

## ВВЕДЕНИЕ

Работы в отчетном 2014 году включали в себя 63 темы за счет базового бюджетного финансирования, 2 проекта по программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН, 32 проекта в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума РАН. Кроме того, сотрудники ИОРАН выполняли исследования в рамках 8 долговременных международных программ и проектов различных зарубежных научных и правительственных организаций, получали 109 грантов РФФИ, 2 гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ и 4 гранта Президента РФ для поддержки молодых российских учёных – кандидатов наук. 8 тем разрабатывались на основе соглашений с российскими заказчиками и 8 тем с иностранными заказчиками. В настоящий момент в штате Института работают 2 действительных члена РАН и 4 члена-корреспондента РАН.

Научный потенциал Института составляют также 105 докторов и 261 кандидат наук, всего в штате числится 1215 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» – 03.00.10. и присуждать ученую степень доктора и кандидата биологических наук. Диссертационный Совет Д 002.239.02 имеет право принимать к защите докторские и кандидатские диссертации по специальности «океанология» – 25.00.28 и присуждать ученую степень доктора и кандидата географических и физико-математических наук. В 2014 г. проведено 7 заседаний диссертационных советов, из них 5 по защитам диссертаций: четыре – на соискание ученой степени кандидата наук (3 – физико-математических, 1 – географических наук), одна на соискание степени доктора географических наук. Все пять рассмотренных диссертаций (все с положительным решением по результатам защиты) представлены сотрудниками Института по специальности 25.00.28 – океанология. Защищённые 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 докторские и кандидатские диссертации по специальности «океанология» – 25.00.28 и присуждать ученую степень доктора и кандидата геолого-минералогических и технических наук.

В 2014 г. проведено 4 заседания, на которых представлено, рассмотрено и одобрено 4 диссертационные работы. Одна работа выполнена старшим научным сотрудником ФГБУН Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и защищена на учёную степень доктора неолого-минералогических наук. Две работы защищались на учёную степень кандидата геолого-минералогических наук, одна из которых подготовлена сотрудницей Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) и одна – сотрудницей Южного отделения ИО РАН. Одна работа выполнена сотрудником ФГБУН Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН и защищена на степень кандидата технических наук. Все защищённые работы имеют большую научную и практическую значимость и апробированы на российских и международных конференциях.

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

С января по декабрь 2014 года Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН провел 15 экспедиций общей продолжительностью 536 суток. В рейсах приняли участие 224 специалиста из 10 организаций и 5 министерств и ведомств Российской Федерации, а также иностранные участники из Аргентины, Испании, Чили.

Важной частью деятельности Института океанологии в 2014 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.

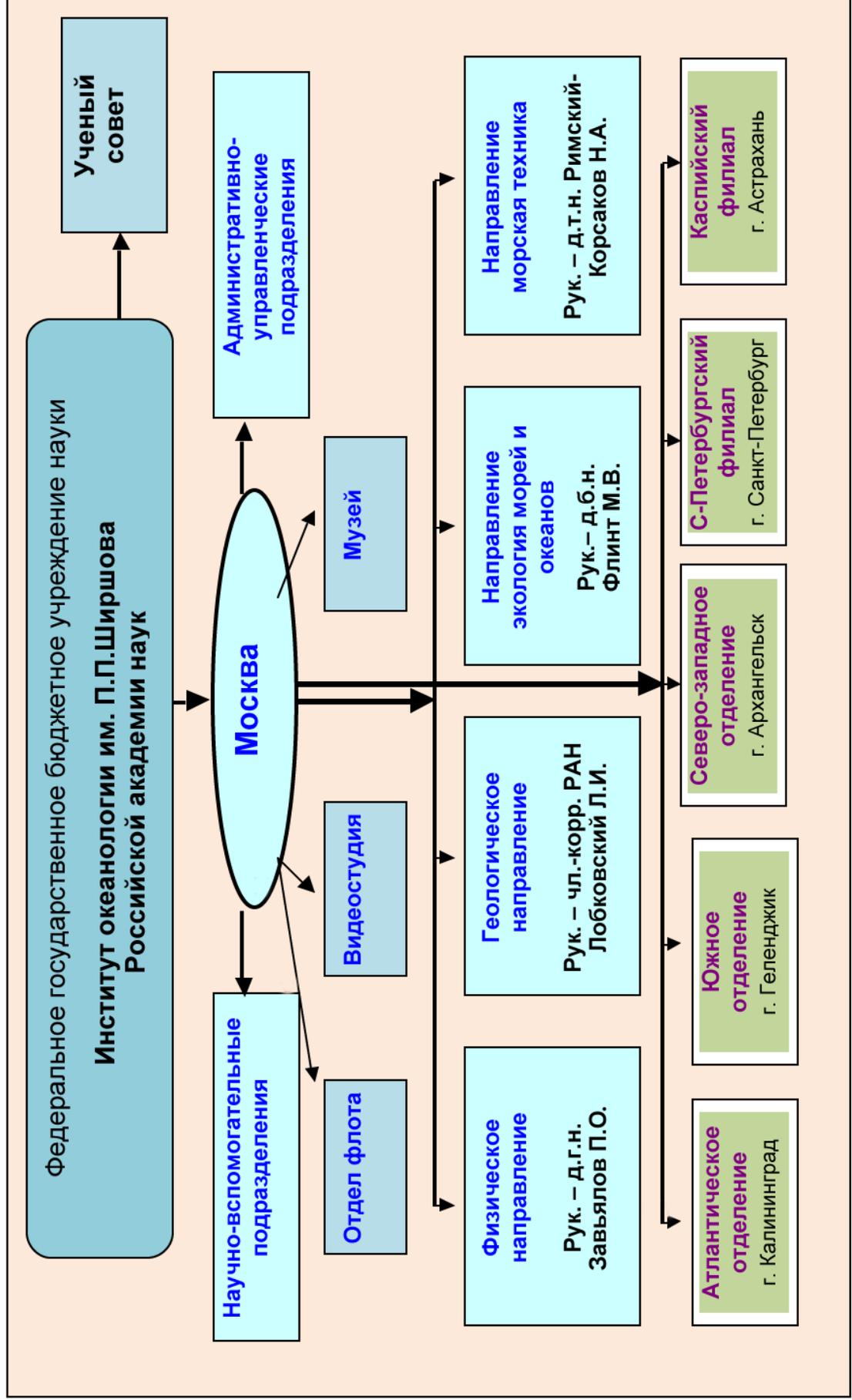
Деятельность Института океанологии в 2014 году включала в себя осуществление широких международных связей и научного сотрудничества с разными странами в области изучения Мирового океана. Благодаря активным научным контактам с зарубежными научными центрами и отдельными иностранными учёными Институт получил большой объём новой научной информации по всем направлениям своей научной деятельности, принял участие в совместных работах в рамках международных программ и проектов изучения океана, командировал за рубеж большое число своих сотрудников для научной работы по тематике Института, а также продемонстрировал результаты своих исследований на международных конференциях и симпозиумах.

## СТРУКТУРА, КАДРОВЫЙ СОСТАВ И ФИНАНСИРОВАНИЕ ИНСТИТУТА

<b>КАДРОВЫЙ СОСТАВ ИНСТИТУТА</b>	
Члены РАН	<b>6</b>
Руководители подразделений	<b>46</b>
Главные научные сотрудники	<b>51</b>
Ведущие научные сотрудники	<b>95</b>
Старшие научные сотрудники	<b>130</b>
Научные сотрудники	<b>101</b>
Младшие научные сотрудники	<b>56</b>
Научно-технические сотрудники	<b>792</b>

<b>ФИНАНСИРОВАНИЕ ИНСТИТУТА, млн. руб.</b>	
Госбюджет	<b>436.48</b>
Программы Президиума и Отделения	<b>34.28</b>
Целевые средства РАН	<b>104.71</b>
Стипендии и литература	<b>2.19</b>
Программы Минобрнауки и Минэкономразвития	<b>73.10</b>
РФФИ	<b>46.08</b>
РГО	<b>4.00</b>
Гранты международных организаций	<b>8.00</b>
Договоры	<b>374.42</b>
Аренда	<b>9.95</b>
Расходы на зарплату	<b>509.61</b>

# СТРУКТУРА ИНСТИТУТА



## 2. 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 сейсмологии и геодинамики  
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 геофизики и тектоники дна Мирового океана  
Заведующий – д.г.-м.н., Шрейдер А.А.
5. Лаборатория сейсмостратиграфии  
Заведующий – д.г.н. Никифоров С.Л.
6. Лаборатория геофизических полей  
Заведующий – к.ф.-м.н. Пальшин Н.А.
7. Лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии  
Заведующий – д.г.-м.н. Матуль А.Г.
8. Лаборатория нефтегазоносности акваторий  
Заведующий – к.г.-м.н. Егоров А.В.

- |  |   |
|--|---|
| 9. Лаборатория цунами им. С.Л.Соловьева                    | Заведующий – д.ф.-м.н. Куликов Е.А.     |
| 10. 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 океанологических измерений                                      | И.о.заведующий – к.т.н. Рогинский К.А.    |
| 6. Лаборатория гипербарической физиологии                                      | И.о.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. Сивков В.В.    |
| 2. Лаборатория экспериментальных гидрофизических исследований | Заведующий – д.ф.-м.н. Пака В.Т.      |
| 3. Лаборатория геологии Атлантики                             | Заведующий – к.х.н. Кравцов В.А.      |
| 4. Лаборатория экологии моря                                  | Заведующий – к.б.н. Ежова Е.Е.        |
| 5. Лаборатория прибрежных систем                              | Заведующий – к.ф.-м.н. Чубаренко Б.В. |

**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                 | И.о.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                       | И.о. заведующий – к.ф.-м.н. Родионов М.А. |
| 4. Лаборатория численных экспериментов по динамике океана      | И.о. 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

### Тема № 0149-2014-0006: Аномалии гидрофизических полей Мирового океана и их климатическая значимость

Руководитель – д.ф.-м.н. Бышев В.И.,  
исполнители – чл-корр. РАН Нейман В.Г.

На основе существующих ре-анализов глобальных метеорологических и океанографических полей и с использованием идей и методов современной математической теории нелинейных квазипериодически форсированных динамических систем были изучены вариации этих полей, имеющие место при событиях Эль-Ниньо и Ла-Нинья, которые развиваются в приэкваториальной зоне Тихого океана. Было найдено, что процессы Эль-Ниньо/Ла-Нинья и связанного с ними Южного колебания (ЭНЮК) формируются целым комплексом атмосферных и океанических процессов, происходящих всюду на Земле, а не только в/над акваторией Тихого океана (выдвинута концепция Глобальной атмосферной осцилляции) рис. 1.

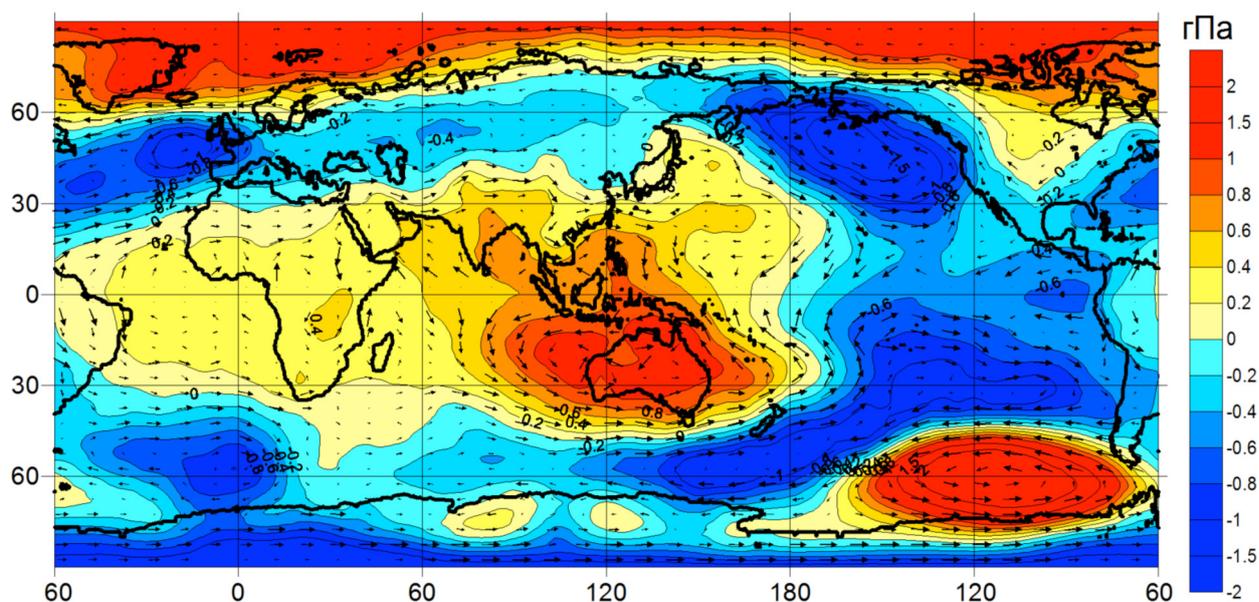


Рис. 1 Глобальные поля средних разностей приземного давления между событиями Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

Рассмотрение энергетических спектров ЭНЮК показало, что при изучении этого феномена недостаточно принимать во внимание сезонные изменения притока тепла к климатической системе от Солнца. Должны быть также учтены влияния других периодических внешних сил, из числа которых Чандлеровское колебание полюсов Земли найдено особо важным. Оно определяет ритмичность событий Эль-Ниньо и скорость западно-восточного распространения волн междугодовых вариаций давления, температуры и ветра практически всюду на Земле.

Обнаружено, что распределение пиков в энергетическом спектре процессов ЭНЮК имеет параболическую форму, что свидетельствует о принципиальном отсутствии предела предсказуемости этих процессов.

Поскольку ЭНЮК найдены определяющими для междугодовых вариаций погоды практически всюду на Земле, это открывает совершенно новые возможности для сверхдолгосрочных (на несколько лет вперед) предсказаний этих погодных вариаций.

**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.

Разработанная в ИОРАН геодинамическая модель эволюции Арктического региона базируется на данных сейсмической томографии, которые свидетельствуют о конвективной циркуляции вещества верхней мантии, связанной с погружением Тихоокеанской плиты. Модель объясняет двухстадийную последовательность эволюции Арктической литосферы. Первая стадия (начало 120 млн. лет) связана с отрывом от Баренцево-Карской окраины «полосы» блоков в виде хребтов Альфа и Менделеева с образованием в их тылу котловин Макарова и Подводников. Вторая стадия (начало 60 млн. лет) характеризуется повторным отрывом от той же окраины хребта Ломоносова и образованием в его тылу Евразийского бассейна. Таким образом, предложенная модель показывает принадлежность отмеченных структур к Евразийской окраине Северного Ледовитого океана, давая геодинамическое обоснование заявке России в Комиссию ООН.

**Тема № 0149-2014-0047: Механизмы формирования структуры и биологической продуктивности морских и океанских экосистем в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия**

Руководитель – д.б.н. Флинт М.В.

В августе – сентябре 2014 г. Институтом океанологии РАН проведена комплексная экспедиция по исследованию экосистемы Карского моря, основные научные задачи, которой связаны с реализацией положений «Стратегии развития Арктической зоны Российской

Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», подписанной Президентом Российской Федерации 20 февраля 2013 г. В ходе экспедиции были

– Получены оценки весенних процессов в Карской экосистеме, вскрыты причины ее низкой продуктивности, связанные с жесткой стратификацией водной толщи и отсутствием сезонной конвекции и характерного для высоких широт сезонного цветения фитопланктона; установлено отсутствие существенной реакции экосистемы на текущее потепление климата и соответствующее удлинение безледного периода в Арктике.

– Получены оценки специфики структуры и продуктивности экосистем районов крупнейших месторождений углеводородов на Карском шельфе (Ленинградское и Русановское) для оценки потенциальных экологических рисков при их разработке; показана их потенциально малая чувствительность к антропогенному воздействию, связанному с освоением ресурсов рис. 2.

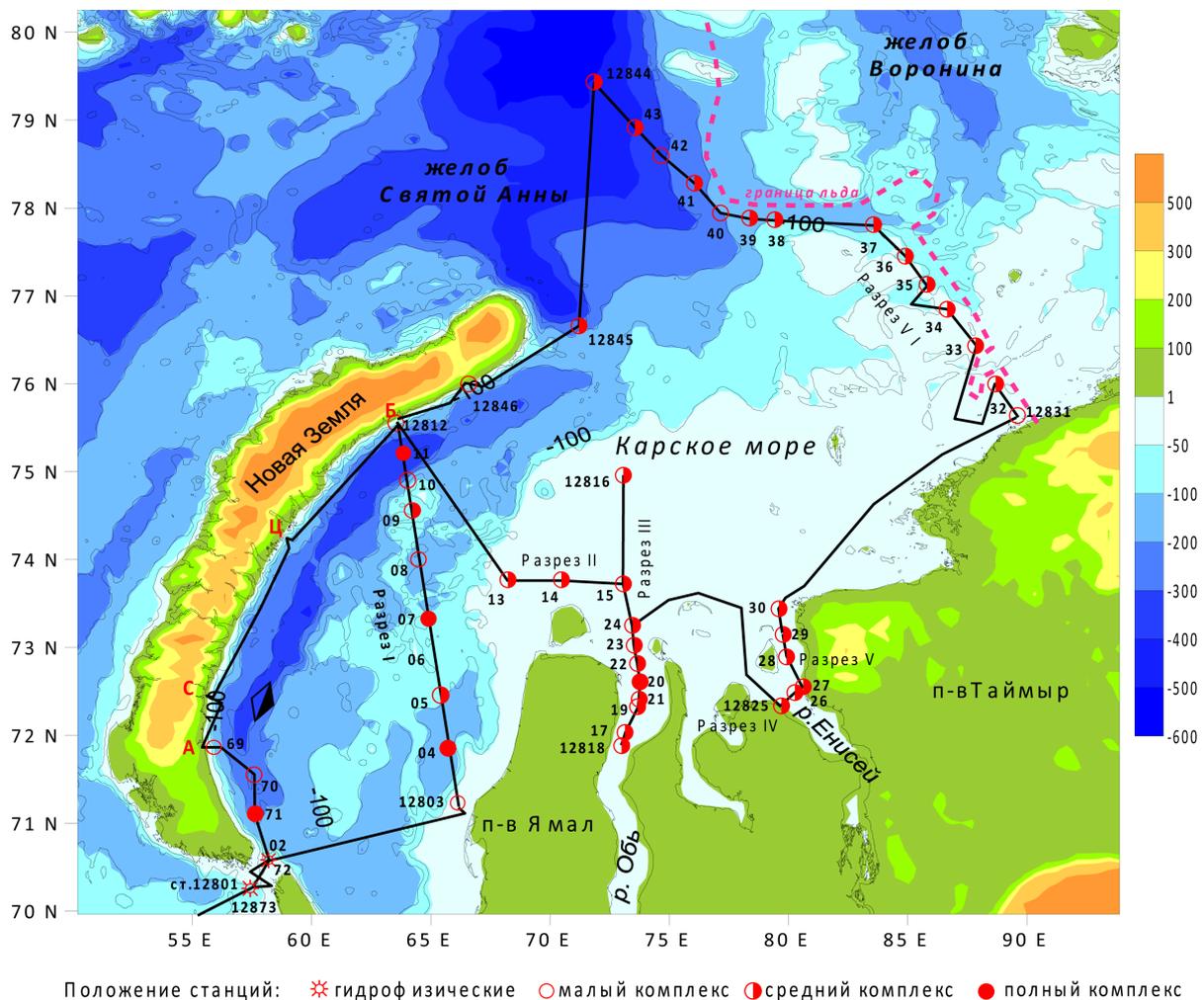


Рис. 2 Схема маршрута 128-го рейса НИС «Профессор Штокман».

**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.

Разработана технология – методика и технические средства – исследования грядового рельефа в переходной к морю зоне речных дельт. В июне 2014 года была выполнена съемка дна дельтовых рукавов Северной Двины с использованием специально сформированного для этих целей гидролокационного комплекса, включающего высокоразрешающий гидролокатор бокового обзора ЙеллоуФин, высокочастотный гидрографический эхолот СКАТ-50М и высокочастотный дифференциальный приемник космической навигационной системы ГЛОНАС/GPS Сигма-ГЗТДжавад. Съемка была выполнена в меженьный период, что позволило выявить новые закономерности строения рельефа дна.

Для магистральных дельтовых рукавов (Маймакса, Корабельный, Мурманский и Никольский) по данным гидролокационной съемки впервые определена иерархическая структура грядового рельефа. В иерархической структуре, как известно, выделяются гряды различного порядка (гряды А, Б, В, Г, Д). Кроме перечисленных типов гряд рис. 3, в дельте Северной Двины были выявлены так называемые песчаные волны (перекатные участки) и самые малые грядовые формы – рифели рис. 4 и табл. Протяженность песчаных волн изменяется в значительном диапазоне – от 2,8 до 12,6 км (средняя длина – около 5,5 км).

Рукав	Характерные параметры гряд, метры													
	Песчаные волны		А		Б		В		Г		Д		Рифели	
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Маймакса	5600-9800	62-70	900-2700	2,0-4,5	500-1100	1,0-2,1	100-500	0,5-1,0	20-50	0,2-0,5	10-20	0,1-0,2	3-7	0,05-0,07
Корабельный	2800-9100	60-80	2800-3300	2,5-3,6	900-2100	1,9-3,1	200-450	1,0-2,0	90-150	0,5-1,0	10-60	0,1-0,5	5-7	0,05-0,10
Мурманский	6200-8100	4,1-4,9	1100-2400	2,0-4,0	1000-1300	1,3-2,0	110-400	1,5-2,0	50-120	0,6-1,0	20-50	0,2-0,6	<10	0,03-0,06
Никольский	5100-12600	5,5-10	1400-4000	2,0-8,0	600-1000	1,0-1,8	110-500	0,5-1,0	30-90	0,3-1,0	20-40	0,1-0,4	<10	0,03-0,05
Сев. Двина	5400-8100	60-82	2900-3900	1,6-3,4	300-900	1,0-1,5	150-300	0,6-1,1	60-100	0,3-0,6	10-40	0,1-0,4	<10	0,03-0,07

Перепад отметок дна между гребнями песчаных волн и плесами достигает 4,1–10 м. Эти волны формируют перекатные участки, состоящие из единичных или группы перекатов. Группы

перекатов обычно приурочены к участкам разветвления русла на рукава или к участкам меандрирования дельтовых рукавов.

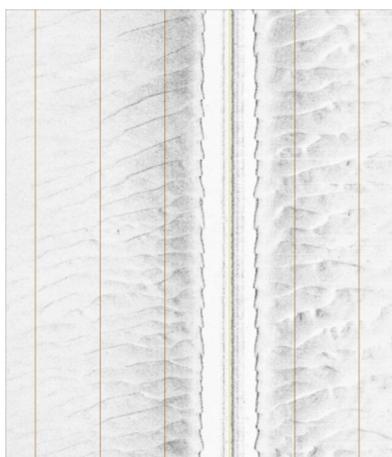


Рис. 3 Гидролокационное изображение грядового рельефа дна.

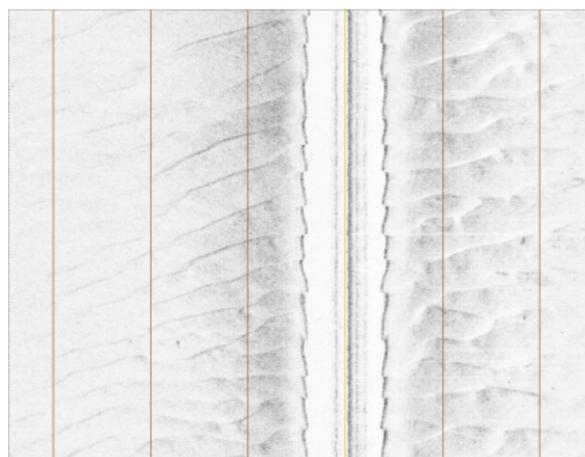


Рис. 4 Гидролокационное изображение рельефа дна, образованного рифелями и осложненного крупными песчаными волнами.

## **Тема № 0149-2014-0062: Разработка подводных телеуправляемых научно-исследовательских платформ с сетевой архитектурой для оперативного мониторинга гидросферы**

**Руководитель – к.т.н. Розман Б.Я.**

Разработана технология – методика и технические средства – экомониторинга ликвидированных нефтяных скважин с использованием телеуправляемых подводных аппаратов (ТНПА) серии ГНОМ рис. 5, создаваемых в ИО РАН. Установлено, что устья ликвидированных скважин в северной части Каспийского моря образуют искусственные рифы с интенсивно развивающимися экосистемами рис. 6. С использованием новой технологии исследовано развитие экосистем на искусственных рифах. При этом применен специально



Рис. 5 ТНПА СуперГНОМ-ПРО при подходе к объекту исследований на глубине 30 м.



Рис. 6 Устье ликвидированной нефтяной скважины и образовавшийся вокруг нее искусственный риф с представителями экосистемы.



Рис. 7 ТНПА СуперГНОМ-ПРО на дне в процессе выполнения измерений прозрачности окружающей водной среды.

модернизированный для этих целей ТНПА СуперГНОМ-ПРО рис. 7. Аппарат оборудован высокоразрешающей (HD) видеосистемой и новым управляющим интерфейсом, позволяющим плавно регулировать движение аппарата. Работы велись в экспедиции Каспийского Филиала ИОРАН летом 2014 года.

## 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.

Проанализированы и обобщены данные многолетних контактных и спутниковых наблюдений в шельфовых акваториях, примыкающих к устьям малых рек российского побережья Черного моря рис. 1 (Мезыб, Пшада, Вулан, Туапсе, Битха, Сочи, Кудепста, Мзымта). Для каждого из этих районов приведены количественные характеристики отклика гидрофизических и гидрохимических полей на шельфе на воздействие материкового речного стока. Установлено, что для плюмов этих рек отношение между органической и минеральной составляющими взвеси постепенно уменьшается с севера на юг: реки севернее Туапсе несут относительно большое количество органической взвеси, а сама река Туапсе и реки южнее ее – в основном, минеральную взвесь. Установлено также, что в течение года наибольшие размеры плюмов российского побережья Черного моря отмечаются в период паводка в апреле, а наименьшие – в межень в феврале, при этом сезонный ход развития плюмов объясняется не только годовым циклом материкового стока, но и динамическими факторами на морской акватории. Для плюма р. Мзымта отмечена тенденция к возрастанию концентрации общей взвеси в период 2007–2014 гг., возможно, связанная с антропогенным воздействием.

На данных прямых натурных измерений исследована также синоптическая изменчивость придонных и поверхностных течений в зоне распространения плюма р. Мзымта и их связь с изменчивостью ветра и уровнем речного стока. Установлено, что низкочастотная (характерные периоды более 6 ч) синоптическая изменчивость течений определяется инерционными колебаниями (период 17.6 ч) и суточная бризовая циркуляция ветра (период 24 ч). В высокочастотной изменчивости течений в приповерхностном слое преобладают колебания, вызванные локальными ветровыми воздействиями. Изменчивость придонных течений не обнаруживает значимых связей с изменчивостью ветра. Спектры скорости придонных течений имеют максимумы на периодах 3.8–4.1 часа. Показано, что эти колебания могут объясняться прохождением внутренних волн, генерируемых движениями плюма р. Мзымта.

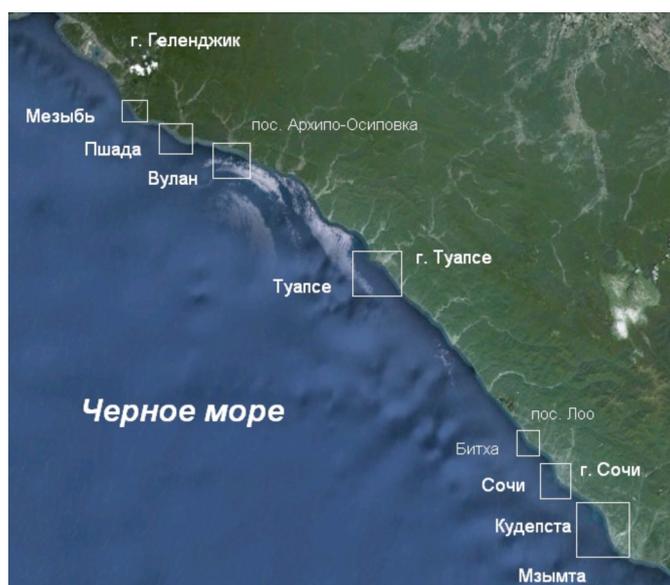


Рис. 1 Схема полигонов, на которых проводились натурные исследования речных плюмов малых рек российского побережья Черного моря.

### **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.**

Впервые для моделирования отклика климатической системы на радиационное воздействие, связанное с ростом в атмосфере концентрации парниковых газов было предложено использовать так называемую функцию чувствительности, широко применяемую математиками при анализе систем автоматического управления. В отличие от рассмотрения такого отклика во всех работах по исследованию современного глобального потепления как установившегося, использование функции чувствительности позволяет изучать переходный процесс формирования этого отклика с учетом исходного состояния самой климатической системы. Это, в свою очередь, позволяет, во-первых, явно вычлнить в отклике роль различных

факторов, таких как изменения в облачном покрове Земли, и, во-вторых, описать возможную нестационарность отклика.

**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.

1. Исследован и описан механизм взаимодействия потока тепла из океана в атмосферу и образования условий для развития потенциально экстремальных циклонов на основе анализа синоптических ситуаций, приводящих к экстремальным значениям потока тепла из океана в атмосферу с поверхности океана. Характерно наличие диполя: циклон – антициклон, обеспечивающего достаточный приток холодного и сухого воздуха для запуска переноса влаги из океана в атмосферу и, потенциально, формирования циклонической серии. Циклоны выстраиваются в серию над северной Атлантикой и обеспечивают перенос влаги в своих теплых секторах, при этом, циклон взаимодействующий с антициклоном, чаще всего, находится на стадии зарождения. Такой результат описан в нашей работе впервые и открывает уникальные перспективы для прогноза сезонного циклогенеза и экстремальных погодных явлений на Европейском континенте.

2. Установлено, что взаимодействие океана и атмосферы имеет принципиально разный характер на масштабах от нескольких лет до десятилетия и на масштабах междекадной изменчивости. В частности, на межгодовых масштабах океан пассивно реагирует на диабатический сигнал атмосферного воздействия, а на междекадном масштабе является активным агентом. Эти результаты подтверждены анализом уникальных по длительности реконструированных потоков тепла из океана в атмосферу в Атлантике за период с 1880 г. по настоящее время.

**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.

Установлена положительная линейная корреляция между среднемесячной концентрацией гребневика *M. Leidy* (в месяц его наибольшего присутствия) в северо-западной части Черного моря и средней скоростью параллельного береговой черте ветра по данным за 1988–2011 гг. Эта связь объясняется ветровым переносом *M. Leidy* к берегу (пассивная аккумуляция организмов; редко встречающаяся ситуация, учитывая сезонную климатологию ветра)

или от берега (пассивная дисперсия организмов). Экстремально низкие концентрации *M. Leidyi* отмечены в 1993 г. и 2003 г. во время событий очень сильного ветрового переноса от берега. Установлено существование универсального линейного наномасштаба – масштаба кристаллической решетки. Предложено его выражение в виде степенной функции постоянной Планка, плотности материала и модуля Юнга. Показано, что этот масштаб близок к одному ангстрему для всех кристаллических структур. Он является пороговым масштабом, начиная с которого становятся существенными квантовые эффекты.

## Тема № 0149-2014-0006: Аномалии гидрофизических полей Мирового океана и их климатическая значимость

Руководитель – д.ф.-м.н. Бышев В.И.

1. С помощью численного моделирования обнаружена глобальная мультideкадная осцилляция теплосодержания верхнего деятельного слоя Мирового океана, проявившаяся в некоторых его энергоактивных районах (МОСТОК). На севере Атлантики и Тихого океана, а также в Южном океане в 80-90-е годы эта осцилляция привела к выхолаживанию океанских вод, что по времени совпало с активной фазой глобального потепления на континентах. Выявлено полное соответствие внутривекового чередования фаз климатической изменчивости теплосодержания океана (МОСТОК) и междекадной глобальной осцилляции атмосферы (ГАО) рис. 2.

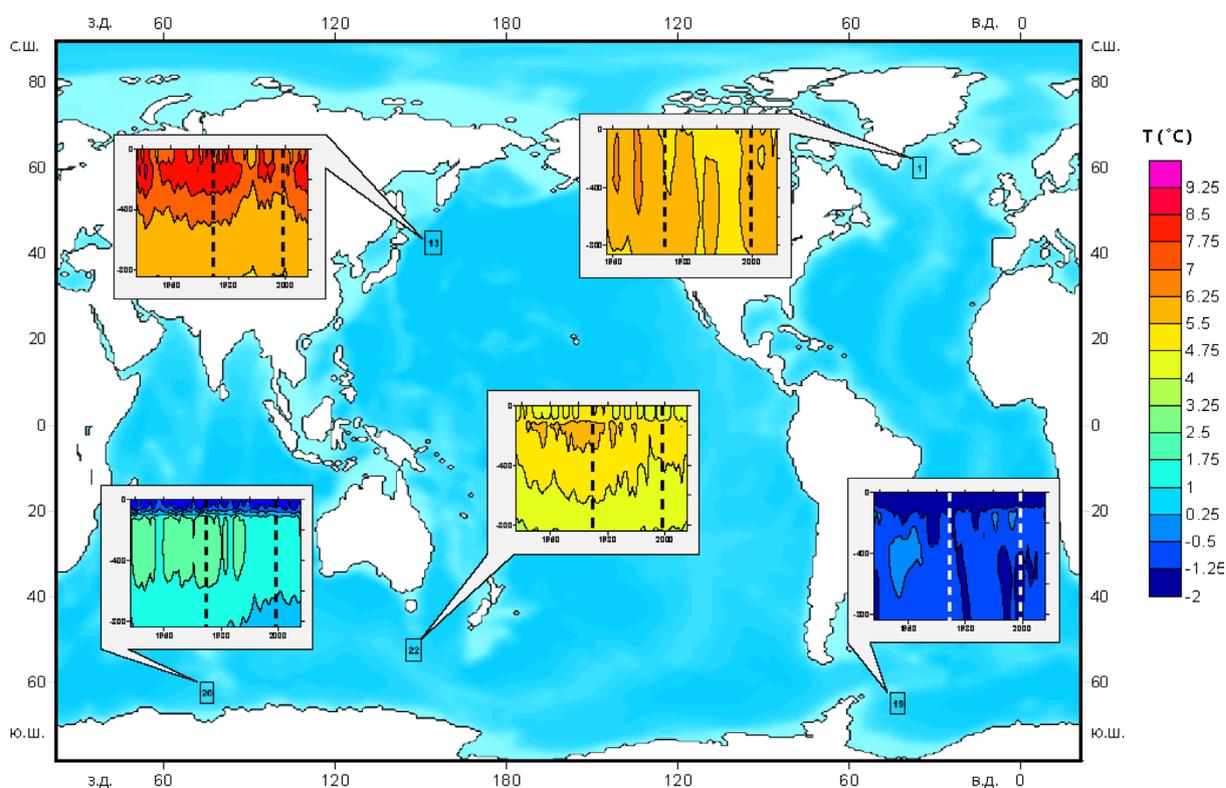


Рис. 2 Эволюция термической структуры верхнего деятельного слоя в ряде ключевых районов Мирового океана. Пунктирными линиями выделен 80-е – 90-е годы XX столетия.

2. Предложена методология поиска и изучения региональных климатических аномалий в Российской Арктике, на Дальнем Востоке и в Северной Атлантике на основе концепции обнаруженных ранее глобальных атмосферных осцилляций (ГАО) на межгодовом и междекадном масштабах рис. 3

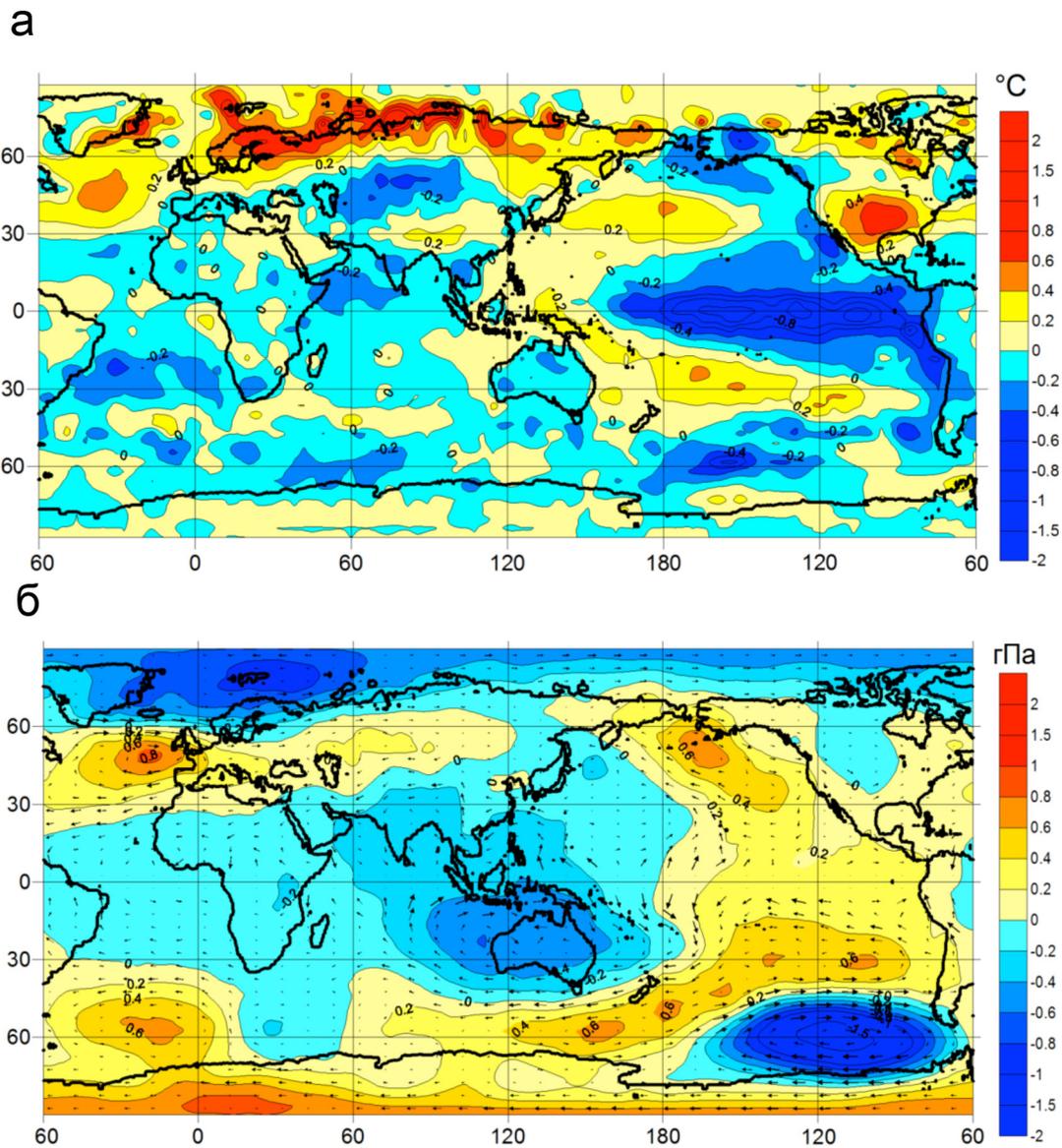


Рис. 3 Глобальные поля средних аномалий приповерхностной температуры (а), аномалий атмосферного давления на уровне моря и геострофического ветра в нижней тропосфере (б) при 25 событиях Ла-Нинья за период 1920–2013 гг.

**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.

1. Велась работа по созданию новых, ориентированных на конечных пользователей

массивов АМИГО, основанных на измерениях Argo и данных спутниковой альтиметрии. Массивы АМИГО обеспечат научное сообщество доступом в режиме, близком к реальному времени, к глобальным унифицированным базам данных, полученным по измеренным профилям и траекториям поплавков Argo с привлечением дополнительных данных, сделанных с помощью спутников. Главное отличие этого проекта от работ в данном направлении зарубежных коллег состоит в комбинировании данных Argo с климатическими полями (районы отсутствия измерений и глубины более 2 км) и использование при их обработке вариационной методики интерполяции измерений на регулярную сетку с последующей модельной гидродинамической адаптацией полученных полей рис. 4–7. Такая методика позволяет получать по данным профилирования Argo полный набор океанографических характеристик: температуру, соленость, плотность и скорость течений.

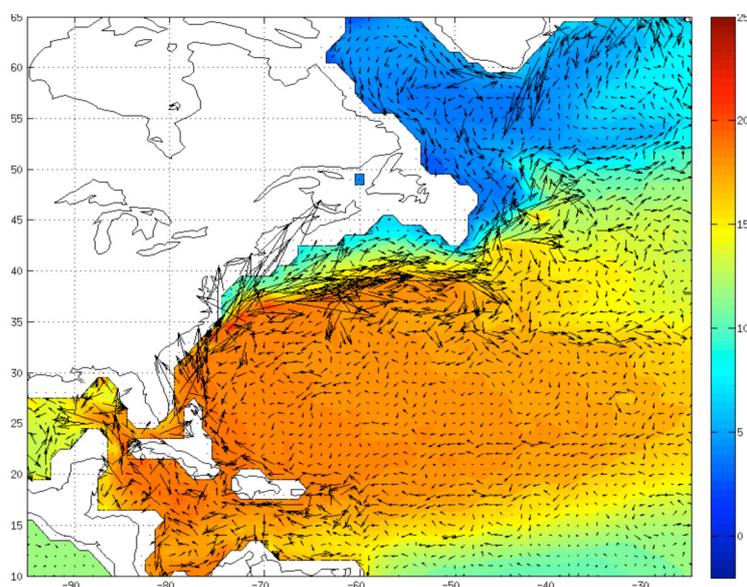


Рис. 4 Среднеклиматические поля температуры и течений Северной Атлантики на горизонте 250 м, полученные в результате модельной адаптации данных Argo.

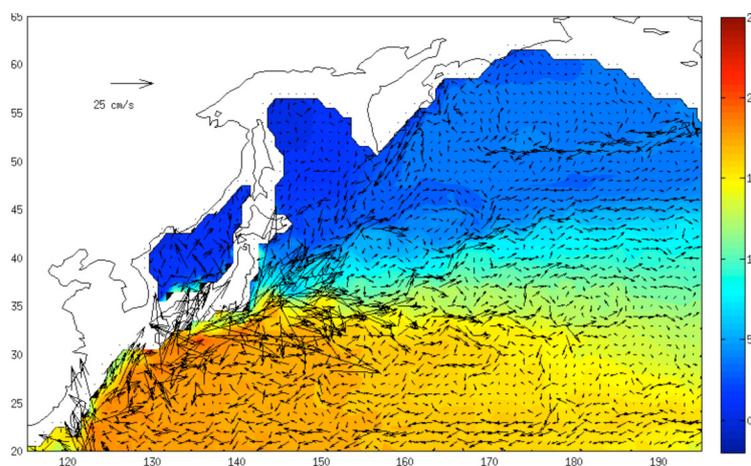


Рис. 5 Среднеклиматические поля температуры и течений Северной Пацифики на горизонте 250 м, полученные в результате модельной адаптации данных Argo.

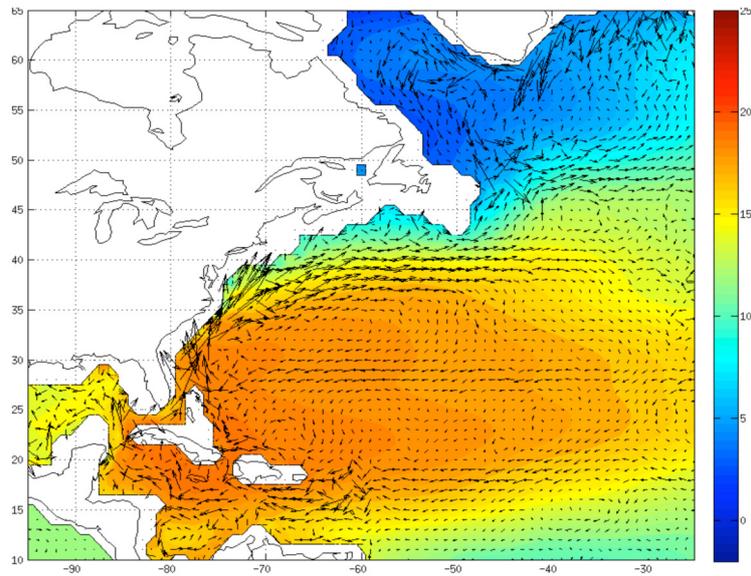


Рис. 6 Поля температуры и течений Северной Атлантики на горизонте 250 м, полученные в результате модельной адаптации данных климатических массивов Левитуса.

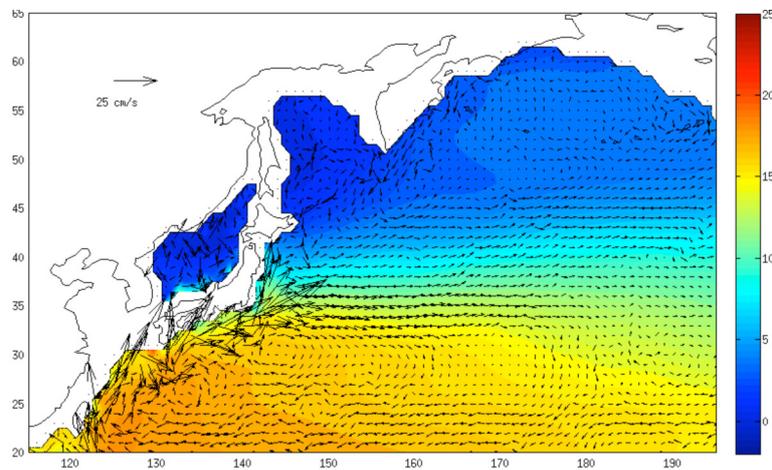


Рис. 7 Поля температуры и течений Северной Пацифики на горизонте 250 м, полученные в результате модельной адаптации данных климатических массивов Левитуса.

2. Исследована тонкая структура струй и фронтов в проливе Дрейка по данным разреза января 2010 г. Установлено существование не менее десяти струй АЦТ на линии разреза, характеризовавшихся индивидуальными максимумами горизонтальной компоненты скорости течения.

## **Тема № 0149-2014-0008: Донные течения и внутренние волны; влияние топографии дна и ледяного покрова**

Руководитель – д.ф.-м.н. Морозов Е.Г.

1. На основе натуральных данных, собранных в ледокольных экспедициях, изучались свойства вод атлантического происхождения, поступающих в Арктический бассейн через пролив Фрама и через Баренцево море. Было впервые установлено, что воды, поступающие через пролив Фрама, циркулируют в пределах бассейна Нансена. Воды же, прошедшие через Баренцево море, распространяются вдоль материкового склона, в пределах бассейна

Амундсена и, проходя через хребет Ломоносова, поступают в котловины Макарова и Канадскую рис. 8.

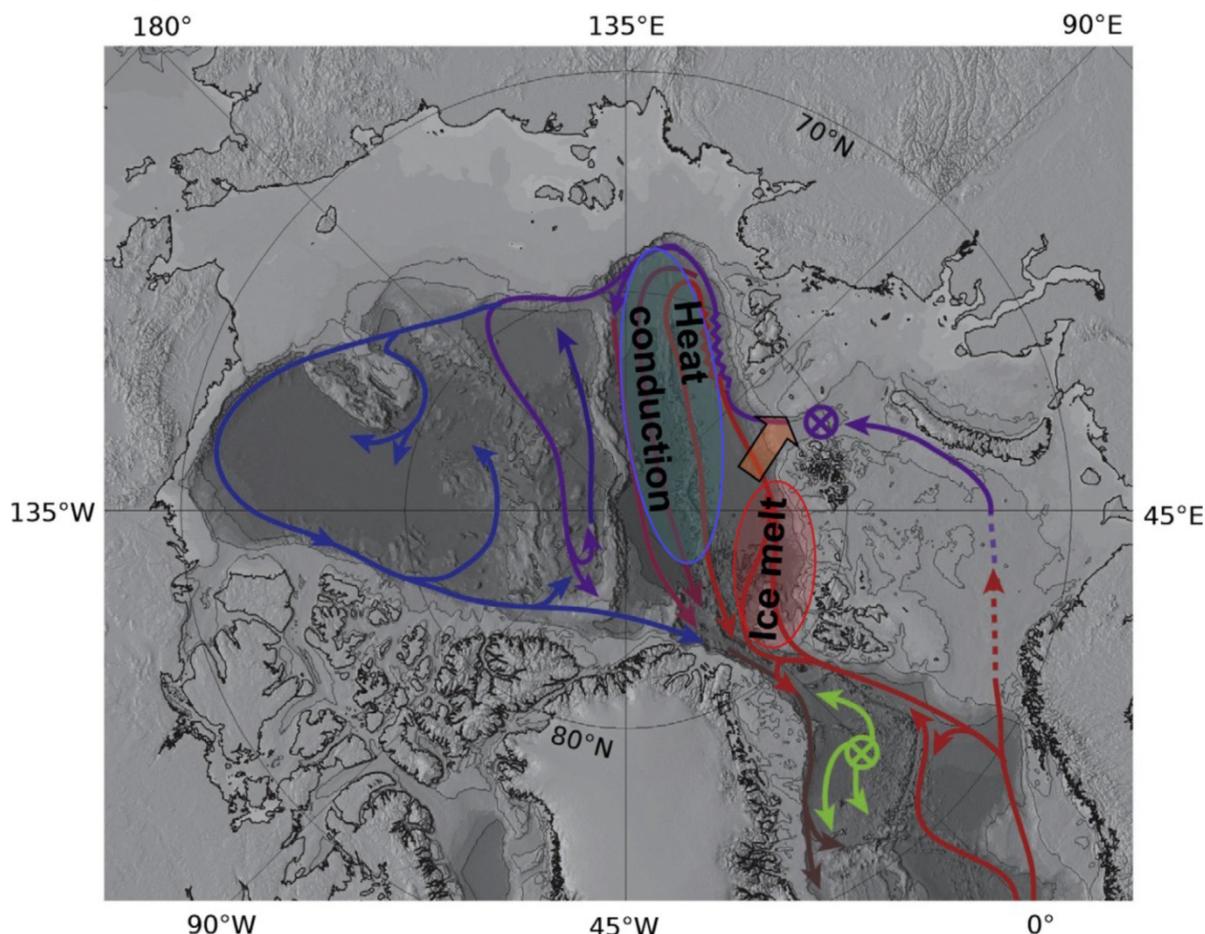


Рис. 8 Схема, показывающая тепловые потери атлантических вод в пределах котловины Нансена.

Красным цветом оконтурен район, в котором тепло теряется в результате таяния льда и взаимодействия с атмосферой. Здесь атлантические воды превращаются в верхний перемешанный слой под действием ветра или в результате апвеллинга на внешней границе континентального шельфа. Синим цветом показан район, в котором предполагается поток тепла от атлантических вод к верхнему перемешанному слою, обусловленный процессами двойной диффузии. Широкой оранжевой стрелкой показан район, в котором происходит активное смешивание вод атлантического происхождения, пришедших сюда через пролив Фрама и через Баренцево море. Тонкими стрелками показана крупномасштабная циркуляция атлантических вод. Красный цвет показывает более теплые атлантические воды, поступающие через пролив Фрама, синий – более холодные, поступающие через Баренцево море. Изменения цвета от красного к более бледному, кирпичному, демонстрируют уменьшение температуры атлантических вод. Цвета стрелок в различных частях Арктического бассейна примерно соответствуют степени смешения двух ветвей атлантических вод. Опираясь на все оценки водообмена и обмена теплом через пролив Фрама, а также анализируя вертикальные распределения температуры и солености различных частей Арктического

бассейна, был сделан вывод о том, что порядка 24 ТВт тепла должны терять атлантические воды, поступающие через пролив Фрама в результате процессов образования галоклина. Еще около 10 ТВт должно удаляться от этих вод в атмосферу. Учитывая, что атлантические воды пролива Фрама распространяются только в пределах котловины Нансена, такие теплопотери в атмосферу соответствуют от 5 до 15 Вт на квадратный метр для этого района. Полученные величины теплопотерь в атмосферу от атлантических вод существенно превышают прежние, широко распространенные оценки в 2 Вт на квадратный метр.

2. На основе данных судовых наблюдений на разрезе от южной оконечности Гренландии до берегов Португалии, данных спутниковой альтиметрии и данных наблюдений с помощью автономных дрейфующих буев Argo, количественно оценены многолетние изменения интенсивности меридиональной термохалинной циркуляции (МТЦ) вод на севере Атлантического океана. Получен временной ряд интенсивности МТЦ с первой половины 1990-х гг. по 2010 г. Установлено, что интенсивность МТЦ на севере Атлантики в 1990–2000-х гг. уменьшилась на 2–3 Св, что составляет 10–20% от средней интенсивности МТЦ в 2000-х гг. Замедление МТЦ сопровождалось уменьшением интенсивности конвекции в Субполярном круговороте и замедлением круговорота вследствие уменьшения интенсивности западного атмосферного переноса. Установлено, что замедление МТЦ в 1990–2000-х гг. было связано с уменьшением переноса на юг промежуточных вод, формирующихся в субарктической Атлантике. Таким образом, получено подтверждение результатов численного моделирования, предполагающих тесную связь (положительную корреляцию) между (1) интенсивностью МТЦ на севере Атлантики, (2) интенсивностью конвекции и циклонической циркуляции вод в Субполярном круговороте и (3) Североатлантическим колебанием.

### **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 – д.ф.-м.н. Коротенко К.А.

На основе натурных данных и численного моделирования с использованием Принстонской модели океана и модели STRiPE проведено исследование влияния приливных течений и приливной осушки прибрежной зоны на динамику и изменчивость плюмов рек Жошуа и Ву, расположенных в центре восточного побережья Тайваньского пролива. Установлено, что в приливных морях донный рельеф может существенным образом влиять на динамику распространения речного плюма. Донная турбулентность, вызванная приливными колебаниями, может существенным образом ускорять диссипацию речного плюма, расположенного в мелководной части шельфа. В то же время для относительно глубоководных районов шельфа подобный эффект не наблюдается. Установлено, что процесс периодической осушки прибрежной зоны, вызванный приливными колебаниями уровня моря,

также способствует ускоренному перемешиванию речного плюма, увеличивая турбулентное перемешивание в прибрежной зоне. На рис. 9 показана деструкция придонной турбулентности силами плавучести для плюмов двух рек, находящихся над мелкой и приглубой частями песчаного гребня.

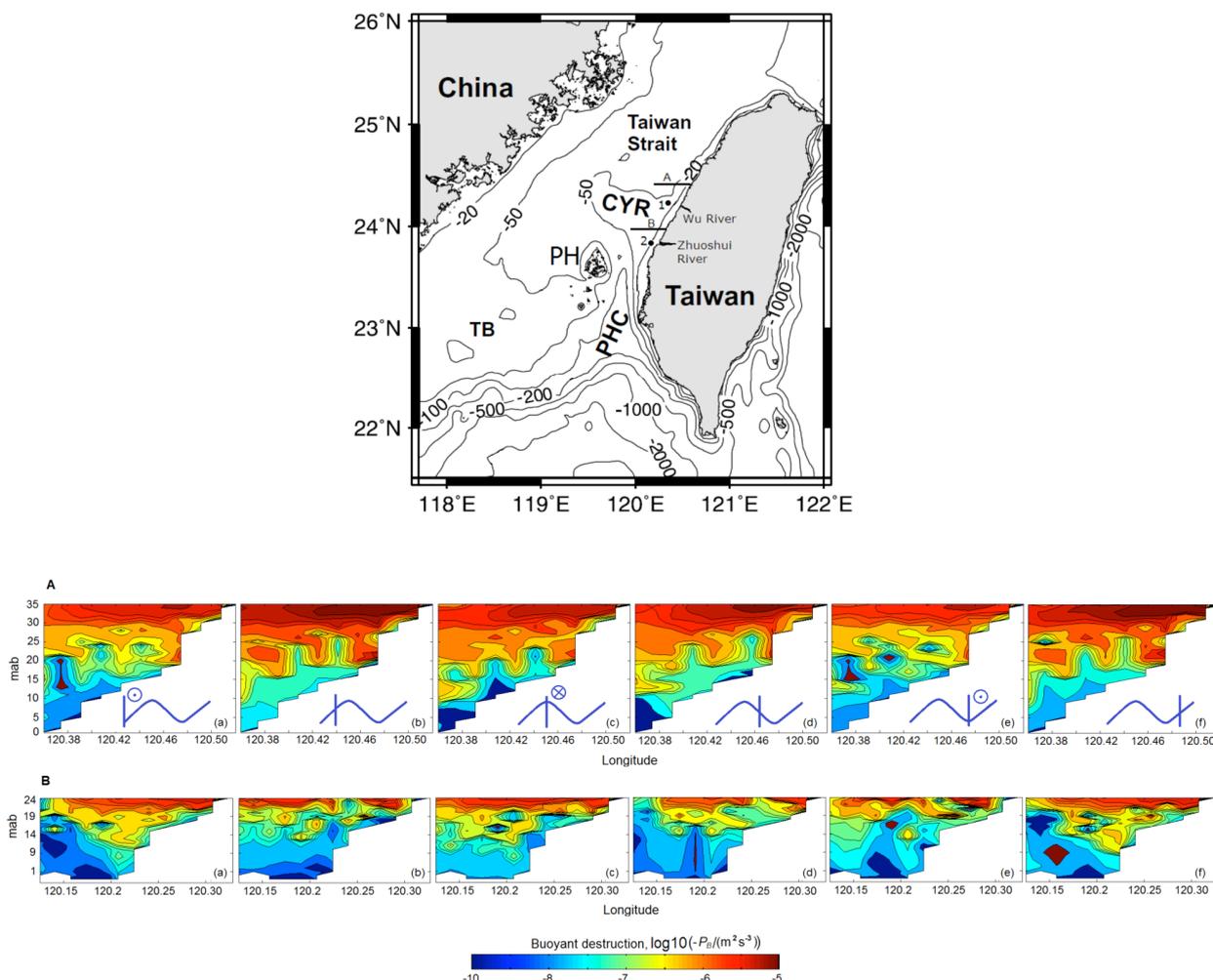


Рис. 9 Распределение деструкции турбулентной энергии плавучестью,  $\log_{10}(-P_b)$ , вдоль двух секций, пересекающих реки Ву и Жошуа. Видно, что подавление придонной турбулентности плюмом в большей степени происходит при удалении от гребня (р. Ву) – верхняя секция.

## Тема № 0149-2014-0010: Нелинейная динамика низкочастотной изменчивости океана

Руководитель – д.ф.-м.н. Резник Г.М.

Естественный межгодовой режим большинства озер и внутренних морей (как проточных, так и бессточных) постоянно меняется из-за экономической деятельности, связанной с ирригацией и регулированием речного стока. В связи с этим возникает проблема предсказания режима таких озер, для чего необходимо построить физическую модель, корректно описывающую стохастический характер вынуждающих сил – речных притоков и оттоков, а также видимого испарения. С этой целью была построена математическая модель с

вероятностными входными процессами. Было показано, что эту модель можно использовать для симуляции долгопериодных (межгодовых) колебаний уровня озер. В частности, модель применялась для изучения колебаний уровня Каспийского моря, – оказалось, что колебания его уровня хорошо описываются компонентой трехмерного Марковского процесса. С целью численного моделирования многомерных негауссовских океанологических и метеорологических процессов с заданными статистическими характеристиками (среднее, дисперсия, асимметрия, коэффициенты авто- и взаимной корреляции) был развит высокоточный метод. Идея этого метода состоит в моделировании взаимно некоррелированных случайных процессов и последующего их линейного преобразования. Пример оригинальных (сток р. Невы) и моделированных рядов приведен на рис. 10 и в табл.

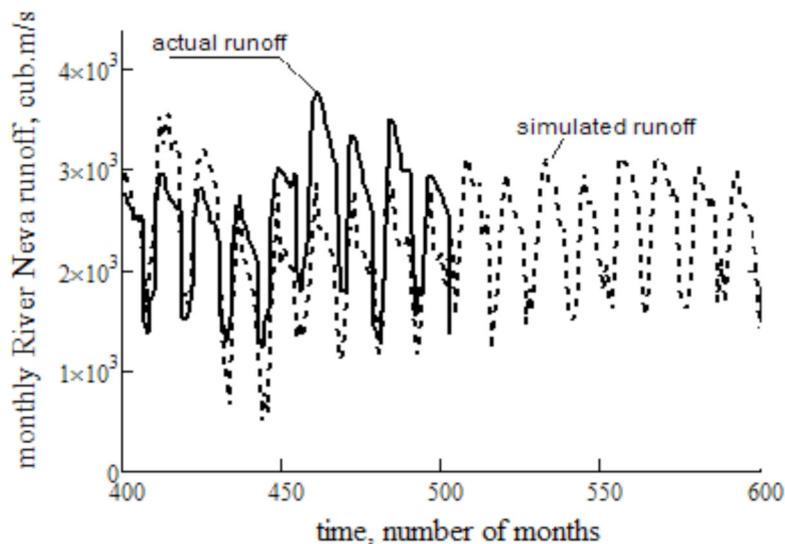


Рис. 10 Временной ход стока р. Невы.

Статистические параметры среднемесячных значений стока р. Невы: числитель – исходные величины, знаменатель – смоделированные значения

Months	Cv	Cs	Cs/Cv	r
Jan	0.27	-0.40 -0.39	-1.52 -1.44	0.44 0.45
Feb	0.21	0.41 0.42	1.95 2.00	0.35 0.35
Mar	0.21	0.39 0.39	1.87 1.86	0.17 0.16
Apr	0.16	0.26 0.24	1.54 1.50	0.13 0.12
May	0.14	0.36 0.34	2.58 2.67	0.36 0.35
June	0.15	0.45 0.40	2.98 3.00	0.39 0.39
July	0.16	0.44 0.48	2.74 2.56	0.39 0.39
Aug	0.16	0.37 0.41	2.31 2.56	0.35 0.37
Sept	0.16	0.48 0.43	3.00 2.69	0.34 0.34
Oct	0.16	0.47 0.41	2.83 2.56	0.35 0.36
Nov	0.19	0.56 0.60	2.88 3.16	0.16 0.17
Dec	0.26	0.76 0.77	2.90 2.96	-0.02 -0.02

## **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.

1. Исследованы некоторые теоретические аспекты наблюдений за перемещениями линз с помощью акустических ПНП и свободно дрейфующих буев проекта “Арго”. Использовались методы контурной динамики для трехслойной квазигеострофической модели. Данные прямых экспериментальных наблюдений за дрейфом линз в Северной Атлантике качественно подтвердили результаты численных экспериментов. В частности, показано, что закрутка со стороны линзы оказывает адвективное влияние на поведение ПНП на расстояниях нескольких ее радиусов.

2. Была реализована система круглогодичных наблюдений волнения и течений навигационным СВЧ радиолокатором. За период 2013–2014 было собрано 20 записей штормовых явлений (в основном, продолжительностью 1–2 дня, и 2 шторма 4–6 дней). Была произведена верификация алгоритмов восстановления высоты значительных волн и скорости течений по независимым измерениям волнового буга Datawell DWRG-4 и донной станции АДСП (акустического доплеровского профилографа скорости).

3. Предложен усовершенствованный метод поляризационной обработки спутниковых снимков с соосными компонентами (VV/HH) для распознавания различных типов пленок на поверхности моря. Метод построен на развитии идеи (Kudryavstev et al., 2013) выделения чисто брэгговской (резонансной) и нерезонансных частей принятого сигнала из соосных компонент (VV/HH) поляризационных данных и их последующего анализа. В результате применения полуэмпирической модели рассеяния ЭМ сигнала для каждого снимка выделялись такие параметры как интенсивность обрушений ветровых волн и интенсивность брэгговской ряби. Затем для анализа использовались нормированные величины этих интенсивностей. Данный подход позволяет минимизировать влияние на результаты анализа таких факторов как различные углы визирования поверхности для разных снимков в разных районах, различные ветро-волновые условия, а также различные радиодиапазоны радаров на спутнике.

## **Тема № 0149-2014-0012: Развитие оптических и радиофизических методов исследования характеристик приподнятого 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.

1. В апреле – июне 2012 г. на радиолокационных изображениях (РЛИ) спутников Envisat, Radarsat-1 и Radarsat-2 в районе п-ова Тюб-Караган (Мангышлак) и его подводного продолжения, разделяющего котловины Северного и Среднего Каспия, обнаружено большое количество

мелких нефтяных пятен рис. 11. Анализ совокупности снимков на РЛИ позволил установить, что область появления этих пятен приурочена в основном к молодой Скифско-Туранской плите, а также соседним участкам Прикаспийской впадины древней Восточно-Европейской платформы. Подавляющее число пятен нефти наблюдалось в период с 25 мая по 1 июня 2012 г. Геолого-геофизические предпосылки и условия активизации грифонов свидетельствуют о возможной нефтегазоносности локальных структур. Периодичность срабатывания грифонов в виде «бегущих волн» отражает импульсы повышенной геодинамической активности в недрах тектонической впадины Каспийского моря. Сделан вывод о том, что активность грифонов могла быть спровоцирована природно-техногенными факторами.

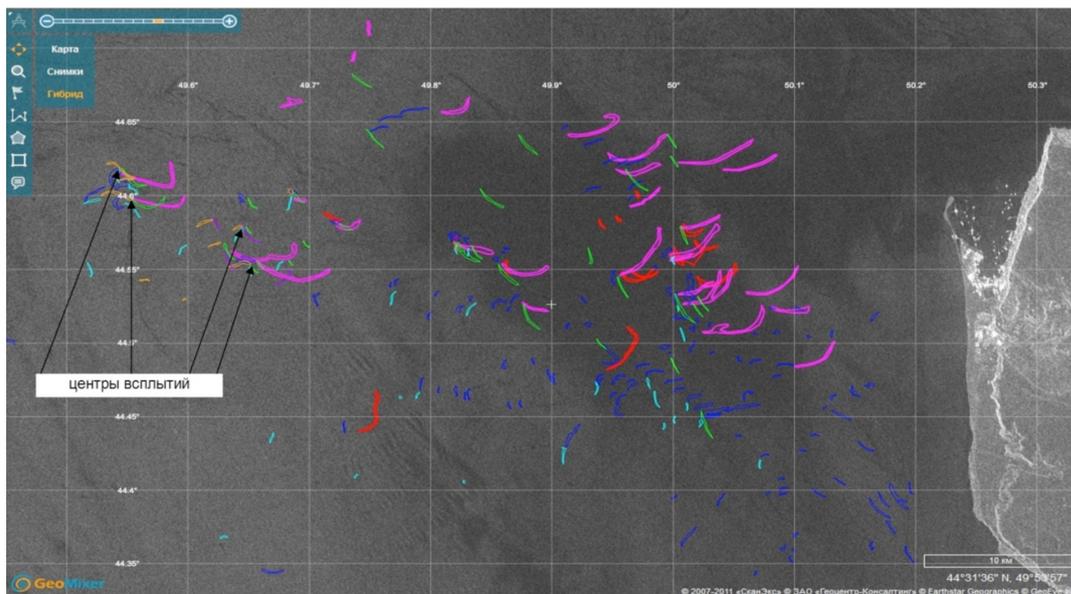


Рис. 11 Сводная карта нефтепроявлений, обнаруженных к СЗ от п-ова Тюб-Караган (Мангышлак) на радиолокационных изображениях спутников Radarsat-1, Radarsat-2 и TerraSAR-X. Время обнаружения нефтепроявлений: красный – 20.05.2012, сиреневый – 25.05.2012, синий – 29.05.2012, зеленый – 1.06.2012, светло-коричневый – 8.06.2012, голубой – 10.06.2012, фиолетовый – 13.06.2012.

2. Разработаны алгоритмы и создан комплекс программ для анализа среднесезонных распределений коэффициента яркости черноморского бассейна, построенных по спутниковым изображениям, полученным сканерами цвета океана MODIS и MERIS с 2002 по 2014 гг. Результаты анализа подтвердили и конкретизировали роль ОЧТ как препятствия для прямого контакта стока Дуная с водами пелагиали моря, несмотря на элементы мезомасштабной динамики, поддерживающие перенос примесей из прибрежий в пелагиаль.

**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.ф.-м.н. Гончаров В.В.

1. Проведены работы по исследованиям возможностей локальной томографии

при встречном распространении звука по данным эксперимента 2010 г. (шельф Черного моря, Геленджик, Голубая бухта) на трех стационарных акустических трассах. На основе разработанного в ИОРАН комбинированного метода инверсии вариации времен прихода отдельных импульсов были связаны с возможным прохождением внутренних волн через звуковые трассы. Зависимости экспериментальных времен прихода от времени эксперимента  $Tek(texp)$  содержат как регулярные вариации, связанные в основном с изменением средней температуры среды, так и более быстрые рис. 12.

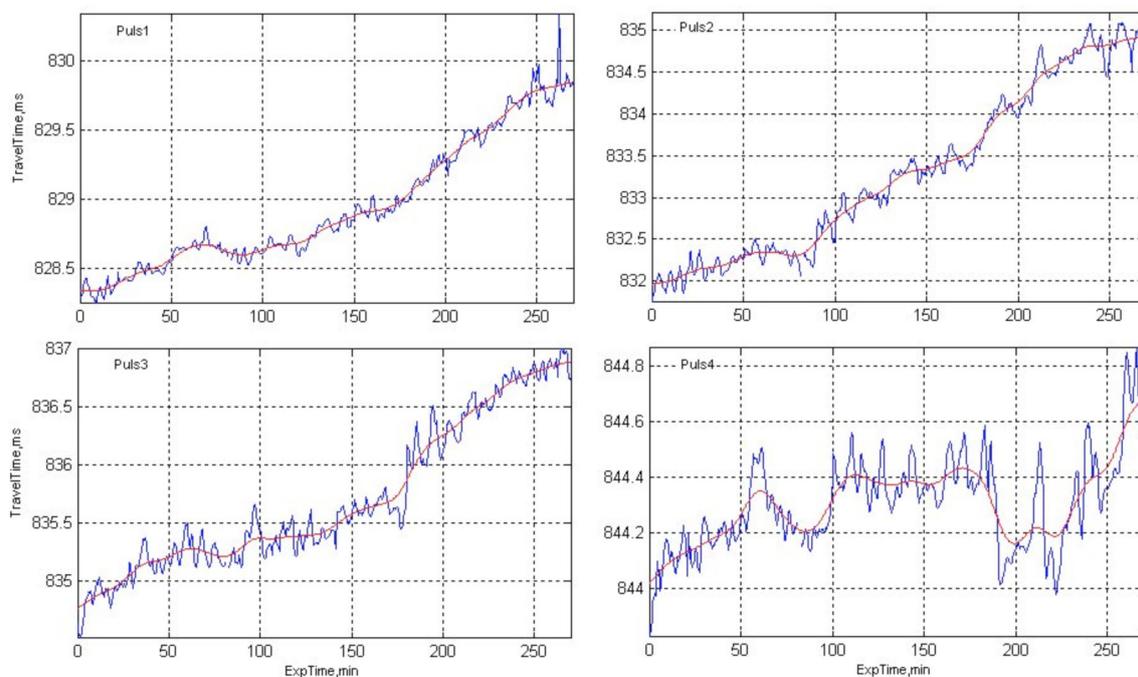


Рис. 12 Зависимости  $Tek(texp)$ , усредненные по 20 минутному интервалу  $texp$  (красные регулярные линии) и по 2-х минутному (быстрые вариации – синие линии) для 4-х ( $k = 1, 2, 3, 4$ ) экспериментальных импульсов.

Результаты восстановления вариаций температуры водной среды на различных глубинах представлены на рис. 13 а, где сплошные линии отвечают изменению в ходе эксперимента температуры воды на указанных цифрами глубинах (в м). На рис. 13 б показан средний измеренный профиль температуры в районе томографического эксперимента. Горизонтальные линии соответствуют глубинам термисторов, установленных на расстоянии  $\approx 1.5$  км к северу акустического полигона в более мелководном ( $\approx 35$  м) районе. Вертикальные точечные линии отвечают максимальному изменению температуры, на соответствующей глубине, вызванной смещением водных масс при прохождении внутренней волны, вертикальный профиль которой схематично показан штриховой линией на рис. 13 б. Этот профиль рассчитывался по измеренным гидрологическим данным и в силу условия мелкой воды практически не менялся в широком диапазоне частот внутренних волн. Точки на рис. 13 а отвечают усредненным измеренным термисторами вариациям температуры, которые качественно согласуются с восстановленными. Следует отметить, что более точного совпадения этих результатов трудно ожидать, поскольку как профили внутренних волн, так и их амплитуды в этих районах могут существенно различаться.

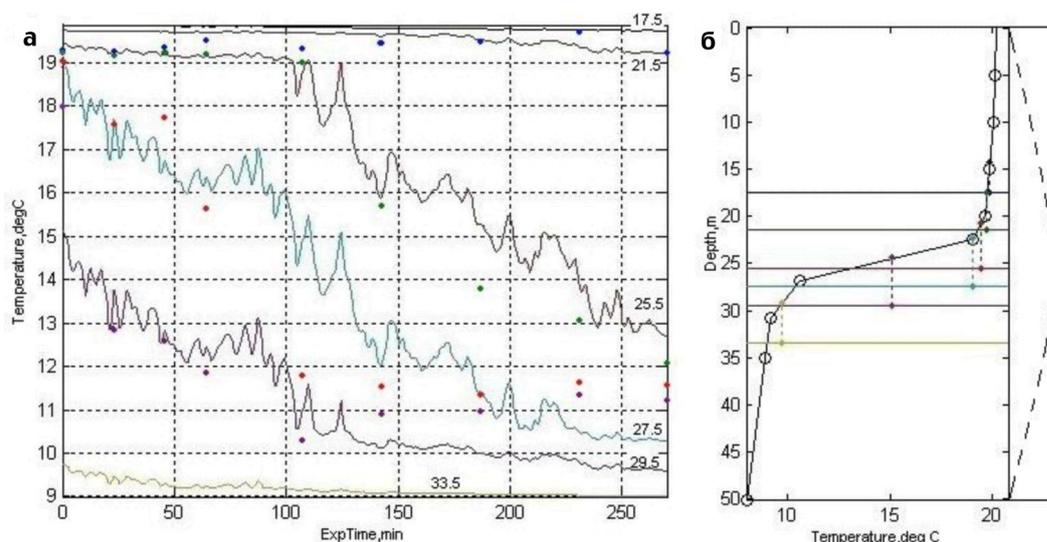


Рис. 13 Восстановленные вариации температуры (а) и исходные данные задачи инверсии (б).

2. Продолжены работы по созданию единого комплекса программ с удобным для неспециалиста интерфейсом. С этой целью в текущем году написанный на языке “Фортран” 3D лучевой алгоритм оценки усредненной интенсивности звукового поля на заданной акватории в горизонтально неоднородном океане был реализован на языке “Матлаб”, что может существенно расширить его возможности для решения различных практических задач.

### **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.**

1. Путем численного моделирования проведена оценка изменения размеров зон акустического воздействия импульсного шума на морских млекопитающих при потеплении в Арктике. Уровень импульсного звука 160 дБ отн. 1 мкПа является порогом начала вредного акустического воздействия импульсного шума на китообразных, а уровень 180 дБ – порогом для физического повреждения их слуха. Исходя из прогноза потепления в Арктике и изменений условий распространения звука в теплеющем море, была проведена оценка сдвига границы звукового поля с уровнями в 160 дБ и 180 дБ при сейсморазведке с использованием типичного сейсмоисточника – батареи пневмопушек. Использовалась акустическая модель окружающей среды с параметрами для водных слоев в Баренцевом море рис. 14, в разные сезоны и годы (в мае и сентябре 1991, мае и сентябре 2010 г.) и прогноз для случая потепления в верхних слоях морской воды на ближайшие десятилетия (до + 5° C).

2. По плану Лаборатории, в рамках прибрежной научной экспедиции Института океанологии “Черное море – 2014” проведены исследования и оценка характеристик подводного акустического шума в прибрежной зоне Черного моря в районе г. Геленджик.

В июне и сентябре 2014 г. на шельфе Черного моря в районе Геленджикской бухты проведены измерения уровня окружающего шума в широкой полосе частот для расчета – т.н. Индикатора 11.2.1 в соответствии с Европейской директивой по морской стратегии (MSFD).

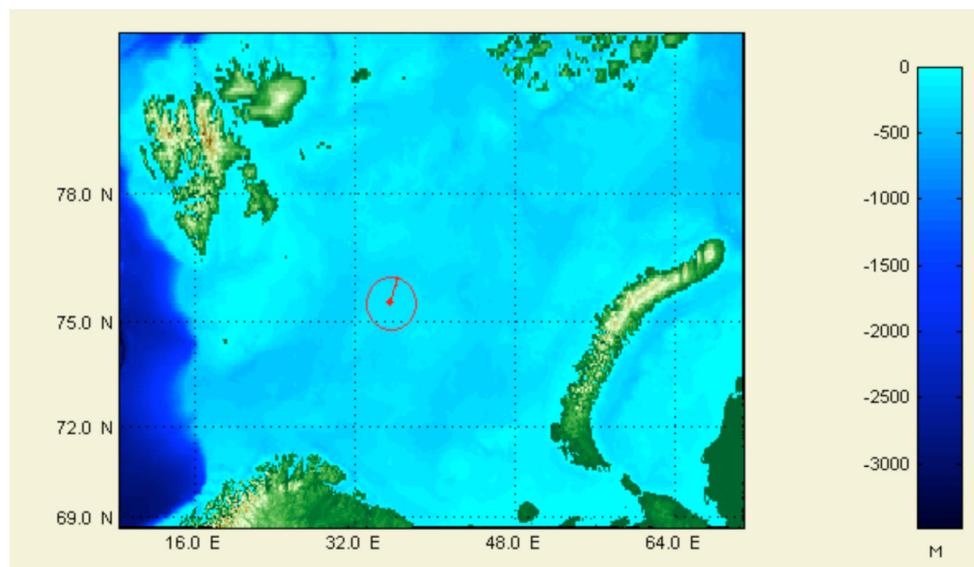


Рис. 14 Карта региона в Баренцевом море. Красным кругом показана область моделирования, линия внутри круга показывает трек, для которого рассчитывались кривые потерь уровня сейсмоимпульсов (TL).

### **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.**

Построена и отлажена версия модели ИВМ–ИО для расчётов Северного Ледовитого океана с горизонтальным разрешением 2–5 км, 49 горизонтами по вертикали, включающая термодинамику морского льда, баланс пресных вод континентального стока, турбулентное перемешивание и тепло-массообмен с соседними районами Атлантического и Тихого океанов. Состояние морского льда описывается с помощью модели (Schrum, Backhaus, 1999). Потoki тепла, импульса и влаги на границе океана с атмосферой вычисляются моделью пограничного слоя CCSM (Large, Yeager, 2004). Модель успешно протестирована в 10-летнем численном эксперименте с использованием до 815 процессорных ядер суперкомпьютера МВС10П МСЦ РАН и с внешним атмосферным воздействием, определявшимся «нормальным» внутригодовым ходом атмосферных параметров и солнечной радиации из базы данных CORE-I (Large, Yeager, 2009). Данная версия модели послужит в будущем основой для создания совместной модели динамики океана ИВМ-ИО и морского льда CICE (Лос-Аламосская национальная лаборатория, США), работающей в программной среде ПКСМ.

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

Руководитель – к.ф.-м.н. Шаповалов С.М.,  
исполнитель – к.т.н. Канцырев Б.Л.

Получено уточнённое уравнение состояния ацетона в форме Ми-Грюнайзена.

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

Руководитель – д.ф.-м.н. Пака В.Т.

По данным микро- и тонко-структурных измерений на НИС «Мария Меризн» в 2009 г. получены прямые локальные оценки скорости вовлечения в придонное гравитационное течение арктических вод в Датском проливе и Море Ирмингера рис. 15 и 16. Оценки скорости вовлечения изменялись в широких пределах от  $2 \times 10^{-7}$  м/с до  $7 \times 10^{-3}$  м/с, что является следствием сильной перемежаемости мелкомасштабной турбулентности в стратифицированной океанской среде. Разработанная методика расчетов применима к другим турбулентным потокам, в частности, к эпизодически возникающему плотностному придонному течению соленых плотных вод, преодолевающих Слупский порог между Борнхольмским бассейном и Слупским желобом в Балтийском море. Учитывая положительный опыт использования новой технологии обработки STD данных, предлагается модернизировать концепцию развивающегося гидрофизического мониторинга в Южной Балтике, включив в состав измерительной сети автономные станции с STD-циклозонтами наряду с заякоренными профилографами скорости течений ADCP и многоканальными термокосоми. Разработка циклозондов с устанавливаемой на дне автоматической лебедкой должна стать приоритетной задачей на ближайший период.

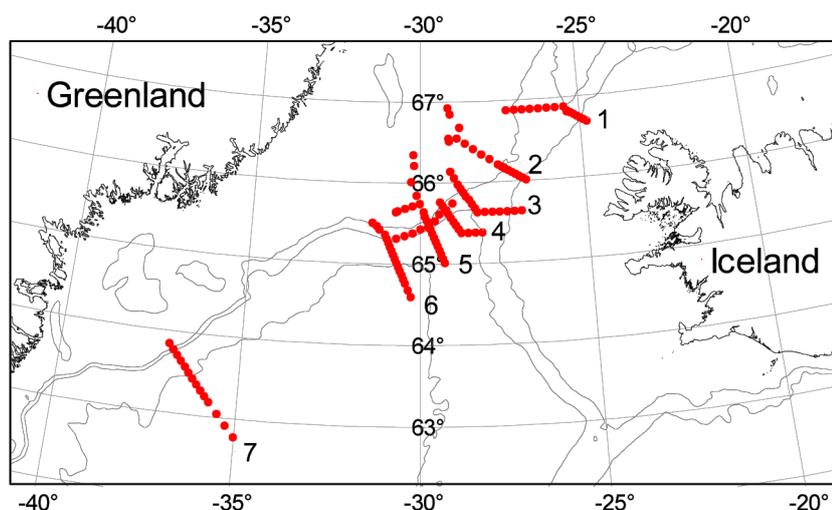


Рис. 15 Расположение STD/LADCP станций (красные кружки) в Датском проливе. Показаны изобаты 500, 1000 и 2000 м.

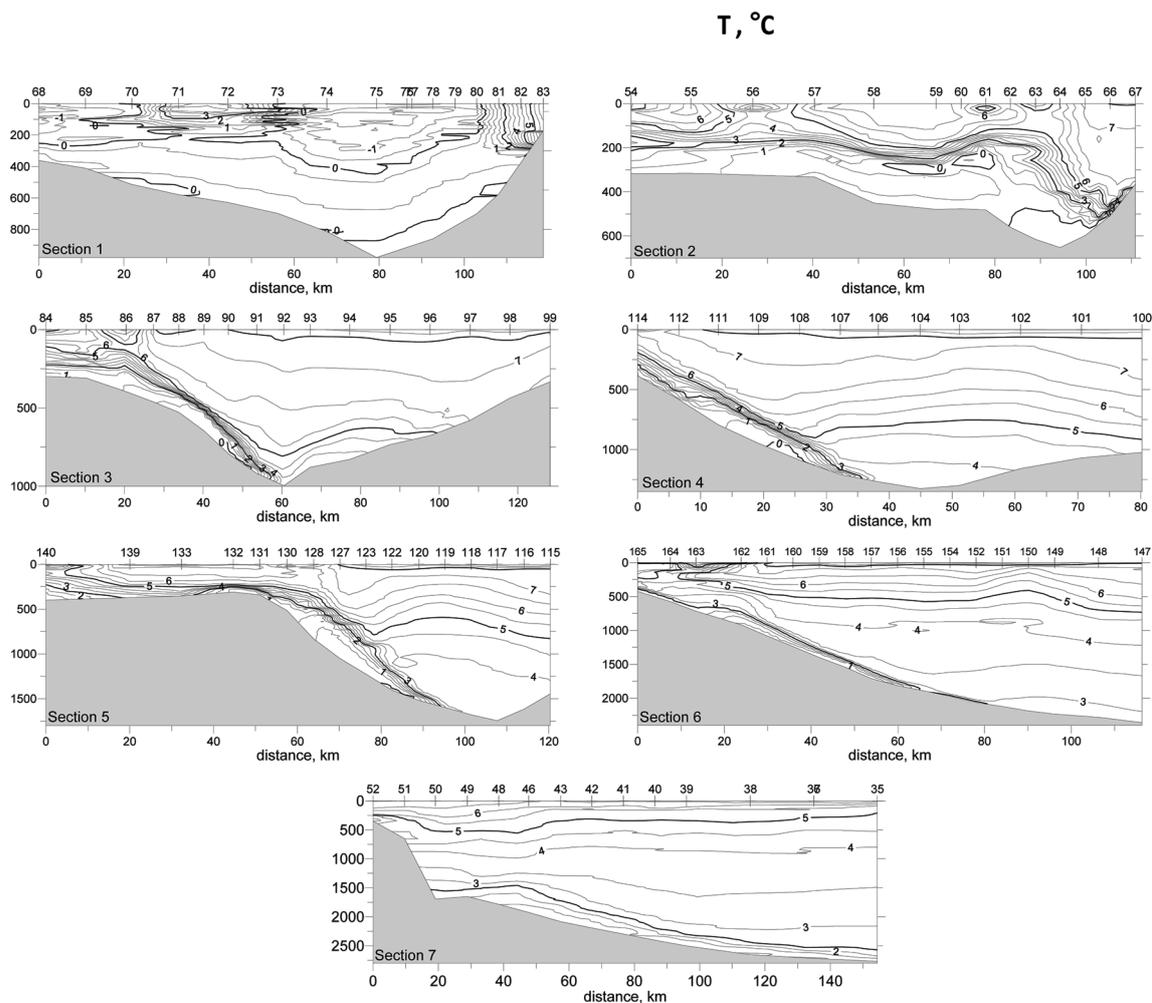


Рис. 16 Поперечные разрезы поля температуры через гравитационное течение Датского пролива. Пронумерованные черточки над разрезами – положение станций.

**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.

Анализ результатов литодинамического эксперимента на северном побережье Самбийского п-ова (19.05–13.06.13 г.) выявил кратное (в 3–6 раз) увеличение активности взвешивания донных осадков в зависимости от увеличения составляющей воздействия ветра, которая направлена поперек линии простиранья берега (при схожей средней интенсивности ветрового воздействия) рис. 17. Отмечена также высокая активность взвешивания осадков за пределами зоны обрушения волн, на глубинах 5–10 м. Уменьшение массы взвешенного песчано-алевритового материала с переходом от 5-ти к 10-ти метровой изобате в придонном слое 0.2–0.4 м не превышает 1.5–3 раз.

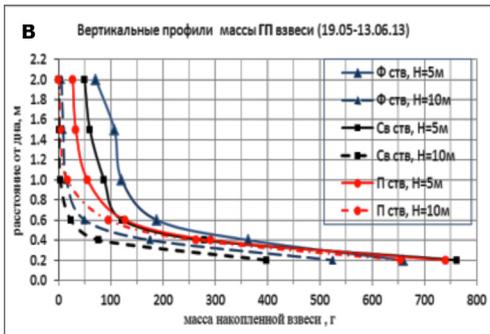
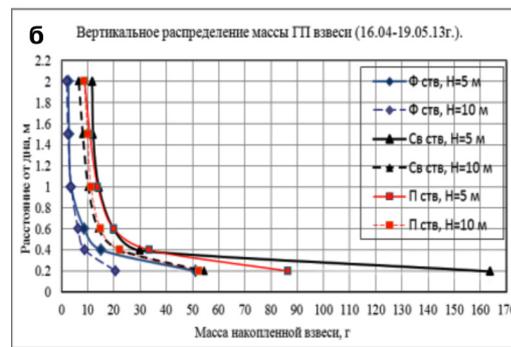
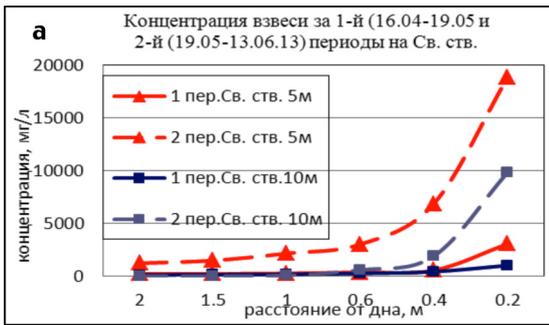
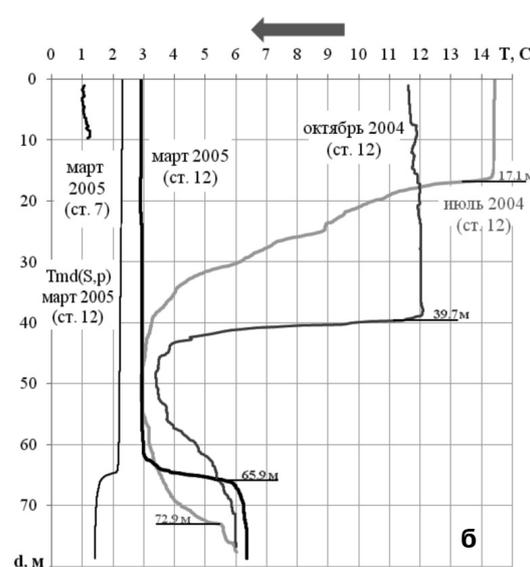
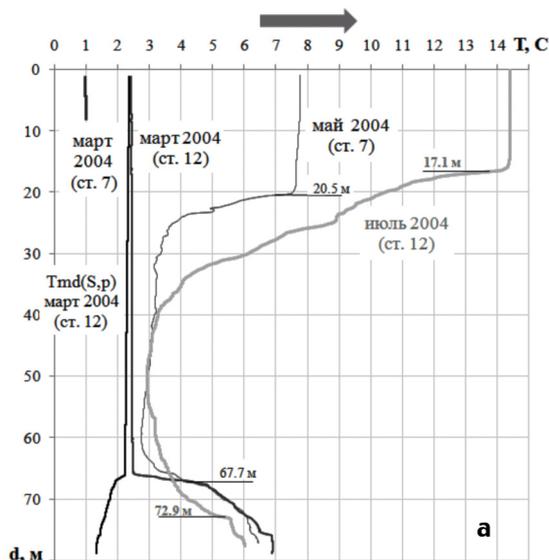


Рис. 17 а – изменение концентрации взвешенных осадков в придонном 2-х метровом слое в зависимости от смены направления ветра на севере Самбийского п-ова; вертикальные распределения горизонтально переносимой взвеси в придонном 2-х метровом слое вдоль 3-х створов на севере Самбийского п-ова (глубины 5 м – 10 м) : б – 1-й период – 16.04-19.05.13, преимущественно ЮЗ ветер, средняя скорость – 6.7 м/с, максимальная скорость – 19.8 м/с; в – 2-й период – 19.05-13.06.13, преимущественно СВ ветер, средняя скорость – 6.3 м/с, максимальная скорость – 16.8 м/с.

## Тема № 0149-2014-0018: Особенности структуры и сезонной динамики термохалинного конвейера Балтийского моря

Руководитель – д.ф.-м.н. Чубаренко И.П.

На основании анализа серий вертикальных STD-профилей, полученных в 2004–2008 гг. в Гданьском бассейне Балтийского моря, выделены три этапа в сезонном цикле развития ХПС: формирование локальными механизмами (март-апрель), геострофическое приспособление в общей термохалинной структуре моря (май-август) и разрушение (сентябрь-январь) рис.18. Максимальную в течение года толщину верхнего квазиоднородного слоя и мощность ХПС обеспечивает отнюдь не зимнее вертикальное перемешивание, а условия в период ранневесеннего прогрева (начало марта). В структуре ХПС имеются как однородные, так и высокоградиентные (по различным параметрам) прослойки, в том числе вплоть до июля



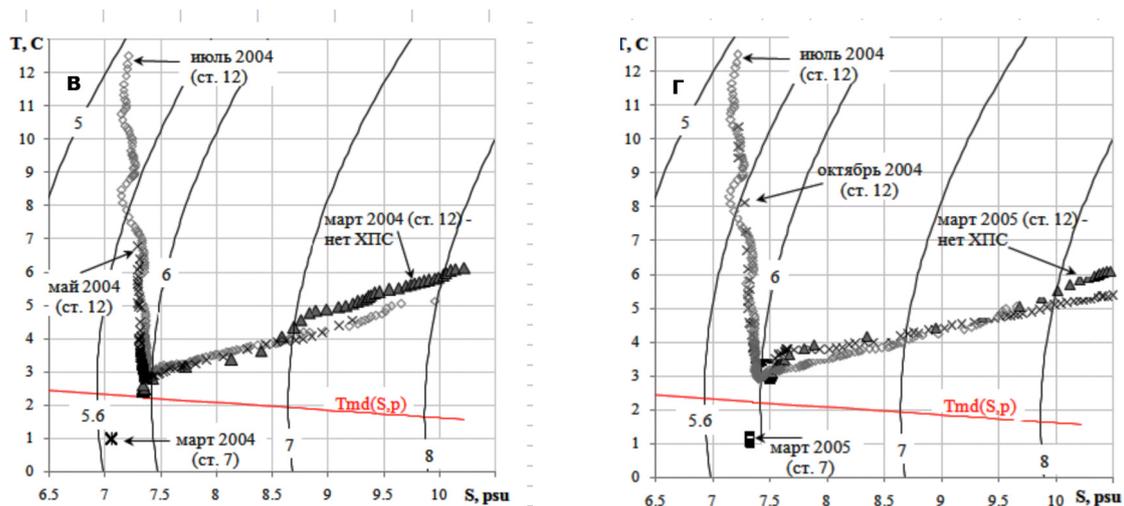


Рис. 18 Сезонная эволюция вертикальных профилей температуры воды в юго-восточной части Балтийского моря по измерениям с НИС “Профессор Штокман” (ст. 12): а – фаза прогрева (рейсы ПШ-59, 60, 62, март – июль 2004 г.); б – фаза охлаждения (июль 2004 г. – март 2005 г.); сплошной линией показан профиль температуры максимальной плотности, вычисленной для профиля солёности в марте (2004 и 2005 г. соответственно) с учетом влияния давления; в и г – T,S – кривые частей профилей а и б, относящихся к ХПС.

может наблюдаться прослойка аномально холодных вод с температурой ниже температуры максимальной плотности. Сложность структуры и характер изменчивости во времени однозначно указывают на существенную роль адвекции в формировании и эволюции ХПС Балтики.

## 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.

Впервые для шельфово-склоновой зоны Черного моря рассчитаны спектральные характеристики колебаний скорости течений. Определена физическая природа максимумов частотных спектров. Результаты анализа подтвердили существующие представления об определяющих факторах динамики глубоководной зоны Черного моря. Изменчивость течений прибрежной зоны характеризуются собственными модами колебаний, определяющими из которых являются высокочастотные составляющие, связанные с субмезомасштабными вихревыми образованиями. Главным фактором формирования аномальных термических метеоусловий северо-восточной части Черного моря и их межгодовых перепадов является соотношение повторяемостей ветра северо-восточного (холодного) и юго-восточного (теплого) секторов. Верифицированы волновая и гидродинамическая модели Черного и Азовского морей. Использование полей приземного давления ERA-Interim для расчета ветрового форсинга позволяет достоверно воспроизводить изменчивость основных гидродинамических параметров. Верифицированные модели могут быть использованы для исследования физической природы гидродинамических процессов.

**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.

На основе двухслойной негидростатической (нелинейно-дисперсионной) модели прибрежной динамики выполнено моделирование мегаоползня, сошедшего с берегового склона залива Литтуйя Бэй (Аляска, 1958 г.). На рис. 19 представлены временной ход оползня и накат волны. Максимальная ее высота достигает 160 м, протяженность зоны осушения около 360 м, максимальная скорость индуцированной волны превосходит 50 м/с. Сравнение результатов модельных расчетов с лабораторным экспериментом и данными наблюдений во всех случаях удовлетворительное.

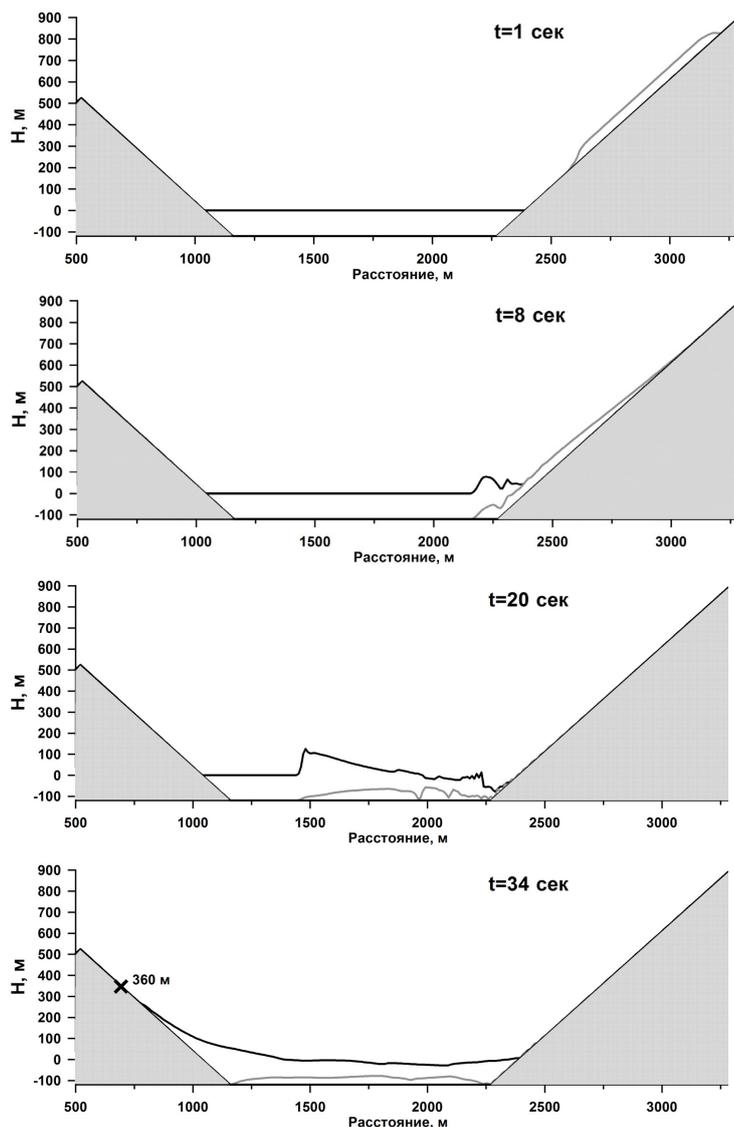


Рис. 19 Моделирование мегаоползня (Аляска, 1958 г.). Прохождение волны цунами поперек оси залива. Показаны положения свободной поверхности воды и вдольсклонового оползня в различные моменты времени. Максимальная высота заплеска – 360 м.

## Тема № 0149-2014-0021: Разработка метрологической модели акустических измерителей течения, уровня и волнения моря с учетом локальных неоднородностей гидрофизических полей океана

Руководитель – д.т.н. Ковчин И.С.

Алгоритмы расчета инструментальных погрешностей акустических средств измерения профиля течения, волнения и уровня базируются на их метрологических моделях, построенных при функционировании этих приборов в условиях локальной неоднородности гидрофизических полей. Проведенный анализ принципов действия и конструкции приборов показал, что на их работу существенное влияние оказывают неоднородности, вызывающие изменения скорости и направления распространения акустических сигналов. Поэтому для идентификации возникающих при этом погрешностей в исходную метрологическую модель СИ введены параметры, характеризующие изменения скорости  $C$  и направления  $\varphi$  распространения акустического сигнала в морской среде в зоне формирования отраженного сигнала. В метрологическую модель профилографа течений также введены параметры, учитывающие собственные движения конструкции приборов на буйковой станции по результатам измерений магнитного компаса  $\psi$  и двухкомпонентного инклинометра  $\alpha_1$ - $\alpha_2$ . На основе уточненной метрологической модели профилографа в части учета изменчивости скорости распространения акустических сигналов в морской среде и пространственных перемещений измерительного блока профилографа течений и акустического измерителя уровня, показана трансформация инструментальных погрешностей компасов и инклинометров в точность результатов измерений скорости течения и уровня рис. 20.

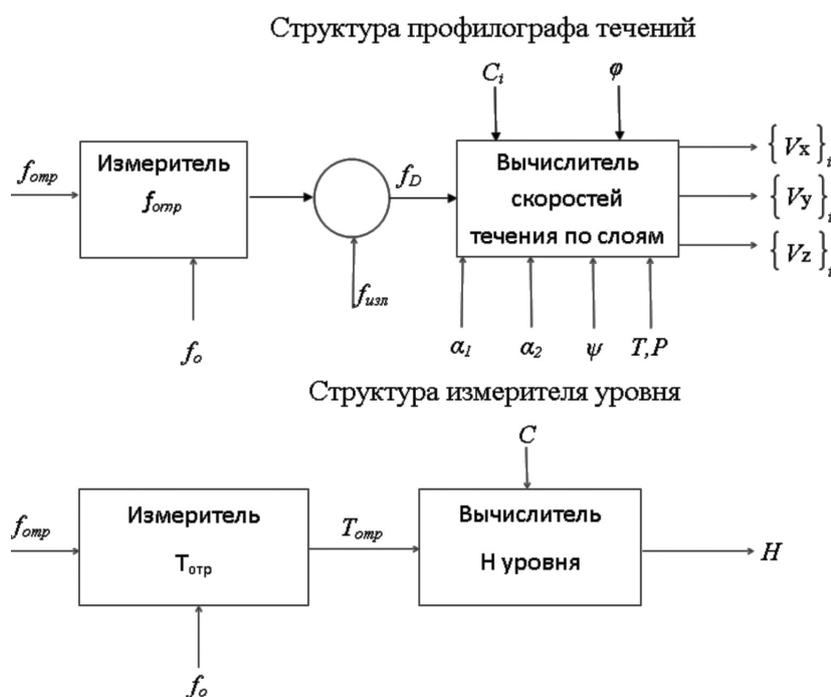


Рис. 20 Графический вид метрологических моделей акустического профилографа течений и измерителя уровня.

**Тема № 0149-2014-0022: Моделирование взаимодействия климата и морских экосистем в различных районах Мирового океана.**

Руководитель – д.ф.-м.н. Рябченко В.А.

Согласно модельным оценкам, в будущем климате качество воды будет ухудшаться по сравнению с современными условиями. Это ухудшение оказалось сильнее в случае использования сценария АМВ-Н потепления климата с более сильным изменением приземной температуры воздуха. При рассмотренных сценариях изменения климата, его потепление приведет к увеличению площади бескислородных и гипоксических зон рис. 21. Уменьшение биогенной нагрузки, предполагаемое в Плане Действий по Балтийскому морю, сможет лишь частично компенсировать негативные последствия потепления климата.

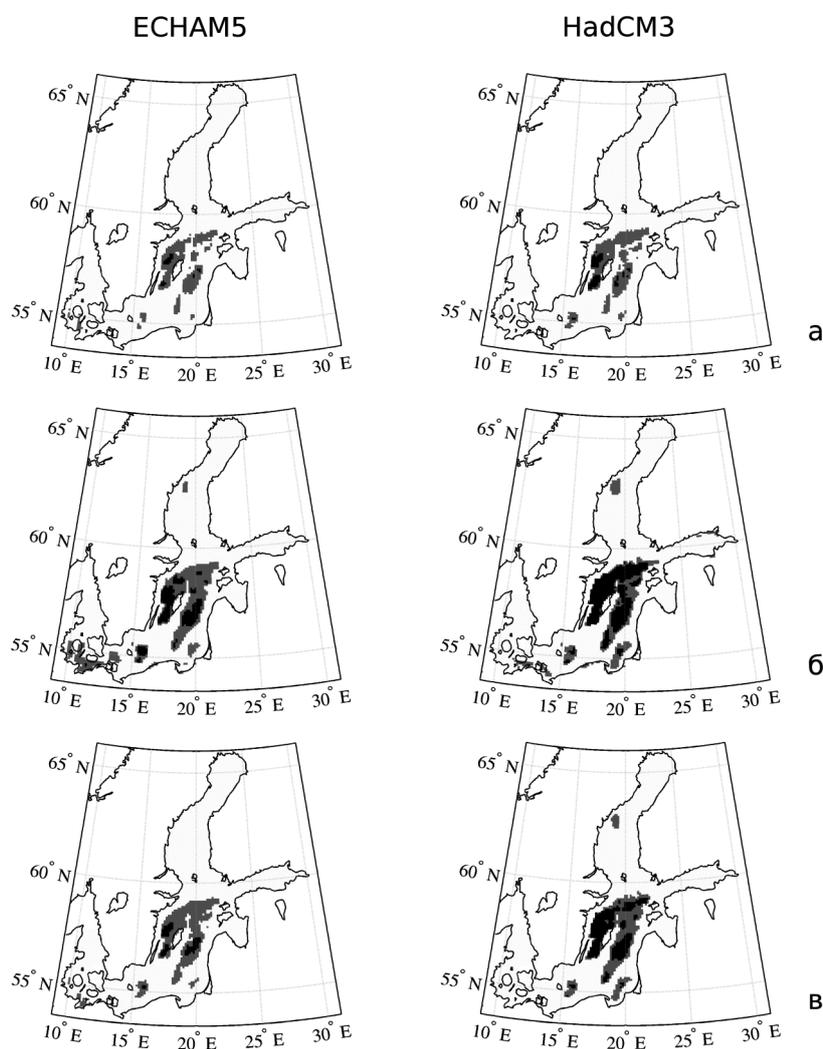


Рис. 21 Средние за август-сентябрь бескислородные ( $O_2 \leq 0$  мл л<sup>-1</sup>, заштрихованы черным) и гипоксические ( $0 < O_2 < 2$  мл л<sup>-1</sup>, заштрихованы серым) зоны в Балтийском море в современный период (средние за 1971–2000 гг.) а) – в будущем (средние за 2071–2100 гг.) в опорных сценариях изменения климата E-REF и H-REF б) и сценариях изменения биогенной нагрузки по ПДБМ E-BSAP и H-BSAP в) для АМВ-Е (слева) и АМВ-Н (справа).

## **Тема № 0149-2014-0023: Исследования проблемы увеличения эффективности дистанционного зондирования океана и атмосферы**

Руководитель – д.ф.-м.н. Левин И.М.

1. Разработаны программы расчета наилучших линейных оценок концентраций оптически активных веществ (ОАВ) и точности их восстановления из данных массовых синхронных измерений спектров яркости выходящего из воды света и концентраций ОАВ в Балтийском море. При этом использовались различные современные статистические методы: линейных моделей (OLS – ordinary least squares), нелинейных регрессионных моделей (BSR – B-spline regression) и регрессионных моделей множественных откликов (MRCE – multiple response regression with covariance estimation и C&W – Curds and Whey). Проведены расчеты наилучших линейных оценок концентраций фитопланктона и точности их восстановления при использовании всех перечисленных статистических методов. При этом точность восстановления рассчитывалась как при использовании данных измерений во всех районах Балтийского моря (334 точки измерения), так и отдельно для открытого моря (137 точек) и прибрежных районов (197 точек). Проверялось также, как изменится точность восстановления, если, кроме всех измеренных значений концентраций фитопланктона  $C$ , рассчитывать точность отдельно для районов с  $C < 1$  мкг/л,  $1 < C < 10$  мкг/л, и  $C > 10$  мкг/л. Расчеты показали, что замена спектральных значений коэффициентов яркости их логарифмами существенно увеличивает точность восстановления. Во всех случаях точность восстановления статистическими методами заметно (до 2 раз) превышает точность известных эмпирических методов. Наибольшую точность по сравнению с другими методами дает метод регрессионных моделей множественных откликов (MRCE). Точность восстановления выше в районах открытого моря. На основании этого рекомендуется восстанавливать концентрацию хлорофилла в открытых и прибрежных участках отдельно. Точность восстановления фитопланктона при  $C < 10$  мкг/л выше в открытом море, а при  $C > 10$  мкг/л – в прибрежных районах. Точность восстановления логарифма концентрации составляет 15–20%, а точность восстановления самой концентрации в открытом море 30–40%.

2. Предложено два альтернативных подхода к теории подводного видения, позволяющих определять как дальность видимости мелких деталей подводного объекта, так и дальность обнаружения объекта как целого применительно к системам видения с произвольной шириной полевой диаграммы направленности (углового поля зрения системы). Выведены соотношения для расчета контраста изображения, отношения сигнал/шум и дальностей обнаружения и распознавания подводных объектов с произвольной пространственной структурой и произвольным углом обзора.

## **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.

1. На основании 5-летнего (2009–2013 гг.) комплексного мониторинга с использованием спутниковых и контактных наблюдений выявлено широкое распространение короткопериодных

внутренних волн (КВВ) на акватории Белого моря, а также получены их статистические характеристики. Выделены типовые районы регистрации КВВ: на границе Бассейна и Горла, максимальное число проявлений отмечено на фронте Беломорского течения, образуемого пресным стоком реки Северная Двина (участок шельфа вблизи проливной зоны с двухслойной стратификацией); около Соловецких островов и в Двинском заливе (мелководные районы шельфа с глубинами 30–50 метров и значительными неровностями дна). Выделены районы, где проявление КВВ носит случайный характер: Бассейн и Кандалакшский залив (глубоководные участки моря, где приливной поток слабо взаимодействует с дном, большинство КВВ приходят туда из других районов); центральная часть Горла и Онежского залива (мелководные участки шельфа, воды которых полностью перемешаны под влиянием приливных процессов). Регулярность наблюдений КВВ в определенную фазу волны M2 подтверждает вывод о преимущественно приливном характере их образования. Чаще всего КВВ наблюдались в виде пакетов по 2–4 волны с длиной гребня лидирующей волны 16 км. Средняя длина зарегистрированных КВВ – 600 м, период – 11 мин., высота – 2.3 м. Районами активной генерации КВВ в Белом море являются зоны фронтов, а также области около проливных зон (с глубинами 30–50 м). Вблизи этих зон, в отдельных районах ежегодно, отмечались интенсивные внутренние волны (ИВВ), обладающие значительной нелинейностью. Высоты ИВВ достигали 17.9 м, что составляло почти половину глубины моря в районе наблюдения, их периоды лежат в диапазоне 7–18 мин. Прохождение этих волн приводит к резкой перестройке вертикальной структуры вод.

2. Создана простая и точная схема, предназначенная для долговременного моделирования периодических трёхмерных потенциальных волн. Схема основана на поверхности, построенной в криволинейной системе координат. Потенциал скорости представлен как сумма аналитической и нелинейной компонент. Уравнение Пуассона для нелинейной компоненты решается итерациями. Используется Фурье-сеточный метод, аппроксимация второго порядка для вертикальных производных на растянутой сетке и схема Рунге-Кутты четвертого порядка для интегрирования по времени. Схема проверена воспроизведением бегущей волны Стокса. Однопроцессорная версия модели позволяет моделировать эволюцию волнового поля с сотнями тысяч степеней свободы в течение сотен периодов волны пика.

## **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.,  
исполнитель – д.г.-м.н. Сорохтин Н.О.

Геодинамический анализ геолого-геофизических данных позволил выделить этапы формирования нефтегазового потенциала, а также перспективные на поиски этого вида сырья в районах западной части Арктического шельфа России. Установлено, что нефтегазовый потенциал региона был сформирован в результате проявления четырех этапов приращения и преобразования континентальной литосферы, каждый из которых не только изменил облик окраинных и внутренних областей описываемого региона за счет последовательного приращения континентальной коры и наращивания ее осадочного чехла, но и привел к закономерному распределению в пространстве и времени крупных и уникальных скоплений различных типов УВ сырья. Выделено, по крайней мере, три потенциально богатые углеводородным сырьем и недостаточно исследованные области, которые при обнаружении в них промышленно значимых скоплений могут существенно прирастить нефтегазовый потенциал всего региона.

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

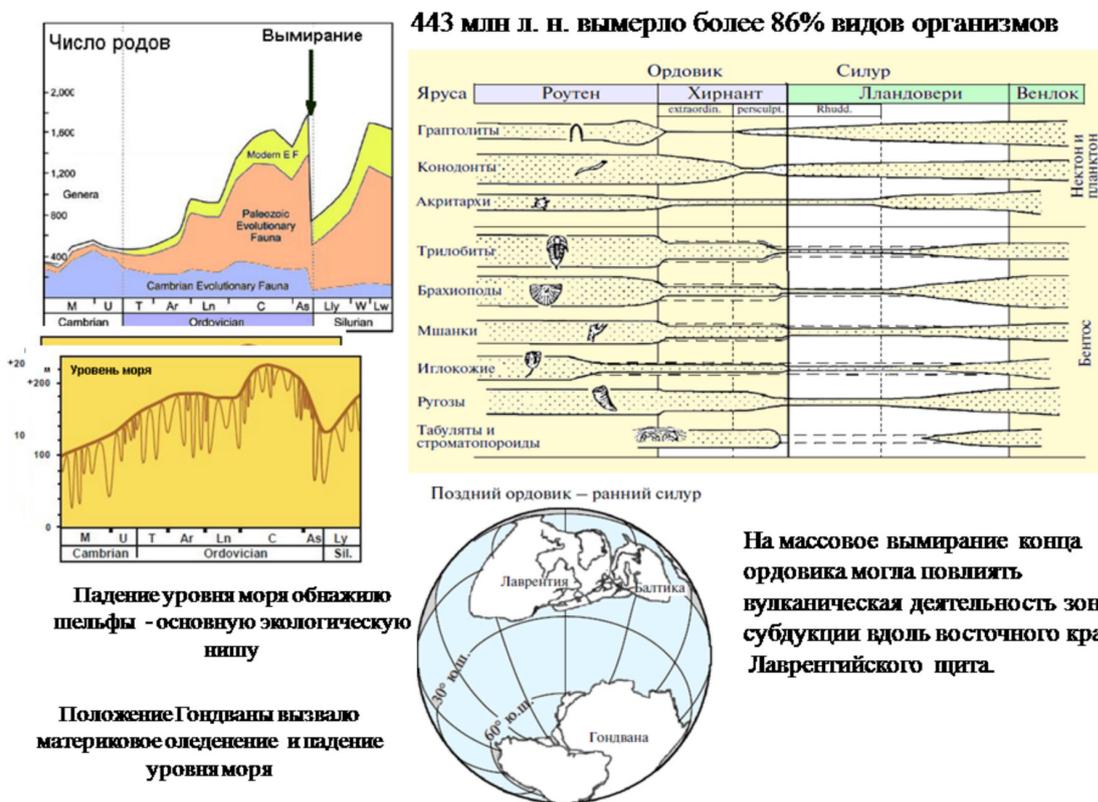
Руководитель – академик РАН Лисицын А.П.

Рассмотрение новых данных по современному осадкообразованию в морях и океанах – от уровня аэрозольного и ледового материала до речного, морского и биогенного с учетом поступления вещества из глубинных геосфер, подтверждает концепцию П.Л. Безрукова и А.П. Лисицына о зональном распределении донных осадков. Объективный анализ огромного нового материала, полученного в сотнях рейсов по всем разделам морской геологии и смежных наук, приводит к однозначному заключению, что традиционные былые представления о седиментации в морях и океанах во многом ошибочны. Необходим переход на новый более углубленный и современный уровень исследования осадочного процесса и биогеохимии геосфер, циклов элементов для разных отрезков времени в сопоставлении с процессами в водоемах и природных ловушках суши. Такие работы развиваются в ИО РАН.

**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**

Руководитель – д.г.-м.н. Матуль А.Г.,  
исполнитель – д.г.-м.н. Бараш М.С.

1. Обобщение огромного массива научной информации по эволюции биоты в геологическом прошлом выявило гигантские масштабы первого массового вымирания в экосистемах Земли на рубеже 445.6–443 млн. лет назад: до 25% семейств, до 57% родов, до 86% видов всех земных организмов, включая пелагические и шельфовые формы организмов Мирового океана. Всего в фанерозое (последние 542 млн. лет) было 5 массовых вымираний. Основное отличие данного вымирания от более поздних в том, что общие палеогеографические условия вымирания возникли в результате движения Гондваны в область Южного полюса, что вызвало глобальное похолодание и материковое оледенение см. рис. 1. Как следствие, а также в дополнение происходили следующие события, влиявшие на биоту: большие изменения уровня моря и гидродинамики всего океана, сокращение шельфов как основных биотопов ордовикской морской биоты, ослабление и исчезновение парникового эффекта при сильном развитии наземной растительности и морского фитопланктона, продолжительные вулканические извержения в зонах субдукции и на островных дугах океана Япетус при



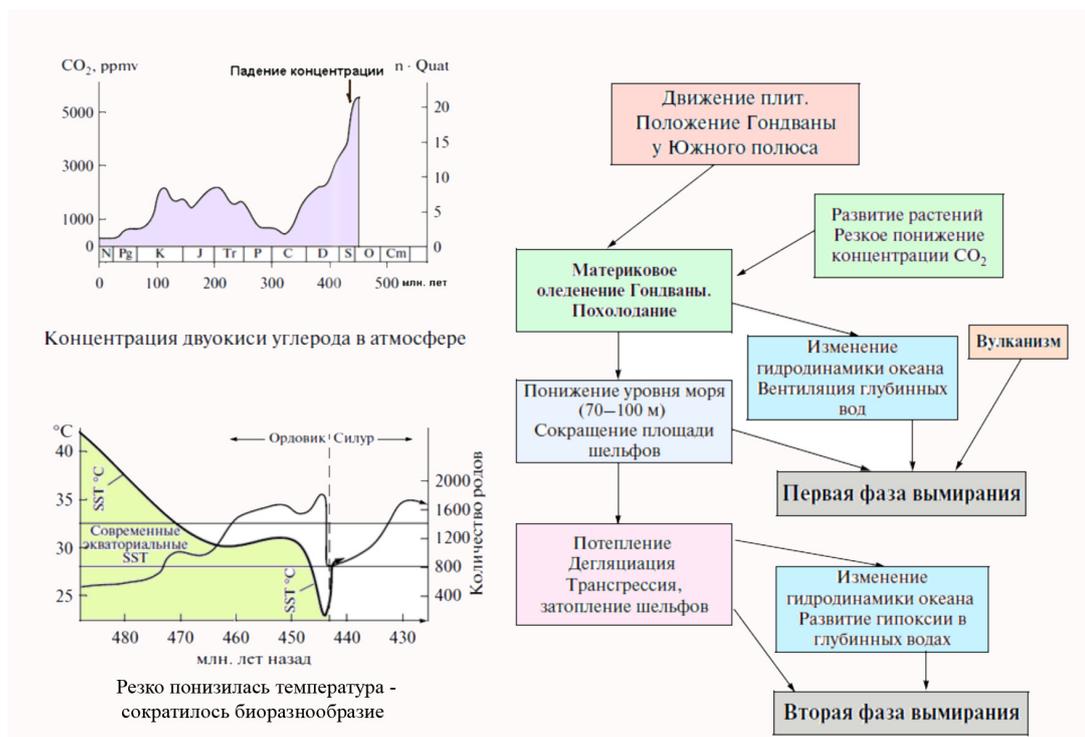


Рис.1. Экосистемные события и последовательность причин массового вымирания биоты в конце ордовика около 443 млн. лет назад.

смыкании Лаврентийской и Балтийской плит, импакт-события в интервале 455–430 млн. лет назад. Научно-практическая значимость: выявление зависимости катастрофических изменений биоразнообразия и структуры морских экосистем от глобальных природных событий.

2. Вентиляция (насыщение кислородом) водных масс оказывает большое влияние на морские биосистемы. В Северной Пацифике интенсивность и распространение районов вентиляции менялись в разные климатические эпохи (оледенение, межледниковье, переходы между ними). Сопоставление микропалеонтологических данных по распределению вида радиолярий *Cycladophoradavisiana* в пробах поверхностного слоя осадков и колонках позднечетвертичных отложений из субарктической Пацифики и дальневосточных окраинных морей позволило сделать выводы по условиям и распространению вентилированной промежуточной водной массы во время максимальной стадии последнего оледенения. Используются современные сведения по *C. davisiana*, который служит микропалеонтологическим индикатором холодной, хорошо обеспеченной кислородом верхней части промежуточной водной массы, которая формируется сейчас только в Охотском море. Нахождение высоких концентраций *C. Divisional* в осадках максимума последнего оледенения рис. 2, может указывать на вероятное образование и распространение вентилированной промежуточной воды на большей части субарктической палео-Пацифики: в Беринговом и Охотском морях, в пределах СЗ круговорота, в Аляскинском заливе. Научно-практическая значимость: определение степени влияния климатических процессов на природные изменения в приконтинентальных морских бассейнах.

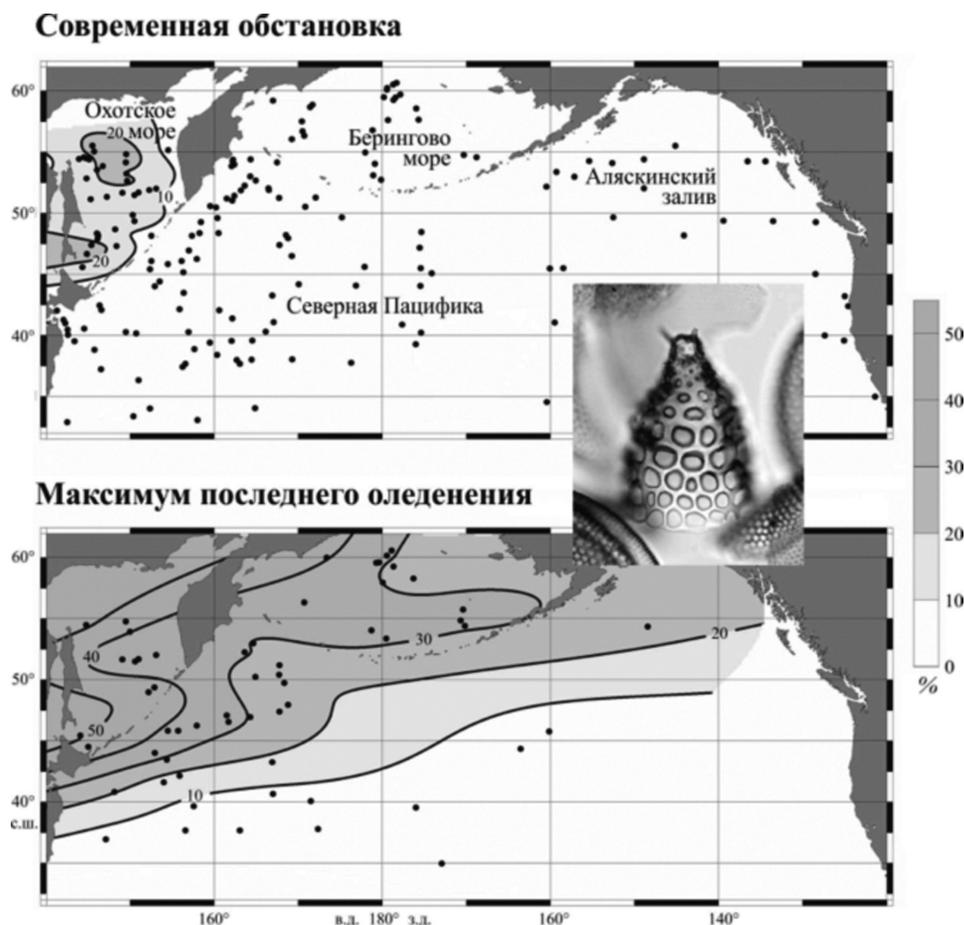


Рис. 2 Распределение вида радиоларий *C. davisiana* в субарктической Пацифике: современные осадки и отложения последнего ледникового максимума. На нижнем рисунке область концентраций вида >20%, отмеченная серым цветом, охватывает районы вероятной вентиляции промежуточных водных масс во время максимума последнего оледенения.

## Тема № 0149-2014-0028: Кайнозойская геодинамика, сейсмичность и газогидратные системы континентальных окраин

Руководитель – к.г.-м.н. Баранов Б.В.

Полученные при изучении тектоники и сейсмичности центральной части Курильской островной дуги данные позволяют предположить три возможных сценария развития сейсмического процесса в будущем – с одновременной активизацией одного (II или IV), двух (II и IV) или трех (II, III и IV) сейсмогенных блоков.

Наиболее опасный из рассматриваемых сценариев предполагает возникновение в районе Командорского участка Алеутской зоны субдукции землетрясения с очагом длиной более 550 км и магнитудой свыше 8.5 см рис. 3. Моделирование возможного цунами показало, что высоты волн на отдельных участках побережья могут достигать 9 м. Такое событие может привести к гибели людей на Курильских о-вах, а также пройти через проливы Буссоль и Крузенштерна в Охотское море и нанести существенный ущерб восточному побережью о. Сахалин и расположенным там объектам нефтедобычи.

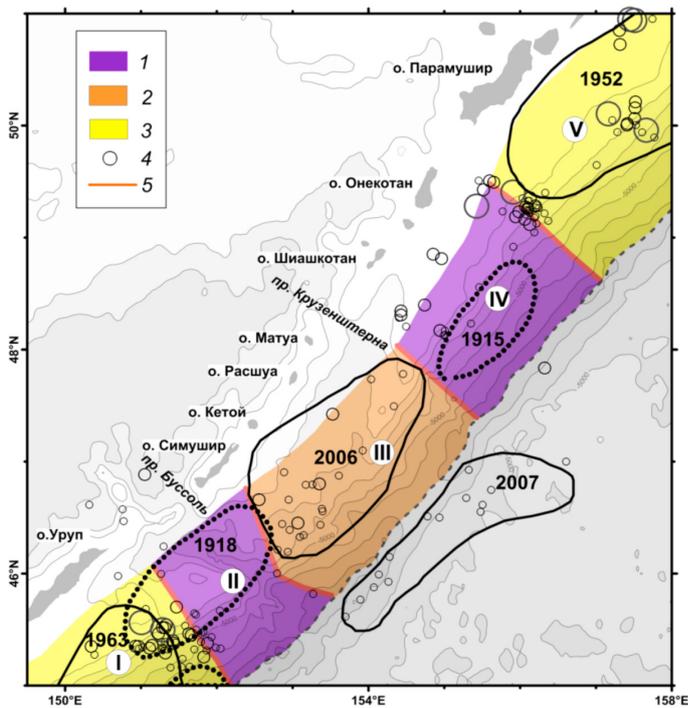


Рис. 3 Схема расположения сейсмогенных блоков (I–V) в центральной части Курильской зоны субдукции и положение очагов сильнейших землетрясений (показаны замкнутыми черными контурами, пунктиром – предполагаемые, цифры – годы). 1–3, тектонические напряжения: 1 – накапливающиеся, достигшие критического уровня, 2 – остаточные, не полностью снятые в ходе Симуширского землетрясения 2006 г. (70–80%), 3 – накапливающиеся, не достигшие критического уровня; 4– эпицентры землетрясений 2012–2014 гг.; 5 – границы сейсмогенных блоков.

Установлена взаимосвязь георисков (сейсмичность, образование активных разломов, выделение газа из осадочной толщи и оползневые процессы) на восточном склоне острова Сахалин. Получена предварительная схема районирования склона по уровню опасности. Установлено, что наибольшую опасность представляют оползни, которые могут вызвать локальные цунами высотой до 10 м, способные нанести серьезный экономический и экологический ущерб в районах нефтегазодобычи рис.4.

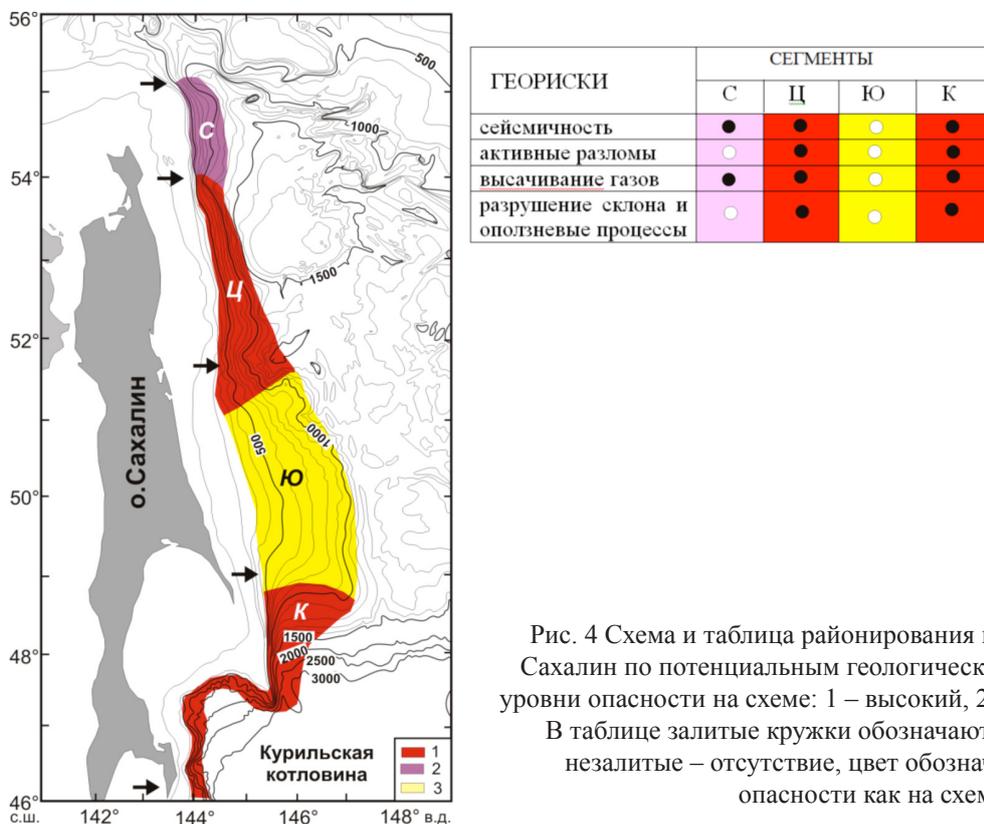


Рис. 4 Схема и таблица районирования восточного склона о. Сахалин по потенциальным геологическим опасностям: 1–3 – уровни опасности на схеме: 1 – высокий, 2 – средний, 3 – низкий. В таблице залитые кружки обозначают наличие геориска, незалитые – отсутствие, цвет обозначает те же уровни опасности как на схеме.

## 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.

В результате изучения морфологии, внутреннего строения (по сейсмоакустическим данным), литологии и биостратиграфии разрезов пяти колонок, доказано, что вновь открытое крупное (60×20 км) осадочное тело, мощностью до 300 м рис. 5, возвышающееся над хребтом зоны разломов Рио-Гранде (ЮЗ Атлантика), представляет собой известковый контуритовый дрифт, накопившийся под действием придонных антарктических вод. Дрифт сложен биогенными известковыми (преимущественно фораминиферовыми) контуритами, содержащими железо-марганцевые конкреции. Дрифты подобного состава ранее не были описаны.

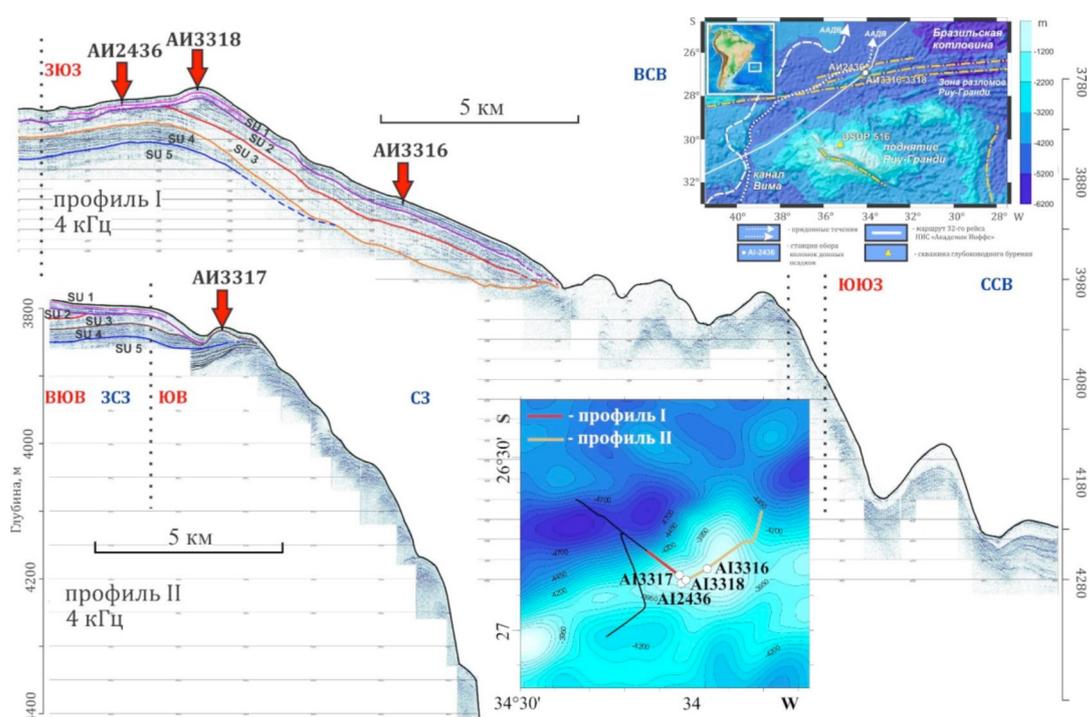


Рис. 5 Положение дрифта Иоффе в Бразильской котловине, к северу от разлома Рио-Гранди. Фрагменты сеймопрофилей сверхвысокого разрешения “SES 2000 deep” с элементами интерпретации. Положение сеймопрофилей и отобранных колонок донных осадков показано на врезках. Стрелками показана придонная циркуляция.

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

Руководитель – д.г.-м.н. Шрейдер А.А.

Изучена общая кинематика перемещений северо – востока Евразии и Северной Америки в мезозое кайнозое в контексте распада и перемещения фрагментов древнего континента Арктида. Проведенные расчеты направления и скоростей перемещения Евразии и Северной

Америки рис. 6, показывают, что в позднем мелу обе континентальные плиты перемещались в одном направлении (к юго-западу), но скорость движения Северной Америки была на 1 см/год выше, чем скорость движения Евразии, что определяло их сближение. Вероятно, это привело к формированию надвига Геральд, который по сути вызван поддвигом к югу фрагмента Арктиды, как и более раннее образование надвига хребта Брукса. В конце палеоцена и раннем эоцене (56–50 млн. лет) сохранялось перемещение обоих континентов в южных румбах, однако Северная Америка двигалась на юго – юго-восток и также с большей скоростью (на 0.7 см/год быстрее Евразии), т.е. отдаляясь от Евразии, что приводило к растяжению. С этим растяжением и перемещением Северной Америки, которое, видимо, происходило по правым сдвигам, связано упоминавшееся перемещение надвига Геральд к югу. После изменения направления движения Тихоокеанской плиты и заложения Алеутской зоны субдукции (47 млн. лет) Евразия и Северная Америка перемещаются к юго-западу почти параллельно с небольшим углом сходимости при несколько большей скорости Северной Америки. Основные движения переходят на западные сдвиги, что способствует дальнейшему повороту бассейна Хоуп. Медленное смещение Северной Америки относительно Евразии продолжается вплоть до образования малой литосферной плиты Берингия в миоцене.

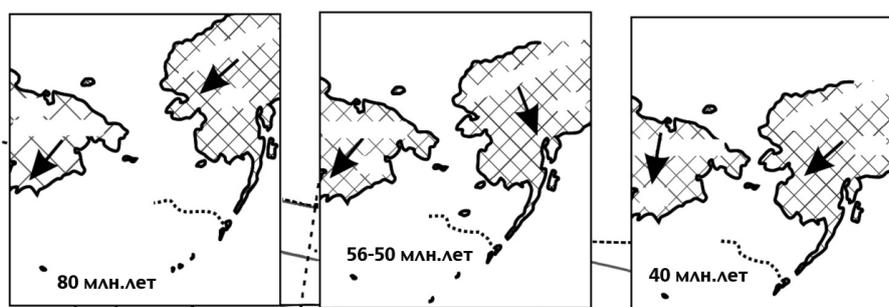


Рис.6 Перемещения Евразии и Северной Америки Стрелки указывают направление перемещения континентов.

## **Тема № 0149-2014-0031: Развитие методов обработки и геологической интерпретации измерений геоэлектромагнитных полей на континентальном шельфе**

**Руководитель – к.г.-м.н. Пальшин Н.А.**

1. Создана глобальная модель электропроводности литосферы Земли отражающая современные теоретические представления о распределении электропроводности, а также имеющая экспериментальные данные. Характерными чертами электропроводности литосферы Земли является (1) постепенное уменьшение латеральной изменчивости с глубиной и (2) существование узких линейных зон повышенной электропроводности, приуроченных к границам литосферных плит. Важнейшей особенностью (преимуществом) модели является ее способность к ассимиляции новых самых разнообразных и разнородных данных об электропроводности. Модель может быть использована (1) при решении обратных задач геофизики, (2) для моделирования электрических токов вызванных магнитными бурями,

а также для моделирования электрических полей океанских течений. Модель включает в себя такие элементы как моря и океаны, осадочные бассейны, земную кору, литосферную мантию и астеносферу рис.7.

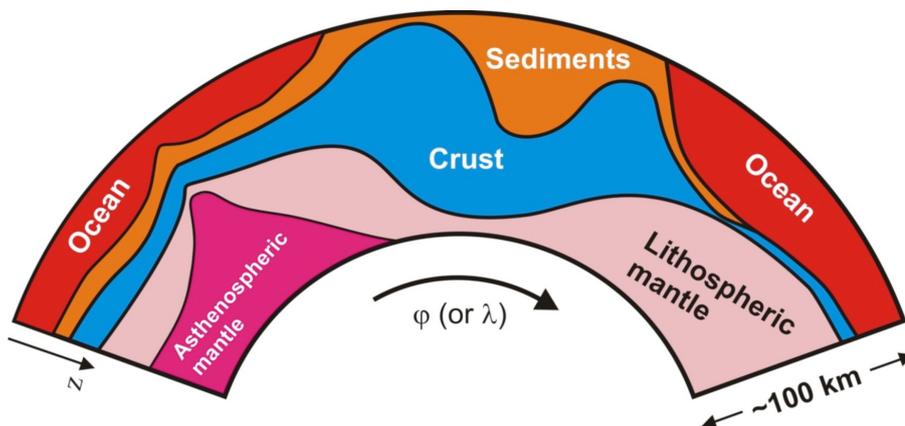


Рис. 7 Основные элементы глобальной модели электропроводности.

Несмотря на компилятивный характер нашей модели, она является первой целенаправленной инициативой построения глобальной модели электропроводности литосферы рис. 8 и 9.

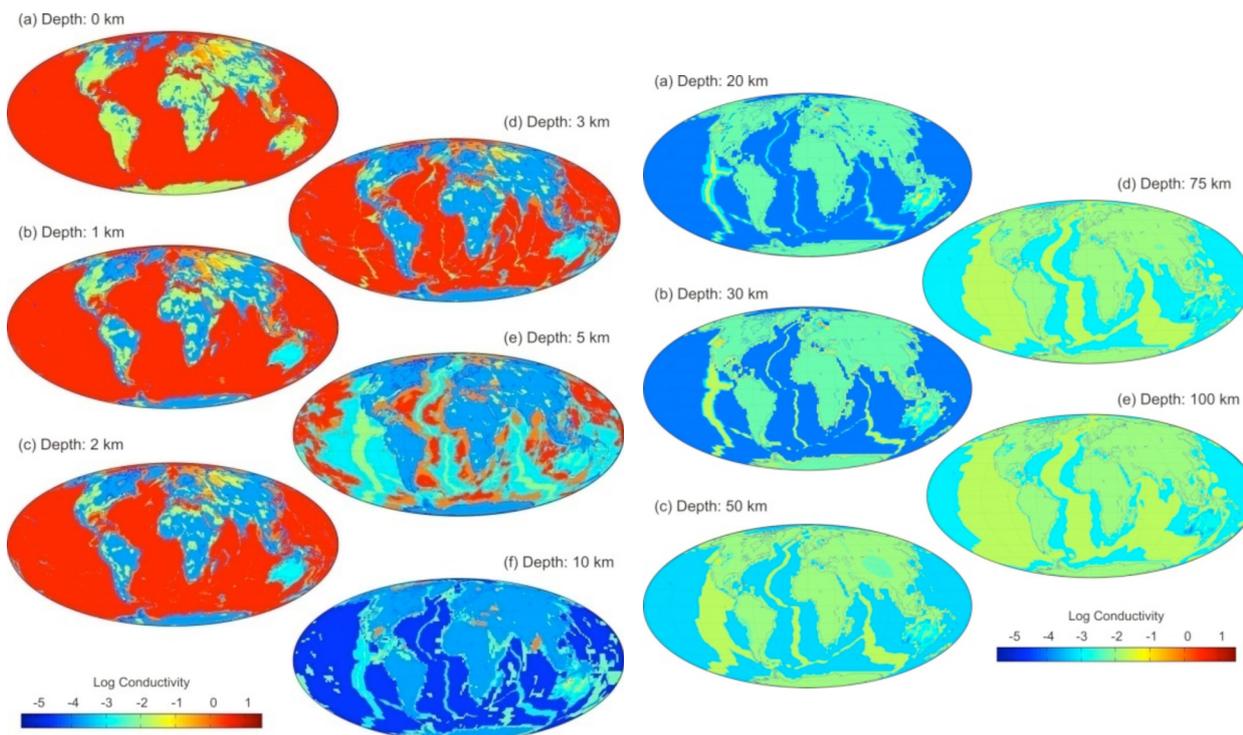


Рис. 8 Послойное изображение модели глобальной электропроводности Земли.

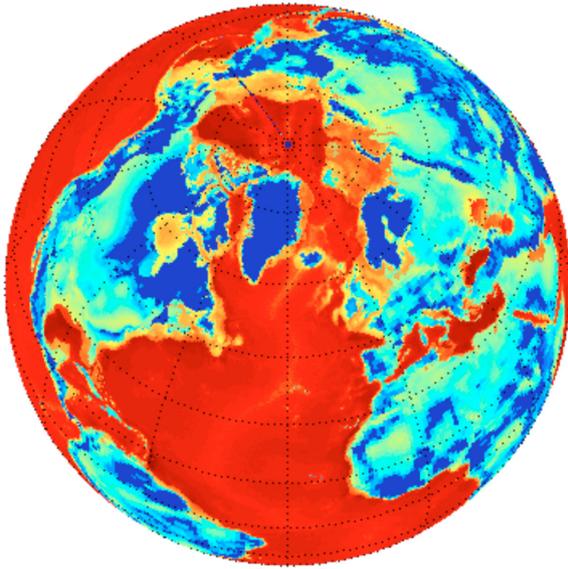


Рис. 9 Модель глобальной электропроводности Земли (вид со стороны северной Атлантики).

2. Предложено теоретическое объяснение флуктуаций электрического поля на дне пресноводных бассейнов, обобщены и дополнены теоретические представления о различных типах возбуждения и механизмах генерации электрического поля в толще воды и в придонном слое. Выработаны методические рекомендации повышения эффективности морских электроразведочных работ с учетом полученных оценок.

### **Тема № 0149-2014-0032: Сейсмостратиграфия и геоакустическое моделирование морского дна**

**Руководитель – д.г.н. Никифоров С.Л.**

Разработана методика морфометрического и морфоструктурного анализа рельефа на основе цифровых моделей (геомоделей), который направлен на исследование свойств современного и древнего рельефа земной поверхности с целью изучения его происхождения и истории развития. Морфометрические показатели могут использоваться как непосредственно в виде цифровых данных для дальнейших расчетов, так и для создания на их основе изображений рельефа для визуального анализа. Одним из основных морфометрических показателей являются углы наклона рис. 10. Помимо углов наклона по ЦМР может быть вычислен целый ряд других морфометрических показателей, основанных на производных первого и второго порядка. Многие алгоритмы вычисления морфометрических показателей базируются на применении метода «скользящего окна» («фильтрации»). Создание цифровых моделей рельефа дна и проведение морфоструктурного анализа на их основе возможно на границе разных отраслей знаний – геоморфологии, геологии, геофизики, картографии, геоинформатики, акустики и математического моделирования. Новизну имеет не только финальный продукт – собственно цифровая модель рельефа дна, но и методические и методологические основы цифрового моделирования, включая новые классификационные подходы к описанию рельефа и проведение морфоструктурного анализа на основе ГИС-технологий.

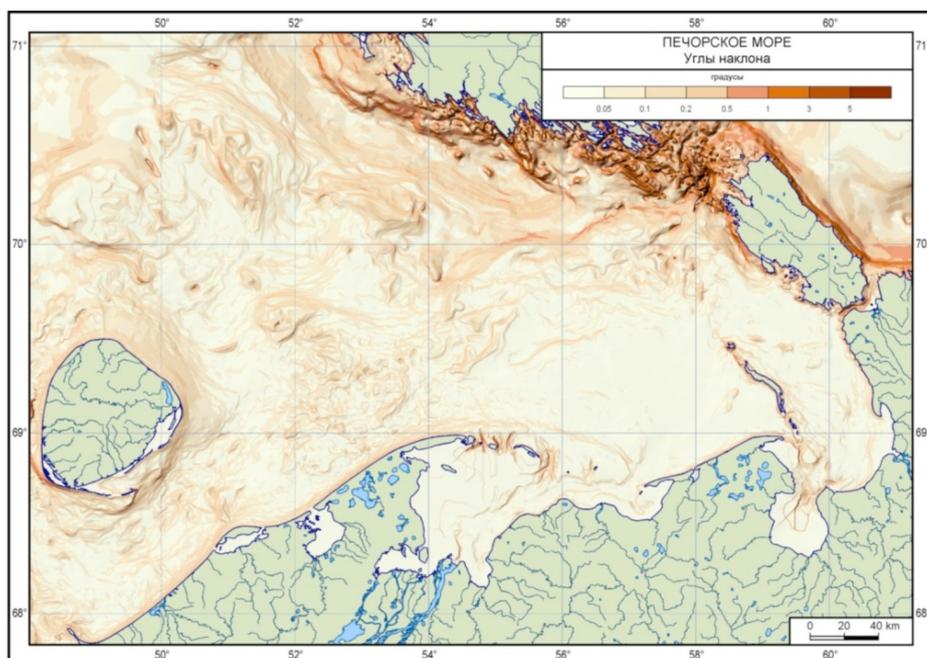


Рис.10 Углы наклона рельефа дна Печорского моря. Составлено по цифровой модели рельефа (ЦМР) дна.

**Тема № 0149-2014-0033: Генетические и газогеохимические исследования нефтегазоносности морей России и континентальных окраин Мирового океана с целью оценки их ресурсного потенциала**

Руководитель – к.г.-м.н. Егоров А.В.

1. Проведено обобщение результатов натуральных экспериментов по формированию газовых гидратов в природной среде. Эксперименты проводились в глубоководных условиях на оз. Байкал с использованием подводных обитаемых аппаратов Мир. На акватории озера были обнаружены и исследованы подводные выходы метана со дна озера в воду. В этих местах присутствовали и газовые гидраты. Исследованы три района с глубинами от 400, 900 и 1400 м. Во всех случаях собирался газ, выходящий из осадков в воду. Задачей исследований являлась попытка обнаружения гидратной пленки на поверхности пузыря метана. Этот вопрос дискутируется в специальной литературе, поскольку наличие гидратной пленки затрудняет растворение метана и может приводить к существенному увеличению потока метана из гидросферы в атмосферу. Результаты исследований показали существенное различие в поведении пузырей метана на разных глубинах рис. 11. Так при глубине 400 м формирования газовых гидратов не было обнаружено, не смотря на выполнения условий фазового равновесия для системы метан-вода-гидрат. На глубине 900 м метановые пузыри покрывались гидратной оболочкой, обладающей неустойчивостью, приводящей к ее разрушению и формированию сыпучей среды из осколков газогидратных фрагментов. И, наконец, на глубине 1400 м пузыри метана, пойманные ловушкой, формировали твердую

газогидратную пену, содержащую внутри газообразный метан. Проведено исследование поведения пены при снижении гидростатического давления. Обработка результатов эксперимента позволила оценить содержание гидрата в пене. Найдено объяснение столь разного поведения метановых пузырей, связанное с влиянием гидростатического давления и интенсивностью потока пузырей (коллективное поведение).



Рис. 11.

2. Проведены экспедиционные исследования на мотоботе «Ашамба». В июле этого года были выполнены два разреза по стандартной схеме от пирса ЮО ИО РАН в направлении открытого моря до глубин воды 1500 м. На разрезах осуществлена серия вертикальных профилирований системой Розетт с гидрофизическим зондом и пробоотбором (270 проб) батометрами Нискина для измерения содержания метана. Вертикальное профилирование осуществлялось от поверхности до дна или до глубин со значением условной плотности 16 у.е., там, где глубины превышали 150 м. Полученная зависимость похожа на немногочисленные зависимости полученные ранее для открытого моря. Данные дают основание сделать вывод об общем механизме формирования поля концентраций метана в аэробных зонах, как открытого моря, так и прибрежных районов. Подповерхностный максимум связан с микробной генерацией метана вероятнее всего внутри и пелетах зоопланктона. Минимум метана на глубинах 110 м соответствует зоне микробного окисления метана, который поступает в нее сверху от зоны генерации и снизу, где метан, вероятно, генерируется как в анаэробной зоне для больших глубин, так и в зоне кислород дефицита. Полученные данные дают основание считать, что Черное море в аэробной части своих вод имеет такое же по форме распределение метана как воды центральной Атлантики. Это является основой для переноса, полученных при изучении локального района акватории Черного моря на обширные просторы Мирового океана.

3. Проведено углубленное исследование сеноманских (поздний мел) планктонных фораминифер в Мексикано-Карибском регионе. В раннем сеномане в большей части изучаемой акватории был развит переходный тепло бореальный 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.

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. Для оценки морфодинамики дна разработаны две модели. Модель штормовых деформаций, представляющая усовершенствованную версию модели CROSS-P и модель LONT-2D, предназначенная для расчета потоков наносов вдоль заданного побережья. Новая модификация модели CROSS-P дополнительно позволяет определить деформации профиля при переливе через дюнный пояс при экстремальных штормовых нагонах. Модель описывает как профили размыва (при сильных штормах), так и профили аккумуляции (при сравнительно слабом волнении с большим периодом). Приведен пример сравнения наблюдавшихся деформаций берега с результатами расчетов рис.12.

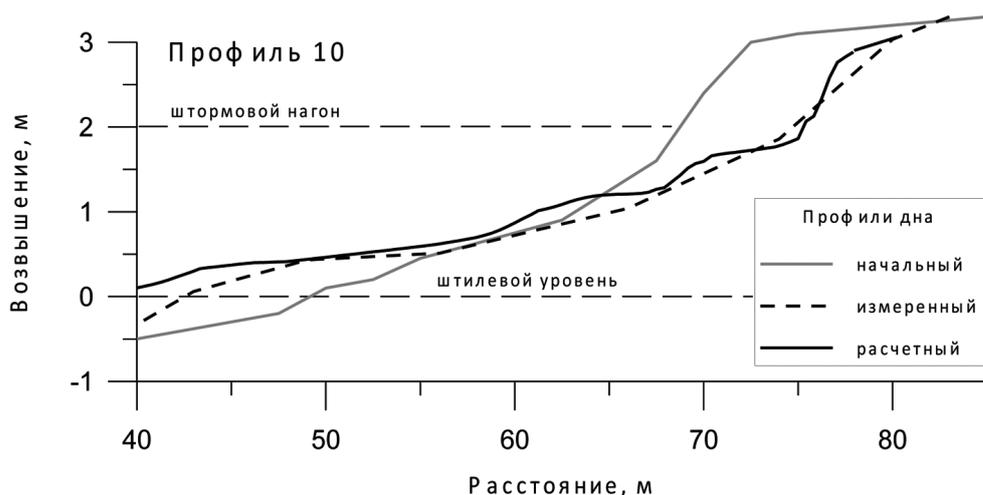


Рис. 12 Штормовые деформации берега в районе Комарово (Курортный район Санкт-Петербурга).

## 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.

Выявлены ключевые участки микроконтинента Южная Георгия и составлена картографическая модель их новейшей тектоники, показана разломно-блоковая структура береговой зоны рис.13 и 14.



Рис. 13 Микроконтинент Южная Георгия. Фрагмент голоценовой абразионной террасы на тектонически поднимающемся берегу. Признаки поднятия – цокольное строение площадки террасы и отмерший клиф.

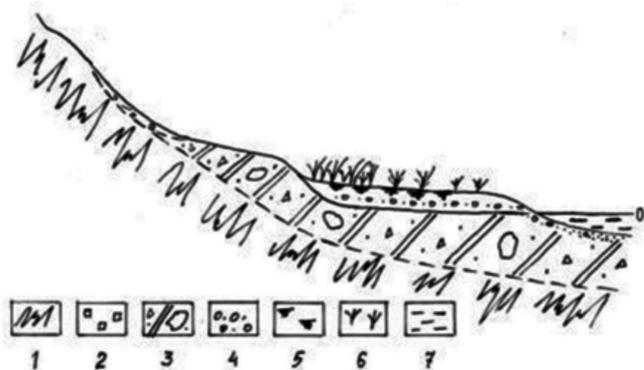


Рис.14 Микроконтинент Южная Георгия. Пример строения голоценовой аккумулятивной террасы тектонически поднимающегося берега. Признак поднятия – регрессивное строение голоценовых отложений террасы. 1 – коренные породы, 2 – склоновые отложения, 3 – морена (Q34), 4 – позднеголоценовые приурезовые терригенно-морские отложения, 5 – торфяник, 6 – растительность регионального океанического луга, 7 – акватория.

## 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

Руководитель – д.г.-м.н. Пересыпкин В.И.

1. Разработана методика определения экологически значимых форм макро- и микроэлементов в морских и эстуарных донных отложениях (Кандалакшский залив Белого

моря и залив Нячанг Южно-Китайского моря). Макроэлементный состав изученных донных отложений в среднем согласуется с референтными значениями для донных отложений рек мира и осадочных пород Мирового океана. В эстуарных фронтальных зонах донные отложения обогащены экологически важными биодоступными микроэлементами.

2. Проведены комплексные литолого-геохимические исследования локальной и региональной рудной минерализации преимущественно в арктических морях России, с привлечением имевшихся ранее данных о составе осадков и признаков рудоносности. Выполнена оценка металлоносности углеродистых отложений в современных и дочетвертичных осадочных бассейнах. Создана коллективная монография объемом 59 печ. листов, обобщающая современную информацию о микроструктурах марганцевых руд океана и континентов.

**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.

1. Проведено определение ультрамалых содержаний Mo, V и W в поверхностной океанской воде на профиле (рис.15) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с предварительным концентрированием при помощи комплексообразования с 8-оксихинолином и последующей сорбцией комплексов на октадецил кремнеземе  $C^{18}$ . Для проведения определения требуется 150 мл образца воды. После элюирования и подготовки достигается фактор концентрирования 50. Предел обнаружения составляет для Mo – 0.25 нмоль/кг, для V – 0.041 нмоль/кг и для W – 5 пмоль/кг. Величина контрольного опыта, определенная с использованием деионизированной воды, составляет для Mo – 0.12 нмоль/кг, для V – 0.025 нмоль/кг и для W – 2.7 пмоль/кг. Правильность методики проверена методом добавок. Предложенная методика опробована для анализа образцов поверхностной воды Атлантического океана.

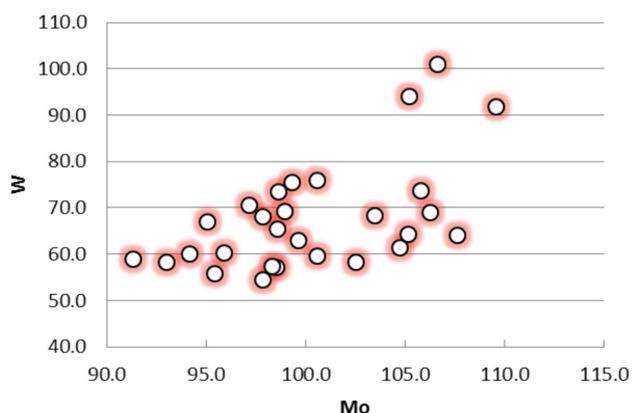


Рис.15 Изменение содержаний вольфрама (pmol/kg) от содержаний молибдена (nmol/kg) в поверхностной воде Атлантического океана.

2. Черное море является крупнейшим анаэробным бассейном на планете. Анаэробная зона состоит из стратифицированной верхней водной массы и гомогенизированной относительно плотности нижней части водной толщи (глубина более 1750 м), называемой придонный конвективный слой. Для оценки гомогенности распределения изотопного состава сульфатов и сероводорода и их зависимости от сезонного изменения потока органического вещества были получены новые данные для станции 3426/100–50 летом 2008 и ранней весной 2009 годов в центральной части восточной халистазы в Черном море. В соответствии с рисунком 16, в придонном конвективном слое средняя величина  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\text{H}_2\text{S}$ ) составила  $-40.6 \pm 0.5\text{‰}$  и не отличалась для разных сезонов. В придонном слое (глубина  $>2000$  м), происходило уменьшение  $^{34}\text{S}$  вплоть до  $-41.0\text{‰}$ . Наши результаты по величине  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\text{SO}_4$ ) были на 2–3‰ выше предыдущих исследований. Сульфат аэробной зоны имел  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\text{SO}_4$ ) =  $+21\text{‰}$ , что соответствует изотопному составу океанской воды и не подвергался процессам сульфат редукции. Средняя величина  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\text{SO}_4$ ) для горизонтов  $>1250$  м была  $+23.0 \pm 0.2\text{‰}$  ( $1\sigma$ ). В придонном конвективном слое и на его верхней и нижней границе изотопный состав серы сульфата не меняется и не зависит от сезона наблюдения. Обогащение серы сульфата изотопом  $^{34}\text{S}$  в результате сульфат редукции соответствует потере 3% сульфата, которое известно с 50-х годов 20 столетия.

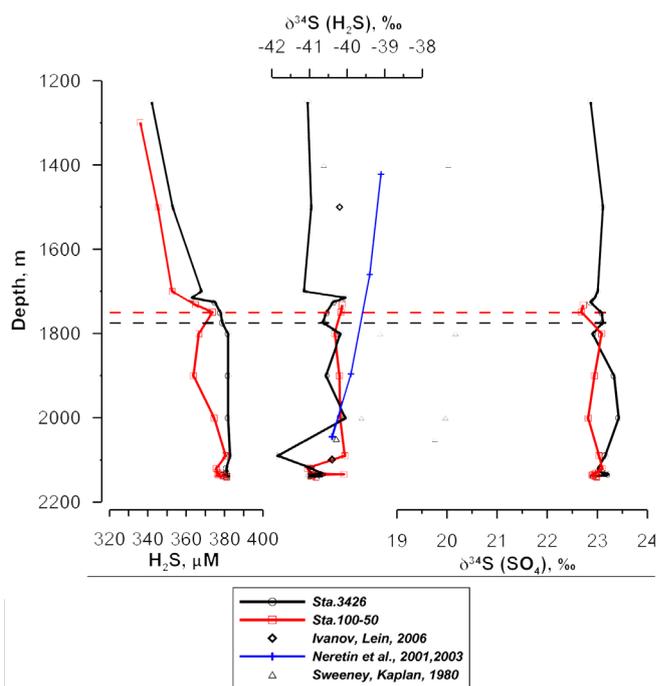


Рис. 16 Распределение содержания  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\text{H}_2\text{S}$ ) and  $\delta^{34}\text{S}$  ( $\text{SO}_4$ ) в нижней части ( $>1200$  м) водной толщи на станциях 3426 и 100–50. Пунктиром показана верхняя граница ПКС.

3. Построен экологический портрет акватории юго-восточного шельфа Сахалина (ЮВШС). По результатам расчетов на CNPSi-модели в акватории воспроизведены изменения концентраций биогенных веществ (БВ) (органических и минеральных фракций биогенных элементов N, P, Si) при развитии биомасс организмов (гетеротрофные бактерии, фито- и зоопланктон) на фоне меняющихся ежемесячно среднесезонных параметров морской среды (температура, освещенность, прозрачность воды, водообмен между районами 1–3 и

с глубоководными районами Охотского моря). Экологический портрет включает описание внутригодовых изменений концентраций БВ (их амплитуд и соотношений), значений биомасс (с удельными скоростями их роста и продукции). Расчеты на CNPSi-модели предполагалось выполнять для периода нескольких лет до достижения условия «замыкания года» (или до получения близких значений концентраций веществ в начале и в конце года). Однако такая «сходимость» концентраций веществ была получена уже на второй год расчетов, что свидетельствует о хорошей сбалансированности условий поступления БВ из внешних источников, их переноса и развития биогидрохимических процессов и биомасс организмов, обеспечивающих рецикл и внутренний круговорот БВ в акваториях ЮВШС.

**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.

Обобщены данные по исследованию УВ во взвесьях и осадках внутренних морей – Балтийского, Черного, Каспийского, арктических морей и восточной части Атлантического и Южного океанов. Анализ приведенных результатов показал, что повышенные уровни нефтяного загрязнения характерны для мелководной прибрежной зоны вблизи городов, портов, гаваней, а также в зоне влияния речного стока рис. 17. В частности, были проведены исследования в прибрежном районе в акватории малых рек Черного моря. Аккумуляция

УВ происходит в донных осадках – до 119 мкг/г. На геохимическом барьере р. Мзымта – Черное море распределение УВ подчиняется закономерностям маргинального фильтра и коррелирует с содержанием взвеси.

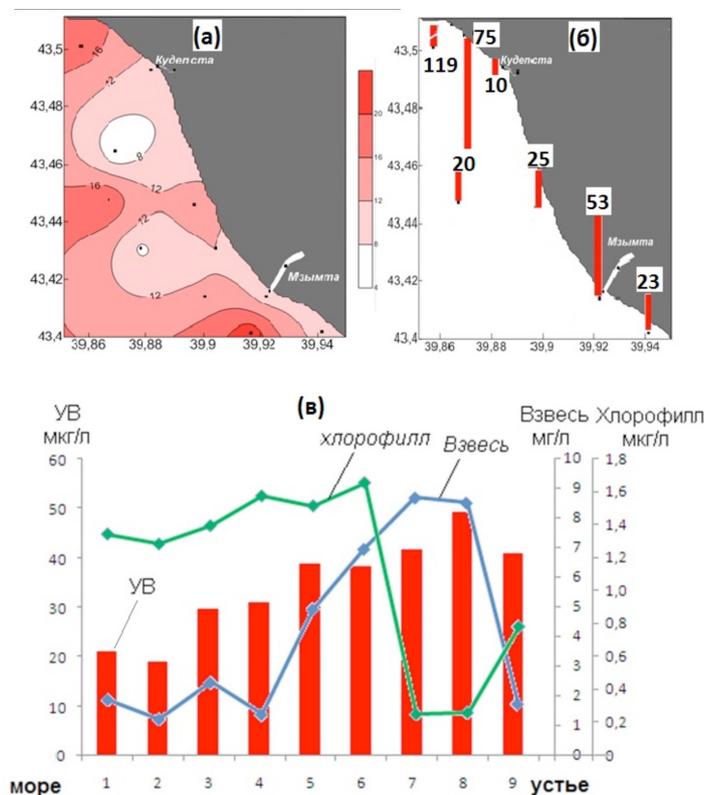


Рис. 17 а – прибрежный район в акватории малых рек Черного моря, б – аккумуляция УВ в донных осадках, в – распределение УВ на геохимическом барьере р. Мзымта – Черное море.

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

Руководитель – д.ф.-м.н. Куликов Е.А.

1. Наиболее важным достижением за 2014 г. являются результаты численных экспериментов по моделированию эволюции волнового поля как статистического процесса. Распространения цунами в океане сопровождается многократными отражениями волн, рефракцией и рассеянием на неоднородностях дна. Эти эффекты распространения цунами в случайно неоднородной среде остаются слабо изученными. Показано, что основные характерные свойства временных и пространственных изменений волн цунами могут адекватно воспроизводиться численными моделями практически на всем интервале «времени звучания» цунами – то есть в течение несколько суток. Оценен масштаб затухания головной волны вследствие рассеяния.

2. Совместные данные анализа глубоководных наблюдений и численного моделирования позволили уточнить положение сейсмического очага землетрясения Хайда-Гваи: источник был смещен на 30 км в юго-восточном направлении рис. 18. Последующие результаты анализа GPS и донных сейсмических станций, проведенные сейсмологами, подтвердили этот результат.

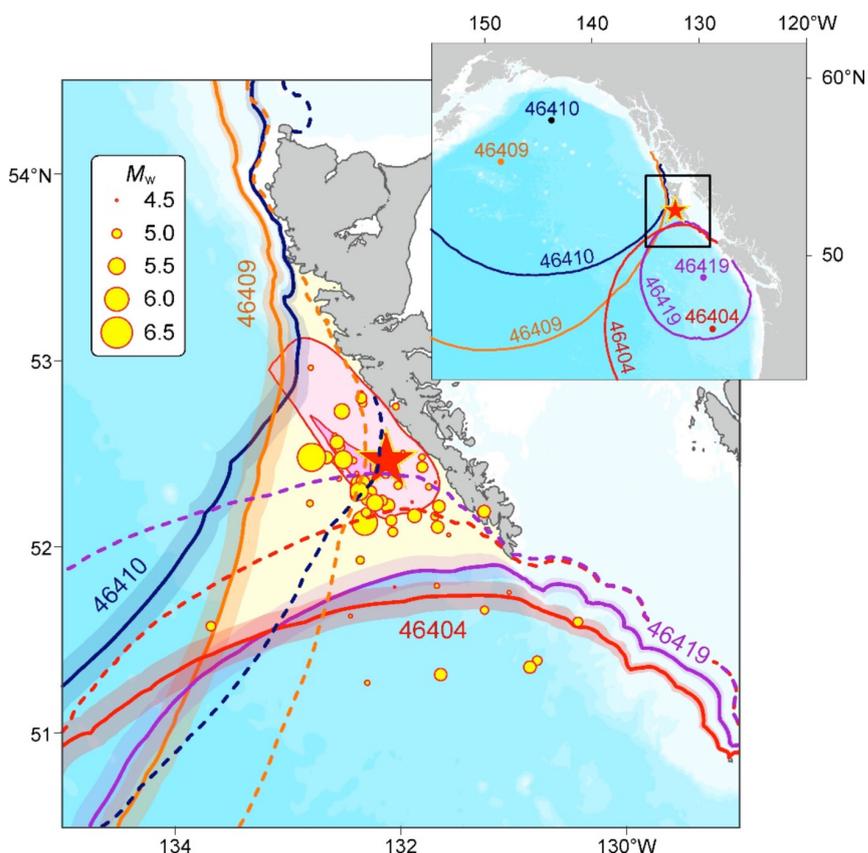


Рис. 18 Уточнение положения сейсмического источника Хайда-Гваи цунами 28 октября 2012 г. по результатам численного моделирования и результатам анализа глубоководных наблюдений DART. Красная звездочка показывает эпицентр главного толчка, желтые кружки – положение афтершоков. Цветные сплошные линии – обратные изохроны волн цунами от глубоководных датчиков DART, цвет линии соответствует цвету, использованному для обозначения соответствующей станции; показаны доверительные интервалы для изохрон. Штриховые линии, построенные относительно первого максимума зарегистрированной волны, позволяют определить положение основного сейсмического разрыва.

## 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.

В целях морского природопользования по данным гидролокации бокового обзора, подводной видеосъемки и гранулометрического анализа проб поверхностных осадков впервые для прибрежной зоны российского сектора Юго-Восточной Балтики составлен макет литологической карты в масштабе 1:50 000. Поверхность дна покрыта в основном песками различной размерности. На подводном склоне Куршской косы оконтурены выходы реликтовых лагунных осадков песчано-алевритовой размерности, а у западного побережья Самбийского п-ова – выходы янтареносных пород палеогена («голубая земля»). Затопленные древние береговые уступы высотой до 10 м создают условия для формирования резких фациальных границ. Грубообломочные отложения (валуны, галька, гравий) связаны с выходами коренных пород и моренных отложений рис.19.

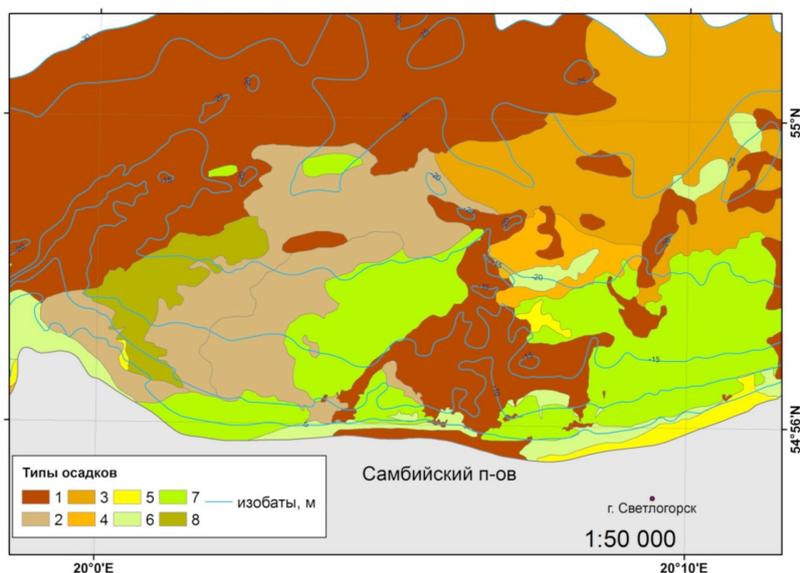


Рис. 19. Фрагмент карты типов поверхностных донных отложений подводного берегового склона Самбийского п-ова: 1 – валуны, галька, гравий; 2 – пески с галькой и гравием; 3 – пески грубозернистые; 4 – пески крупнозернистые; 5 – пески среднезернистые; 6 – пески мелкозернистые; 7 – пески тонкозернистые; 8 – алевритовые пески.

## 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

Руководители – д.г.-м.н. Харин Г.С., д.г.-м.н. Емельянов Е.М.

1. Получена уточненная карта распределения в современных осадках Балтийского

моря содержания органического углерода ( $C_{\text{орг}} > 1,0\%$ ) рис. 20, а также других биогенных компонентов и элементов – азота (N), биогенного опала ( $\text{SiO}_{2\text{ам}}$ ), карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и фосфора (P). Возрастающая потребность в энергоносителях вынуждает многие страны искать нестандартные источники энергии. В последние годы одним из таких источников является сланцевый газ. В разных странах ведутся активные поиски сланцев, с тем, чтобы иметь собственные источники энергии. В каких фациях и каким образом накапливаются углеродистые донные осадки – современные аналоги сланцев? Все ли они имеют одинаковый состав? Эти вопросы обсуждены на примере впадин шельфового Балтийского моря и его Куршского залива (лагуны).

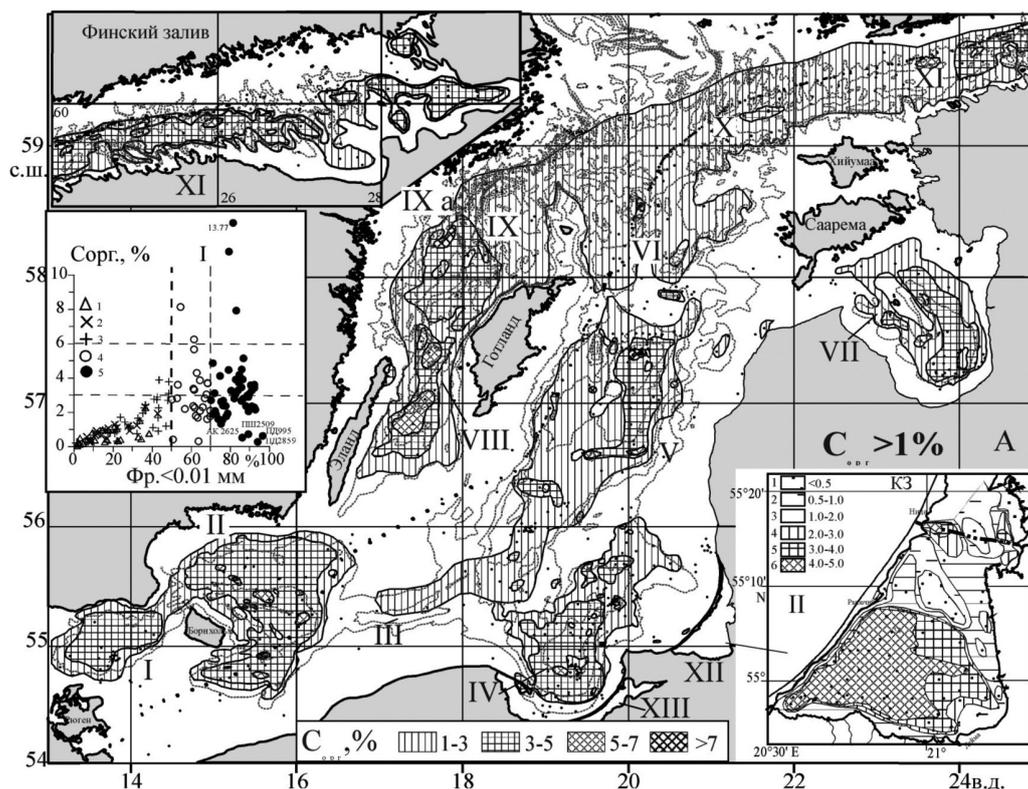


Рис. 20 Распределение содержаний больше 1% органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ) в верхнем слое (0–5 см) донных осадков Балтийского моря. На врезках: I – распределение  $C_{\text{орг}}$  в верхнем слое осадков Готландского бассейна в зависимости от содержания в них фракции <math>0,01\text{ мм}</math> – распределение содержаний  $C_{\text{орг}}$  в верхнем слое осадков Куршского залива: 1 – пески; 2 – крупные алевриты; 3 – мелкоалевритовые илы; 4 – алеврито-пелитовые илы; 5 – пелитовые илы.

2. Доказано, что образование янтареносных отложений Куршского залива 6–5 тыс. лет назад совпало с рядом глобальных и космических событий: трансгрессия моря, падение серии метеоритов в Северной Балтике, землетрясение в Северо-Западной Балтике и сильное цунами в Балтийском море. Это способствовало интенсивному размыву берегов Самбии, переносу и заносу янтаря в Куршский залив, который был в то время своеобразной седиментационной ловушкой. Работа имеет как фундаментальное, так и прикладное значение: показано, что подобный сценарий мог привести к образованию янтареносных отложений в Куршском заливе не только в районе Юодкранте, но и в других его участках, где создавались благоприятные условия для транзита и седиментации янтаря.

## **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.

Основная задача 2014 года заключалась в обработке данных эксперимента по исследованию динамики взвешенного вещества под воздействием нерегулярного поверхностного волнения и анализе влияния частотного распределения волновой энергии на динамику взвешивания донного материала. При одинаковых интегральных характеристиках нерегулярного поверхностного волнения ( $hs, fm = const$ ) специфику волнового воздействия на песчаное дно определяют именно особенности частотного распределения волновой энергии. Концентрация волновой энергии в области частоты максимума спектра способствует переходу от нерегулярного к регулярному волнению и, в общем, упорядочению динамического воздействия на твердое дно. Физически это приводит к реализации более устойчивых внешних условий для развития донных микроформ рельефа.

## **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.

В 2014 г были продолжены начатые в 2012 г. исследования по изучению влияния опасных природных явлений (экстремальных ливней и связанных с ними паводков, селей, оползней и обвалов) на береговые процессы. Маршрутные исследования проводились на участке побережья Черного моря между Голубой и Цемесской бухтами. Выпадение во время экстремального ливня 6–7 июля 2012 г. менее чем за сутки почти полугодового количества осадков вызвало залповый вынос твердого стока в береговую зону. Непосредственно на морском берегу в результате ливня отмечены массовые оползни и обвалы. В последующее время, под влиянием волн и в результате выветривания поступивший к урезу материал перемещался и разрушался. Анализ материалов показал, что количество и объем обвалов на клифе существенно различается вдоль берега, что связано с геологическими особенностями залегания пластов. В обвально-оползневых массах преобладает крупно-глыбовый материал, но присутствует щебнистый и даже суглинистый материал. Большая часть обломочного материала – малопрочные мергели и аргиллиты, которые за несколько месяцев полностью разрушились до состояния щебенки. Штормами щебенистый и суглинистый материал были вымыты из нижней части обвально-оползневых конусов, в зоне воздействия волн остались только крупные глыбы из более устойчивых к выветриванию пород. Граница размытой части обвально-оползневых конусов по всему участку лежит в высотных пределах 2,0–2,5 м над уровнем моря. Отмечена миграция глыб на 10–20 метров вдоль уреза от обвально-оползневого конуса. Отмечен рост ширины пляжей на смежных с оползневыми участках. Вблизи крупных оползней ширина пляжей достигла 20 и более метров рис.21.



Рис. 21.

**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.**

1. Продолжены регулярные наблюдения за содержанием биогенных элементов (БЭ) в прибрежной зоне Черного моря. В течение года производился отбор проб в реперных точках в Голубой и Геленджикской бухтах не менее чем два раза в месяц. Программа мониторинга включала в себя комплекс стандартных гидрохимических исследований: растворенный кислород, сероводород, рН, щелочность, фосфор фосфатный и валовый/органический, кремний, азот нитратов, нитритов, аммонийный и валовый/органический. Полученные данные позволяют оценить изменчивость на сезонном и внутрисезонном уровне, а также различия в концентрациях элементов между различными акваториями. Сравнительный анализ содержания и динамики биогенных элементов в Геленджикской бухте и на открытом побережье в районе Голубой бухты показывает, что гидрохимический режим этих акваторий отличается существенным образом. Для акватории с затрудненным водообменом (Геленджикская бухта) следует отметить повышенный фон содержания химических параметров, в первую очередь для минеральных форм азота и фосфора. Сезонная изменчивость характеризуется значительными колебаниями (резкими всплесками концентраций повышенных величин) по сравнению с плавным ходом для акватории Голубой бухты.

2. Выполнено 6 разрезов от Геленджикской бухты с отбором проб во внутренней акватории, две полигонные съемки Геленджикской бухты в зимний и летний периоды, выполнено около 1500 определений гидрохимических параметров. Устойчивое превышение ПДК в воде, для Геленджикского района, наблюдается только по содержанию свинца. Выше

нормы зафиксированы отдельные максимальные значения за весь период наблюдений для – марганца, фенола, меди, АПАВ. Превышения ПДК зафиксированы для фенолов, меди, АПАВ – на одной станции, для содержания марганца в 4-х пробах. Остальные изученные техногенные загрязнения находились в воде в концентрациях ниже норм ПДК. Для донных отложений Геленджикской бухты характерны пониженные величины в содержании техногенных загрязнений. Наблюдаются локальные превышения ДК на отдельных станциях по содержанию нефтепродуктов. Остальные изученные техногенные загрязнения находились в осадках в концентрациях ниже норм ПДК. 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.

### **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.

В 2014 году были осуществлены комплексные исследования, предусматривающие получение сравнительного материала, как технического, так и биологического характера, отражающего состояние шельфа моря в северной части Каспийского моря в местах газонефтедобычи. Резюмируя полученные результаты, мы можем заключить, что ценозымикробентоса большинства изученных станций не испытывали в период исследований значительного стресса и не подпадают под категорию экстремальных, отличаясь, в целом, высокими показателями видового богатства, разнообразия и вероятности межвидовых встреч, несмотря на выраженное (в 4-х случаях из 13-ти) доминирование отдельных видов. По результатам гидробиологических исследований сделаны следующие выводы: донная фауна в районах установки станций отличается от фоновых показателей; в местах установки станций зафиксировано увеличение доли ракообразных относительно численности червей, что свидетельствует о благоприятном воздействии со стороны станций; наибольшее отклонение характеристик донных сообществ зафиксировано в северной и юго-западных частях полигона. Изучение физиологического состояния бычков и моллюска дидак на *Didacnoprotracta* на основе комплекса физиолого-биохимических и гистофизиологических показателей выявило, что в целом по полигону уровень воздействия на бычков негативных факторов был существенным, но по большинству станций не длительным. Негативные факторы видимо появились либо в период взятия проб либо незадолго до этого. Сходство в параметрах ПОЛ бычков, выловленных на большинстве исследованных станций, свидетельствуют о единой причине столь высокого окислительного стресса. Это вынос паводковыми водами в

Северный Каспий загрязняющих веществ, токсичность которых усугубляется повышением температуры в летний период.

### **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.**

В рамках основной тематики исследований были проведены две экспедиции. Цель экспедиции в придельтовом участке устьевой области Северной Двины – определить влияние приливной волны на изменения стоковых течений, распределение гидрологических, гидрохимических и гидробиологических параметров в устьевой области в период зимней межени.

Течения. Скорости течений изменялись от 0 до 45 см/с, меняя направления в период приливного цикла. Взвесь. Содержание взвешенных веществ в воде за период наблюдений менялось незначительно и в среднем составляло около 1,5 мг/л. Растворенный кислород. В пресных водах концентрация кислорода изменялась в пределах 5,06÷6,24 мг/л. В зоне смешения речных и морских вод концентрация кислорода повышается. Ее значения в период наблюдений колебались от 5,63 до 7,45 мг/л. Насыщенность вод кислородом низкая (34÷53%), но эти значения характерны для покрытых льдом водных объектов в период зимней межени. Биогенные элементы. Из комплекса биогенных элементов определялись фосфор фосфатный, азот нитритный и растворенный кремний, как в воде, так и во льду. Установлено, что во льду концентрации исследуемых элементов значительно ниже, чем в воде.

Экспедиционные работы в р. Кянда. Выявлены основные закономерности проникновения морских вод в устьевую область реки. Проведены морфометрические измерения поймы реки в зоне проникновения морских вод. На основании проведенных исследований сделан вывод, что объём проникновения морских вод одного порядка со стоком реки, что выделяет её из других малых рек, впадающих в Белое море.

# НАПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

## Тема № 0149-2014-0047: Механизмы формирования структуры и биологической продуктивности морских и океанских экосистем в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия

Руководитель – д.б.н. Флинт М.В.

В ходе комплексных экспедиционных исследований в ключевых районах Карского моря рис. 1, в августе – сентябре 2014 года были впервые получены материалы по количественному распределению зоопланктона и его трофодинамическим параметрам в области локализации поверхностного опреснённого слоя Карского моря. Впервые в зоне эстуарного фронта реки Обь на основании суточных наблюдений были получены характеристики трофодинамических параметров массовых видов зоопланктона, что позволит оценить роль эстуарного «биофильтра» в трансформации аллохтонного и автохтонного органического вещества. Впервые для Карского моря был получен материал, позволяющий характеризовать структурные и функциональные параметры зоопланктонного сообщества у границы льда в восточной части бассейна. В экспедиции были проведены уникальные гидрофизические, гидрохимические и биоокеанологические исследования (включая планктон, первичную продукцию, трофодинамику) экосистем заливов Благополучия, Цивольки, Степового и Абросимова архипелага Новая Земля.

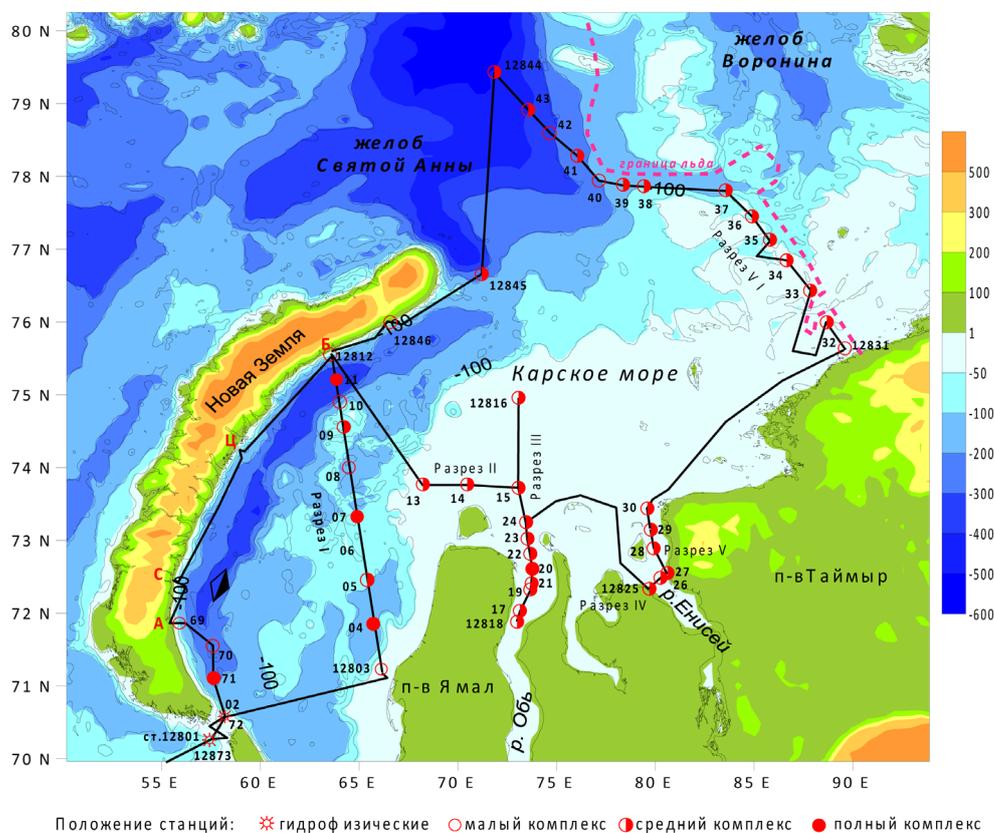


Рис. 1 Схема маршрута и положение полигонов и станций 128-го рейса НИС «Профессор Штокман» в августе-сентябре 2014 г.

**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.

1. На основании анализа временной динамики фитопланктона Черного моря установлено попеременное доминирование диатомовых водорослей и кокколитофорид как в глубоких, так и в прибрежных водах. Доли кокколитофорид и диатомовых водорослей в суммарной биомассе фитопланктона рис. 2, изменялись обратно пропорционально, показывая статистически значимую отрицательную корреляцию  $r = -0,96$ ,  $n = 5$ ,  $p = 0,008$ ).

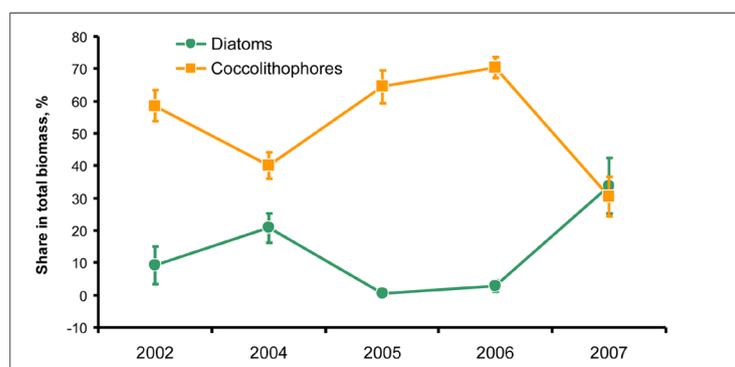


Рис. 2 Доля (%) диатомовых водорослей и кокколитофорид в общей биомассе фитопланктона.

Высокая доля кокколитофорид в общей биомассе фитопланктона наблюдалась при концентрации фосфора 0.4 мкм в глубоких водах, и около 0.6 мкм в прибрежной зоне. Наиболее ярко эти различия проявились в преобладании этих групп водорослей в зависимости от соотношения азота и фосфора N:P. При высоких N:P (более 16) диатомовые составляли существенную часть биомассы фитопланктона, в то время как кокколитофориды преобладали при низких соотношениях рис. 3.

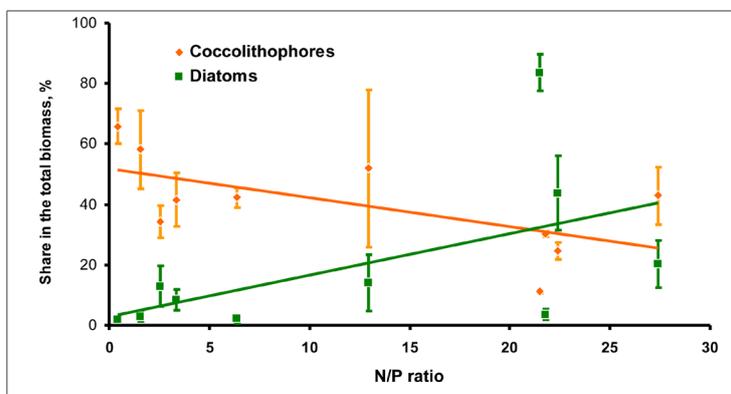


Рис.3 Доля (%) диатомовых водорослей и кокколитофорид в общей биомассе фитопланктона в зависимости от соотношения N:P.

2. Преобладание диатомовых и кокколитофорид в разные годы определяло физиологические свойства фитопланктона для прибрежных вод (глубина моря менее 1500 м). В течение всего периода наблюдения с 2002 по 2012 гг. в поверхностном слое 0–5 м концентрация хлорофилла (Chl) варьировала от 0,11 до 0,89 мкгл<sup>-1</sup> со средним значением 0,37 мкгл<sup>-1</sup>. Первичная продукция (PP) изменялась от 2,7 до 18,4 мг С м<sup>-3</sup>, составляя в среднем 14,3 мгС м<sup>-3</sup>. Высокие значения Chl и PP не были связаны с преобладанием определенных систематических групп водорослей. Ассимиляционное число (AN, отношение PP:Chl) варьировало на поверхности от 0,7 до 6,4 мкгСмкгChl<sup>-1</sup>ч<sup>-1</sup> со средним значением 3,2 мкгСмкгChl<sup>-1</sup>ч<sup>-1</sup>. Между AN и преобладанием диатомовых водорослей в фитопланктоне найдена положительная связь ( $r = 0,72$ ,  $n = 29$ ,  $p = 0,00$ ). AN в среднем было равно 5, когда доля диатомовых водорослей в общей биомассе фитопланктона превышала 50% и 2.9, когда они составляли менее этого значения рис. 4. Обратная связь наблюдались для кокколитофорид ( $r = -0,66$ ,  $n = 29$ ,  $p = 0,00$ ). AN были значительно ниже, когда доля кокколитофорид в общей биомассе фитопланктона превышала 50% (2.0 против 3.2, т-тест,  $p = 0,03$ ). Эти различия в AN указывают на существенно более высокую скорость роста диатомовых водорослей по сравнению с кокколитофоридами, что соответствует экспериментальным данным. Как следствие, при преобладании диатомовых водорослей суммарная биомасса фитопланктона была существенно выше.

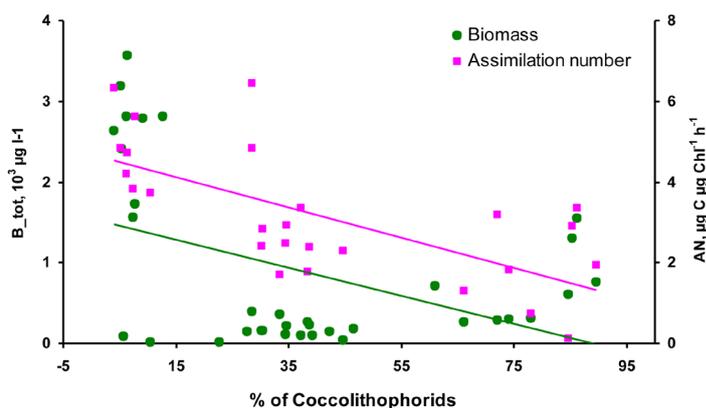


Рис 4 Изменение ассимиляционного числа и суммарной биомассы фитопланктона в зависимости от доли (%) диатомовых водорослей (верхняя панель) и кокколитофорид (нижняя панель) в общей биомассе фитопланктона.

## 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.

Впервые была применена новая модель лендера для оценки химических взаимодействий и потоков на границе вода-дно. Сравнение полученных данных с нашими прежними результатами, а также результатами наших зарубежных коллег позволяет считать, что

верификация данных нового лендера проведена успешно. Постановки лендера в этом году выявили существенные различия в планктоне, определяющем поступление органического вещества и других химических элементов на поверхность осадков. Известные доминанты весеннего цветения кокколитофорида, в составе которых преобладает  $\text{CaCO}_3$ , в заметной степени были замещены динофлагелятами, несущими пектиновую оболочку (полисахариды). Результаты летних сборов находятся в обработке, но измерения потоков кислорода, фосфора и кремния, железа и марганца заметно отличаются от весенних наблюдений. Продолжающаяся обработка экспедиционного материала Карского моря по химическим потокам на границе вода-дно показала различия не только в величинах потоков, но и в их направлениях, например в случае фосфатов. Потоки фосфатов в случае повышенного содержания  $\text{C}_{\text{орг}}$  в донных осадках направлены из осадков в придонную воду, при низком содержании  $\text{C}_{\text{орг}}$  наоборот – из придонной воды в осадок. Потоки кислорода всегда направлены в осадок, потоки углекислоты – из осадка, потоки кремния, железа и марганца, как правило, из осадка.

### **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.

1. Впервые в истории отечественной ихтиологии опубликован единый каталог рыб морей России. В Каталоге представлена полная иерархическая классификация всех таксонов рыбообразных и рыб, когда-либо встреченных в пределах территориальных вод и 200-мильной экономической зоны Российской Федерации. Их интегральный список включает 1404 вида. В аннотациях ко всем таксонам видовой группы указаны общее географическое распространение, встречаемость в морях России и сопредельных стран, биотопическая принадлежность, глубина обитания, зоогеографическая характеристика и значение в отечественном морском промысле. По проблемным таксонам (от вида до семейства), а таких оказалось около 300, даны таксономические и общие комментарии.

2. Таксономическое изучение летучих рыб из родов *Exocoetus*, *Hirundichthys* (подрод *Hirundichthyss.str*) и *Cypselurus* (видовая группа “*C. poecilopterus*”) позволило уточнить ареалы входящих в их состав видов и подвидов и сопоставить их с полями океанографических характеристик. Ареалы видов рода *Exocoetus* (кроме *E. volitans*) в значительной степени определяются циркуляцией поверхностных вод. *E. gibbosus* обитает в водах южного субтропического круговорота Тихого океана (и, предположительно, Индийского океана) южнее южной субтропической конвергенции (далее ЮСТК), выделенной по динамической топографии поверхности океана, а *E. monocirrhus* в Тихом и Индийском океанах севернее ЮСТК. *E. gibbosus* обитает в водах южнее конвергенции, где преобладает восточный перенос, а *E. monocirrhus* в водах Южного пассатного течения севернее конвергенции, где преобладает западный перенос. Лишь в районах, где имеются меридиональные течения, направленные

на север или юг отмечается пересечение конвергенции представителями этих двух видов. *E. peruvianus* обитает в водах южного тропического циклонического круговорота Тихого океана. Атлантический вид *E. obtusirostris* обитает в южном и северном субтропических круговоротах (подобно *E. gibbosus* в основном южнее (севернее) субтропической конвергенции), а также в южном и северном тропических циклонических круговоротах. Распространение в Мировом океане представителей подрода *Hirundichthys* определяется совокупным действием двух факторов: удалённостью от побережий и температурой. Границы между ареалами у видов подрода *Hirundichthys* проходят по границе между дальне-неритической и океанической зонами. *H. speculiger* и *H. Indicus* распространены главным образом в водах открытого океана. *H. oxucephalus* и *H. affinis*, напротив, распространены в основном в неритических и дальне-неритических районах океана. На распространение видов и подвидов группы “*C. poecilopterus*” решающее влияние оказывает солёность и удалённость от побережий. Граница между ареалами видов неплохо соответствует изогалине 35.0‰ рис. 5.

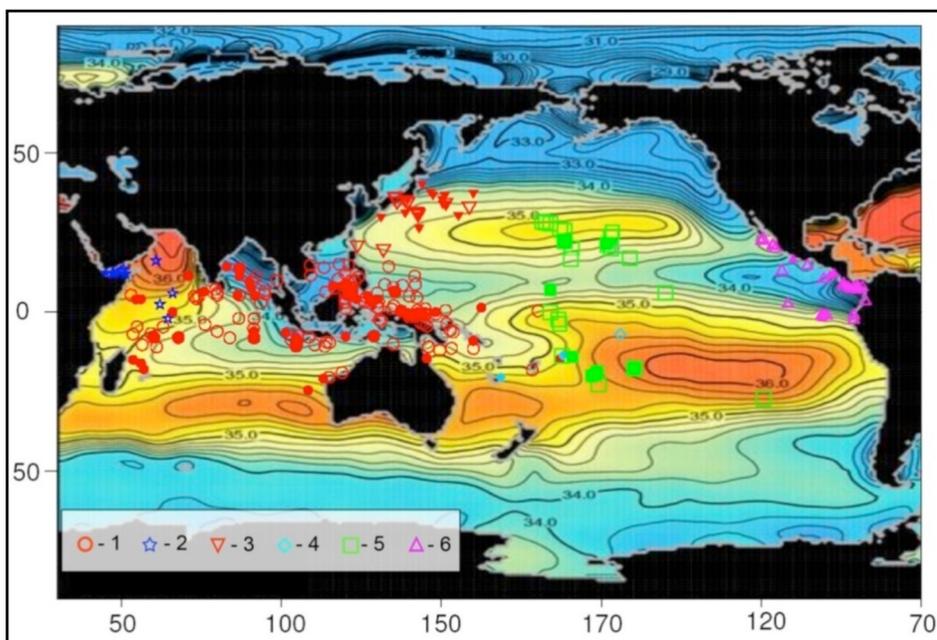


Рис. 5 Распространение летучих рыб группы “*poecilopterus*” и средняя многолетняя солёность поверхностных вод (данные по солёности WorldOceanAtlas, 2009): 1 – *C. poecilopterus* (2 – Аравийское море, 3 – воды Японии), 4 – *C. simus*, 5 – гибридные особи (?), 6 – *C. callopterus*, закрашенные значки – особи длиной до 100 мм.

## Тема № 0149-2014-0051: Крупномасштабные закономерности структурно-функциональной организации донной биоты Мирового океана

Руководитель – д.б.н. Гебрук А.В.

1. В рамках исследований по районированию батимальной зоны Мирового океана исследован пограничный эффект, возникающий при взаимодействии приконтинентальных фаун Западной и Восточной Пацифики в районах Центральной Пацифики. Пограничный эффект заключается в том, что степень эндемизма фауны в районах наложения фаун западного

и восточного происхождения значительно выше, чем в других открыто-океанических районах Тихого океана (острова и подводные горы) рис. 6. Этот эффект является следствием особых биотических факторов среды обитания, складывающихся в результате конкуренции за экологические ниши между видами, относящимися к разным открыто-океаническим фаунам. Результат имеет фундаментальное значение для понимания биогеографических особенностей батимальной фауны Мирового океана.

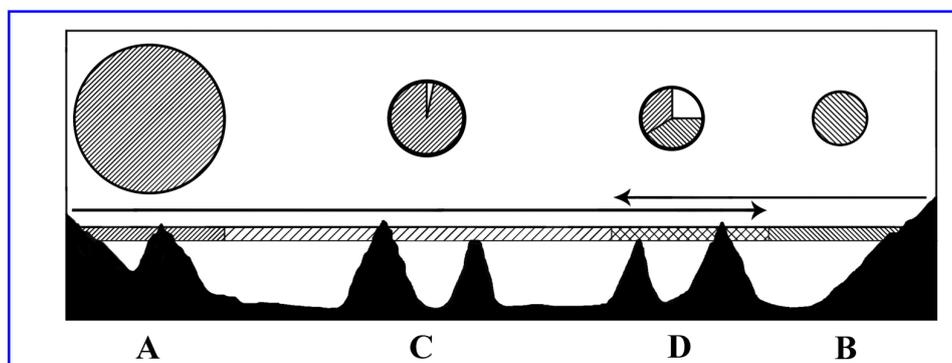


Рис. 6 Схема зависимости географического положения пограничной зоны (район D) от числа видов в двух приконтинентальных Взаимодействующих фаунах (районов А и В). А – приконтинентальный район Западной биогеографической области; открыто-океанический район Западной биогеографической области; В – Восточная биогеографическая область; D – пограничная зона. Диаметр кружков пропорционален числу видов в районах. Незаштрихованный сектор в кружке обозначает относительное число видов, обитающих только в открыто-океанических районах. Расстояние AD больше расстояния BD, так как число видов в районе А больше числа видов в районе В.

2. Составлен аннотированный список видов донных беспозвоночных, обитающих в морях Европы глубже 2000 м. Рассмотренные бассейны включают Средиземное море, северо-восточную часть Атлантического океана к северу от 30°с.ш. и восточнее Срединно-Атлантического хребта, бассейны Норвежского и Гренландского морей и Северно-Ледовитый океан. Приведены данные о всех известных в этих бассейнах находках для 23 таксонов животных: *Anthipatharia*, *Aplacophora*, *Ascidacea*, *Asteroidea*, *Bivalvia*, *Brachiopoda*, *Bryozoa*, *Ceriantharia*, *Cirripedia*, *Crinoidea*, *Echinoidea*, *Echiura*, *Gastropoda*, *Holothuroidea*, *Monoplacophora*, *Mysidacea*, *Ophiuroidea*, *Ostracoda*, *Polychaeta*, *Porifera*, *Pycnogonida*, *Scleractinia* и *Xenophyophorea*. Всего в базе данных приводятся сведения о нахождении примерно 1300 видов животных. Это наиболее полная база данных по глубоководной фауне в морях, окружающих Европу. База данных представляет собой кадастр фауны и имеет важнейшее значение и широкое применение – от теоретических вопросов биогеографии до прикладных проблем рационального природопользования.

## Тема № 0149-2014-0052: Многолетняя динамика структуры прибрежных донных сообществ европейских морей России

Руководитель – д.б.н. Мокиевский В.О.

Проведен анализ данных по многолетней динамике сообществ макробентоса Байдарацкой губы Карского моря. Сопоставление данных 2012–13 гг. с данными 1946 г, конца

90-х годов и 2007 г. показало, что существенных изменений в сообществах Байдарацкой губы за последние 10–15 лет не произошло. Наши данные подтверждают ранее сделанный вывод о том, что основным фактором, определяющим распределение макробентоса Байдарацкой губы, является глубина и связанный с ней комплекс абиотических параметров. В ходе исследования биологического разнообразия Карского моря было обнаружено 38 видов гарпактикоид из 13 семейств. Из них 22 вида являются новыми для фауны этого моря, а 10 новые для науки.

**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.

1. В результате визуальных наблюдений, регулярных локальных авиаучетов и судовых учетов выявлено изменение характера использования белухами акватории Соловецкого скопления в зависимости от уровня воды. Ранее животные появлялись на исследуемой акватории по малой воде и покидали ее по мере увеличения уровня воды. Во время максимального прилива животные, как правило, отсутствовали на акватории. В летнем сезоне наблюдений 2014 г. показано, что белухи находились на акватории скопления круглосуточно во время всех фаз приливо – отливного цикла. Неоднократно наблюдались большие скопления животных (особенно на южном участке) до и после максимального уровня воды.

2. Летом 2014 г. зарегистрировано существенное увеличение антропогенного воздействия на соловецких белух, которое преимущественно было приурочено к малой воде, что вероятно могло вызвать увеличение времени нахождения животных на акватории скопления (в период прилива).

**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.

Проведено исследование вариабельности флуоресцентного сигнала на единицу хлорофилла «а» (Fo/Chl) в разных биогеографических районах Северной Атлантики (NECS – северо-восточный континентальный шельф, ARCT – атлантические воды севернее Исландии, NADR – зона действия Северо-Атлантического течения, BPLR – арктические воды). Определены количественные характеристики отношения Fo/Chl для исследованных районов см.табл.

Средние величины флуоресценции ( $F_o$ , отн. ед.), концентрации хлорофилла «а» (Chl, мг/л) и флуоресцентного сигнала на единицу хлорофилла ( $F_o/Chl$ ) для отдельных провинций Северной Атлантики

Провинции	$F_o$ mean	Chl mean	$F_o/Chl$ mean
NECS	0,420	0,643	$0,64 \pm 0,19$
NADR	0,533	0,807	$1,00 \pm 0,71$
ARCT	0,470	0,780	$0,62 \pm 0,12$
BPLR	0,788	1,931	$0,45 \pm 0,12$

Корреляционный анализ связи первичной продукции в столбе воды в Северной Атлантике с содержанием хлорофилла в слое фотосинтеза и ассимиляционной активности фитопланктона показал, что в период исследований интегральная первичная продукция достоверно зависела от средней концентрации хлорофилла и в значительно меньшей степени зависела от ассимиляционного числа (показателя активности хлорофилла).

## 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.

1. В восточной части Финского залива после масштабной инвазии полихеты *Marenzelleria arctica* и ее биоирригации и биотурбации донных отложений в воде резко увеличилось соотношение азот/фосфор, что повлекло за собой каскадные изменения в планктоне. Вследствие уменьшения количества колониальных азотфиксирующих синезеленых водорослей, вызывающих “цветение” воды, снизилась общая биомасса фитопланктона и концентрация хлорофилла “а” рис. 7. С исчезновением крупных колоний синезеленых и развитием мелкоклеточных форм водорослей улучшилась кормовая база зоопланктона и увеличилась его биомасса. Рассчитанное количество фосфора, захораниваемое в донных осадках залива вследствие деятельности полихет, заметно превышало суммарную фосфорную нагрузку на Финский залив со стороны России. Сделан вывод, что инвазия *M. arctica* привела к кардинальной перестройке всей экосистемы восточной части Финского залива. Таким образом, впервые для восточной части Финского залива Балтийского моря выявлена эдификаторная роль инвазивного бентосного вида в масштабах экосистемы залива в целом.

2. Идентификация цианобактериальных гепатотоксинов с методами высокоэффективной

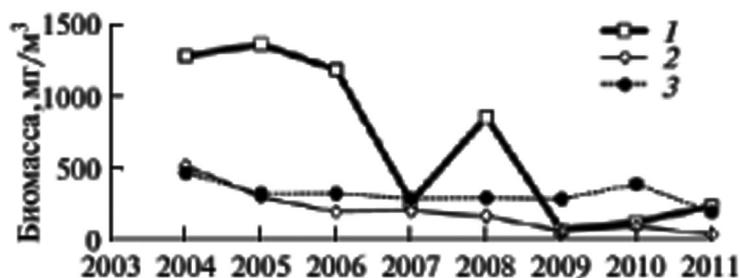


Рис. 7 Биомасса водорослей фитопланктона в восточной части Финского залива в 2004–2011 гг.: 1 – общая биомасса синезеленых водорослей, 2 – биомасса водорослей родов *Anabaena*, *Aphanizomenon* и *Nodularia*, 3 – биомасса остального фитопланктона (из Максимов, Еремина, Ланге и др., 2014).

жидкостной хроматографии-тандемной масс-спектрометрии показывает присутствие нескольких разновидностей микроцистина в российской части Куршского залива в 2010–2013 гг. Микроцистины LR, -RR, -YR и их деметилированные формы были наиболее обильными и часто встречающимися. Положительная корреляция между общим содержанием свободных и внутриклеточных микроцистинов была найдена с биомассой трех видов рода *Microcystis*. *M. viridis*, вероятно, в наибольшей степени обеспечивал продуцирование микроцистинов. Доминирование *Aphanisomemonflos-aqua* коррелирует с низким содержанием микроцистинов. В российской части ЮВ Балтики цианотоксины идентифицированы впервые. Работы имеют практическое значения для региона и важны в теоретическом отношении в аспекте выявления причин и механизмов токсичных цианобактериальных цветений в морских акваториях.

Содержание микроцистинов (суммарно) и микроцистина-LR в водах Куршского залива.

Годы	Фильтрат, мкг/л		Клетки, мкг/г(с.в.)		Виды-доминанты
	ΣМС*	МС – LR*	ΣМС	МС - LR	
2010	0,04–0,34	0,01–0,15	0,2–0,8 (сух, вес)	0,01–0,17 (сух, вес)	<i>M. aeruginosa</i> , <i>M. viridis</i> , <i>M. wesenbergii</i> , <i>Aph. flos-aquae</i>
2011	0,24–194,76	<LOD–93,68	304,3–3660,7	12–1714	<i>Aph. flos-aquae</i>
2012	0,04–18,8 152,6–290,5	0,01–334 25–65 *	1,27–658,2	0,05–15,5	<i>Aph. flos-aquae</i> , <i>Microcystis</i> spp.
2013	2,2–14,9	0,07–0,46	25–4719	0,3–77	<i>Aph. flos-aquae</i> , <i>Microcystis</i> spp.

\*МС – микроцистины, МС – LR –микроцистин LR

## Тема № 0149-2014-0056: Структурно-функциональная организации прибрежных экосистем северо-восточной части Черного моря – влияние процессов разного пространственно-временного масштабов

Руководитель – д.б.н. Силкин В.А.

1. Анализ многолетних наблюдений за годовой динамикой фитопланктона выявил сезонные комплексы доминирующих видов. Для каждого сезона существует свой комплекс доминирующих видов, который определяет основной поток вещества и энергии при образовании органического вещества. Для северо-восточной части Черного моря он представляет следующую схему: Мелкоклеточные диатомеи (весна) – кокколитофорида (конец весны, начало лета) – крупноклеточные диатомеи (лето, осень). В весенний комплекс мелкоклеточных диатомей входят представители родов *Chaetoceros*, *Pseudo-nitzschia*, *Skeletonema*. Кокколитофорида представлена в основном только одним видом – *Emiliania huxleyi*.

Крупноклеточные диатомеи *Pseudosoleniacalcar-avis* и *Probosciaalata* доминируют в летний и осенний период. В зимний период система доминирующих видов более сложна и она носит триггерный характер. В начале зимы (декабрь и январь) доминируют либо крупноклеточные формы, либо кокколитофориды. В конце зимы кокколитофориды образуют такую же систему с мелкоклеточными формами. В Геленджикской бухте доминируют диатомеи, биомассу которых (более 92% от общей биомассы диатомей) определяет мелкоклеточная *Pseudonitzschiapseudodelicatissima*.

2. Выполнены исследования динамики зоопланктона и показано, что структура сообщества зоопланктона в Голубой бухте в 2014 г. находится в стабильном состоянии соответствует многолетней годовой динамике. Но биомасса зоопланктона существенно ниже его величины до появления гребневика *Mnemiopsisleydii*. В рамках исследования студенистого макропланктона (гребневики, медузы) отмечено уменьшение плодовитости *Beroeovata* и увеличение за счет этого плодовитости *Mnemiopsisleydii*. В период размножения последнего его количество в среднем на 1 м<sup>2</sup> составляло 145, а *Beroeovata* – 13,8. Таким образом, соотношение хищник-жертва в 2014 г. сдвинулось в сторону жертвы. Исследование влияния пониженных и повышенных температур на популяции трех массовых видов студенистых показало, что вариации температуры мало отражаются на общем характере динамики численности и не определяют суммарную численность и биомассу гребневиков и медузы. Наиболее важным фактором регуляции численности и биомассы является межвидовое взаимодействие (хищничество и конкуренция за пищу). Медуза *Aureliaaurita* и гребневик *Mnemiopsisleydii*, являясь пищевыми конкурентами за кормовой планктон, регулируют численность друг друга. В теплое время года гребневик имеет более высокую скорость роста, однако *Beroeovata* контролирует численность *Mnemiopsisleydii*.

## 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.

1. Получены новые данные о строении рельефа дна рукавов дельты Северной Двины с использованием гидролокационной аппаратуры и методик Лаборатории. Разработаны гидролокационный комплекс и методика для изучения подводного рельефа и донных наносов. Тестовые испытания комплекса проводились в период с 20.05.14 по 31.05.14 на р.Ока вблизи поселка Шилово Рязанской обл. Разработаны 3D модели деталей, чертежей и сборок телеуправляемых подводных аппаратов класса мини с помощью программы Autodesk Inventor — системы трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования (САПР). Разработана технология – методика и технические средства – исследования грядового рельефа в переходной к морю зоне речных дельт. Проведены морские испытания морской буйковой станции (МБС) для гидрофизического полигона в ЮО ИО РАН. Проведены измерения плавучести МБС, отработана схема постановки и разработаны предложения по модернизации.

2. В практику экспедиционных геоморфологических исследований внедрен гидролокационный комплекс и методика для изучения подводного рельефа и донных наносов (дифференциальный GPS-ГЛОНАСС – приемник Sigma-G3T, трехчастотный гидролокатор бокового обзора (ГБО) «YellowFin», акустический профилограф «АП-5-ИОРАН», гидрографический промерный эхолот «Скат-50М», программа «ЭхоГраф» программа ВИНРАСТР. Выполнено оснащение буксируемого подводного видеомодуля оптоволоконным каналом связи. Модуль подготовлен для обследования подводных потенциально опасных объектов и состояния окружающей среды в Карском море в 2015 году.

### **Тема № 0149-2014-0059: Разработка методов и технологий совершенствования морских магнитометрических систем**

Руководитель – д.т.н. Нерсесов Б.А.

Разработаны рекомендации по определению оптимальной конфигурации маршрута поиска различных подводных объектов: эффективной ширины полосы поиска ПО; оптимальной длины буксировочного троса; достаточной чувствительности датчика ММС; оперативности поиска и протяженности поискового галса.

## **Тема № 0149-2014-0060: Комплексные научные исследования океана с применением глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1» и «Мир-2»**

Руководитель – д.т.н. Сагалеви́ч А.М.

Разработаны основные фазы проекта по исследованию гидротермальных полей на дне океана в рамках проведения кругосветной экспедиции на НИС «Академик Мстислав Келдыш» с глубоководными обитаемыми аппаратами (ГОО) «Мир» на борту. Выполнены ремонтные и регламентные работы с ГОО «Мир-1» и «Мир-2» с целью поддержания их в рабочем состоянии, обеспечивающим безопасность погружений. Выполнена модернизация научного и навигационного оборудования ГОО, а также усовершенствование методик его использования. Участие в Международном проекте по созданию нового ГОО, рассчитанного на максимальную глубину океана (11000 метров) совместно с КНР и Финляндией. Выполнена обработка результатов ряда экспедиций предыдущих лет для совместных исследований с Лабораториями ИО РАН и организациями мореведческого профиля.

## **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. Серых В.Я.

1. Разработаны эскизы модулей автономного комплекса, блок-схемы отдельных узлов энергетического модуля, блока измерений и связи, берегового пункта управления, алгоритмов движения, измерений и связи. Определены механизмы формирования и изменчивости полей физических, химических и биологических характеристик Арктических морей России и прилегающих океанических Бассейнов.

2. Разработан ластный движитель, особенностью которого является использование шарнирного соединения лопасти ласты с механизмом, задающим её колебание. Введение шарнира, а также специально разработанной формы ласты позволило добиться перемещения всей её поверхности по синусоиде, что минимизировало возникновение турбулентности, и как следствие повысило эффективность работы ласты, по сравнению с традиционными формами. Форма ласты представляет собой прямоугольник длиной два или более периодов частоты задающей её колебание. Толщина ласты линейно уменьшается от точки соединения ласты с шарниром к её концу. Материал ласты – стеклотекстолит.

## **Тема № 0149-2014-0062: Разработка подводных телеуправляемых научно-исследовательских платформ с сетевой архитектурой для оперативного мониторинга гидросферы**

Руководитель – к.т.н. Розман Б.Я.

Обеспечены текущие исследования ИО РАН с ТНПА ГНОМ. Выполнен поиск и исследования выделений метана на арктическом шельфе в совместной экспедиции с ТОИ РАН, а также в экспедиции КФ ИОРАН в Каспийском море в районах ликвидированных подводных разведочных скважин. Разработан и испытан в комплексе с ТНПА ГНОМ ультразвуковой звуковизор разработки АКИН, позволяющий получать изображение объекта в 2D и 3D на расстояниях 1–10 м. Разработана система телекоммуникации для звуковизора для передачи данных по кабелю-связке по протоколу IP. Внедрена и испытана в составе комплекса ТНПА ГНОМ новейшая мини-камера HD с интерфейсом HD-SDI для трансляции видео высокого разрешения с радиочастотной модуляцией частотой 2–4 ГГц. Разработана система радиационного мониторинга с реального времени на базе ТНПА ГНОМ и гамма-спектрометра РЭМ-26 разработки Курчатовского научного центра. Разработан проект автономного подводного аппарата – «Океанологического глайдера», работающего на химическом источнике энергии – твердом топливе. Подана в ФИПС заявка на патент РФ №20112626. Выполнены работы по модернизации телеуправляемого подводного аппарата СуперГНОМ и СуперГНОМ-ПРО, в части телекоммуникации и обеспечения подводной навигации. Разработана методика поиска подводных объектов с помощью гидролокатора кругового обзора и звуковозора и дообследования с помощью телекамер ТНПА.

## **Тема № 0149-2014-0063: Многоканальные измерительные погружаемые гидролого-оптико-биологические комплексы для морских биологических и экологических исследований**

Руководитель – академик РАН Смирнов Г.В.

Выполнен монтаж составных частей технологической платформы на палубе НИС «Денеб». Проведены морские испытания платформы в октябре 2014 г. совместно с сотрудниками Южного Научного Центра РАН на научно-исследовательском судне ЮНЦ «Денеб». Работы проводились в Азовском и Черном морях. По результатам проведенных морских испытаний выполнена корректировка технической документации отдельных блоков и осуществлена их частичная доработка. Получены новые данные о гидрофизических, биологических и экологических характеристиках водной толщи в районах испытаний платформы.

## **Тема № 0149-2014-0064: Разработка технологий океанологических исследований с использованием водолазных методов и лабораторных гидробарокамер**

Руководитель – к.б.н. Яхонтов П.О.

Организованы и проведены водолазные спуски в морских условиях в период подготовки водолазов отряда «Центроспас» МЧС России (Севастополь, 01.09.–12.10.2014 г.) с использованием автономных «смесевых» аппаратов замкнутого цикла (ребризеры) и дыхательных аппаратов с открытым циклом дыхания. Проведен анализ научной эффективности водолазных методов подводных исследований по отечественным и зарубежным результатам их использования и проведенной сравнительной апробации в морских условиях. Исследованы структура, физиологические и технические принципы построения технологий водолазных погружений, основанных на базовых методах кратковременного и длительного пребывания под повышенным давлением. Проведен анализ технических средств и технологий обеспечения водолазных погружений с оценкой их эффективности для производственного и научного, а также технологий лабораторных исследований с использованием гидробарокамер. Разработан проект концепции системы обеспечения безопасности исследовательской работы под водой, общие принципы и требования к обеспечению безопасности проведения водолазных спусков в научных целях. Разработаны разделы нормативных правовых актов в области организации и проведения водолазных спусков и работ в стране в рамках участия в работе в Межведомственной комиссии по водолазному делу (МКВД) при Морской коллегии при правительстве РФ. Развита действующая и сформированы новые профессиональные стандарты по профессии «Водолаз».