



Физическое направление ИО РАН

Основные результаты
2020 г.

Итоги выполнения госзадания

Тема госзадания	Исполнители	Статьи		Монографии	
		план	факт	план	факт
<p>№ 0149-2019-0002 <i>«Крупномасштабные, волновые и вихревые океанские процессы и роль океана в формировании климата: междекадная эволюция циркуляции, гидрофизических полей океана и потоков на границе океан-атмосфера в условиях меняющегося климата»</i></p>	<p>Отдел крупномасштабных процессов и климата С.К. Гулев С.И. Бадулин В.И. Бышев Р.А. Ибраев Г.М. Резник</p>	29	45		1
<p>№ 0149-2019-0003 <i>«Динамика внутренних и окраинных морей, взаимодействие океана и суши, прибрежные и шельфовые процессы: роль синоптических и мезомасштабных явлений в формировании гидрофизического и экологического состояния прибрежной зоны океана и внутренних морей России на основе специализированных натурных экспериментов, моделирования и дистанционного зондирования»</i></p>	<p>Отдел прибрежной и мезомасштабной океанологии П.О. Завьялов А.И. Веденев В.М. Журбас О.В. Копелевич</p>	24	24		1
<p>№0149-2019-0004 <i>«Механизмы формирования циркуляционных структур Мирового океана: ключевые процессы в пограничных слоях и их роль в динамике океана на основе экспедиционных исследований, дистанционного зондирования, численного и лабораторного моделирования. Регистрационный номер темы: АААА-А18-118051490128-0»</i></p>	<p>Отдел динамики океана А.Г. Зацепин В.В. Жмур Е.Г. Морозов</p>	27	27		4

Итоги выполнения госзадания

Тема госзадания	Исполнители	Статьи		Монографии	
		план	факт	план	факт
№ 0128-2019-0008 <i>«Оценка современного состояния природных комплексов Атлантического сектора Южного океана и их разнопериодной изменчивости (экосистемы, биопродуктивность, гидрофизика, гидро- и геохимия)»</i>	Морозов Е.Г.	5	5		
№ 0149-2019-0016 <i>«Электронный архив данных морских экспедиционных исследований»</i>	Шаповалов С.М. Свиридов С.А.	1	1		

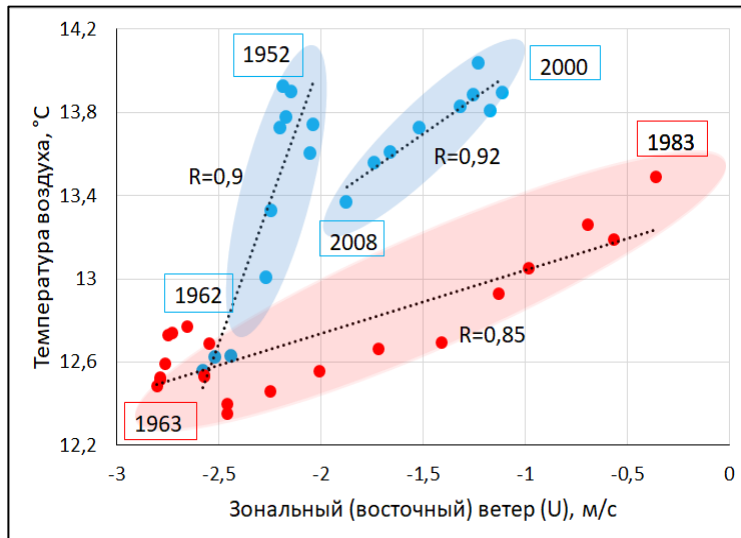
Другие показатели

Статьи с зарубежными коллегами	41
Патенты	3
Защищенные диссертации	1
Иностранные сотрудники	3
Устные доклады	53
Экспедиции (рейсы/участие в сутках)	13 /2070
Сотрудники-преподаватели	22

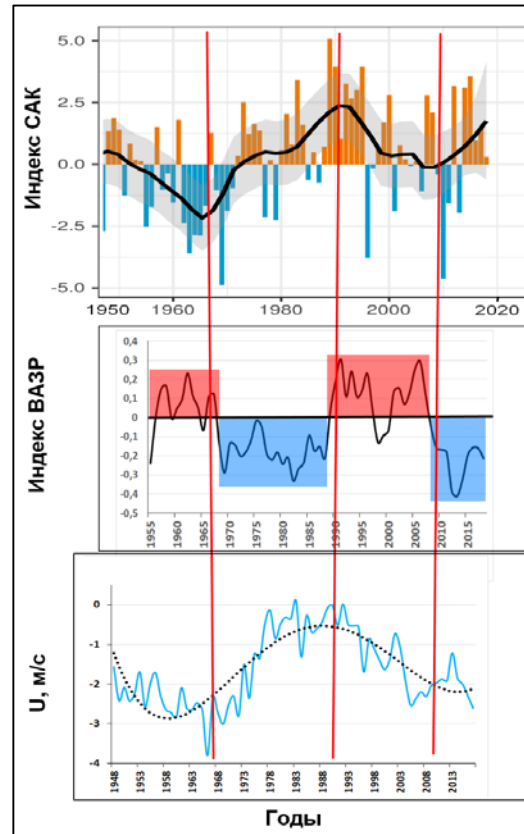
Основные результаты

МУЛЬТИДЕКАДНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Установлены взаимосвязи долгопериодной изменчивости гидрометеорологических параметров среды в акватории Каспийского моря в период 1948-2017. Над акваторией преобладает северо-восточный ветровой режим, но ведущую роль в адвекции тепла играет зональный (восточный) перенос, с ослаблением/усилением которого связаны периоды потепления/похолодания. Временной сдвиг между сменой динамического и термического (а также влажностного) режимов составляет около 10-12 лет. Периоды интенсификации восточного переноса (похолодание) совпадают с ситуацией, когда индекс САК уменьшается до отрицательных либо нулевых значений, а индекс ВАЗР при этом существенно положителен. Ослабление восточного переноса (потепление) происходит в период резкого усиления САК при сильно отрицательных значениях индекса ВАЗР.



Корреляция между зональной компонентой ветра (U) и температурой воздуха в периоды ее повышения (1963-1983; красные точки, розовая заливка) и понижения (1952-1962; 2000-2008; голубые точки, голубая заливка).

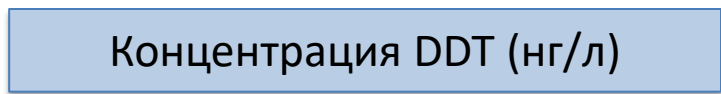
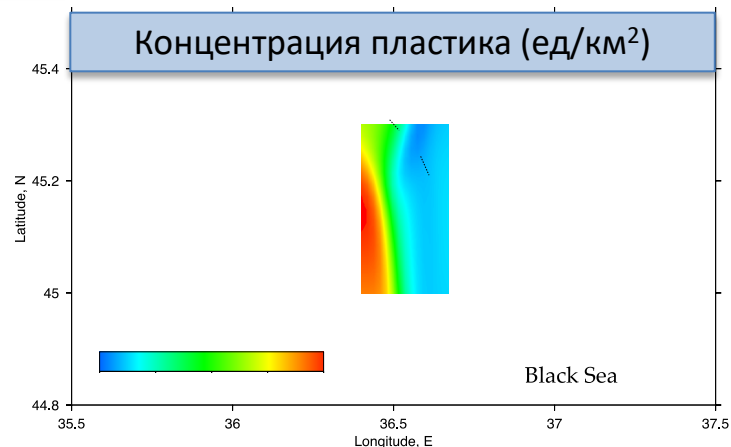
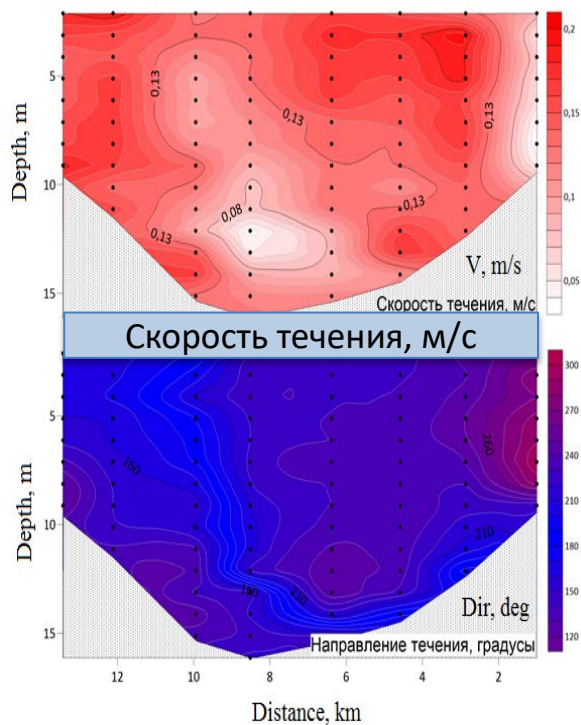


Долгопериодная изменчивость индекса САК (верхняя панель), индекса ВАЗР (средняя панель) и зональной компоненты ветра U (нижняя панель).

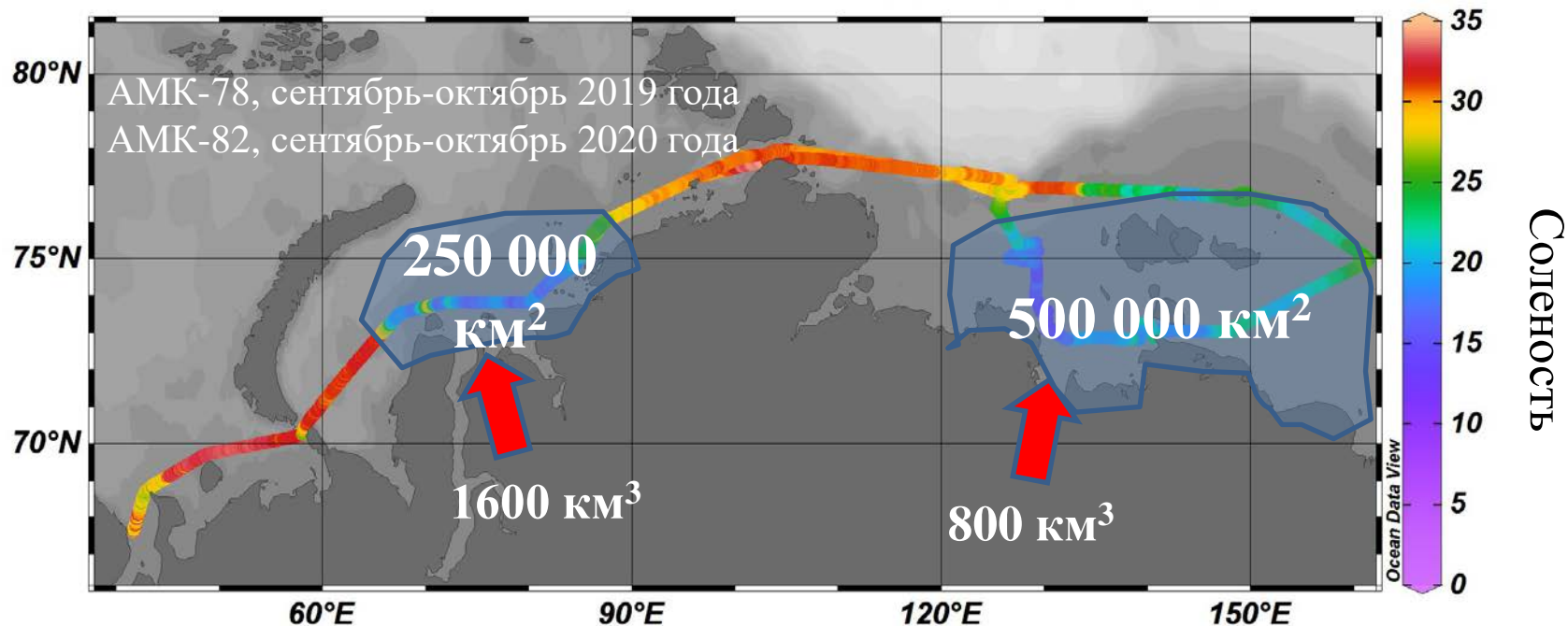
Структура течений и загрязнения в Керченском проливе

В результате натурных исследований летом 2020 г впервые оценены потоки основных загрязнений из Азовского моря в Черное через Керченский пролив (в сутки):

пластикового мусора **220 кг**, нефтепродуктов и иных углеводородов **120 т**, свинца **2400 кг**, кадмия **260 кг**, меди **550 кг**, цинка **3600 кг**, никеля **5900 кг**, кобальта **3500 кг**, хлорорганических пестицидов **80-120 кг**.



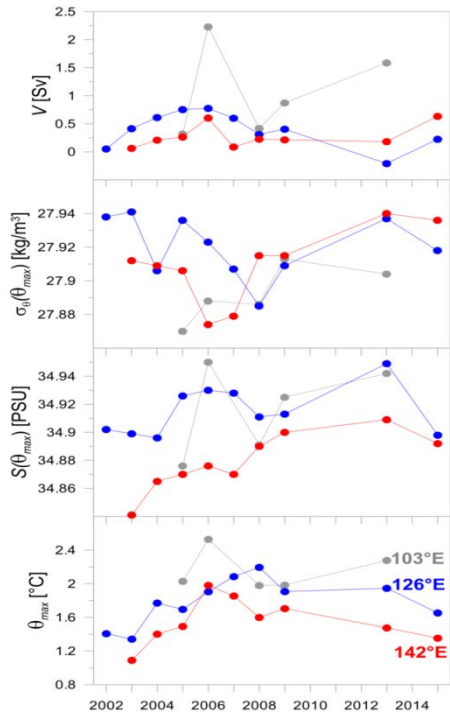
Опресненный поверхностный слой в морях российской Арктики



Линза Карского моря формируется крупными эстуарными реками (Обь и Енисей), а линза моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря – крупными дельтовыми реками (Лена, Колыма и др.). Речной плюм, формируемый стоком из многочисленных, но мелких дельтовых проток растекается более тонким слоем и меньше перемешивается, чем сток из глубоких эстуариев. Из-за этого области опреснения в этих морях очень разные:

1. Линза моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря более тонкая и стратифицированная, чем линза Карского моря.
2. Линза моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря в два раза больше линзы Карского моря, хотя формируется в 1.5 раза меньшим речным стоком.
3. Линза моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря имеет очень большую межгодовую изменчивость площади распространения, в то время как линза Карского моря относительно стабильна.

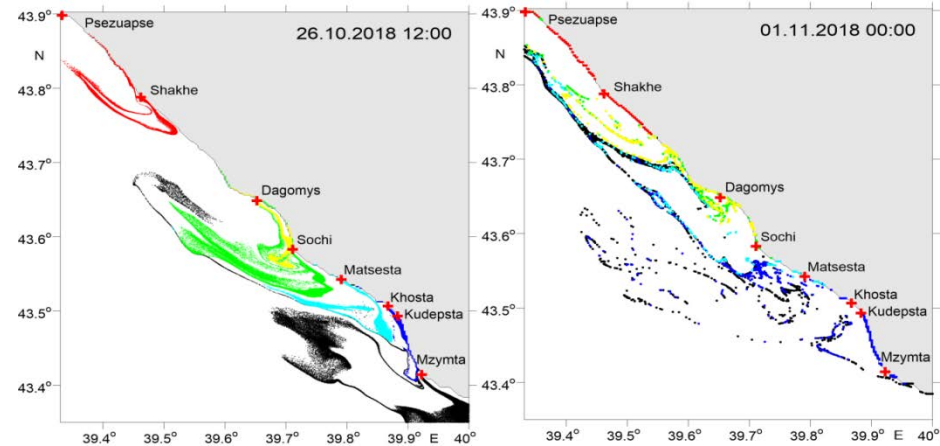
На основе большого объема STD-данных программы NABOS (2002-2015) получены оценки термохалинной изменчивости и расходов течения Атлантические воды (АВ) вдоль континентального склона Евразийского бассейна Арктики. Максимальное значение расхода наблюдалось в области слияния Баренцевоморской и Фрамовской ветвей АВ (1.09 ± 0.38 Sv), в то время как в бассейне Макарова расход убывал до 0.03 ± 0.1 Sv. Впервые показано, что резкое потепление АВ, наблюдавшееся в 2006 г., сопровождалось увеличением солёности и геострофического расхода.



На рисунке: Межгодовая изменчивость максимальной температуры ϑ_{max} и соответствующих ей значений солёности $S(\vartheta_{max})$ и аномалии потенциальной плотности $\sigma_{\theta}(\vartheta_{max})$, а также расхода V АВ в Евразийском бассейне Арктики на разрезах на 103° , 126° и 142° в.д.

Zhurbas N., Kuzmina N. Variability of the thermohaline structure and transport of Atlantic water in the Arctic Ocean based on NABOS (Nansen and Amundsen Basins Observing System) hydrography data // Ocean Science. 2020. Vol. 16. P. 405–421.

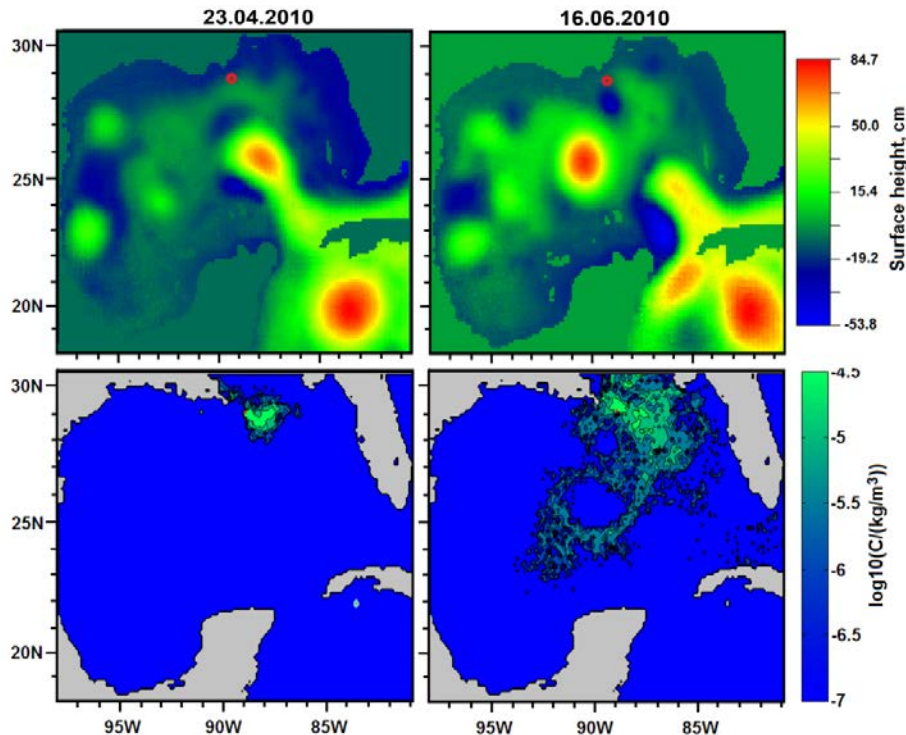
На базе численной модели циркуляции INMOM, сопряженной с моделью переноса лагранжевых частиц и операционным прогнозом волнового (Стоксова) дрейфа, рассчитан перенос плавающего мусора, поступившего в прибрежную зону Черного моря с речным стоком во время катастрофического наводнения в Сочи в октябре 2018 г. **Оценено, что примерно 50% мусора частично собирается в линейные структуры в зонах конвергенции на границе области прибрежного опреснения и уносится вдольбереговым течением, а остальная часть выносится на берег Стоксовым дрейфом.**



На рисунке: Распределение плавающего мусора, поступившего в прибрежную зону Большого Сочи с речным стоком при катастрофическом наводнении в октябре 2018 г. Частицы разного цвета обозначают происхождение мусора из разных рек.

Korshenko E., Zhurbas V., Osadchiev A., Belyakova P. Fate of river-borne floating litter the flooding event in the northeastern part of the Black Sea in October 2018 // Marine Pollution Bulletin. 2020. Vol. 160. 111678.

Разработана комплексная модель для расчета циркуляции и переноса нефти при глубоководном продолжительном выбросе. Моделирование инцидента 2010 г. в Мексиканском заливе показало, что **ключевую роль в предотвращении выноса нефти в Атлантический океан сыграли ветер южных румбов и отделение антициклонического вихря Франклина от Петлевого течения (Loop Current), разомкнувшее перенос нефти к Флоридскому течению.**



Возвышение свободной поверхности и концентрация нефтепродуктов на поверхности Мексиканского залива после инцидента с глубоководным выбросом в 2010 г. (Коротенко К.А., в печати)

Рассмотрена спектральная задача типа Орра–Зоммерфельда для описания неустойчивости океанских геострофических течений с линейным вертикальным профилем скорости с учетом вертикальной диффузии плавучести и трения. Численные решения показали, что:

- а) диссипация расширяет диапазон волновых чисел неустойчивых бароклинных возмущений и
- б) может увеличивать инкременты роста;
- в) возмущения, обусловленные неустойчивостью критического слоя, могут нарастать быстрее бароклинных возмущений;
- г) течения с шириной меньше радиуса Россби могут быть неустойчивы; в зонах узких течений развиваются осесимметричные неустойчивые возмущения – аналог субмезомасштабных вихрей.

Кузьмина Н.П., Скороходов С.Л., Журбас Н.В., Лыжков Д.А. О влиянии трения и диффузии плавучести на динамику геострофических океанских течений с линейным вертикальным профилем скорости // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2020. Т. 56. № 6. С. 676–688.

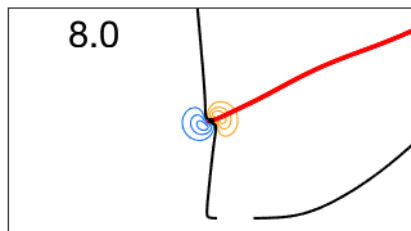
Скороходов С.Л., Кузьмина Н.П. О влиянии бета-эффекта на спектральные характеристики неустойчивых океанских течений // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2020. Т. 60. № 11. С. 1962–1974.

Нелинейная эволюция локализованного монополя в рамках квазигеострофической 1,5 – слойной модели.

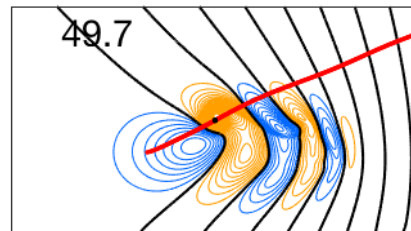
1. Разработан и применен численный алгоритм расчета эволюции континуально-дискретных систем, состоящих из регулярного поля и взаимодействующих с этим полем и между собой сингулярных вихрей.

2. Изучена эволюция сингулярного монополя на бета-плоскости и показано, что она состоит из трех стадий: линейной и квазилинейной, где доминируют бета-круговороты, и нелинейной, где действует механизм «смещенного вихря». **Нелинейная стадия обнаружена и описана впервые.**

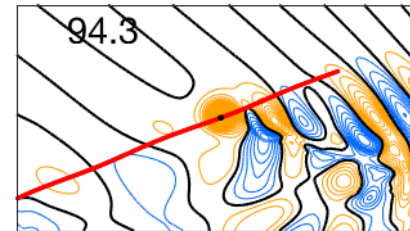
Линейная стадия



Квазилинейная стадия



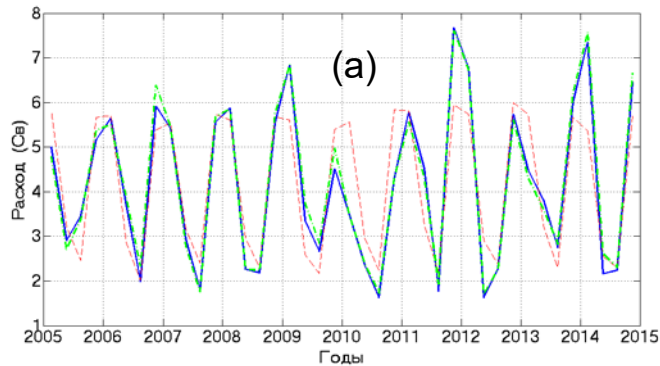
Нелинейная стадия



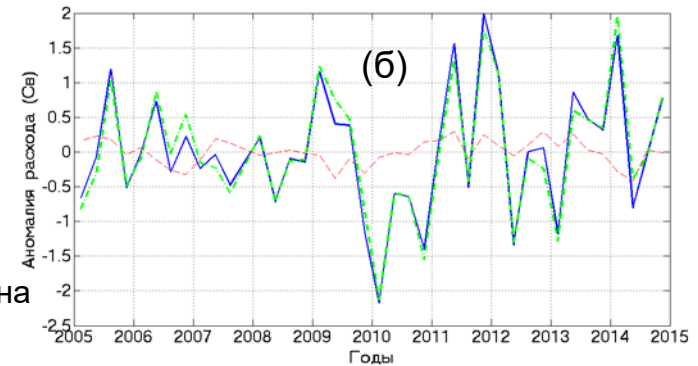
**Фоновое поле точечного вихря на линейной, квазилинейной и нелинейной стадиях.
Черная точка – центр вихря, красная линия – его траектория.**

Изменчивость водообмена Атлантического и Северного Ледовитого океанов под влиянием ветрового воздействия

Для оценки вклада ветрового и термохалинного факторов в межгодовую изменчивость водообмена в дополнение к основным расчетам АМИГО были выполнены численные эксперименты с удалением из термохалинных полей межгодовой изменчивости путем их замены на климатические (Эксперимент 1) и с аналогичной заменой на климатические поля тангенциального напряжения трения ветра (Эксперимент 2).



Для более детального анализа изменчивости расходов из них был удален средний сезонный ход. Полученные аномалии расходов представлены на рисунке (б)



Графики изменчивости расхода (а) и аномалий (б) расхода (Св) на разрезе Исландия–Норвегия по 64° с.ш.

Результаты расчетов АМИГО показаны синей сплошной линией,
результаты Эксперимента 1 представлены зеленой штрих-пунктирной линией,
результаты Эксперимента 2 изображены красной штриховой линией.

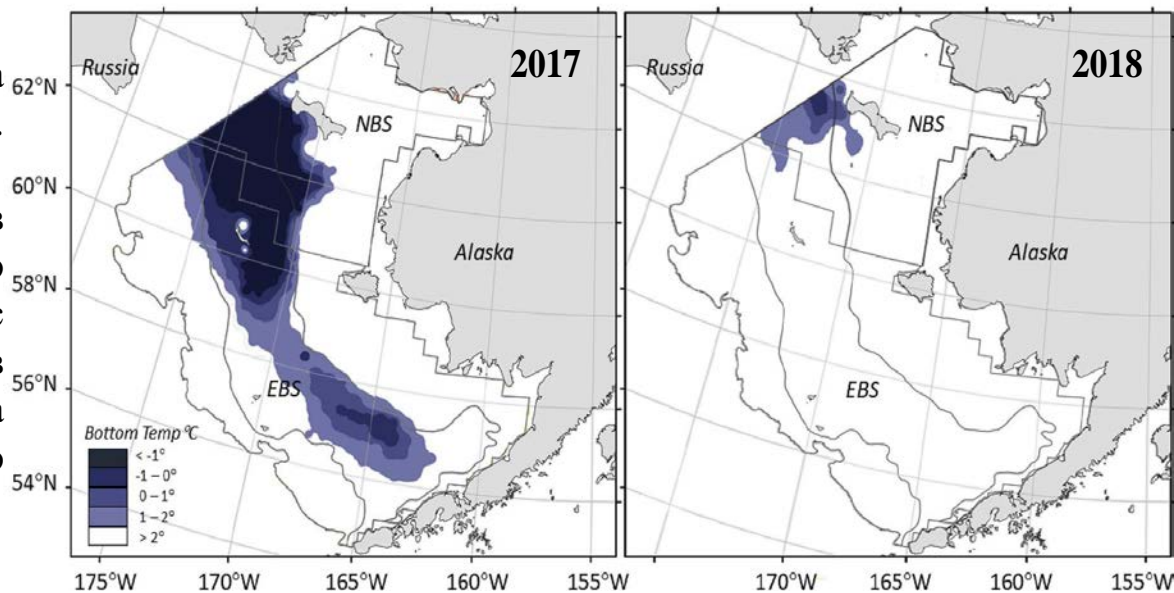
Анализ представленных на рисунке (б) результатов показывает, что на графике Эксперимента 2 (климатический ветер) межгодовая **изменчивость практически отсутствует**, а это говорит о том, что именно **межгодовая изменчивость полей напряжения трения ветра и является основным фактором**, определяющим межгодовую изменчивость водообмена Атлантического и Северного Ледовитого океанов.

Полученные результаты опубликованы в статье:

Лебедев К.В., Филюшкин Б.Н., Щепёткин А.Ф. Модельное исследование межгодовой изменчивости водообмена Полярных морей с Атлантическим и Северным Ледовитым океанами // Океанологические исследования. 2020. Т.48. №2. С.34–50.

Изменения физических процессов и условий среды в Тихоокеанской Арктике и их влияние на условия протекания и сроки наступления экологических процессов

- Кластерный анализ DBSCAN позволил выделить четыре региона в Тихоокеанской Арктике, со схожей изменчивостью факторов среды и климатологических процессов;
- Проанализировано состояние среды и динамика вод в выделенных регионах за 2000 – 2019 гг;
- Проведена оценка возможных последствий климатических изменений в регионах, влияние на условия протекания и сроки наступления экологических процессов;
- Описано увеличение скорости таяния и уменьшение мощности льда, сокращение дней с ледовым покровом, а также уменьшение площади льда в 2014 – 2019 гг, и в особенности в 2017 – 2019 гг в Беринговом море;
- Выявлено практически полное исчезновение Лаврентьевского пятна холодной воды летом 2018 г (см. Рис.);
- Показано, что мощность градиентов и расположение Алеутского минимума меняется в фазе с холодными и теплыми периодами в Беринговом море, что влияет на крупномасштабную циркуляцию всего Берингова моря.



Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N., Watson J.T., Selivanova J. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // DSR II, 2020. Vol. 177. 104802.

На основе теоретической нелинейной модели оценены параметры волноводов волн Россби в области Антарктического циркумполярного течения (АЦТ). Нелинейность модели позволяет объяснить эффект распространения волн Россби на АЦТ в восточном направлении. Показано соответствие оценок с данными спутниковой альтиметрии. Detection of waveguide for Rossby waves using satellite altimetry in the Antarctic Circumpolar Current. T. Belonenko , A. Frolova & V. Gnevyshev. Intern. J. Rem. Sensing, 41:16, 6232-6247

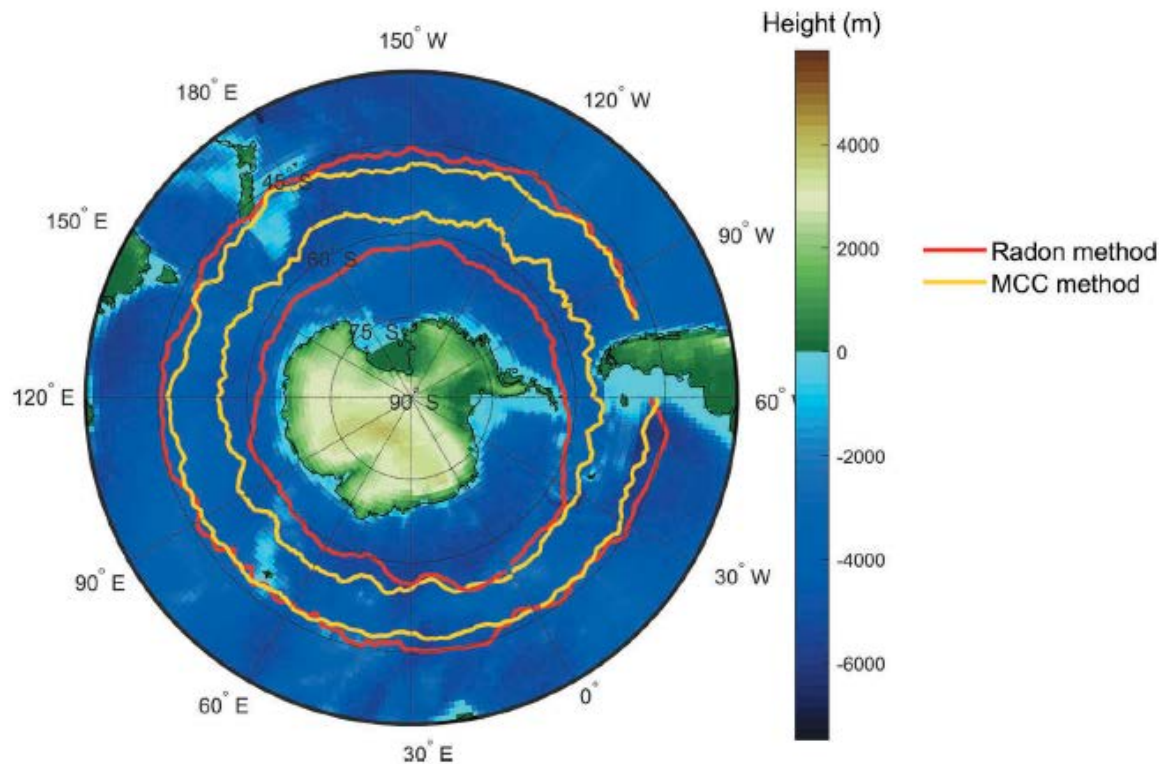
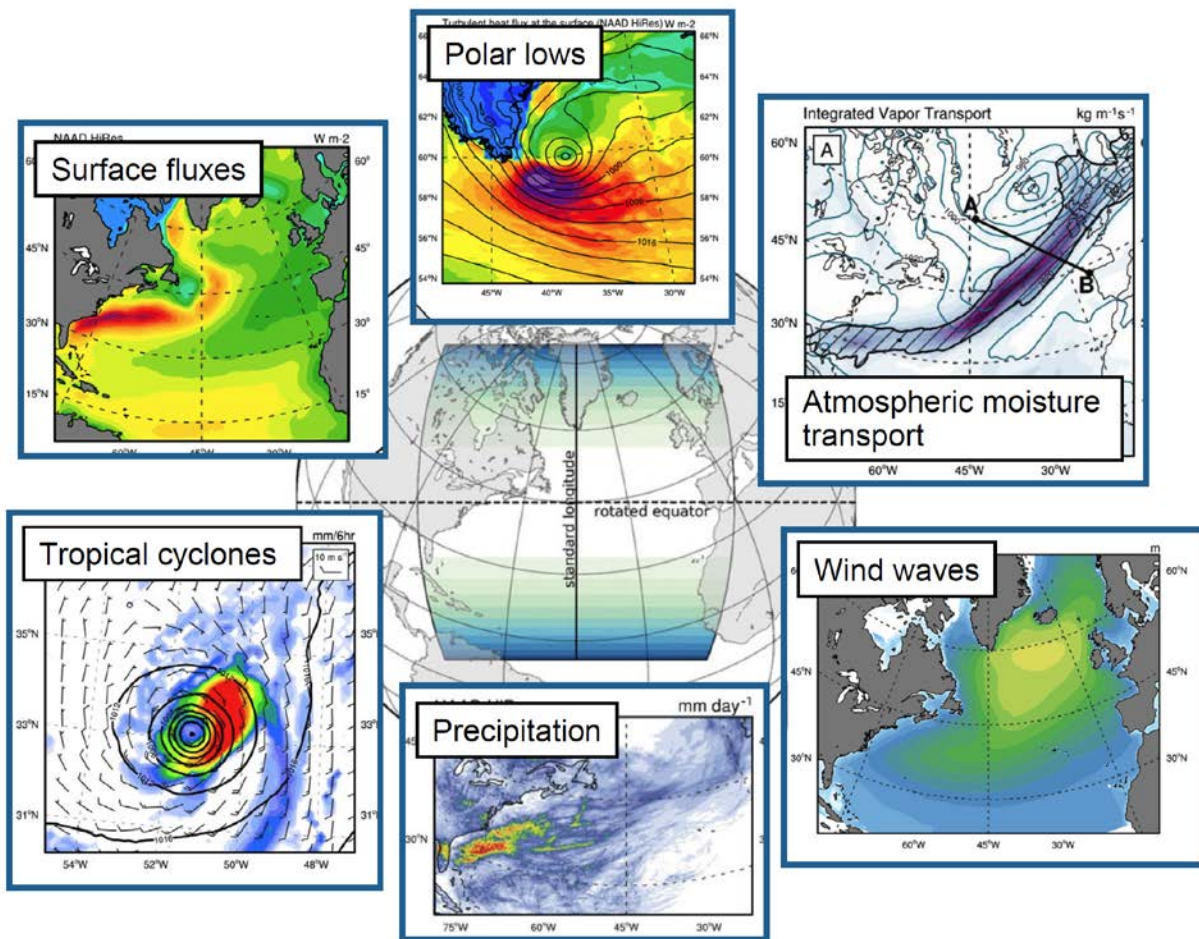


Figure 4. The waveguide boundaries according to the Radon and MCC methods. The period of data averaging is 2014 to 2017. The bottom topography is shown in blue colour.

С использованием высокоразрешающего моделирования океана и атмосферы был **создан уникальный массив RAS-NAAD**, который представляет 40-летнюю ретроспективную реконструкцию атмосферы Северной Атлантики (10°N - 80°N) с пространственным разрешением 14 км и с 50 уровнями по вертикали (до 50 гПа), созданную с помощью региональной модели WRF-ARW 3.8.1 за период 1979-2018 гг.



Общая структура массива RAS-NAAD. В центре – область моделирования, панели по краям показывают примеры результатов для потоков тепла, полярных мезоциклонов, атмосферного влагопереноса, тропических циклонов, осадков и ветровых волн.