применение пассивной лучевой томографии к экспериментальным данным дает профиль скорости течения во Флоридском проливе, согласующийся, в пределах погрешности инверсии, с независимыми измерениями.

Оценка параметров слоя осадков проводилась на основе сравнения спектрограммы взаимной корреляционной функции шума с частотными зависимостями мод низших номеров, рассчитанных для различных параметров осадочного слоя. Для уточнения этих параметров может быть использована процедура выделения мод, основанная на так называемом методе “скручивающего” оператора (warping operator). В результате действия этого оператора дисперсионные кривые отдельных мод “выпрямляются” (становятся вертикальными прямыми линиями).

Тема № 0149-2014-0014 «Разработка технических средств для исследования шумов океана и акустического мониторинга морских млекопитающих. Разработка теории распространения низкочастотных шумов»

Руководитель – к.ф.-м.н. Веденев А.И.

Исследованы возможности использования пассивной шумовой интерферометрии для дистанционного зондирования физических параметров водной толщи и морского дна. В лучевом и модовом приближениях разработаны численные алгоритмы расчета оценки экспериментальной корреляционной функции шумов. Применяя пассивную лучевую томографию к данным эксперимента во Флоридском проливе, получен профиль скорости течения согласующийся, в пределах погрешности инверсии, с независимыми измерениями. На основе так называемого метода “скручивающего” оператора (warping operator) разработан метод выделения отдельных акустических мод по данным регистрации шума на одиночных гидрофонах. Используя выделение акустических мод, путем минимизации невязки экспериментальных и модельных данных, получена оценка скорости звука в донном слое.

Тема № 0149-2014-0015 «Исследование механизмов межгодовой изменчивости циркуляции вод и бюджета тепла глобального океана с применением методов суперкомпьютерного моделирования»

Руководитель – член-корр. РАН Ибраев Р.А.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120910096-7

Переработаны и модернизированы численные схемы модели Мирового океана. Внесённые улучшения позволили перейти к расчётам межгодовой изменчивости циркуляции Мирового океана с вихреразрешающим разрешением 0.1° и 49 горизонтами по вертикали. В 2015 году с моделью проведён ретроспективный расчёт по протоколу CORE-II за 1948–1951 годы. Стартував со среднегодовых полей температуры и солёности базы данных World Ocean Atlas 2009, модель интегрировалась с синоптическим атмосферными граничными условиями (данные реанализа NCEP), суточными потоками радиации (данные спутниковой климатологии ISCCP) и среднемесячными потоками осадков (спутниковая климатология) и речного стока (оценка по данным об осадках). Модельное решение показало реалистичную интенсивность вихреобразования и на качественном уровне воспроизводит межгодовую изменчивость океана, в частности явление Ла Нинья сезона 1950–1951 гг. (рис. 5).

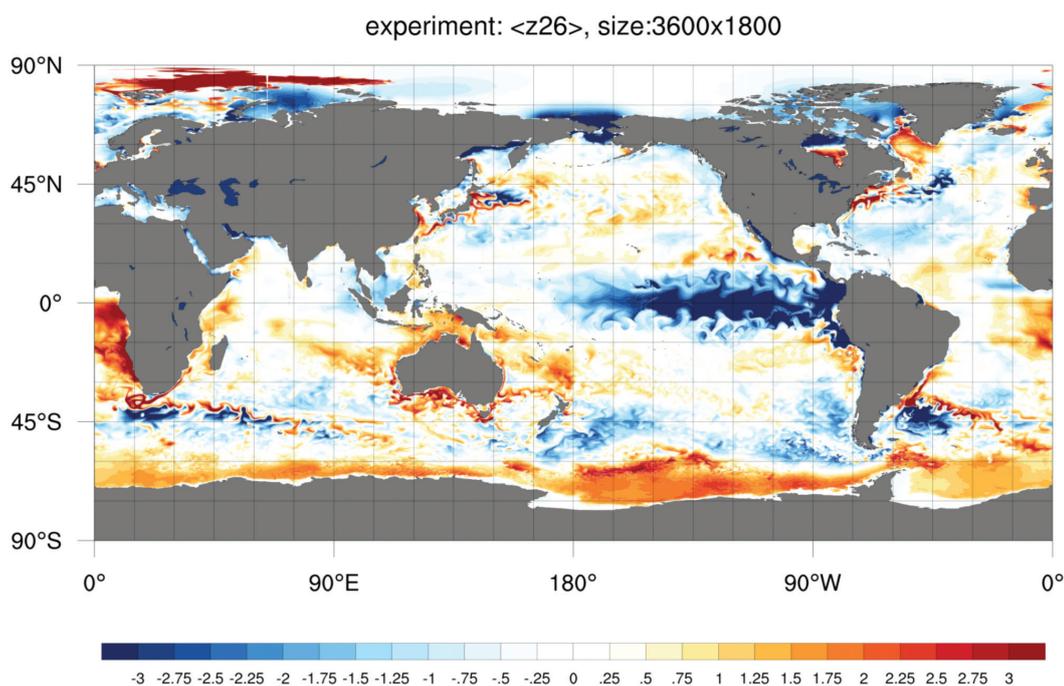


Рис. 5. Аномалия поверхностной температуры относительно среднемесячных данных климатологии WOA2009 на дату 11.06.1950 по результатам расчёта вихреразрешающей модели Мирового океана с атмосферными условиями CORE-II. Видны проявления вихревой динамики течений и «холодный язык» явления Ла Нинья.

Тема 0149-2014-0057 «Исследование теплогидравлических процессов в атмосфере Земли и газовых пузырьках в присутствии паров углеводородов»

Руководитель – академик РАН Нигматулин Р.И.,
исполнитель – к.т.н. Канцырев Б.Л.

Разрабатываемая расчётная модель атмосферы Земли позволяет учитывать влияние двух факторов на разогрев атмосферы: изменения её состава и образование облачности, возникающей при дополнительном разогреве из-за интенсификации испарения с поверхности Земли. Для более адекватного моделирования необходима дальнейшая детализация системы уравнений. При этом наиболее важным становится правильное моделирование поглощения и отражения излучения облачностью, уточнение условий начала конденсации водяных паров в атмосфере, а также правильное моделирование теплообмена в среде (грунт, морская вода) ниже уровня её раздела с атмосферой.

Получена система уравнений гидродинамики для газожидкостного пузырькового потока с волновыми свойствами, определяемыми вкладом пульсационных слагаемых. Представлена гидродинамическая модель пузырькового потока, в рамках которой одной из характеристических скоростей газожидкостной дисперсной смеси следует считать скорость переноса возмущений газосодержания, соответствующую модели потока-дрейфа, а другой – скорость пузырьков в потоке. Осредненная система уравнений имеет правильные волновые свойства только при учете различия давлений компонент. Представлена связь структуры пузырькового потока и его волновых свойств.

Тема № 0149-2014-0016 «Развитие методов нестандартных гидрофизических измерений в рамках комплексных океанологических исследований»

Руководитель – д.ф.-м.н. Пака В.Т.
№ гос.регистрации 01201376665

Построен действующий макет заякоренной термисторной цепи и донной станции с измерителями течений для использования в качестве регистраторов спорадических и волновых возмущений термической структуры и индуцированных ими течений в придонном погранслое; комплекс внедрен в структуру Черноморского гидрофизического полигона.

Тема № 0149-2014-0017 «Эволюция прибрежных систем бесприливных морей в условиях изменения климата и техногенного воздействия, методы мониторинга, оценки и прогнозирования для комплексного управления прибрежными зонами»

Руководитель – к.ф.-м.н. Чубаренко Б.В.
№ гос.регистрации 01201376670

На основании результатов семилетних (2006, 2009–2014 гг.) исследований выявлены основные различия процессов седиментации в безледный период и в условиях ледостава

в мелководном полузамкнутом бесприливном бассейне, каким является Вислинский залив Балтийского моря. В теплые зимы основными факторами, влияющими на ход седиментации, выступают ветро-волновое и антропогенное взмучивание донных осадков, речной сток и сгонно-нагонные явления. При этом происходит многократное взмучивание осадочного материала и преобладание его выноса над осаждением, что сказывается на низких скоростях современного осадконакопления (в среднем 0,4 мм/год за последние 100 лет). В период ледостава ветро-волновое воздействие исчезает, основными факторами становятся речной сток и приток-отток морской воды. Под покровом льда доминируют процессы осаждения и накопления на дне осадочного материала, что выражается в повышенных (по сравнению с безледным периодом) скоростях зимнего осадконакопления – 2.1 мм/год в среднем за период наблюдений для российской части залива.

Тема № 0149-2014-0018 «Особенности структуры и сезонной динамики термохалинного конвейера Балтийского моря»

Руководитель – д.ф.-м.н. Чубаренко И.П.
№ гос.регистрации 01201376669

Выявлены особенности проявления прибрежного апвеллинга на горизонтальных профилях температуры поверхности моря (ТПМ) по данным космического зондирования (спектрорадиометры MODIS: Aqua, Terra) юго-восточной части Балтийского моря в период 2000-2014 гг. Предложены критерии идентификации апвеллинга по профилям ТПМ, которые позволяют идентифицировать прибрежный апвеллинг не только в очевидной, хорошо развитой фазе, но также в «сглаженном», неразвитом этапе или этапе рецессии. Характерный перепад температур между зоной апвеллинга и соседними водами достигает весной значений 1–4 °С, летом 2–4°С, а осенью 3–5 °С. Весной наблюдается наименьший диапазон перепадов температур, в то время как летом он расширяется и достигает наибольших величин – до 14–15°С. Весной величина температурного градиента находится в интервале от <0.5 до 1.5 °С/км, а летом диапазон увеличивается до 3.5 °С/км за счёт района у косы Хель. Осенью у косы Хель наиболее часто наблюдаются апвеллинги с широким диапазоном $\Delta T/\Delta x$ (от <0.5°С/км до 2.5–3.0°С/км). Полученные оценки позволяют сделать вывод, что существуют достаточно явные сезонные вариации проявлений прибрежного апвеллинга в юго-восточной части Балтийского моря.

Тема № 0149-2014-0019 «Комплексные исследования формирования структуры течений в шельфовой зоне Черного моря и анализ многолетней изменчивости гидрологической структуры прибрежной зоны бассейна»

Руководитель – к.г.н. Куклев С.Б.
№ гос.регистрации 01201177306

Методами математического моделирования подтверждена физическая гипотеза возможности формирования вихревых структур в шельфово-склоновой зоне Черного

моря с диаметром, меньшим локального бароклинного радиуса деформации Россби в условиях баротропного океана. В этом случае механизмом формирования вихрей является взаимодействие вдольберегового потока с орографическими особенностями берега. Измеренные параметры морской среды в исследуемый период в целом не выходили за рамки многолетней изменчивости. Исключения составляют значения прозрачности морской воды и температуры вод холодного промежуточного слоя (ХПС). Климатические значения прозрачности по диску Секки для условий шельфово-склоновой зоны Черного моря составляют 8–10 м. В 2015 г. она составляла 12–17 м. Причины аномальной прозрачности пока не установлены, требуются дополнительные исследования и анализ возможных факторов. Минимальные значения температуры в области ХПС третий год подряд превышают 8°С, что является следствием относительно теплых зимних сезонов, слабом конвективном перемешивании вод и вертикальном транспорте биогенов. Это может негативно сказываться на биогенном режиме вод фотического слоя в период весеннего цветения фитопланктона.

Тема № 0149-2014-0020 «Влияние пространственной изменчивости гидродинамических свойств морского дна на динамику и энергетику приливов. Разработка негидростатической модели мелкомасштабных и мезомасштабных океанологических процессов и её использование для расчёта динамики, гидрологии и гидрофизических характеристик регионов Мирового океана»

Руководитель – д.ф.-м.н. Каган Б.А.
№ гос.регистрации ГР 01201353394

Модифицированная за счет добавления отдельного модуля, содержащего оригинальные законы сопротивления для подстилающих поверхностей различной гидродинамической шероховатости, трехмерная конечно-элементная гидростатическая модель QUODDY-4 привлекается для определения пространственной неоднородности коэффициента сопротивления и вызванной этой неоднородностью изменчивости динамических и энергетических характеристик прилива в частном случае Баренцева и Карского морей. Результаты расчетов показали (рис.6), что коэффициент сопротивления превышает свое постоянное значение (5×10^{-3}) лишь в Печорском море и в восточной части прибрежной зоны Карского моря. На остальной площади морей коэффициент сопротивления остается меньшим его постоянного значения. Изменения всех приливных характеристик, кроме направления горизонтального волнового переноса энергии, индуцируемые пространственной изменчивостью коэффициента сопротивления в Баренцевом и Карском морях, получились значимыми. Однако наибольшее впечатление производит поле абсолютной величины нормированного на среднюю плотность морской воды напряжения придонного трения: замена постоянного коэффициента сопротивления переменным влечет за собой усиление напряжения и, следовательно, увеличение неоднородности поля напряжения в западной части Баренцева

моря и его уменьшение в восточной части Карского моря. При этом изменения имеют одинаковые или близкие порядки величины с напряжением придонного трения как таковым. В результате транспорт наносов и морфодинамика в целом (особенно, долгосрочная) могут здесь трансформироваться. Все это говорит в пользу пересмотра концепции “постоянного” коэффициента сопротивления, по крайней мере, в рассматриваемых окраинных морях.

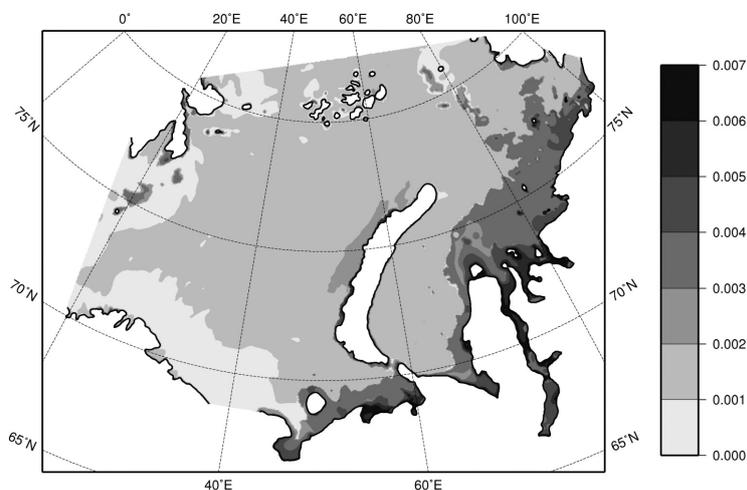


Рис. 6. Пространственное распределение коэффициента сопротивления в Баренцевом и Карском морях.

Тема № 0149-2014-0096 «Оценка георисков, возникающих при строительстве и эксплуатации морских трубопроводов»

**Руководитель – д.т.н. Ковчин И.С.
№ госрегистрации 115013060064**

Во время процесса укладки трубопровод подвергается различным нагрузкам, которые должны контролироваться с трубоукладочного судна. К таковым нагрузкам относятся в основном гидростатическое давление, натяжение и деформирующая нагрузка. Эти нагрузки также определяются воздействием волн, течений, ветра и ледовых полей как на судно, так и на саму трубу. Анализ возможных геоситуационных проблем, связанных со строительством морских трубопроводов, позволяет определить в качестве георисков такие природные явления, которые, начиная с некоторых своих значений, с известной долей вероятности могут вызвать нештатные ситуации при их строительстве и эксплуатации. В процессе трубоукладки к таким явлениям относятся землетрясения и внезапные изменения гидрометеоусловий в районе строительства трубопровода и особенно опасные погодные явления (ОЯ), что может приводить к возникновению нештатных ситуаций и рисков аварий.

Проведенный экспертный анализ практики эксплуатации морских трубопроводов показывает, что основными причинами возникновения нештатных ситуаций и аварий, связанных с природными факторами являются землетрясения в районе прохождения трубопровода, а в полярных районах – стамухи. В результате сейсмической активности возможны нарушения тектоники ложа прокладки трубы на континентальном склоне и оползни грунта по склонам в прибрежной зоне.

Определенную опасность также представляет изменение температурного режима работы трубопровода, вследствие его заиливания или неконтролируемых наносов на трубу донных отложений в районах континентального шельфа.

Тема № 0149-2015-0002 «Моделирование функционирования морских экосистем при различных климатических условиях в высокоширотных областях Мирового океана»

Руководитель – д.ф.-м.н. Рябченко В.А.
№ гос.регистрации 115013060063

Результаты моделирования показывают, что постоянное воздействие биоирригации на бентосный слой уже через 5 лет может привести к уменьшению запасов фосфатов (в 2.8 раза) и аммония (в 23 раза) в поровой воде по сравнению со случаем отсутствия биоирригации (рис. 7). Запасы нитратов и сульфатов в поровой воде, наоборот, возрастут в 2.7 и 2.6 раза, соответственно. Запасы железа твердой фазы донных отложений изменятся незначительно. Сделан вывод, что при условии отсутствия биоирригации, циклы биогенных элементов и связанных с ними растворенных химических соединений железа через 5 лет изменятся существенно, что в итоге может привести к значительным перестройкам в бентосных системах.

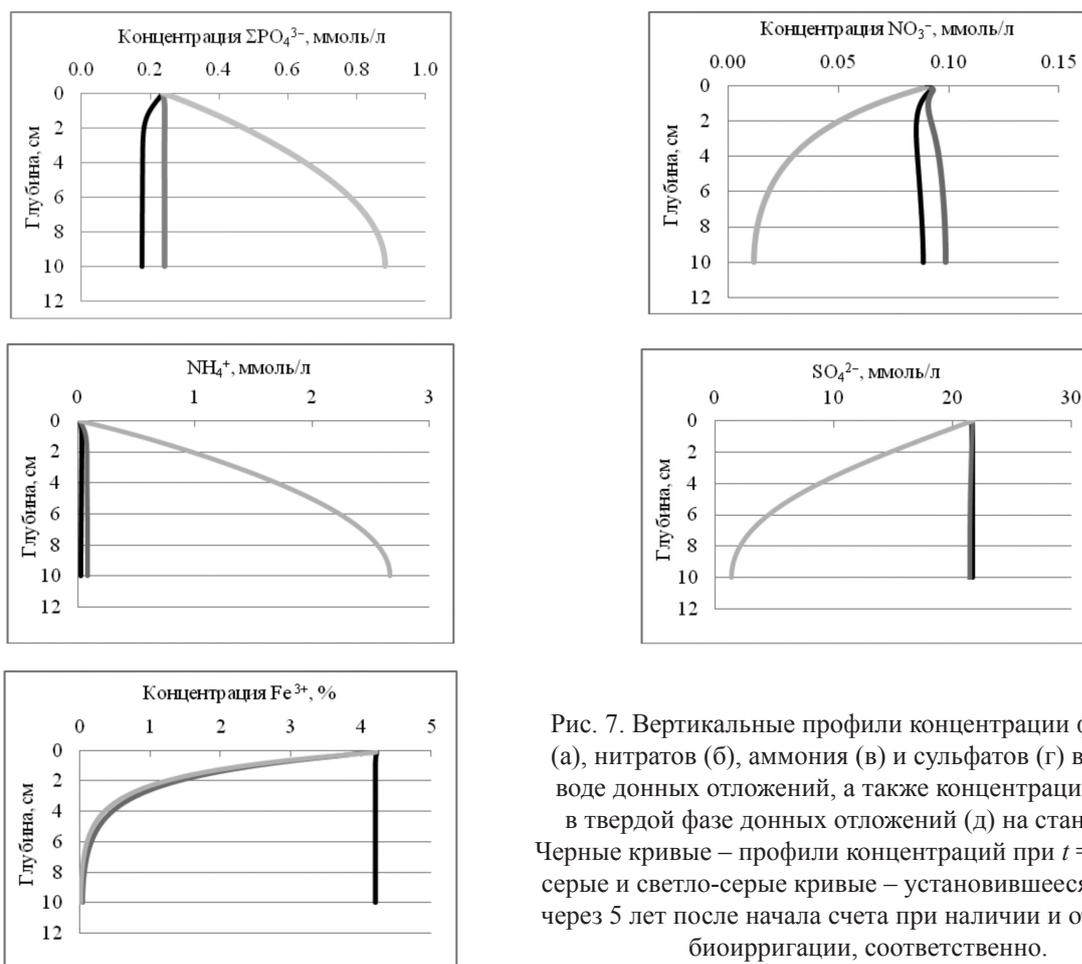


Рис. 7. Вертикальные профили концентрации фосфатов (а), нитратов (б), аммония (в) и сульфатов (г) в поровой воде донных отложений, а также концентрации железа в твердой фазе донных отложений (д) на станции 2L. Черные кривые – профили концентраций при $t = 0$, темно-серые и светло-серые кривые – установившееся решение через 5 лет после начала счета при наличии и отсутствии биоирригации, соответственно.

Тема № 0149-2014-0023 «Исследования проблемы увеличения эффективности дистанционного зондирования океана и атмосферы»

Руководитель – к.ф.-м.н. Родионов М.А.
№ гос.регистрации 0 115021010184

Разработан алгоритм расчета фотосинтетически активной радиации (ФАР) в водах с прозрачностью по диску Секки менее 20 м, который, представляет собой модификацию метода Ерлова и позволяет определять ФАР путем измерения только глубинных профилей показателя ослабления света водой в области 500–550 нм и использования данных о поле естественного излучения на поверхности моря (рис. 8). Алгоритм использован для определения ФАР в различных районах Карского, Баренцева и Белого морей.

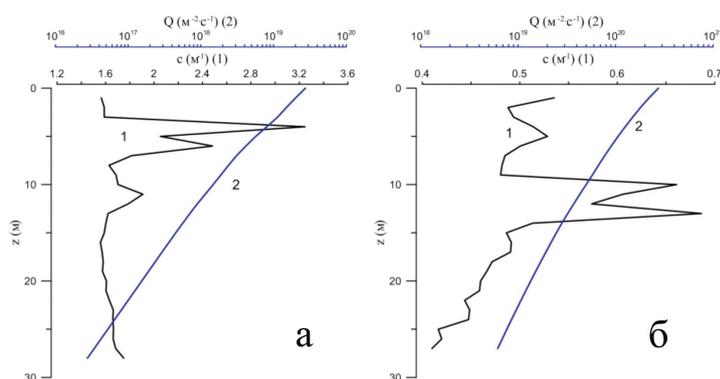


Рис. 8. (а-б). Зависимость показателя ослабления $c(\text{м}^{-1})$ (1) и ФАР Q (квант/ $(\text{м}^2\text{с})$) (рассчитанный профиль) (2) в двух районах Карского моря.

Тема № 0149-2014-0024 «Разработка методов изучения совместной циркуляции атмосферы и океана с помощью численного моделирования и натурных исследований»

Руководитель – к.ф.-м.н. Сафрай А.С.
№ гос.регистрации 114102140079

Сформулирована роль поверхностных волн в цепочке трансформации энергии и импульса: ветер отдаёт энергию и импульс волнам, турбулентности и поверхностным течениям через поле поверхностного давления и тангенциальное напряжение. Волны запасают импульс и энергию и передают их с задержкой также течениям и турбулентности верхнего слоя океана. Рассматривается возможный способ объединения моделей атмосферы, морских волн и океана. Диссипация волн может происходить далеко от места, где генерировались волны, так что взаимодействие океана и атмосферы является нелокальным. Подобные преобразования энергии и импульса существуют повсеместно, но они особенно велики в районах больших горизонтальных градиентов поверхностных течений и в районах материкового шельфа, где скорость течения, продуцируемого волнами, может достигать одного метра в секунду. Получены оценки зависимости импульса и энергии волн и ветра от скорости ветра для случая установившегося волнения и течений. Волновой импульс и энергия вычислялись в конформной волновой модели, а импульс и энергия течений оценены в предположении, что течение однородно по глубине в перемешанном слое толщиной 50 м и скорость течения составляет $0.03U_{10}$ (U_{10} – скорость ветра на высоте 10 м). Как видно, волновой импульс

примерно на порядок меньше импульса течений. Тем не менее, волновой импульс может быть столь велик, что при быстрой его передаче течениям скорость течений может достигать 1 м/с. Такие явления происходят при выходе крупных волн на мелководье, где волны начинают активно разрушаться. Энергия волн при ветре 18 м/с начинает превосходить энергию течений. Особенно велики эти эффекты в моделях океана (моря) с высоким разрешением. Это обстоятельство указывает на то, что полноценная модель взаимодействия океана и атмосферы должна включать в качестве связующего элемента модель поверхностных волн. Важно, что быстрый перенос энергии и импульса делает взаимодействие нелокальным. Таким образом, течения могут генерироваться как напряжением, создаваемым ветром, так и напряжением, создаваемым обрушивающимися волнами.

Тема № 0149-2014-0097 «Изменчивость структуры и динамики вод Северной Атлантики»

Руководитель – к.г.н. Гладышев С.В.

В июне 2014 г. зарегистрированы следы аномально глубокой зимней конвекции в море Ирмингера, которая распространялась до глубины 1300 м. Конвекции подобной интенсивности в этом районе океана не наблюдалось последние 20 лет. В предыдущие три года зимняя конвекция в этом районе регулярно достигала глубины 1000 м, что свидетельствует об ускорении нижнего «лабradorского» звена глобального конвейера в Северной Атлантике. Усиление конвекции отражает интенсификацию зимней циклонической активности в атмосфере, которая остановила (возможно, временно) глобальный тренд потепления океана в Субполярном круговороте Северной Атлантике.

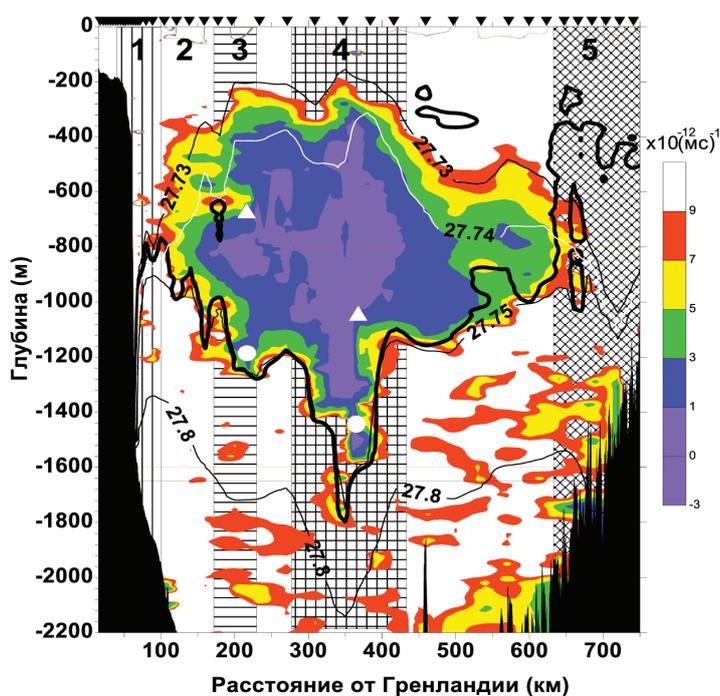


Рис. 9. Вертикальное распределение потенциальной завихренности на разрезе вдоль 59.5° с.ш. в море Ирмингера в июне 2015 г. Область конвекции показана цветом (минимум потенциальной завихренности), ее нижняя граница (определена по 93% изолинии насыщения растворенным кислородом) черной утолщенной линией. Граница деформирована антициклоническим вихрем, который сформировался летом 2015 г. Заштрихованы области: 1-Западное пограничное течение, 2 – центральная часть круговорота Ирмингера, 3 – восточная периферия круговорота Ирмингера, 4 – антициклонический вихрь, 5 – течение Ирмингера. Изолинии потенциальной плотности показаны тонкими линиями, Треугольники белого цвета обозначают положение максимума растворенного кислорода внутри Лабрадорской промежуточной воды, точками белого цвета показано залегание минимума солености. Положение гидрологических станций на разрезе показано треугольниками на верхней оси рисунка.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Тема № 0149-2014-0025 «Геолого-геофизические исследования эволюции и современного состояния литосферы Арктики и морей России с целью определения внешних границ континентального шельфа России, оценки его ресурсов и обеспечения их безопасного освоения, а также выявления природных факторов экологических и климатических изменений. Разработка инновационных технологий инженерного обеспечения безопасного освоения шельфа и современных методов непрерывного мониторинга морских месторождений»

Руководитель – член-корр. РАН Лобковский Л.И.

Выполнены новые палеотектонические реконструкции Арктики на период от мела до кайнозоя, показывающие принадлежность хребта Ломоносова, котловины Подводников и поднятия Менделеева к Российской континентальной окраине. Разработана геодинамическая модель верхнемантийной конвекции, связанной с глобальным Тихоокеанским субдукционным конвейером. Модель представляет единый физический механизм для объяснения основных закономерностей геологического строения и тектонической эволюции Арктики в мезозое и кайнозое. Данная геодинамическая модель включена в раздел геологического обоснования частично пересмотренной заявки Российской Федерации в Комиссию ООН на установление внешней границы континентального шельфа в Арктике. Заявка Российской Федерации была официально представлена в Комиссию 03.08.2015 и будет рассмотрена весной 2016 года на 40-й сессии Комиссии ООН по границам континентального шельфа.

Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния Арктики и прилегающих частей Северо-Восточной Азии в рамках концепции тектоники деформируемых литосферных плит. Уточнены районы аномальной эмиссии метана на Арктическом шельфе и выполнено моделирование процесса миграции газа через гидратсодержащую осадочную толщу.

Проведены предварительные исследования компонент экосистем северных морей с целью построения математической модели Арктического шельфа, разработаны основы создания глобальной сейсмологической сети континент-океан и изучены механизмы генерации и способов распространения низкочастотных сейсмоакустических полей (0,003–20 Гц) в океанической среде. Завершены работы по статистической теории выбора гипотез применительно к построению мониторинговых систем для инженерного обеспечения безопасного освоения шельфа.

Тема № 0149-2014-0026 «Системное исследование процессов осадкообразования в морях России, Северном Ледовитом и Атлантическом океанах»

Руководитель – академик РАН Лисицын А.П.
№ гос.регистрации 115042740050.

1. Создан новый автономный комплекс методов и приборов для непрерывных (круглогодичных) исследований среды и климата океана с охватом времени наблюдений от часов и суток до месяцев и до 20–30 тыс. лет с информацией на микро- и наночастицах. Этот комплекс включает следующие составляющие: 1) постановка глубоководных автоматических седиментационных обсерваторий АГОС с ловушками микро- и наночастиц (взвеси), измерителями течений и океанологическими приборами в слое вода-дно; 2) спутниковые наблюдения с верификацией данных; 3) высокоразрешающий анализ информации о климате и среде в верхнем слое донных осадков (до 20–40 тыс. лет) с помощью мультисканера; 4) изучение изменений среды и климата, цикличность событий по данным колонок ТБД большого диаметра (до 100 тыс. лет и больше). Проводятся также рейсовые исследования со сгущением сетки станций в районе работы обсерватории.

2. Практическое применение в 2015 г. развернутых исследований на пяти морях Европейской части России (Каспийское, Черное, Балтийское, Белое, Баренцево) и в открытом океане по разрезу 60° с.ш. в Северной Атлантике (3 обсерватории) (см. рис.1). В дальнейшем при финансовой поддержке предполагается развертывание обсерваторий на трассе Севморпути и глобально на меридиональном разрезе через Атлантический океан.

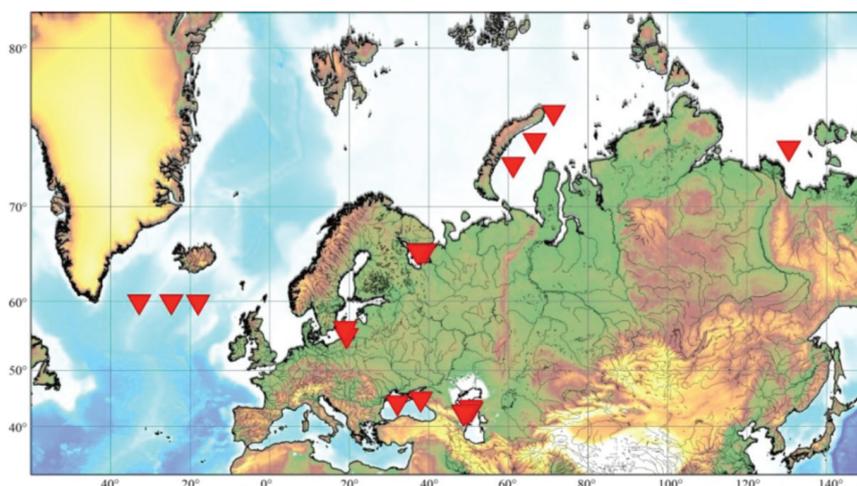


Рис. 1

3. Применение рентгеновского дифрактометра нового поколения D8 ADVANCE (Bruker АХС, Германия) позволило получить следующие важные результаты исследования поверхностных донных осадков Белого моря (рис. 2). В отличие от традиционных представлений, в тонкодисперсной фракции (<0,001 мм) преобладают обломочные, а не глинистые минералы. Содержание обломочных минералов (кварц, полевые шпаты, карбонаты, минералы группы эпидота, пироксена, амфибола, граната, слюды) колеблется от 43.6 до

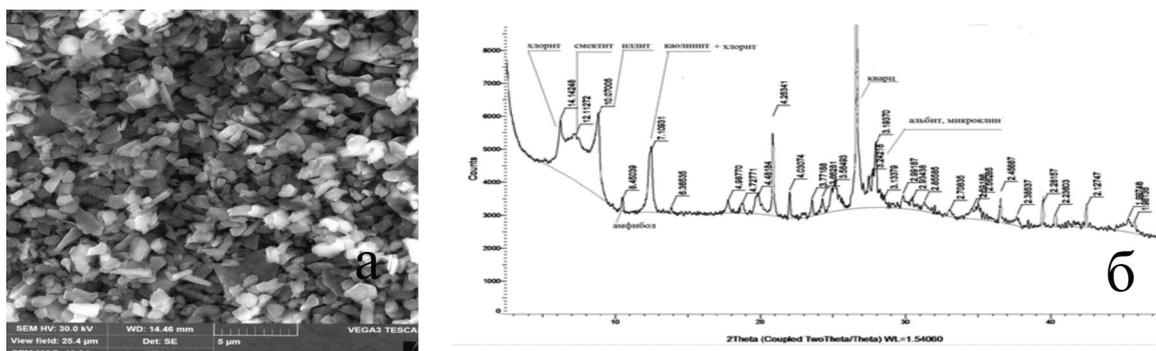


Рис.2. Микрофотография тонкодисперсной фракции (<math><0,001\text{ мм}</math>) донных осадков Белого моря (а) и дифрактограмма этого вещества (б).

89.5%, составляя в среднем 63.3 мас. % (рис. 3). Группа глинистых минералов (смектит, иллит, каолинит, хлорит) в составе исследуемой фракции редко превышает 50%, а чаще имеет подчиненное в количественном отношении значение.

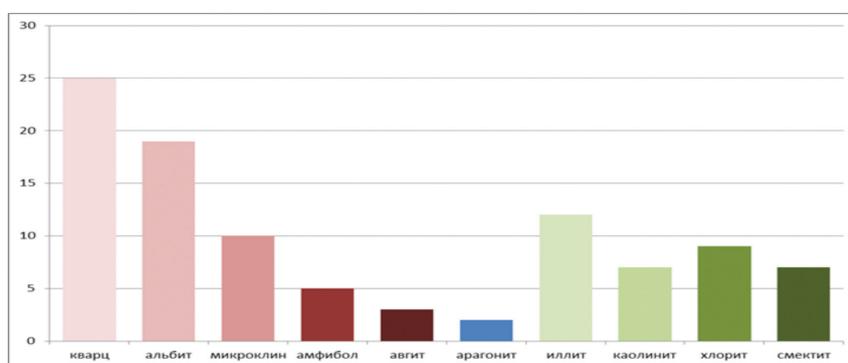


Рис. 3. Минеральный состав тонкодисперсной фракции осадков Белого моря (масс. %): оттенки розового цвета – обломочные, синий – карбонат, оттенки зеленого цвета – глинистые минералы.

4. В 2015 г. опубликована монография: Богданов Ю.А., Леин А.Ю., Лисицын А.П.

«Полиметаллические руды в рифтах Срединно-Атлантического хребта (15–40° с.ш.): минералогия, геохимия, генезис» (М.: ГЕОС, 2015. 256 с.), которая завершает цикл исследований в глубоководных гидротермальных полях океана с использованием глубоководных обитаемых аппаратов «Мир».

Тема № 0149-2014-0027 «Современная природная среда, палеоэкология, палеоокеанология и биостратиграфия донных отложений Мирового океана, окраинных и внутренних морей России и Евразии по данным изучения осадочного вещества, морских микроорганизмов и морских экосистем»

Руководители – д.г.-м.н. Матуль А.Г., д.г.-м.н. Бараш М.С.
№ гос.регистрации 115051210120.

1. Завершена многолетняя работа по обобщению научной информации о массовых вымираниях морской биоты и опубликована монография Бараш М.С. «Причины

катастрофических массовых вымираний в фанерозое». В монографии рассмотрены основные эмпирические данные по глобальным биотическим катастрофам в течение фанерозоя (последние 542 млн. лет), критически проанализированы гипотезы об абиотических причинах «великих массовых вымираний», когда биоразнообразие морских организмов сокращалось более чем на 75 %.

Рассмотрение соподчиненности основных явлений позволило свести их к первичным причинам: 1) **земным** (мощный вулканизм), и 2) **космическим** (падения на Землю крупных астероидов или комет). Одновременное проявление взаимно независимых явлений свидетельствует об общих внешних причинах более высокого порядка, находящихся вне пределов Солнечной системы. Вулканизм и импакт-события вызывали сходные последствия. В атмосферу выбрасывались вредные химические элементы и аэрозоли. Возникали парниковый эффект, потепление, затемнение атмосферы, препятствующее фотосинтезу, стагнация океана, аноксия. Сокращалась биопродуктивность, разрушались пищевые цепи. В итоге происходило вымирание значительной части биоты (рис.1).

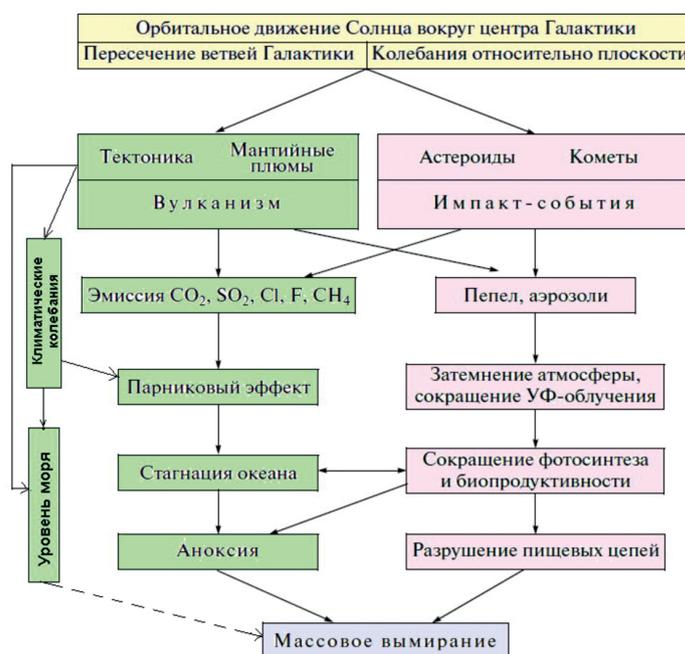


Рис. 1. Взаимосвязи основных процессов, приводивших к массовым вымираниям.

2. Обобщены новые собственные данные по реконструкции условий обитания микроорганизмов и палеоклимата в субарктической зоне Пацифики во время ледниковых и межледниковых событий плейстоцена, включая максимум последнего оледенения и резкое глобальное потепление на переходе от оледенения к голоцену. Установлено:

- во время максимума последнего оледенения 21 тыс. лет назад субарктическая Пацифика и окраинные моря были зоной вентиляции промежуточных водных масс (рис. 2),
- резкое потепление после оледенения привело к наступлению открытоокеанических условий у восточной Камчатки и формированию краевой ледовой зоны в ЮЗ части Берингова моря (рис.3),

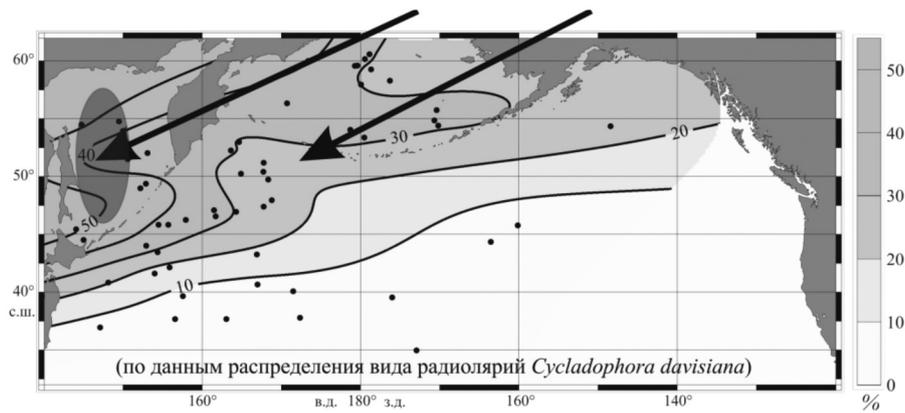


Рис. 2. Вентилиция промежуточной воды сейчас и максимум последнего оледенения.

– на переходе от оледенения к голоцену в географически близких районах СЗ Пацифики выявлен диахронный (со смещением во времени минимум на 200 лет) ход палеоокеанологических колебаний с юга к северу и от дна к поверхности при сильном потеплении (рис. 3).

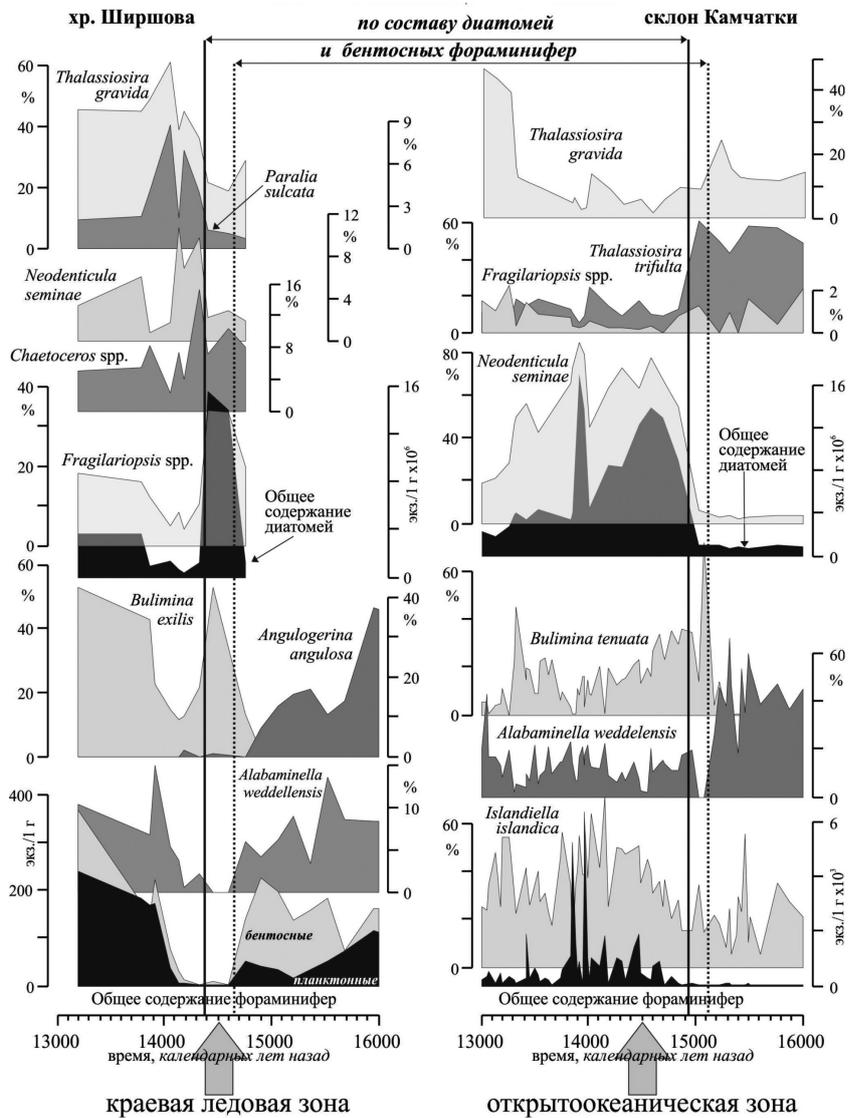


Рис. 3. Диахронность изменений в поверхностном и придонном горизонтах между близлежащими районами.

Тема № 0149-2014-0028 «Кайнозойская геодинамика, сейсмичность и газогидратные системы континентальных окраин»

Руководитель – к.г.-м.н. Баранов Б.В.
№ гос.регистрации 01201374059

В центральной части Курильской островной дуги были выделены две системы поперечных разломов и определена их кинематика. Первая система представляет собой левосторонние сдвиги субмеридионального простирания, вторая – сбросы северо-западного простирания. Установлено, что условия растяжения преддуговой области Центральных Курил не ограничиваются грабеном Буссоль, как предполагалось ранее, а проявляются в более широкой области вплоть до северо-восточного отрезка хребта Витязя. Наличие условий растяжения находится в соответствии с моделью миграции желоба в сторону океана (Рис.).

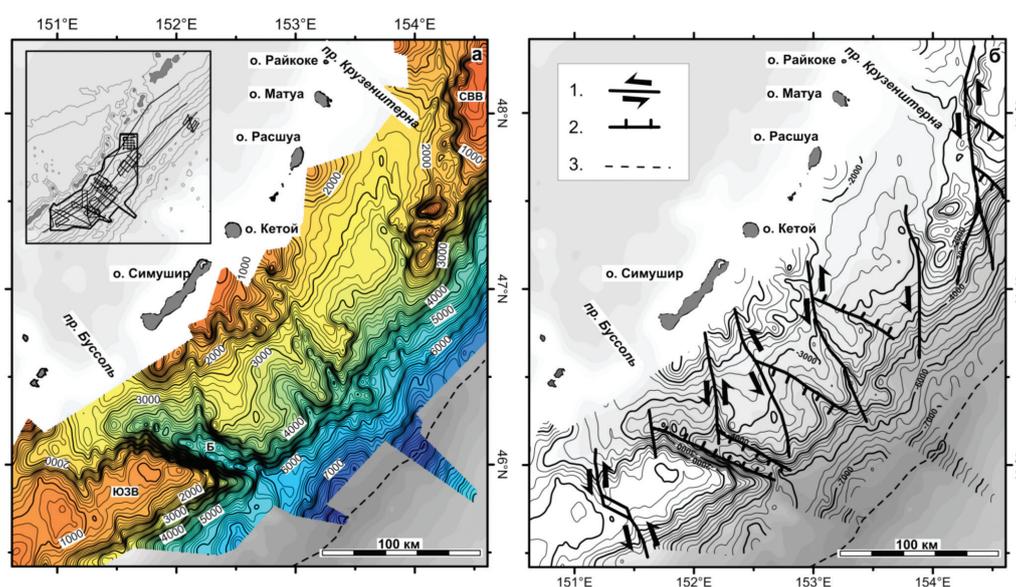


Рис. (а) Батиметрическая карта фронтальной части Центральных Курил. ЮЗВ и СВВ – юго-западная и северо-восточная части хребта Витязя, соответственно, Б – грабен Буссоль. Сечение изобат равно 100 м. На врезке показана схема геофизических профилей и участок склона для которого была составлена карта. (б) Схема поперечных разломов. Сечение изобат равно 250 м. 1 – сдвиги, 2 – сбросы, 3 – ось желоба.

Тема № 0149-2014-0029 «Литология, стратиграфия четвертичных отложений и палеоокеанология Тихого и Атлантического океанов»

Руководители – д.г.-м.н. Иванова Е.В.,
д.г.-м.н. Мурдмаа И.О.
№ гос.регистрации 01201354013

1. Получены доказательства контуритовой природы верхней части осадочного чехла на возвышенности Сеара, а также в желобах трансформных разломов САХ, в районе зоны разломов Вима, и в неисследованных ранее частях Аргентинской котловины, в том числе в эрозионных каналах в 50-м рейсе НИС «Академик Иоффе».

2. В восточной экваториально-тропической области Тихого океана изменчивость комплексов бентосных фораминифер отражает последовательную смену контрастности условий поступления органического вещества на дно от сезонно контрастных через умеренно контрастные до относительно постоянных в течение года. Эта смена повторяется каждые ~40 тыс. лет и контролируется циклами изменения угла наклона Земной оси к перпендикуляру к плоскости эклиптики, причем интервалы условий ярко выраженного сезонного контраста совпадают с интервалами максимальных значений угла наклона Земной оси в течение трех последних климатических циклов (рис.).

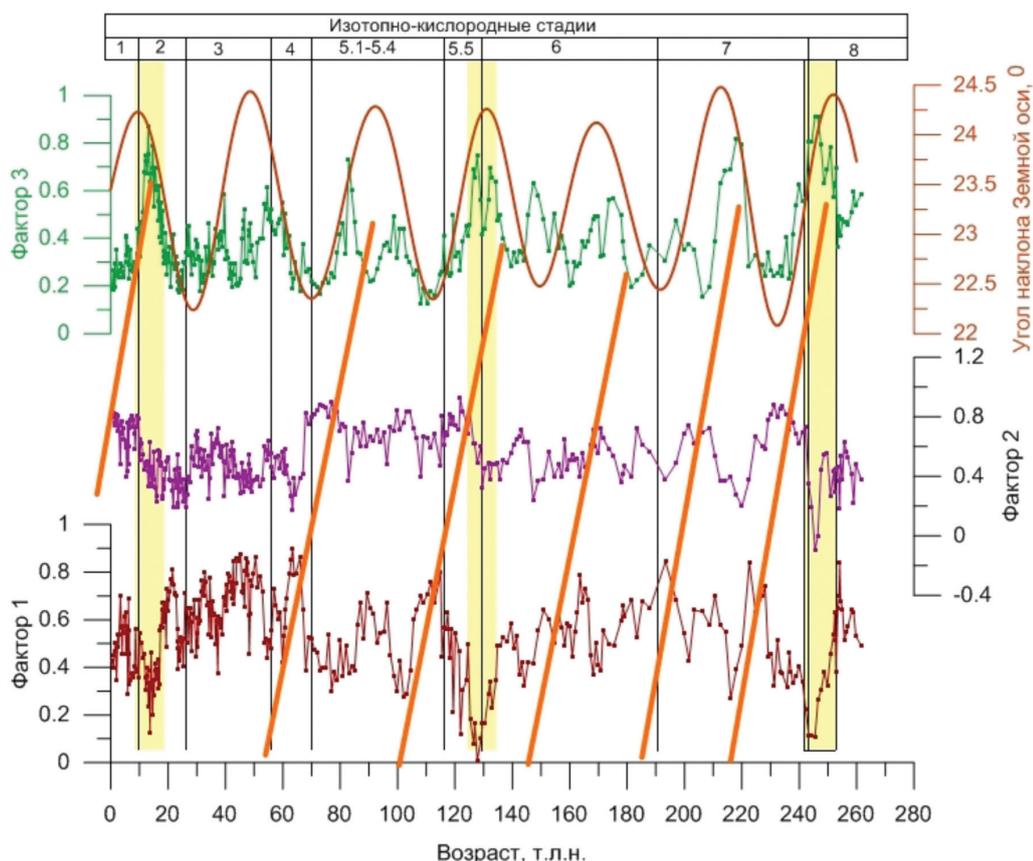


Рис. Распределение главных комплексов бентосных фораминифер (факторов), отражающих изменения сезонности поступления органического вещества на дно в восточной экваториальной области Тихого океана (Овсепян, 2015). Вариации угла наклона Земной оси по (Berger, Loutre, 1991). Желтыми полосами выделены интервалы терминаций. Оранжевыми линиями отмечены ~40-тысячелетние циклы последовательной смены условий поступления органического вещества на хребет Кокос от сезонно контрастных через умеренно контрастные до слабоконтрастных в течение трех последних ледниково-межледниковых циклов.

Тема № 0149-2014-0030 «Детальная геохронология, кинематика и твердые полезные ископаемые дна северной части Мирового океана»

Руководитель – д.г.-м.н. Шрейдер А.А.
№ гос.регистрации 115052150042.

В результате проведенных исследований изучена общая кинематика и геодинамика перемещений плит северо – востока Евразии и Северной Америки в мезозое-кайнозое

и рассмотрена тектоническая эволюция Арктического региона. При создании модели геологического развития Арктики использовалась геодинамическая модель возвратной мантийной ячейки окраин активного типа (рис 1). В течение последних 120 млн. лет в силу непрерывного поступления нового материала океанской литосферы из зоны субдукции

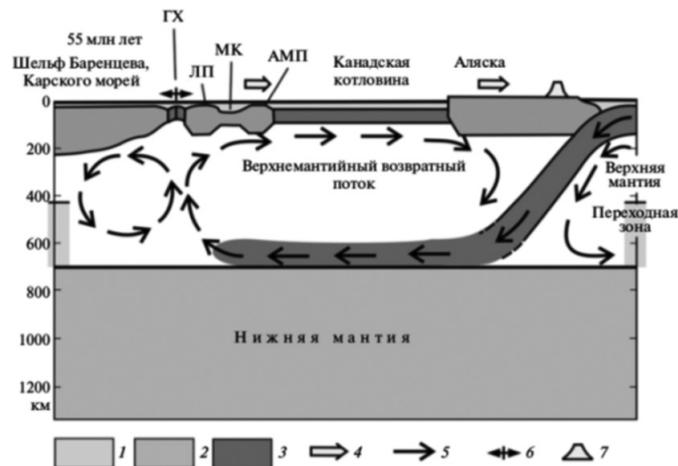
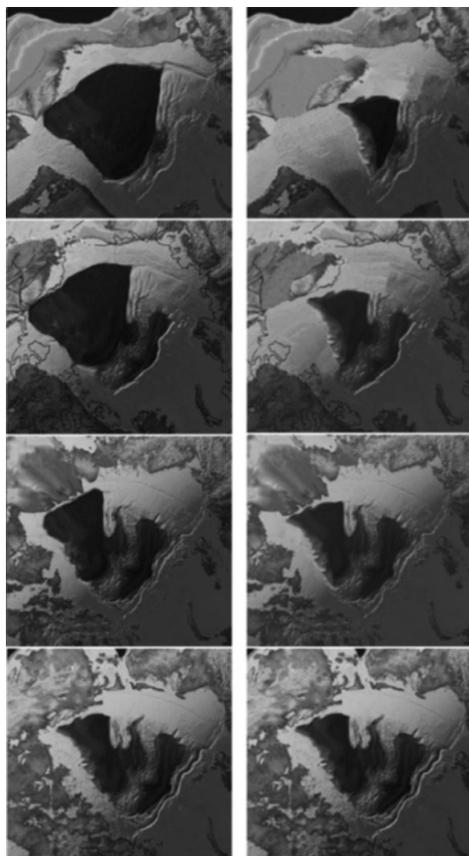


Рис. 1. Модель верхнемантийной ячейки под континентом, вызванной процессом субдукции Тихоокеанской литосферы. 1 – водная толща океана; 2 – континентальная литосфера; 3 – океаническая литосфера; 4 – вектор движения континентальных блоков в направлении Тихоокеанской зоны субдукции вследствие возвратной ячейки верхнемантийной конвекции, 5 – направление потоков в верхней мантии и переходной зоне; 6 – спрединг в Евразийской котловине; 7 – проявления магматизма. АМП – поднятие Альфа Менделеева, ГХ – хребт Гаккеля, ЛП – поднятие Ломоносова, МК – котловина Макарова.



в область верхнемантийной ячейки под литосферу Арктики горизонтальный размер ячейки увеличивался за счет отступления зоны субдукции в сторону Тихого океана и вследствие продвижения фронта ячейки вглубь Баренцевоморской окраины. Этот механизм привел к отрыву тектонических континентальных блоков в форме линейных хребтов Альфа-Менделеева и Ломоносова от Баренцевоморской окраины и образованию в тылу отодвигающегося хребта в кайнозойский период Евразийского бассейна (рис. 2).

Рис. 2. Раскрытие Амеразийского бассейна. слева – реконструкции Северного Ледовитого океана [Scotese, 2011] на 30, 60, 70, 90, 110 млн лет назад; справа – реконструкции Северного Ледовитого океана на 30, 60, 70, 90 и 110 млн лет назад. Реконструкции 70, 90 и 110 млн лет назад изменены нами. Исходные реконструкции взяты по [Scotese, 2011].

Тема № 0149-2014-0031 «Развитие методов обработки и геологической интерпретации измерений геоэлектромагнитных полей на континентальном шельфе»

Руководитель – к.г.-м.н. Пальшин Н.А.
№ гос.регистрации 01201373753.

1. Разработана и успешно опробована в рейсе новая технология измерения геомагнитного поля и комплекс алгоритмов обработки и интерпретации геомагнитных данных, позволяющий надёжно картировать, идентифицировать и интерпретировать создаваемые техногенными объектами аномалии, решая задачу их локализации с точностью до менее 50 см.

2. Построены модели процессов гидратации пород в зонах субдукции по данным геоэлектромагнитных исследований. По данным ЭМ исследований в районе глубоководных желобов и в аккреционной призме на глубинах в первые километры происходит интенсивная гидратация океанской плиты по системе разломов, далее флюиды захораниваются в зонах интенсивного складкообразования и, частично, возвращаются в гидросферу (и/или атмосферу) через грязевой вулканизм и сипы. Глубже находится зона образования серпентинитов (гидратации базальтов). По данным геомагнитных исследований такая зона существует под Курильской островной дугой на глубине 30–50 км и имеет ширину около 100 км и ей соответствует диапазон температур 200–400°C.

Тема № 0149-2014-0032 «Сейсмостратиграфия и геоакустическое моделирование морского дна»

Руководитель – д.г.н. Никифоров С.Л.

На основании интерпретации сейсмостратиграфических данных высокоразрешающего сейсмопрофилирования в Среднем Каспии было показано, что контуритовые отложения генетически связаны с циркумкаспийским течением. На основании обнаруженных контуритовых образований (аккумулятивных дрифтов с эрозионными рвами, полей осадочных волн) впервые выделено несколько контуритовых осадочных систем, которые в пределах единой системы циркумкаспийского придонного течения объединяются в единый «контуритовый осадочный комплекс», который по-видимому, развит вдоль всего континентального подножия Дербентской котловины на глубинах 250–720 м. Согласно сейсмостратиграфической интерпретации профилей НСП, образование этого комплекса началось по крайней мере 70 тыс. лет назад во время Хвалынской трансгрессии (рис.).

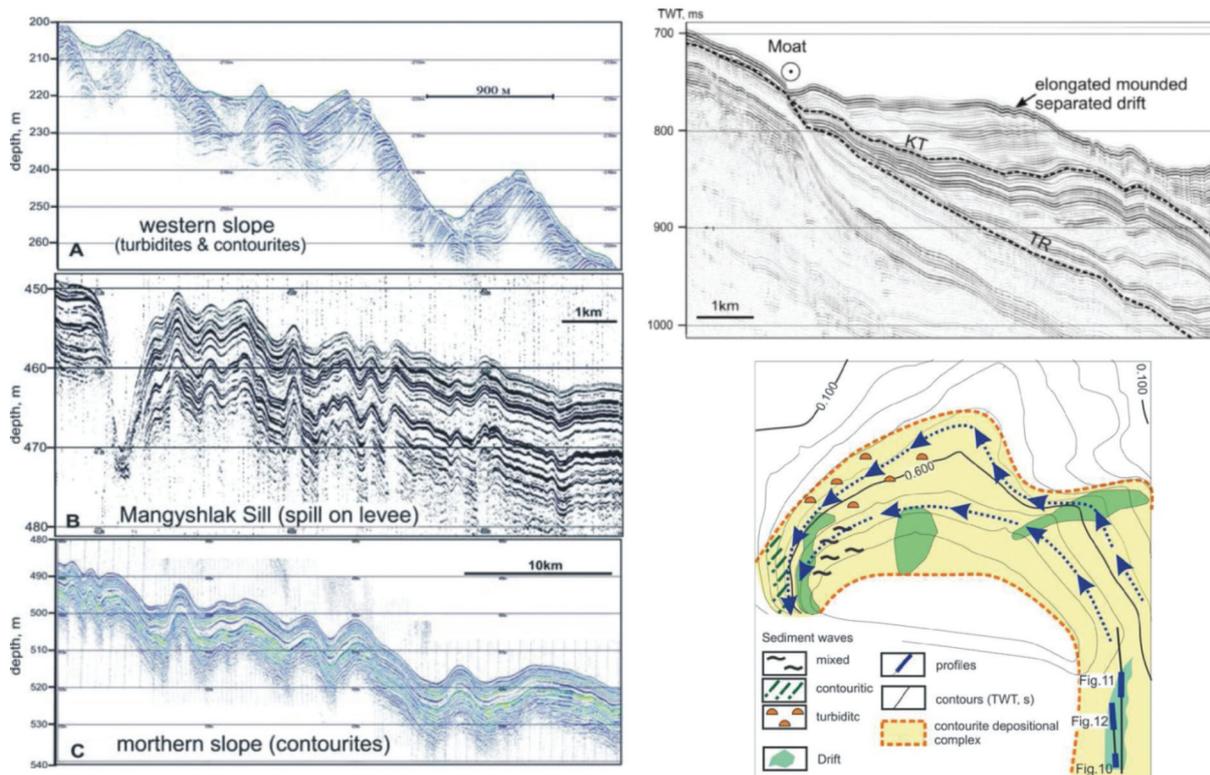


Рис. Контуритовые отложения в Среднем Каспии. Слева – осадочные волны; справа сверху – контуритовый дрефт у подножия западного склона; справа внизу – циркумкаспийский контуритовый осадочный комплекс.

Тема № 0149-2014-0033 «Генетические и газво-геохимические исследования нефтегазоносности морей России и континентальных окраин Мирового океана с целью оценки их ресурсного потенциала»

Руководитель – к.г.-м.н. Егоров А.В.

1. В рамках продолжения сезонного мониторинга содержания метана в водах Голубой бухты проведены измерения его концентраций. Впервые измерены температура и соленость в тех же точках. На основе полученных данных построены карты распределений метана, температуры и солености как в поверхностном, так и в придонном слоях Голубой бухты (рис. 1–3). Сравнивая с данными предыдущих лет можно заметить, что абсолютные содержания метана уменьшаются от года к году, начиная с аномально высоких значений, достигнутых в 2012 году после аномального наводнения. На рисунках видна приуроченность повышенных значений к устью Ашамбы. В силу кориолисовой составляющей воды Ашамбы идут к западу, что видно по картам солености и температуре, эта же область характеризуется повышенными содержаниями метана, что говорит о роли речного стока на формирование поля его концентраций. Приустьевая зона реки Ашамба характеризуется резко повышенным уровнем концентраций метана, что является общим для всех рек. Однако причина этого остается до конца не выясненной.

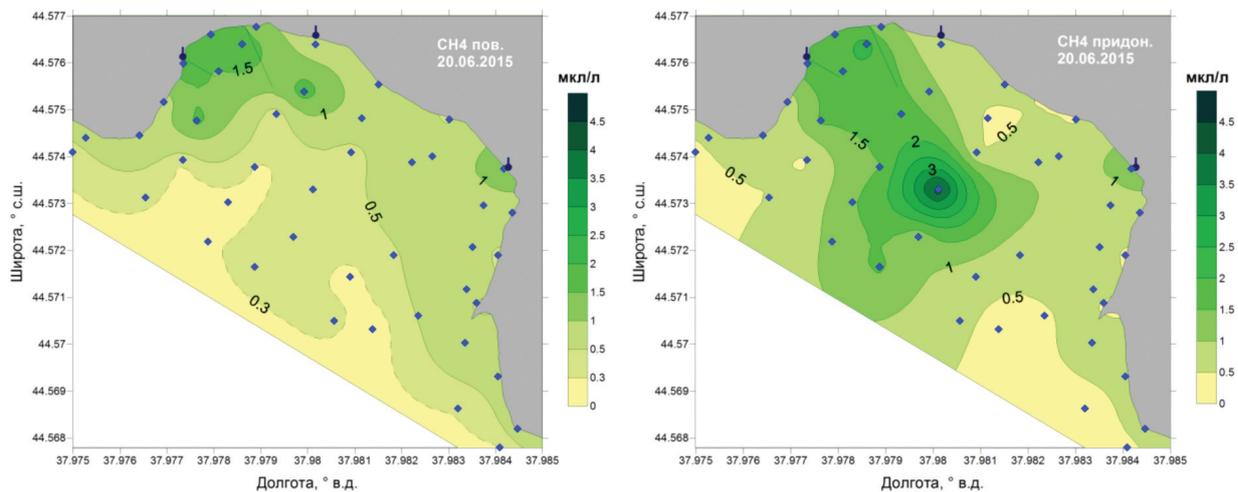


Рис. 1. Распределение метана в поверхностном (слева) и придонном (справа) слоях вод Голубой бухты 20.06.2015.

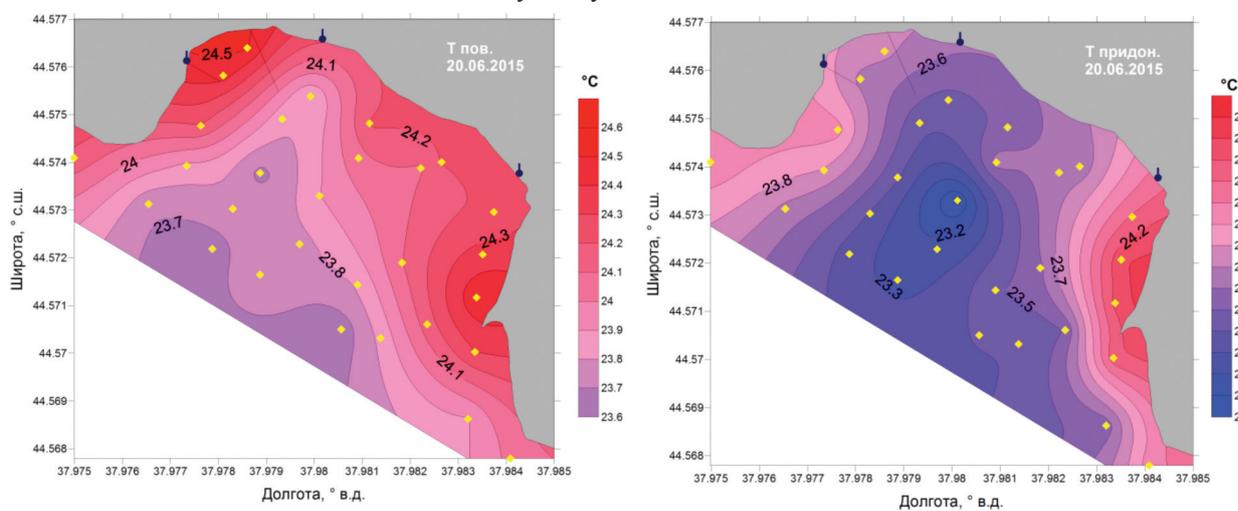


Рис. 2. Распределение температуры в поверхностном (слева) и придонном (справа) слоях вод Голубой бухты 20.06.2015.

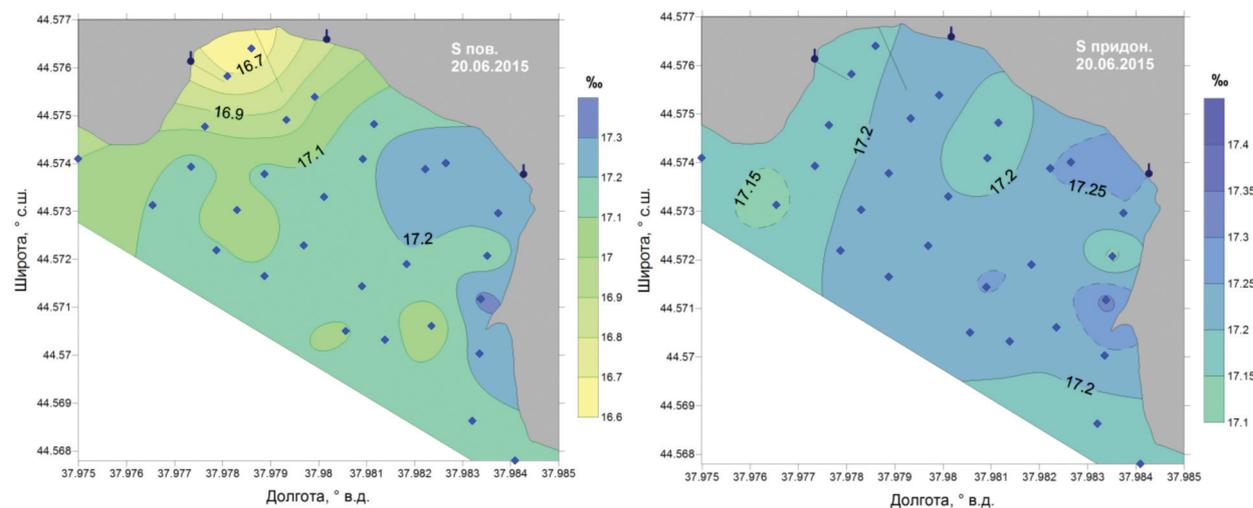


Рис.3. Распределение солености в поверхностном (слева) и придонном (справа) слоях вод Голубой бухты 20.06.2015.

2. Проведено углубленное изучение сеноманских (поздний мел) планктонных фораминифер в Мексикано-Карибском регионе. Исследовано 98 образцов. Выяснено, что в раннем сеномане в большей части изучаемой акватории был развит переходный теплобореальный тип танатоценоза. Более теплая промежуточная климатическая зона отмечена только в самой южной части региона (скв. №№ 535, 540). В среднем сеномане северная граница промежуточной зоны сместилась к северному полюсу на 15° и промежуточный тип танатоценоза, в котором преобладали различные виды родов *Rotalipora* и *Praeglobotruncana*, господствовал в пределах всего региона. В позднем сеномане промежуточная зона по-прежнему охватывала всю изучаемую акваторию. В отложениях, вскрытых двумя самыми южными скважинами, возросла численность видов тропической группы. Все это свидетельствует о том, что в изучаемом регионе в течение сеноманского века происходило плавное потепление. .

Тема № 0149-2014-0034 «Закономерности и особенности нелинейной трансформации штормовых волн и моделирование морфодинамических процессов в береговой зоне моря для создания фундаментальных основ технологий защиты берегов от катастрофических волновых воздействий»

Руководитель – д.ф.-м.н. Кузнецов С.Ю.
№ гос.регистрации 115062410076

Применительно к прибрежной области морских акваторий велись исследования по разработке моделей волнения и течений, транспорта наносов и морфодинамики дна и берегов в естественных условиях и при наличии искусственных конструкций в виде подводных баров и траншей и их комбинаций. В процессе верификации модели штормовых деформаций CROSS-P установлены факторы, контролирующие тип берегового профиля в различных условиях, и на этой основе разработан метод прогноза долговременного развития берега как последствий экстремальных штормовых событий. На основе данных лабораторного эксперимента проведена типизация сценариев нелинейной трансформации волн в береговой зоне, получены параметризации максимальной амплитуды второй нелинейной гармоники (рис.1), симметрии волн (рис.2), уменьшения периода и высоты волн при их прохождении над проницаемым рифом и сплошным одиночным баром. Проведены эксперименты по трансформации волн в среднем волновом канале Тайнаньской Гидравлической Лаборатории, подтвердившие ряд нелинейных эффектов, ранее известных только теоретически. Проведены верификации моделей штормовых деформаций дна Delft3d и Xbeach.

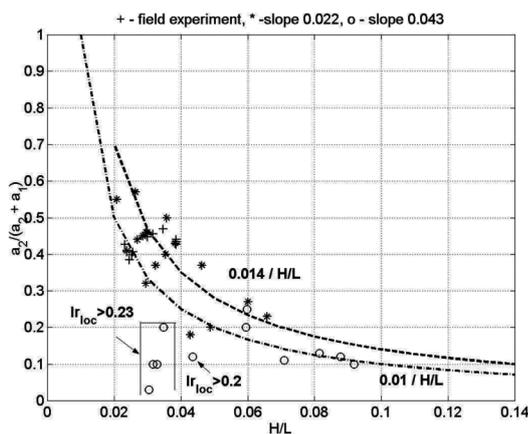


Рис. 1. Параметризация амплитуды второй гармоники в зависимости от крутизны волн. Плюсами обозначены данные натурального эксперимента Шкорпиловцы 2007, лабораторный эксперимент: * – уклон 0.02, o – уклон 0.043.

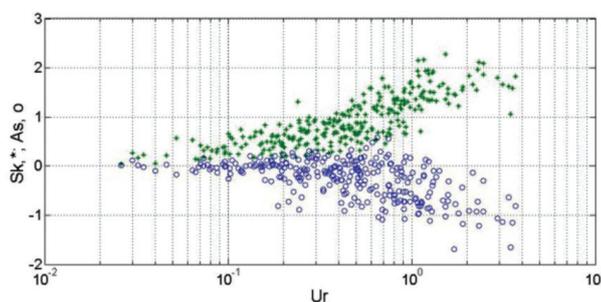


Рис. 2. Зависимости асимметрии (As) волн и их скульнеса (Sk) от числа Урселла.

Тема № 0149-2014-0035 «Новейшая тектоника и развитие морских берегов в условиях микроконтинента (на примере мегаблока Южная Георгия, Антарктика)»

Руководитель – к.г.-м.н. Дунаев Н.Н.
№ гос.регистрации 115062410075

В настоящее время нет единого представления о конкретной значимости новейшей тектоники в развитии морских берегов. Многие исследователи полагают, что тектонические движения слишком медленные, чтобы как-то проявиться и повлиять на береговые процессы. Одним из благоприятных районов для изучения столь важной проблемы являются микроконтиненты в силу своих геодинамических особенностей. Выполнены геолого-геоморфологические исследования побережья на защищенном от активного ветрового воздействия полуострове Тэтчер мегаблока о. Южная Георгия одноименного микроконтинента. Была составлена картографическая модель новейшей тектоники полуострова (рис.) и изучены геоморфологическое строение и литологические особенности береговых отложений. Установлено, что вдоль берега прослеживается аккумулятивная терраса высотой 2–2,5 м с регрессивным характером слагающих ее отложений, вышедшая из-под уровня моря около 900 т. л. н. Регрессивный геологический разрез свидетельствует о поднятии берега вследствие региональной активизации неотектонических движений, а не следствием осцилляции морского уровня.

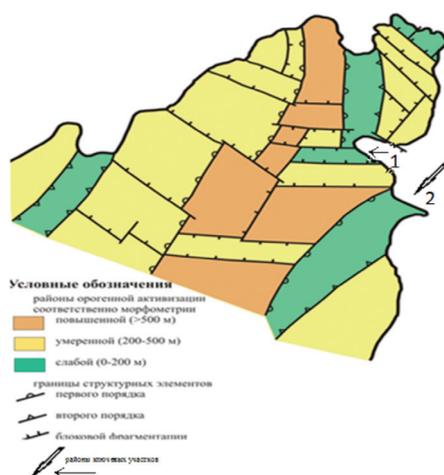


Рис. Неотектоническая структура полуострова Тэтчер.

Тема № 0149-2014-0036 «Биогеохимические циклы веществ в окраинных морях России и океане с приоритетной оценкой роли углерода и органического вещества в генерации парниковых газов, рудообразовании и влиянии на климат Земли»

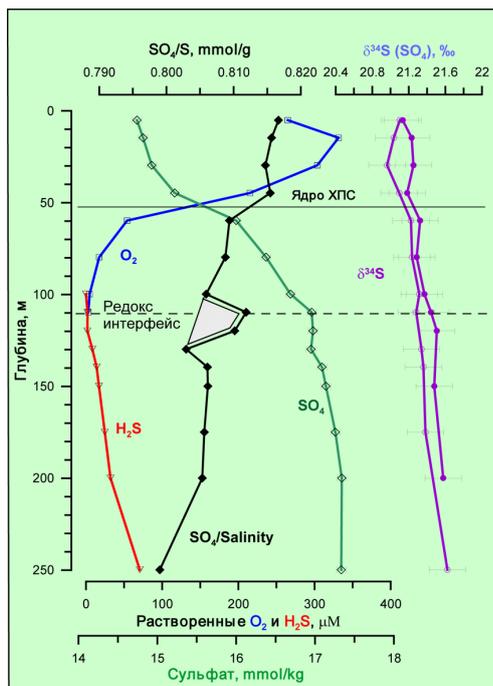
Руководители – д.г.-м.н Романкевич Е.А.,
 д.г.-м.н. Пересыпкин В.И.
 № гос.регистрации 115043010059.

Исследован состав нормальных алифатических углеводородов (n-алканов) в воде, взвеси и верхнем слое донных осадков центральной части Карского моря от эстуарной зоны до начала желоба Святой Анны. Количественно обосновано преобладание терригенного органического вещества в донных осадках Карского моря, дальнейшее распространение стока реки Обь в направлении желоба Святой Анны. Вывод обоснован изучением особенностей геохимического состава взвеси и донных осадков, в том числе алканов, индексов их молекулярного распределения, соотношений различных форм углерода и C/N отношений.

Тема № 0149-2014-0037 «Исследование геохимии морских вод, донных отложений и руд Мирового океана с целью определения источников их вещества и механизма формирования, изучение условий круговорота и биотрансформации органических и минеральных форм биогенных элементов и загрязняющих веществ на основе математического моделирования»

Руководитель – д.х.н. Дубинин А.В.
 № гос.регистрации 115042410150.

По результатам исследования изотопного состава серы сульфата в зоне окисления сероводорода на поверхности анаэробной толщи черноморских вод получены данные

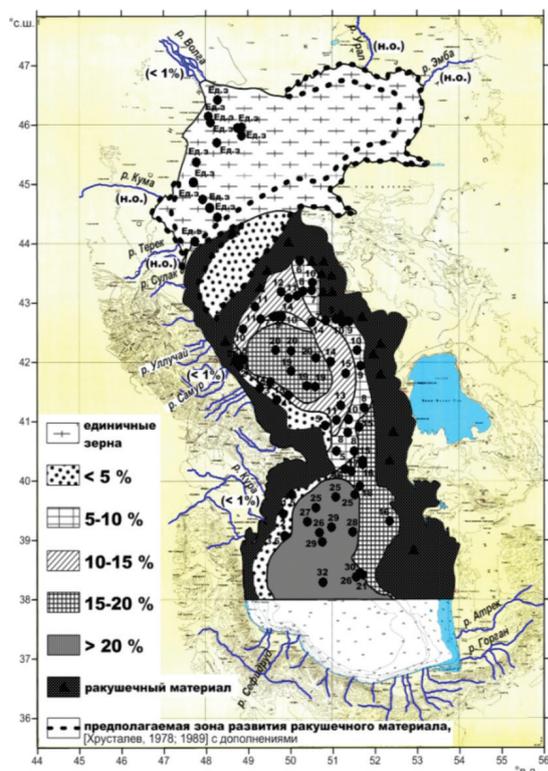


для станции 51-01, расположенной в центре Черного моря, показывающие, что положительная аномалия в накоплении сульфата составляет около 1% величины отношения содержания сульфата к солёности на горизонтах 110 и 120 м, то есть чуть ниже границы исчезновения сероводорода (рис.). Величины $\delta^{34}\text{S}(\text{SO}_4)$ в пробах, приготовленных разными способами и в разное время, оказались идентичными в пределах воспроизводимости метода ($< 0.2\%$).

Рис. Вариации в верхней части водной толщи 0-250 м в воде станции 51-01 (42.677° с.ш., 38.439° в.д.): содержания растворенного кислорода, сероводорода, сульфат-иона, отношения сульфата к солёности, величины $\delta^{34}\text{S}(\text{SO}_4)$ в сульфате, полученном в ходе гравиметрического анализа и в сульфате, осаждение которого проводилось на судне. Доверительный интервал для содержания сульфата и величины изотопного состава серы соответствует стандартному отклонению.

Тема № 0149-2014-0038 «Геолого-химическое исследование природных и антропогенных соединений в воде, взвесьях и донных осадках морских акваторий, в том числе окраинных районов Мирового океана»

Руководитель – д.г.-м.н. Немировская И.А.,
исполнитель – Козина Н.В.



Проведено изучение распределения пирита в тяжелой подфракции поверхностного слоя донных осадков Каспийского моря. Повышенные концентрации пирита приурочены к районам с тонкозернистыми осадками (содержание пелитовой фракции более 90%), и обусловлены повышенным содержанием в них железа, а также наличия сероводородного заражения, где происходит активная деятельность микроорганизмов. Максимальные его концентрации зафиксированы в глубоководных впадинах Среднего (20%) и Южного Каспия (30%) (рис.). Предполагается, что образование фрамбоидального пирита связано с наиболее ранними стадиями диагенеза.

Рис. Карта процентного содержания пирита в тяжелой подфракции. 1 – единичные зерна; 2 – < 5; 3–5-10; 4–10-15; 5 – 15-20; 6 – > 20; 7 – область накопления ракушечного материала; 8 – предполагаемая зона развития ракушечного материала с нашими дополнениями.

Тема № 0149-2014-0039 «Физические основы моделирования морских катастроф (наводнений и цунами) для целей оперативного и долгосрочного прогнозов»

Руководитель темы – д.ф.-м.н. Куликов Е.А.
№ гос.регистрации 01201451476.

Выявлена уникальная цепочка событий метеоцунами, прокатившаяся 23–27 июня 2014 г. над Средиземноморьем и северо-западной частью Черного моря, приведшая к возникновению события, которое впоследствии получило название «Одесское цунами». Проведенные исследования показали, что метеоцунами в Средиземноморье возникают только в теплое время года и только при наличии определенных синоптических условий: (1) заток на высотах ~1500 гПа (~1500 м) теплого и сухого воздуха из Африки; (2) наличие хорошо выраженного сильного струйного течения на высотах ~500 гПа (~5000 м), направленного с юго-запада, и (3) наличие на высотах 600–400 гПа атмосферных слоев с высокой вертикальной неустойчивостью (т.е. с малыми числами Ричардсона, $Ri < 0.25$). Именно такая ситуация имела место 23–27 июня 2014 г. над Средиземным и Черным морями, причем атмосферная система смещалась на восток, возбуждая сильные метеоцунами в тех районах, где для этого существовали благоприятные резонансные условия (число Фруда $Fr = U/c \approx 1.0$), где U – скорость атмосферных возмущений, а c – скорость длинных океанских волн. Данные анализа высокоточных наблюдений за микрофлуктуациями атмосферного давления показывают, что метеоцунами преимущественно вызываются сравнительно мелкомасштабными (20–50 км) возмущениями атмосферного давления, которые возникают при определенных атмосферных ситуациях (рис.).

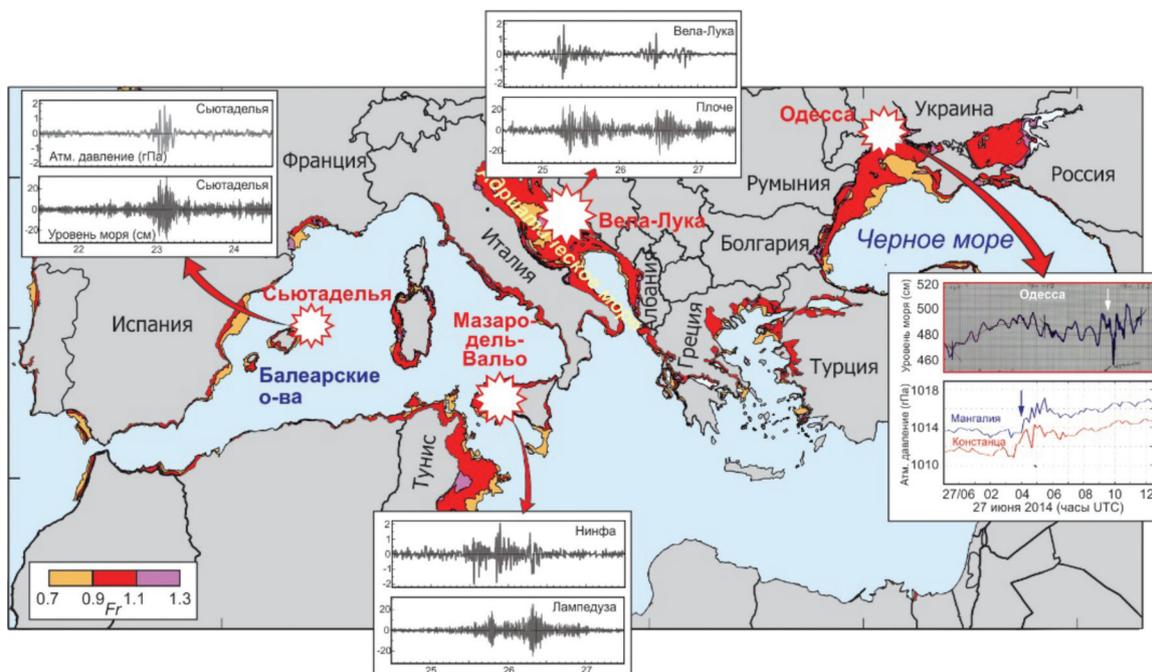


Рис. Карта района Средиземного и Черного морей с отмеченными пунктами (звездочки), где 23–27 июня 2014 г. наблюдались разрушительные метеоцунами, и показанным распределением числа Фруда, характеризующего отношение скоростей атмосферных и океанских волн. На врезках показаны записи атмосферных возмущений и метеоцунами для 4 районов: Сьютаделья (Испания), Мазаро-дель-Вальо (Сицилия), Вела-Лука (Хорватия) и Одесса (Украина)/Румыния.

Тема № 0149-2014-0040 «Процессы формирования и современные изменения геологической среды в Балтийском море и на характерных участках Атлантического океана»

Руководитель – к.г.-м.н. Сивков В.В.,
исполнитель – Кречик В.А.
№ гос.регистрации 01201376666

Серией гидрологических экспедиций (начало и конец апреля, август, октябрь), направленных на изучение «большого залива» североморских вод в Балтику (декабрь 2014 года), выявлено повышение солёности и температуры придонных вод в Гданьской впадине (рис.). При этом аэрации этих вод не произошло. По-видимому, в Гданьскую впадину проникла «старая» вода, вытесненная «свежей» североморской водой из глубинных слоев Борнхольмской впадины и Слупского желоба (юго-западная и южная Балтика).

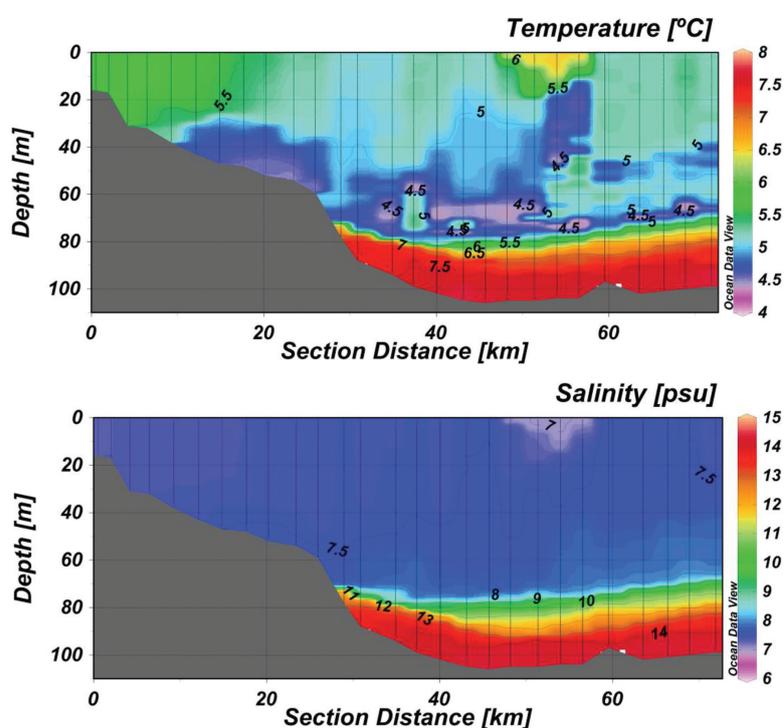


Рис. Распределение температуры (сверху) и солёности (снизу) на разрезе, выполненном комплексом Oceanscience UCTD 24-25 апреля 2015 г. в Гданьской впадине Балтийского моря. Север справа.

Тема № 0149-2014-0041 «Геолого–геохимические исследования в Балтийском море и Атлантическом океане, палеорекострукции геологической среды и палеоклимата. Геология магматизма и минеральные ресурсы реперных участков Юго-восточной Балтики, Северной и Полярной Атлантики»

Руководитель – д.г.-м.н. Емельянов Е.М.
№ гос.регистрации 01201376667

Составлены карты распределения токсичных элементов (рис.). Подтверждено, что основным источником токсичных элементов является Нева (Невская губа), а также река

Кими. Эта река до сих пор выносит большие количества ртути, сброшенной в нее около 20 лет тому назад. Ртуть накопилась в осадках северной части Финского залива, причем не в илах впадин, как многие тяжелые металлы, а в мелководных песках и алевритах. Промежуточное положение между Hg и металлами занимают другие токсичные микроэлементы – кадмий (Cd) и мышьяк (As). Кадмий накапливается как в прибрежных осадках (песках, алевритах), так и в илах. Подобным образом накапливается и мышьяк.

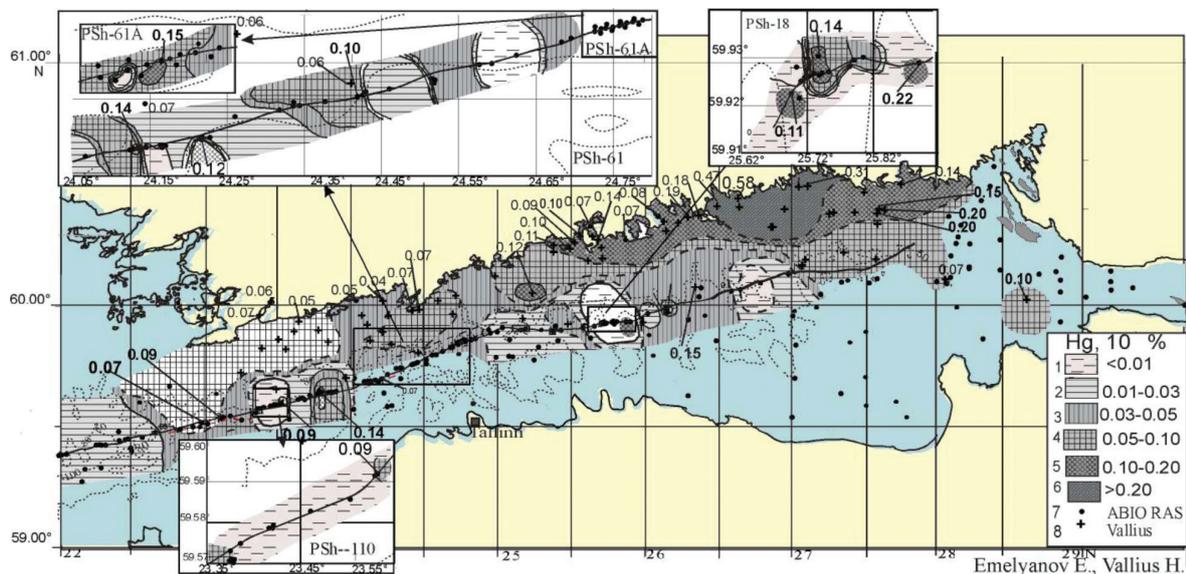


Рис. Распределение Hg в верхнем слое (0-3 см) донных осадков Финского залива ($10^{-4}\%$).

Тема № 0149-2014-0042 «Построение нового поколения моделей потоков наносов в береговой зоне моря во время шторма. Количественный прогноз распределения концентрации и переноса взвешенных наносов»

Руководитель – д.г.н. Косьян Р.Д.
№ гос.регистрации 01201177309.

В результате проведенных исследований получены оценки климатических колебаний доступной волновой энергии на акватории Черного и Азовского морей (рис. 1) и

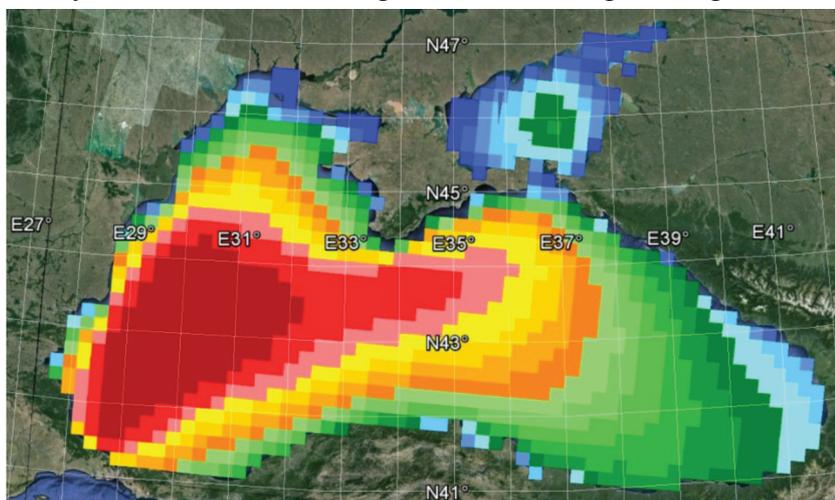


Рис. 1. Среднегодовая мощность поверхностного ветрового волнения (кВт/м) за 2014 г.

проанализированы тренды в штормовой активности (рис. 2). Главный вывод: за последние 25 лет среднегодовая штормовая активность на Черном море выросла на 10-15 процентов. Этот рост обеспечивается, в основном, увеличением вклада со стороны умеренных (не экстремальных) штормов восточных направлений. В свете непрекращающихся дискуссий об изменении климата о какой-либо катастрофичности в тенденциях говорить пока не приходится, тем не менее, подобные выводы требуют пристального внимания и дальнейших исследований.

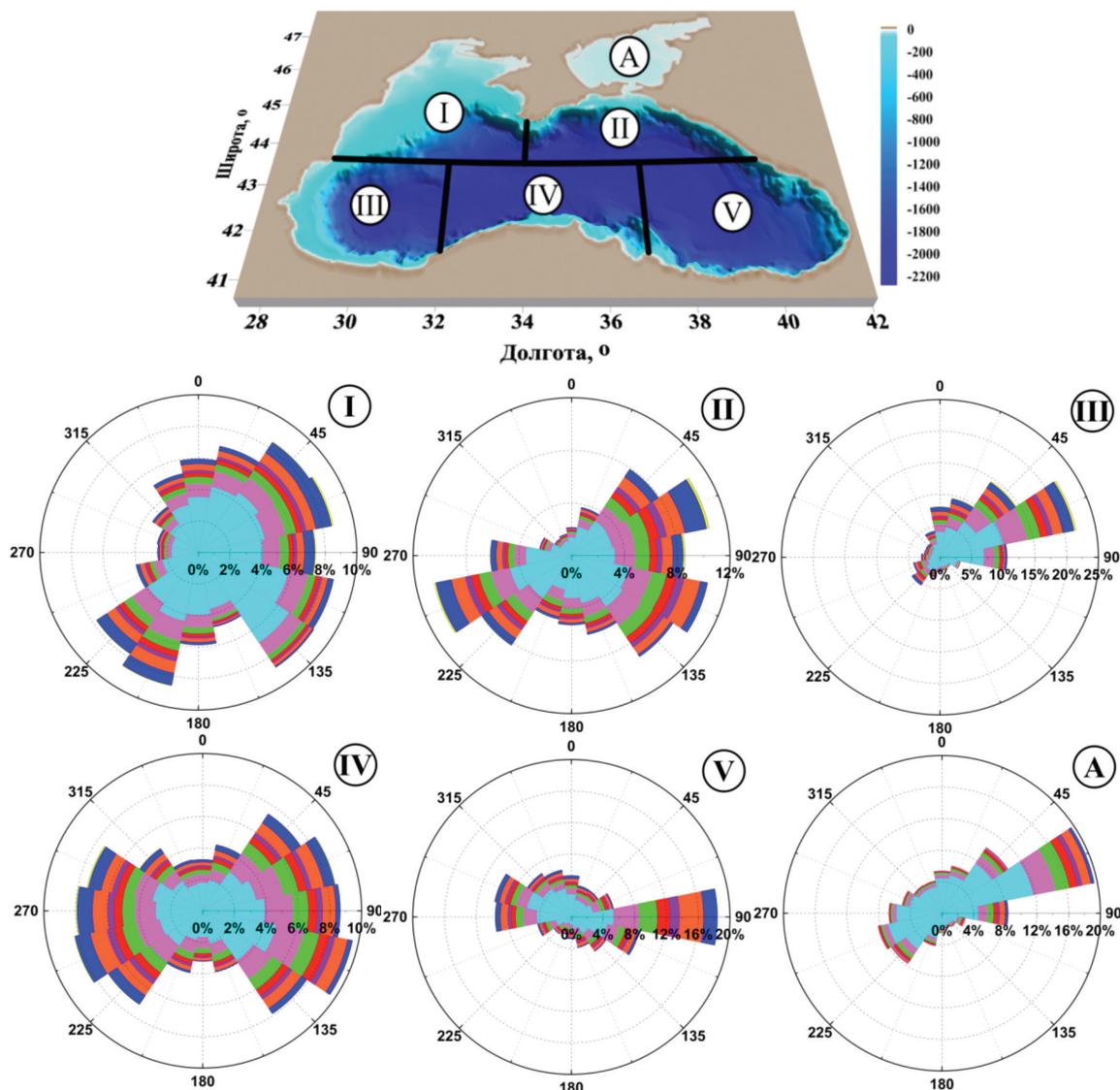


Рис. 2. Повторяемости мощности ветрового волнения по направлениям за период 1990–2014 гг. для выделенных районов Черного и Азовского морей.

Тема № 0149-2014-0043 «Оценка изменчивости динамических процессов береговой зоны Черного и Азовского морей с учетом антропогенного воздействия»

Руководитель – д.г.н. Косьян Р.Д.
№ гос.регистрации 01201177310.

Радиологические исследования пляжей Азово-Черноморского региона в 2015 году

производились на Таманском полуострове от поселка Голубицкий до поселка Веселовка. «Черные пески» были обнаружены в районе поселка Пересыпь, а также встречались вдоль береговой линии от поселка Веселовка до мыса Железный рог. На побережье Черного и Азовского морей, в регионе Таманского полуострова, мигрирующие радиоактивные пески могут находиться в местах с высокой плотностью населения. По этой причине радиологический мониторинг пляжей и оценка риска прибрежных регионов имеют повышенную степень актуальности.

Тема № 0149-2014-0044 «Изменчивость гидрохимического режима вод Черного моря с учетом климатических и антропогенных факторов. Математическое моделирование процессов формирования и существования кислород-дефицитных и анаэробных условий в бассейне»

Руководитель – к.г.н. Часовников В.К.
№ гос.регистрации 01201177302.

Анализ процессов, лимитирующих развитие фотосинтеза в морской среде, показывает, что для 2015 года отличительной особенностью является заметная тенденция понижения содержания кремния, вследствие этого силикаты ($Si/N < 1/4$), наряду с фосфатами, начали выступать в роли ограничивающего фактора в развитии фитопланктона (рис.). В предыдущие годы, в таком масштабе, такого не наблюдалось и, безусловно, должно было отразиться на развитии биологических сообществ.

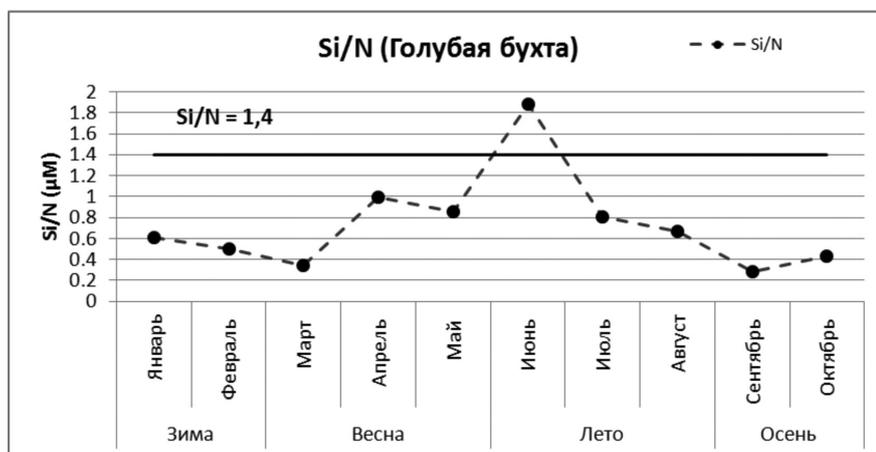


Рис 26. Соотношения минеральных форм кремния и азота в 2015 г.

Устойчивое превышение ДК в воде на всем полигоне наблюдается по содержанию γ -ГХЦГ и Σ ХОП. Определение стойких органических загрязнителей (СОЗ) было выполнено впервые. Выше нормы зафиксированы максимальные значения за весь период наблюдений для – нефтепродуктов, бенз(а)пирена, меди, γ -ГХЦГ и суммы пестицидов Σ ХОП. Полученные результаты показывают, что для донных отложений Геленджикской и Голубой бухт наблюдаются локальные превышения допустимых концентраций (ДК) на отдельных станциях.

Из наиболее загрязненных участков акватории в Геленджикской бухте следует выделить, в первую очередь, юго-восточный район, прилегающий к месту впадения реки Су-Аран, где, по всей видимости, происходит наиболее интенсивное антропогенное воздействие и как следствие накопление загрязнений в осадках. Для Голубой бухты накопление загрязняющих веществ приурочено к пирсу ЮО ИО РАН и впадению реки Ашамба.

Тема № 0149-2014-0045 «Особенности состояния среды и биоты на шельфе Каспийского моря в районах текущей и предстоящей добычи»

Руководитель – к.б.н. Ушивцев В.Б.

Проведены комплексные исследования, предусматривающие получение сравнительного материала, как технического, так и биологического характера, отражающего состояние шельфа моря в местах скважин. В результате проделанных работ получены данные мониторинга, свидетельствующие об изменениях, происходящих в местах контроля за скважинами, где установлены донные биостанции. Изучены особенности гидрологических и биологических процессов, влияющих на техническое и экологическое состояние мест бурения. Кроме того, в процессе выполнения работ собран документальный видеоматериал, позволивший создать научно-технический видеофильм, в котором отражены основные этапы исследований и наиболее яркие и интересные материалы наблюдений.

Тема № 0149-2014-0046 «Физические и химические процессы в экосистемах устьевых областей и водосборов рек бассейна Белого моря»

Руководитель – д.г.н. Коробов В.Б.

Проведенные в отчетном году исследования позволили получить гидрологические и гидрохимические характеристики устьевых областей р. Северной Двины (микроприливные условия) в Двинском заливе и р. Кянда (мезоприливные условия) в Онежском заливе Белого моря. Изучена их короткопериодная изменчивость в масштабе “часы-сутки”, а также сезонная изменчивость. Трехсуточная серия наблюдений в устье Кянды и зимние наблюдения на всем протяжении устьевой области Северной Двины выполнены впервые и не имеют научных аналогов. Результаты исследований позволили сформулировать информационный массив, который дает возможность решать широкий спектр задач, включая разработку математических моделей. Получены данные для параметризации гидродинамической модели переноса взвеси на устьевом участке р. Северной Двины и статистических моделей распределения солености и других ингредиентов в устье р. Кянды с учетом приливных явлений.

Исполнители – Суханова И.Н., Дриц А.В.,
Арашкевич Е.Г., Пастернак А.Ф., Никишина А.Б

2. Выявлены детали структуры планктонных сообществ на шельфе моря Лаптевых, определены механизмы воздействия стока реки Лена на состав и количественное распределение фито- и зоопланктона, показана зависимость структурных характеристик сообществ от «пятнистого» характера воздействия речного стока на соленостные характеристики верхнего слоя моря и вертикальную стратификацию водной толщи. Впервые установлено существование области, значительно обогащенной зоопланктоном в пределах континентального склона моря Лаптевых при отсутствии выраженной склоновой фронтальной зоны. Суммарная биомасса мезопланктона в этой области в 3–5 раз превышает значения, характерные для внешнего шельфа и прилежащих глубоководных районов.

Тема № 0149-2014-0048 «Влияние разномасштабных факторов (макро-, мезо- и микро- воздействия) на динамику и структуру морских планктонных популяций в разных районах океана и морях России с использованием дистанционных, полевых и экспериментальных методов исследований»

Руководитель – член-корр. РАН Верещака А.Л.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750026-4

1. На основании анализа временной динамики концентрации хлорофилла, полученной по спутниковым данным за последние 18 лет, установлено, что в открытых водах Черного моря осеннее развитие фитопланктона достигает максимума в первой половине ноября (рис. 2). Частота обнаружения максимумов концентрации хлорофилла в этот период составляет около 25%, а за весь ноябрь – 50%. К началу ноября возрастает ветровая активность и заглубляется верхний перемешанный слой до 20м, что в большинстве случаев является триггером для осеннего массового развития фитопланктона (рис. 3).

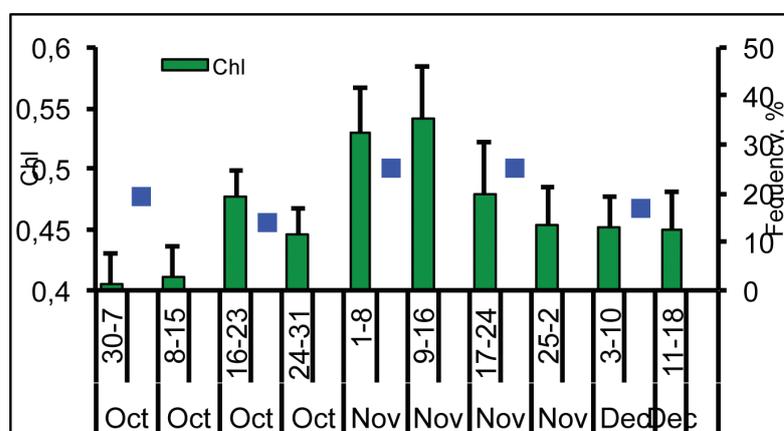


Рис. 2. Динамика изменения поверхностной концентрации хлорофилла (Chl, mg/m³) в среднем за 18 лет. Частота встречаемости осенних максимумов по 15-дневным периодам.

Тема № 0149-2014-0049 «Динамика основных биогенных элементов (O, C, N, P, Si, Fe) в природных водах как показатель изменения климата и степени антропогенного воздействия на экосистемы»

Руководитель – д.г.н. Маккавеев П.Н.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120910100-1

1. По результатам экспедиционных исследований показано, что в заливах восточного берега арх. Новая Земля (заливы Благополучия, Абросимова, Степового, Цивольки) не создается условий для возникновения гипоксии. Этот вопрос имеет большое значение в контексте возможного накопления радионуклидов в водах залива, что может проявляться при возникновении застойных условий в заливе. Исходя из особенностей гидрохимической и гидрофизической структуры очевидно, что зимняя конвекция в заливах достигает дна. Застойные явления в заливах могут возникнуть лишь в летний период, но для образования дефицита кислорода нет достаточного количества органического вещества.

2. Проведены методические работы по корректному определению солёности в Аральском море. Высокая минерализация (более 100 г/кг) и состав солей сильно отличаются от океанских. Это приводит к тому, что океанские подходы и формулы связи солёности – электропроводности – плотности часто не работают. Проведённые работы по изучению электропроводности природных многокомпонентных растворов, с одной стороны, и весового определения сухого остатка, с другой, позволили значительно повысить достоверность определения солёности в аральской воде. Эти работы важны не только для экспедиционных исследований этого региона, но и для многих гипергалинных водоемов.

3. На основании гидрохимических материалов экспедиций 2007–2015 гг оценен масштаб распространения речных вод по акватории морей Карского и Лаптевых: судя по распределению кремния и общей щёлочности, а также щёлочно-солёностного коэффициента, горизонтальный масштаб «линз» опресненной (или трансформированной речной) воды достигает 500 км, а вертикальный – 40 м. И если горизонтальные масштабы влияния Лены, Оби и Енисея сопоставимы, то вертикальный масштаб воздействия ленских вод на гидрохимическую структуру в 2 раза выше, чем вод Оби и Енисея.

4. Тема № 0149-2014-0050 «Комплексное изучение состава, структуры и процессов формирования ихтиофауны морей России и Мирового океана; изучение современной эволюции экосистем морского льда»

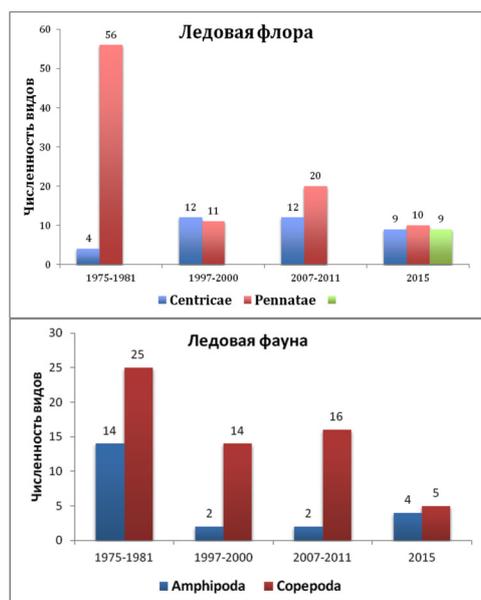
Руководитель – д.б.н. Евсеенко С.А.
Исполнитель – д.б.н. Котляр А.Н.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750025-7

1. Проведена таксономическая ревизия мезопелагического рода *Melamphaes* (*Melamphaidae*), в составе которого описано 7 новых для науки видов. Переописан длиннохвостый

меламфай *Melamphaes longivelis* и найдены два близких к нему новых вида из Атлантического океана – *M. inconspicuus* sp. n. и *M. kobylyanskyi* sp. n. *M. longivelis* встречается в северной части Атлантического океана от экваториальных вод примерно до 50° с.ш.; обитание этого вида в южной Атлантике пока не подтверждено. *M. inconspicuus* описывается из тропических вод северной Атлантики, а *M. kobylyanskyi* – из района Китового хребта в юго-восточной Атлантике. Рассмотрены виды комплекса *M. longivelis* из Индийского и Тихого океанов. Новый вид *M. proximus* обнаружен в Индийском и западной части Тихого океана. Ещё один новый вид *M. contradictorius* описывается из юго-западной части Тихого океана (пограничный район морей Фиджи и Тасманова). Третий новый вид, *M. succedaneus*, описывается из восточной части Тихого океана, где обитает в водах Северной и Южной Америки. Из группы видов «*Melamphaes typhlops*» переописаны *M. parvus* и *M. janae*, а также описаны два новых вида. *M. parvus* обитает в северо-восточной части Тихого океана в зоне Калифорнийского течения. *M. janae* распространён в тропических, главных образом экваториальных, водах Индийского, центральной и восточной частей Тихого океана. Новый вид *M. lentiginosus* описывается по большой серии рыб из южной части Атлантического океана. Ещё один новый вид, *M. shcherbachevi*, описан по 1 экз., пойманному в Индийском океане в южной части Мозамбикского пролива.

Исполнитель – д.б.н. Мельников И.А.

2. Выполнен анализ видового состава флоры и фауны морского льда по материалам, полученных в околополюсном районе Северного Ледовитого океана на дрейфующих станциях в апреле 2007–2011, 2015 гг. Проведено сравнение полученных данных с аналогичными данными середины 70-х годов прошлого столетия. Для оценки изменений в составе ледовой флоры, в качестве индикаторов были выбраны диатомовые водоросли – *Centricae* и *Pennatae*, а в составе ледовой фауны, соответственно, ракообразные – *Amphipoda* и *Copepoda*, поскольку виды этих групп составляли основу биоценозов экосистемы морского льда в период доминирования



многочисленных льдов. На рис. 6 представлены данные по численности видов в доминирующих группах водорослей и беспозвоночных животных. Первые два временных периода соответствуют наблюдениям в ледовом круговороте Бофорта, а два последних – Трансарктическому дрейфу льда в районе Северного полюса. Главной причиной выявленных различий между составом биологических сообществ морского льда в 70-е годы и последнего десятилетия является то, что сравниваются две разные по структуре и

Рис. 6. Средняя численность видов флоры и фауны морских льдов, выявленная в каждом периоде наблюдений в круговороте Бофорта (1975–1981 и 1997–2000) и в районе Северного полюса (2007–2011 и 2015)

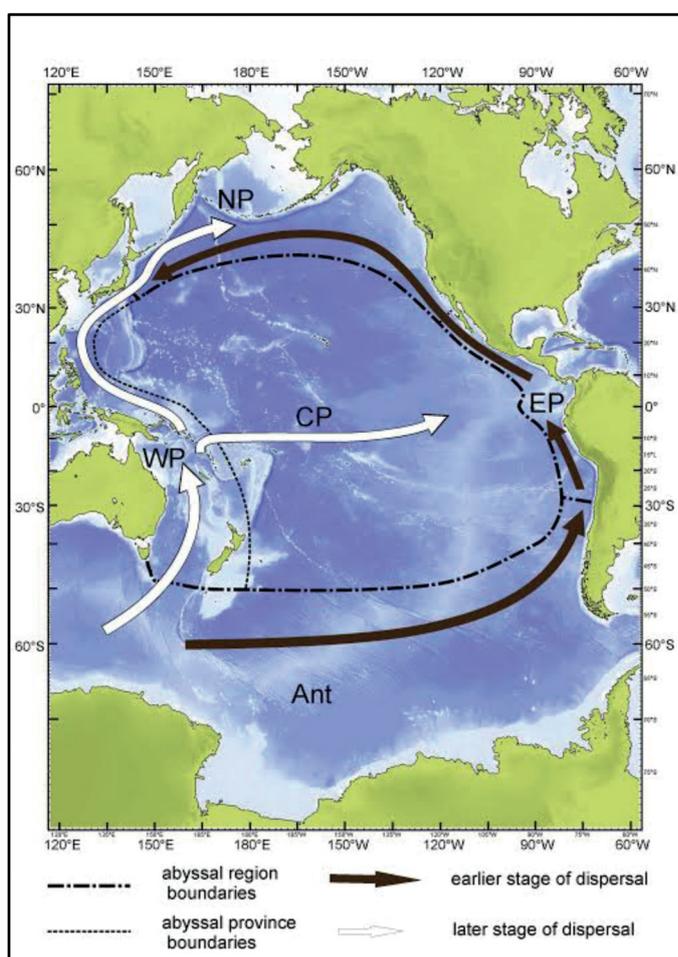
функционированию экосистемы многолетнего и сезонного морского льда. Поскольку доля первой динамично уменьшается и одновременно возрастает доля последней, то на данном этапе происходит постепенное перестроение в экосистеме пелагиали СЛО.

Тема № 0149-2014-0051 «Крупномасштабные закономерности структурно-функциональной организации донной биоты Мирового океана»

Руководитель – д.б.н. Гебрук А.В.

№ гос.регистрации АААА-А15-115110900101

1. Подтверждена гипотеза о двух этапах расселения антарктической фауны в северную часть Тихого океана: на первом этапе расселение шло вдоль континентального подножия в Восточной Пацифике, на втором этапе через районы Западной Пацифики (рис.7). На первом этапе путь расселения был ограничен узкой приконтинентальной полосой, характеризующейся



эвтрофными условиями среды обитания (высоким содержанием органического вещества в глубоководных осадках). Таксоны, расселявшиеся на первом этапе, обладали адаптациями к таким условиям. Современные ареалы родов, расселявшихся на первом этапе, характеризуются узкой шириной в экваториальной зоне при значительной меридиональной протяженности вдоль подножий Южной Америки и Северной Америки. Ареалы родов, расселявшихся на втором этапе, имеет значительную протяженность вдоль экватора.

Рис. 7. Предполагаемые пути расселения глубоководной антарктической фауны в Северную Пацифику.

2. На основании данных о распространении современных видов и молекулярно-филогенетического анализа была предложена схема дальнейшего расселения семейства из этого региона (рис. 8). Она включает три основных этапа: (1) расселение семейства по мелководью на юг с последующим обособлением «южной» группы от «северной», (2) колонизация больших глубин в умеренных широтах Северной и Южной Атлантики,

происходившая независимо в «северной» и «южной» группах и (3) дальнейшее расселение каждой группы в другие батимальные районы. В рамках рода *Echinus* расселение происходило независимо в двух филогенетических линиях. В обеих линиях произошло расселение в Западную Атлантику, но только в одной из них произошло расселение в Юго-Восточную Атлантику и затем в Тихий Океан.

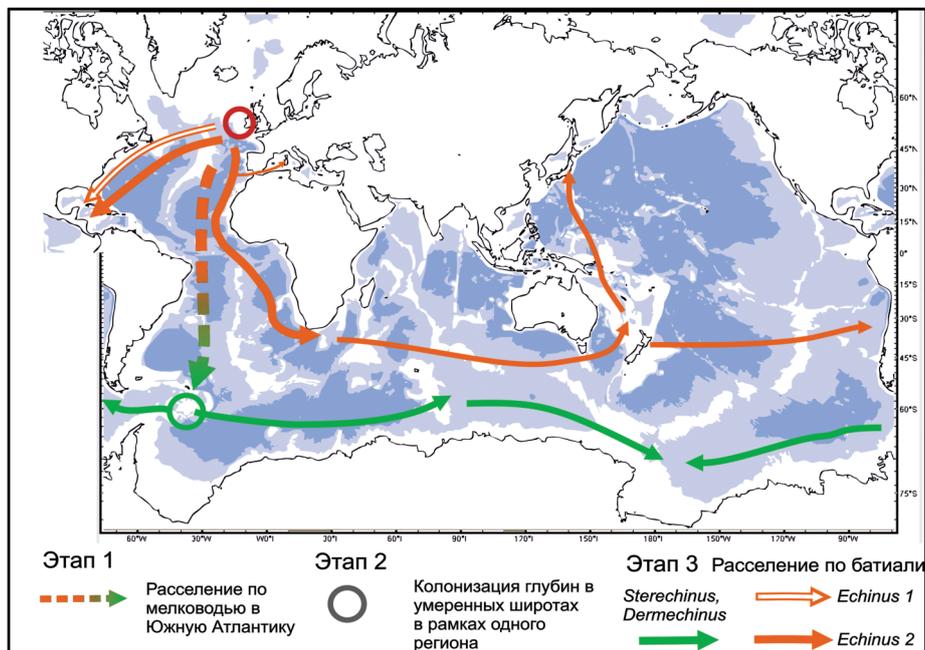


Рис.8. История расселения в семействе морских ежей *Echinidae*.

Тема № 0149-2014-0052 «Многолетняя динамика структуры прибрежных донных сообществ европейских морей России»

Руководитель – д.б.н. Мокиевский В.О.

Впервые было проведено описание донной фауны заливов Благополучия и Цивольки на побережье архипелага Новая Земля, проанализировано распределение бентосных сообществ как внутри заливов, так и на внешнем склоне Новоземельской впадины (рис.9). Основные различия двух заливов заключаются в том, что в куту залива Циволька находится ледник

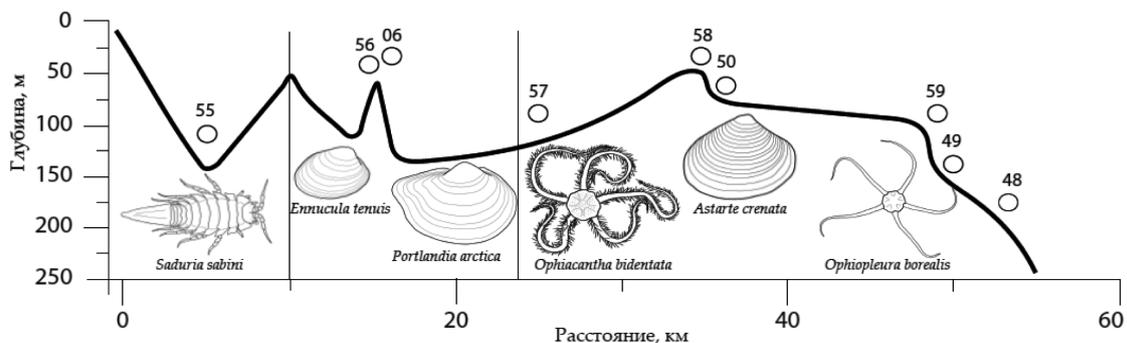


Рис.9. Распределение руководящих видов макробентоса по разрезу в заливе Цивольки.

«Серп и Молот», во многом определяющий гидродинамику и седиментацию. Установлено, что основными факторами, влияющими на сообщества макробентоса заливов, являются тип залива, глубина, грунт и положение станции на оси залива от кутовой до мористой части. В зависимости от конкретных условий среды можно наблюдать доминирование тех или других видов из общего видового пула.

Тема № 0149-2014-0053 «Мониторинг численности и структуры популяции белух Зап. сектора Арктики на примере Соловецкого репродуктивного стада. Исследование акустической сигнализации белух в разных районах ареала и ее деформаций при содержании в неволе»

Руководитель – д.б.н. Белькович В.М.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120750021-9

1. Впервые показано, что значимые характеристики гласноподобных сигналов у белух обладают временной устойчивостью (в течение, по крайней мере, 12–25 лет). Однако они варьируют в разных районах, причем степень различий согласуется с географической дистанцией между районами. Значимые различия в частоте следования импульсов в «гласных» были обнаружены между популяциями, отдаленными друг от друга на тысячи километров; менее выраженные – между скоплениями, занимающими разные заливы Белого моря.

2. Проведена ревизия фотобанка белух соловецкого скопления с 2007 по 2013 гг. Было идентифицировано 348 особей. Выявлено, что средний период сохранности механических дефектов кожи, которые составляют основную массу маркеров белух соловецкого скопления, – два года. По истечении двухлетнего периода основная масса кожных дефектов становится неинформативной: белухи «теряют» старые маркеры и приобретают новые. Однако имеется несколько случаев, когда белух идентифицировали в скоплении на протяжении от 4-х до 6-ти лет. Как правило, такие белухи имели дефекты кожи вирусного происхождения (тату вирус) или механическое повреждение в виде выбоины на спине.

3. Для воздушной видео и фотосъемки белух в прибрежных летних скоплениях впервые в мире успешно применена привязная система на основе летательного аппарата «легче воздуха» – змейкового гибридного гелиевого аэростата (геликайта). Отработана методика транспортировки, хранения и использования данной системы. Беспилотная система на базе геликайта проста, надежна, бесшумна и не оказывает беспокоящего воздействия на белух. Возможна синхронная съемка животных с высот разного уровня. Геликайт – эффективное средство для проведения непрерывных долгосрочных этологических наблюдений, мониторинга акватории и точечных локальных авиаучетов.

Тема № 0149-2014-0054 «Оценка состояния и изменчивости параметров базовых трофических компонентов морских экосистем в зависимости от абиотических факторов среды»

Руководитель – к.б.н. Мошаров С.А.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120910098-1

Сформирован организованный массив данных по продукционным характеристикам фитопланктона различных географических зон: Черное море, Карское море, Северная и Центральная Атлантика. Установлены закономерности влияния речного стока на структурно-функциональные характеристики фитопланктона северо-восточной прибрежной части Черного моря (Голубая бухта). Обнаружены генетические особенности у некоторых особей двух массовых видов зоопланктона *C. glacialis* и *C. finmarchicus* в Карском море, возможно свидетельствующие о межвидовой гибридизации. Проведено исследование филогении и происхождения некоторых бентосных (*Polychaeta* и *Kamptozoa*) и планктонных (*Copepoda*) организмов.

Тема № 0149-2014-0055 «Закономерности формирования населения и некоторые механизмы регуляции гомеостаза прибрежных морских экосистем в меняющихся условиях среды»

Руководитель – к.б.н. Ежова Е.Е.
№ гос.регистрации 01201376664.

На материале, собранном осенью 2014 г. в российской и литовской акваториях Куршского залива Балтийского моря, показано, что «цветение» цианобактерий наблюдается на большей части лагуны одновременно, однако состав и структура планктонного сообщества, его количественные показатели, доминантные виды, содержание токсичных метаболитов цианобактерий в воде, а также фаза «цветения» имеют существенные пространственные различия (рис. 10).

В воде обнаружено 10 вариантов микроцистинов; сакситоксины, цилиндроспермопсины и анатоксины отсутствовали. Концентрация цианотоксинов в цианобактериальной пленке (кризис «цветения») в 30-300 раз больше в сравнении с ранними фазами «цветения». В участках доминирования *Microcystis aeruginosa* преобладал MC-LR, доминированию *Planktothrix agardhii* соответствовало преобладание dmMC-RR. При 100% доминировании *Aphanizomenon flos-aqua*, неспособного к синтезу микроцистинов, отмечено максимальное (до 170 мкг/л) суммарное содержание dmMC-RR, MC-RR, MC-YR, MC-LR, MC-VR, MC-LA, MC-LW, MC-LF, с преобладанием dmMC-RR, MC-RR и MC-LR. К концу октября содержание микроцистинов снизилось до 2.8–0.1 мкг/л. Сделан вывод, что пленка, образующаяся при кризисе цветения нетоксичного *Aphanizomenon flos-aquae* аккумулирует долгоживущие токсины, образовавшиеся ранее при развитии токсичных видов, и становится фактором повышенного экологического риска. Результаты актуальны в связи с ежегодными

продолжительными вспышками вегетации цианобактерий в мелководных бассейнах умеренной зоны, важны для понимания закономерностей продуцирования цианотоксинов и имеют практическую значимость для разработки мер охраны здоровья населения.

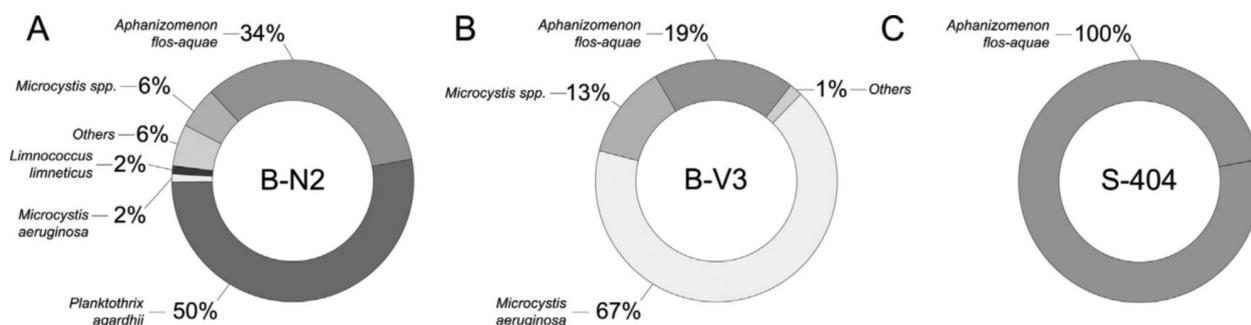


Table 1
Composition and concentration ($\mu\text{g L}^{-1}$) of cyanotoxins found in samples collected in the Curonian Lagoon.

	Antx-a	CYN	STX	MC-								Total		
				LR	dmLR	RR	dmRR	LA	LF	LY	LW		YR	VR
B-V3	-	-	-	0.13	-	0.16	-	-	0.06	0.02	0.10	0.05	-	0.52
B-N2	-	-	-	0.18	-	0.15	4.53	-	<0.01	tr ^b	tr	0.10	+ ^c	4.96
S-404	-	-	-	62.40	-	7.20	62.00	0.80	7.60	4.80	8.80	tr	-	153.60
2012/KM1/D3 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012/KM1/C4 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a Cyanobacteria *Aphanizomenon flos-aquae* culture isolates (Šulčius et al., 2015).

^b Tracers of microcystin variants.

^c Detected, yet not quantified.

Рис.10. Структура фитопланктона и концентрации цианотоксинов на станциях B-N2, B-V3 (Литва) и S-404 (Россия) в Куршском заливе 02–03.10.2014

Тема № 0149-2014-0056 «Структурно-функциональная организация прибрежных экосистем северо-восточной части Черного моря – влияние процессов разного пространственно-временного масштаба»

Руководитель – д.б.н. Силкин В.А.
№ гос.регистрации 115041370010.

Фитопланктонное сообщество в северо-восточной части Черного моря в 2015 г имеет более сложную (двухфазную) динамику формирования летне-осеннего сезонного комплекса. Типичный доминант *Pseudosolenia calcar-avis* в августе резко снижает свою численность и уже к середине месяца его вытесняет другой представитель крупноклеточных диатомей – *Proboscia alata*. Данные по динамике зоопланктона показывают, что в 2015 г таксономический состав прибрежного планктона не претерпел существенных изменений, но численность отдельных групп увеличилась. В частности, заметно выросла биомасса и численность медузы *Aurelia aurita*.

Предложен механизм формирования Каспийско-Средиземноморского коридора и деградации древнего моря-озера Паратетис и показано, что основной причиной деградации моря-озера стало снижение барьера между Черным и Средиземным морями. Разработан метод выделения эвстатической составляющей изменения уровня моря. В первом приближении получена кривая эвстатического изменения уровня Средиземного моря.

НАПРАВЛЕНИЕ МОРСКАЯ ТЕХНИКА

Тема № 0149-2014-0058 «Развитие гидролокационных технологий для обеспечения фундаментальных и прикладных исследований в гидросфере, в том числе с использованием необитаемых подводных аппаратов»

Руководитель – д.т.н. Римский-Корсаков Н.А.
№ гос.регистрации АААА-А15- 115120150022-2

Разработан, испытан и внедрен в практику морских экспедиционных исследований аппаратно-программный комплекс необитаемого подводного аппарата с передачей видеоинформации по оптоволоконному кабель-тросу. В ходе опытной эксплуатации комплекса получены новые уникальные данные о морфологии районов подводной разгрузки углеводородов в море Лаптевых и о состоянии экологии заливов Новой Земли в условиях массовых захоронений радиоактивных отходов.

Тема №0149-2014-0059 «Разработка методов и технологий совершенствования морских магнитометрических систем»

Руководитель – д.т.н. Нерсесов Б.А.
№ гос.регистрации АААА-А15- 115120150023-9

Проведена оценка эффективности магнитометрических систем поиска и контроля при требуемых вероятностях обнаружения подводных потенциально опасных объектов, что позволило обосновать возможность использования маломерных плавсредств для работы с магнитометрической аппаратурой и оптимизировать длину буксирной кабельной линии.

Тема № 0149-2014-0060 «Комплексные научные исследования океана с применением глубоководных обитаемых аппаратов»

Руководитель – д.т.н. Сагалевиц А.М.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120150020-8

1. Разработана элементная база конструкций прочных корпусов (иллюминаторы, прочная сфера, вводы) глубоководного обитаемого аппарата на максимальную глубину погружения в океане – 11000 м. – Международный проект совместно с КНР и Финляндией.

2. Разработан проект глубоководной экспедиции в Северную Атлантику с аппаратами «Мир-1,2» на НИС «Академик Мстислав Келдыш» для исследования гидротермальных полей Брокен Спур, Лост Сити и Рэйнбоу, а также обследования подводных объектов культурного наследия: корабль «Бисмарк» и судно «Титаник».

Тема № 0149-2014-0061 «Разработка автономных океанологических вертикально профилирующих самодвижущихся измерительных комплексов с системой оперативной передачи данных для мониторинга состояния морской среды в Арктике»

Руководитель – к.т.н. Горлов А.А.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120150019-2

Разработан эскизный проект энергетического блока глайдера с использованием тепловой энергии Арктики (градиента температур воды и наружного воздуха), включающий технические решения узлов и элементов энергомодуля глайдера для программного изменения дифферента и плавучести аппарата.

Тема № 0149-2014-0062 «Разработка подводных телеуправляемых научно-исследовательских платформ с сетевой архитектурой для оперативного мониторинга гидросферы»

Руководитель – к.т.н. Розман Б.Я.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120150021-5

Разработан телеуправляемый контрольно-измерительный комплекс на базе ТНПА ГНОМ и подводного гамма-спектрометра, позволяющий проводить визуальный поиск и измерения гамма-излучения в режиме «online» на глубинах до 200м, который внедрен в 2015 году ходе экспедиционных исследований мест массовых захоронений радиоактивных отходов в Арктике.

Тема № 0149-2014-0063 «Многоканальные измерительные погружаемые гидролого-оптико-биологические комплексы для морских биологических и экологических исследований»

Руководитель – академик РАН Смирнов Г.В.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120150025-3

Разработан проект и теоретические принципы создания новых измерительных каналов экологической направленности для регистрации и идентификации частиц взвеси, на базе образца технологической платформы многоканального измерительного гидролого-оптико-химического комплекса с оптоволоконной линией связи, в том числе с использованием голографических принципов.

Тема № 0149-2014-0064 «Разработка технологий океанологических исследований с использованием водолазных методов и лабораторных гидробарокамер»

Руководитель – к.б.н. Яхонтов П.О.
№ гос.регистрации АААА-А15-115120150024-6

Установлены принципы регулирования параметров среды по отклонению от нормы и в зависимости от физиологического состояния водолаза, которые могут быть использованы для автоматизации управления средой в барокамерах длительного пребывания водолазов-исследователей и разработан комплекс физиолого-технических требований к средствам контроля состояния водолазов.