

АННОТИРОВАННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ
О РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ
НА ЭТАПЕ № 1

«Ретроспективное изучение поведения системы Гольфстрим – Северо-Атлантическое течение и Атлантической термохалинной циркуляции (АТХЦ) в целом как важных звеньев общей циркуляции глобального океана»

Соглашение от «17» августа 2012 г. № 8328.

Тема: «Термохалинная циркуляция Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана: механизмы межгодовой изменчивости и ее роль в изменении климата Евразии».

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный океанографический институт имени Н.Н.Зубова» (ФГБУ «ГОИН»).

Ключевые слова: общая циркуляция океана, изменение климата, численное моделирование циркуляции океана, Северная Атлантика, Северный Ледовитый океан.

1. Цель проекта

1.1. Формулировка задачи / проблемы, на решение которой направлен реализованный проект.

Комплексное исследование процессов определяющих межгодовую изменчивость циркуляции вод в Северной Атлантике (СА) и Северном Ледовитом океане (СЛО) в условиях изменяющегося климата. Исследования основываются на анализе новых данных по термохалинному состоянию и циркуляции вод в СА и СЛО и результатах численных расчетов циркуляции вод Мирового океана по заданным сценариям реального атмосферного воздействия. Расчеты проводятся с помощью современных российских моделей общей циркуляции океана, разработанных в Институте вычислительной математики (ИВМ) и Институте океанологии (ИО) РАН и хорошо зарекомендовавших себя в рамках международных проектов CORE (Coordinated Ocean-ice Reference Experiments) и IPCC (МГЭИК).

1.2. Формулировка цели реализованного проекта, места и роли результатов проекта в решении задачи / проблемы, сформулированной в п. 1.1.

Ретроспективное (за последние 60 лет) изучение поведения системы Гольфстрим – Северо-Атлантическое течение и Атлантической термохалинной циркуляции (АТХЦ) в целом как важных звеньев общей циркуляции глобального океана.

Исследование механизмов ослабления интенсивности АТХЦ и меридионального переноса тепла (МПТ) в условиях потепления климата, ослабления глубоководной конвекции в Северной Атлантике, вызванной поступлением пресных вод (в основном из СЛО и за счет таяния материкового льда Гренландии).

Составление оценочного прогноза изменений климата на Евразийском континенте на ближайшие десятилетия, базирующегося на выявлении связей в совместных мультидекадных изменениях гидрологических и атмосферных полей в СА.

2. Основные результаты проекта (этапа проекта)

2.1. Краткое описание основных полученных результатов (основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности, характеристики созданной научной продукции)/ Указание основных характеристик созданной научной продукции (при наличии научной продукции).

1) С помощью модели общей циркуляции океана ИО-ИВМ РАН с пространственным разрешением 0.1° по долготе и широте и 49 уровнями по глубине с атмосферным воздействием из данных CORE проведены исследования формирования *внутригодовой* изменчивости циркуляции вод Мирового океана и чувствительности модели к параметризациям подсеточных турбулентных процессов. В рамках этого были получены следующие результаты.

Удалось добиться правильного положения отрыва Гольфстрима от материка возле мыса Гаттерас и дальнейшего его распространения в виде Северо-Атлантического течения. Воспроизведена сложная внутригодовая пространственно-временная изменчивость течения Гольфстрим, включая его меандрирование с формированием циклонических и антициклонических вихрей.

Проведена серия экспериментов на чувствительность воспроизведения характеристик Гольфстрима и, в частности, положения его отрыва от склона шельфа к параметризации турбулентных подсеточных процессов. На основе полученных новых результатов и результатов экспериментов на чувствительность, проведенных ранее в других вихреразрешающих моделях, проиллюстрировано влияние выбора операторов горизонтальной вязкости и диффузии и влияние размеров коэффициентов при операторах на поведение Гольфстрима. Установлена значимость вихревой составляющей кинетической энергии для правильного воспроизведения характеристик Гольфстрима.

2) С помощью σ -модели общей циркуляции океана ИВМ РАН (INMOM – Institute of Numerical Mathematics Ocean Model) со смещенными полюсами с разрешением $1^\circ \times 0.5^\circ$ по долготе и широте с 40 уровнями по глубине проведены расчеты *климатической* изменчивости циркуляции Мирового океана с атмосферным воздействием, рассчитанным также по данным CORE. Для участия во второй фазе этого международного проекта CORE II, согласно требуемому сценарию, проведено 5 циклов расчёта, каждый из которых соответствует 60-летнему периоду с 1948 по 2007 гг.

Результаты расчетов климатических характеристик циркуляции Мирового океана хорошо согласуются с наблюдениями и результатами других зарубежных моделей. Эти расчеты показали, что индексы АТХЦ и меридионального переноса тепла (МПТ) в СА имеют ярко выраженные мультидекадные изменения. Индекс АТХЦ имеет приблизительно 5-летнее опережение по отношению к индексу Атлантической мультидекадной осцилляции (АМО). Такой характер климатической изменчивости в СА, полученный с помощью численного моделирования, полностью согласуется с анализом данных наблюдений, описанным ниже.

3) Проведены исследования климатологии гидрологических полей в регионе Северной Атлантики (СА) по данным наблюдений для зимнего и летнего сезонов в интервалах 1928-1965, 1966-1997, 1997–2010 гг., которые определялись согласно временному ходу АМО. Климатические массивы полей по температуре (Т), солёности (S) и плотности воды (ρ) на стандартных океанографических горизонтах с пространственным разрешением 0.5° формировались на основе базы данных глубоководных гидрологических наблюдений, созданной в ФГБУ «ГОИН» на основе баз гидрологических наблюдений Национального океанографического центра данных США и ВНИГМИ МЦД. По этим массивам согласно Стоммелу (1963) рассчитаны карты изменения теплосодержания верхнего деятельного слоя СА относительно поверхности расположения десятиградусной изотермы. На основе численной циркуляционной модели INMOM для трёх климатических интервалов осреднений для летнего и зимнего сезонов рассчитана циркуляция вод в регионе СА по методу диагноза–адаптации, предложенному акад. Саркисяном А.С. (1983). Показано, что результаты циркуляции на поверхности СА согласуются с

соответствующими картами циркуляции, полученными независимым путём по результатам обработки траекторий гидрологических дрейфтеров.

С использованием собранных данных и программного комплекса расчетов дрейфтерных и градиентных течений для холодного и теплого полугодий и для выше описанных интервалов лет были рассчитаны климатические поля поверхностных течений и температуры в рассматриваемой акватории Мирового океана. Из комплексного анализа результатов обработки независимых наблюдений гидрологических полей и траекторий поверхностных дрейфтеров следует что, во-первых, в масштабе процессов климатического осреднения отсутствует информация об ослаблении течения Гольфстрима, а, во-вторых, в последнее десятилетие отмечается увеличение притока в приполярные районы СА тёплых вод из средних широт этого региона.

Выполнено так же численное моделирование полей ветрового волнения Северной Атлантики за 26 лет с 1980 по 2005 гг., на основании которого проведен анализ внутригодовой и межгодовой изменчивости ветрового волнения в СА в последние десятилетия

2.2. Описание новизны научных результатов.

Новизна общего подхода к исследованиям по НИР заключается в комплексном использовании современных массивов данных наблюдений и численного моделирования. Впервые проведён совместный анализ среднесезонной климатической циркуляции вод на поверхности СА за несколько периодов осреднений, определяемых эволюцией индекса АМО, основанный на траекториях дрейфтеров и по результатам расчетов в режиме диагност-адаптация по термохалинным полям гидрологических наблюдений.

Для численного моделирования задействованы современные российские модели общей циркуляции океана, не уступающие зарубежным аналогам. Так сигма-модель общей циркуляции океана ИВМ РАН является единственной в мире сигма-координатной моделью, способной адекватно воспроизводить циркуляцию Мирового океана при расчетах на большие времена. Впервые в России создана вихреразрешающая модель циркуляции Мирового океана с пространственным разрешением 0.1° по горизонтали и 49 уровнями по вертикали, в рамках которой были проведены эксперименты на чувствительность характеристик течения Гольфстрим к параметризации подсеточных процессов.

С целью выполнения специфических задач по данному проекту была разработана новая версия ранее созданного геопривязанного интерактивного программного комплекса по обработке, анализу и визуализации данных дрейфтерных наблюдений за течениями и температурой в поверхностном слое Мирового океана.

2.3. Сопоставление с результатами аналогичных работ мирового уровня.

Участие модели общей циркуляции океана INMOM с пространственным разрешением $1^\circ \times 0.5^\circ$ в международных проектах CORE и IPCC (МГЭИК) показало, что она по качеству воспроизведения циркуляции Мирового океана не уступает зарубежным аналогам, участвующим в этом проекте.

В модели Мирового океана ($1/10^\circ \times 1/10^\circ \times 49$) удалось реалистично воспроизвести основные характеристики течения Гольфстрим, что ранее это удавалось сделать лишь в океанических моделях, созданных в ведущих зарубежных центрах.

3. Назначение и область применения результатов проекта

3.1. Описание областей применения полученных результатов (области науки и техники; отрасли промышленности и социальной сферы, в которых могут или уже

используются полученные результаты или созданная на их основе инновационная продукция).

Модель INMOM применяется в качестве океанического блока модели климата Земли в ИВМ РАН. Она используется в Гидрометцентре РФ и в ФГБУ «ГОИН» для решения ряда научных и практических задач, связанных с расчетом циркуляции как всего Мирового океана, так и его отдельных акваторий. С помощью моделирования и анализа дрейферных данных в ГОИНе проводились оперативные расчеты распространения радиоактивного загрязнения от АЭС «Фукусима 1».

3.2. Перспективы практического применения и коммерциализации результатов проекта

Настоящая НИР носит научный исследовательский характер, поэтому согласно регламенту пп. 3.2 не заполняются.

3.2.1. Описание направлений практического внедрения полученных результатов или перспектив их использования.

3.2.2. Оценка или прогноз влияния полученных результатов на развитие научно-технических и технологических направлений; на разработку новых технических решений; на изменение структуры производства и потребления товаров и услуг в соответствующих секторах рынка и социальной сферы.

3.2.3. Описание ожидаемых социально-экономических и др. эффектов от использования товаров и услуг, созданных на основе полученных результатов (повышение производительности труда, снижение материало- и энергоёмкости производства, уменьшение отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду, снижение риска смертности, повышение качества жизни и т.п.).

3.2.4. Описание существующих или возможных форм коммерциализации полученных результатов: организация производства продукции и/или оказание услуг, в том числе с образованием нового юридического лица или без него; заключение лицензионных договоров, заключение договоров уступки прав на РИД. Либо указывается: «Коммерциализация проектом не предусмотрена».

Коммерциализация проектом не предусмотрена.

3.2.5. Описание видов новой и усовершенствованной продукции (услуги), которые могут быть созданы или уже созданы на основе полученных результатов интеллектуальной деятельности (РИД); указание предполагаемых или фактических рынков сбыта.

4. Перспективы развития исследований

Краткая информация о перспективах развития выполненного в ходе выполнения проекта исследования.

Практический результат, который получен в ходе выполнения НИР – создание новых технологий использования данных океанографических наблюдений различного рода и численного моделирования с высоким пространственным разрешением, предназначенных для изучения процессов, протекающих в СА и СЛО на протяжении последних пятидесяти лет. Все эти наработки могут служить основой для выработки экспертных оценок по климатическим изменениям и изменчивости в Северной Атлантике, Северном Ледовитом океане и Мировом океане в целом. В свою очередь, связи между океанической изменчивостью и изменчивостью климата Евразии могут служить также основой для выработки экспертных оценок климатических изменений на территории России. Подобные экспертные оценки, как правило, дорогостоящи.

1) Информация о том, насколько участие в ФЦП способствовало формированию новых исследовательских партнерств. Участвует ли научный коллектив в проектах по 7-

й рамочной Программе Евросоюза (с указанием названия проектов и перечня партнеров по ним).

2) Краткая информация о проектах научного коллектива по аналогичной тематике.

Настоящая НИР является продолжением проекта ФЦП 2010-2012 гг. по подготовке высококвалифицированных кадров в рамках НОЦ ФГБУ «ГОИН» (ГК № 02.740.11.0737).

3) Информация о том, сотрудничество с какими странами и исследовательскими центрами может способствовать наибольшей отдаче для развития в России технологий в области исследования, а также для выхода российской продукции на региональные и глобальные рынки.

5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников проекта (этапа проекта) в области науки, образования и высоких технологий

Закреплены следующие специалисты:

Кауркин М. Н., 03.03.1989 года рождения, выпускник МФТИ, 12.10.2012 принят в очную аспирантуру ИВМ РАН.

Байбурин Р. Р., 06.05.1989 года рождения, выпускник МФТИ, 15.10.2012 принят в очную аспирантуру ИО РАН.

Богданов Ю.А., 21.01.1986 года рождения, выпускник МФТИ, в 2012 году принят в очную аспирантуру ФГБУ «ГОИН», а так же принят на работу на 0,5 ставки на должность младшего научного сотрудника в ФГБУ «ГОИН».

Фомин В.В., 20.10.1989 года рождения, выпускник МФТИ, в 2012 году принят в очную аспирантуру Факультета аэрофизики и космических исследований МФТИ, а так же принят на работу на 0,5 ставки на должность младшего научного сотрудника в ФГБУ «ГОИН».

Руководитель организации-исполнителя:

И.о. директора ФГБУ «ГОИН»

_____ А.А.Постнов

Руководитель работ по проекту

Главный научный сотрудник,
академик РАН

_____ А.С. Саркисян

«05» декабря 2012 г.

М.П.