

Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.616.21.0035

Тема: «Долгосрочное прогнозирование экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении.»

Приоритетное направление: Рациональное природопользование (РП)

Критическая технология: Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

Период выполнения: 21.08.2015 - 15.09.2017

Плановое финансирование проекта: 25.20 млн. руб.

Бюджетные средства 12.60 млн. руб.,

Внебюджетные средства 12.60 млн. руб.

Получатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им.П.П.Ширшова Российской академии наук

Иностранный партнер: Das Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Иностранный партнер: Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement

Ключевые слова: Взаимодействие океана и атмосферы, динамика климата, Северная Атлантика, экстремальные события, предсказуемость.

1. Цель проекта

1) Данный проект направлен на оценку чувствительности климатической модели к разрешению океанского блока и характеристики климатических изменений в Атлантико-Европейском секторе под влиянием океанского климатического сигнала. В рамках проекта впервые будет выполнен анализ результатов модельных экспериментов, включающий изменения динамики океана, характеристик взаимодействия океана и атмосферы, циклонической активности и влагопереноса и динамики экстремальных осадков на Европейском континенте.

2) Целью данного проекта является построение системы для долгосрочного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении. Эта цель предполагает использование высокоразрешающей модели FESOM-ECHAM6 (Институт Альфреда Вегенера) для выполнения экспериментов по моделированию климата с регионально очень высоким разрешением в Мировом океане, в первую очередь в Северной Атлантике. Результаты численных экспериментов будут валидироваться на основе использования данных о потоках тепла на границе океан-атмосфера, и высокоточных гидрологических наблюдений что позволит оценить эффект использования данной модельной конфигурации. Затем результаты модельных экспериментов при различных сценариях климатических изменений будет проанализированы с точки зрения динамики циклонов в Атлантико-Европейском секторе, их роли в переносе тепла и влаги и формирования экстремальных режимов тепла и увлажнения на Европейском континенте.

2. Основные результаты проекта

В ходе выполнения работ на первом этапе был подготовлен аналитический обзор современной научно-технической литературы по проблеме прогнозирования изменений климата. Были проанализированы существующие методы идентификации циклонической активности и определения потоков тепла над океаном. Выполнены патентные исследования для определения уровня создаваемых в России и за рубежом методов долгосрочного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении. Было выполнено обоснование направления исследований. Установлено, что диагностика циклонической активности сводится как к оценке общих характеристик циклонической активности, так и к детальному анализу интегральной роли циклонов в климатической системе и оценке неопределенностей, связанной с идентификацией и построением траекторий циклонов, как с применением различных методов трекинга, так и с использованием моделей общей циркуляции океана и атмосферы

различного пространственно-временного разрешения. Были выполнены численные интегрирования модели FESOM-ECHAM6 для установления влияния уменьшения ледового покрова на динамику высокоширотной атмосферы. Эксперименты были спланированы так, что сначала было выполнено контрольное интегрирование (100 членов ансамбля, численный расчет с июля по июнь), а затем 100 интегрирований с уменьшением объема Арктических льдов на 80% по отношению к контрольному эксперименту. Были выполнены массовые расчеты характеристик потоков явного и скрытого тепла в модельных экспериментах по воспроизведению современного и будущего климата ансамбля моделей CMIP5. Всего было проанализировано 27 моделей. В своем большинстве модели имеют тенденцию завышения турбулентных потоков тепла по сравнению с натурными данными от 15 до 35%

В ходе выполнения работ на втором этапе была выполнена разработка методологии расчета характеристик циклонической активности и проведение ее адаптации в модели FESOM-ECHAM6. Эта методология основана на численной процедуре идентификации циклонов и расчете их скоростей, интенсивности и времени жизни. Был выполнен расчет характеристик циклонической активности в ходе модельных экспериментов FESOM-ECHAM6 и по данным современных реанализов (для современного климата в период 1979-2015 гг.). Это позволило проанализировать динамику циклонической активности в современном климате и установить основные механизмы ее изменений. Кроме того, был выполнен анализ изменений параметров жизненного цикла атмосферных циклонических образований, что позволило построить модель жизненного цикла циклонов.

1.1 Обзор характеризует современное состояние проблемы и описывающий основные подходы к созданию системы для долгопериодного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении. Установлено, что диагностика циклонической активности сводится как к оценке общих характеристик циклонической активности, так и к детальному анализу интегральной роли циклонов в климатической системе и оценке неопределенностей, связанной с идентификацией и построением траекторий циклонов, как с применением различных методов трекинга, так и с использованием моделей общей циркуляции океана и атмосферы различного пространственно-временного разрешения. Результаты экспериментов были использованы для оценки динамики атмосферных процессов в контрольном интегрировании и в интегрировании с уменьшением количества льда. Были обнаружены сильные изменения температурной структуры атмосферы, однако значимого отклика в динамике циклонической активности обнаружено не было. Была также обнаружена отрицательная корреляция потоков явного и скрытого тепла в моделях (преимущественно в низких широтах), что не наблюдается в данных наблюдений. Для исследования этого феномена запланированы работы по исследованию роли частоты объединения атмосферного и океанского блоков моделях, что может служить объяснением неожиданного результата.

1.2 Полученные результаты отличаются существенной новизной. В частности впервые для решения проблемы достоверного воспроизведения динамики океана в модели климата в рамках данного проекта мы предлагаем использование глобальной модели климата FESOM-ECHAM6, которая имеет пространственное разрешение от 1/12 до 1/24 градуса, что позволяет достоверно описывать синоптическую и мезомасштабную динамику океана. Что особенно важно, что FESOM-ECHAM6 позволяют реализовывать сверхвысокое разрешение в отдельных областях океана, например в западных пограничных течениях, и, таким образом, детально изучать роль региональных сигналов в формировании долгопериодной климатической изменчивости.

1.3 Полученные результаты полностью соответствуют ТЗ и ПГ работ по ПНИ; они создают основу для дальнейшего расчета циклонической активности и проведения численных экспериментов на втором этапе.

1.4 В отличие от нашего проекта современные климатические модели, имея пространственное разрешение океанского блока в большинстве случаев примерно 1 градус, а в отдельных случаях 1/4 градуса, неадекватно описывают динамику океана. Это не позволяет воспроизводить реальную динамику океанских мезомасштабных и синоптических вихрей, а, следовательно, их роль в формировании долгопериодной изменчивости океана. Как следствие, долгопериодная изменчивость Мирового океана на масштабах нескольких десятилетий оказывается также недостоверно воспроизведенной, поскольку именно океанские вихри ответственны за формирование долгопериодных собственных колебаний океана, в первую очередь в областях западных пограничных течений. Все это делает недостоверным описание отклика атмосферных процессов на долгопериодные океанские сигналы, включая частоту и повторяемость экстремальных событий на континентах, которые также воспроизводятся неадекватно.

2.1 Развита и усовершенствована численная схема идентификации траекторий внетропических циклонов, позволяющая идентифицировать циклоны и строить их траектории по произвольным массивам данных, включая данные региональных и глобальных моделей.

2.2 Впервые проведено количественное сопоставление характеристик циклонической активности во всех существующих реанализах и показано, что последнее поколение реанализов наиболее реалистично воспроизводит вихревую динамику в атмосфере. В частности показано, что основное увеличение количества воспроизводимых численными моделями циклонов происходит за счет увеличения спектрального разрешения моделей в диапазоне T62 – T255 и связано с увеличением количества неглубоких циклонов и циклонов средней интенсивности. С еще большим увеличением разрешения, вплоть до T382, статистически значимого увеличения количества циклонов не наблюдается.

Общее количество циклонов в Северном полушарии за период с 1979 по 2010 гг. статистически значимо не меняется, как на масштабах короткопериодных межгодовых изменений, так и на масштабах декадной изменчивости, что подтверждается тремя наиболее развитыми реанализами. При этом наблюдается пространственное перераспределение частот повторяемости циклонов и значимые региональные изменения характеристик их жизненного цикла. В зимний период все реанализы подтверждают усиление в течение Североамериканского и Североатлантического шторм-треков за период с 1979 по 2013 гг. и уменьшение количества циклонов в восточной части Северной Атлантики и Средиземноморье. В Тихом океане большинство реанализов подтверждает усиление за тот же период субполярного шторм-трека и уменьшение количества циклонов в субтропиках Тихого океана.

В летний период все реанализы согласованно указывают на ослабление циклонической активности в области Североамериканского шторм-трека одновременно с тенденцией увеличения количества циклонов в северной части Евразии.

Одновременное увеличение количества циклонов в центральной среднеширотной и субполярной Атлантике и уменьшение количества циклонов в западной части Северной Атлантики и Средиземноморье, подтвержденное большинством реанализов, свидетельствует о смещении циклонических траекторий к северу в течение последних десятилетий, подтверждая, что данный климатический феномен является одним из наиболее значимых наблюдаемых сигналов в синоптической динамике атмосферы.

2.3 Проведен анализ циклонической активности в Арктике на основе регионального высококорреляционного реанализа ASR, основанного на негидростатической мезомасштабной модели. Показано, что негидростатическая модель, используемая в ASR, по сравнению с моделями глобальных реанализов позволяет идентифицировать значительно большее число циклонов в Арктике, особенно в летний период. ASR воспроизводит на 35% больше циклонов над континентальными полярными областями за счет лучшей идентификации неглубоких циклонов и циклонов средней интенсивности.

Показано, что интенсивность (максимальная глубина) и ветровые характеристики экстремальных арктических циклонов существенно недооцениваются моделями глобальных реанализов в сравнении с негидростатической моделью реанализа ASR. Различия для интенсивности циклонов составляют в среднем 4 гПа, для скорости углубления – 1 гПа/6 часов, для скорости ветра – от 3 до 6 м/с.

2.4 Проведено исследование чувствительности характеристик циклонической активности над резкое сокращение площади льда в Арктике на основе экспериментов с моделью ECHAM-FESOM6. Анализ результатов моделирования показал, что сокращение площади льда не ведет к глобальной перестройке атмосферной циркуляции в Северном полушарии, ослабляет циклоническую активность в Арктике на 15-20% и имеет слабый отклик в состоянии атмосферы удаленных от полярных районов областях. **1.** Развита и усовершенствована численная схема идентификации траекторий внетропических циклонов, позволяющая идентифицировать циклоны и строить их траектории по произвольным массивам данных, включая данные региональных и глобальных моделей.

2. Впервые проведено количественное сопоставление характеристик циклонической активности во всех существующих реанализах и показано, что последнее поколение реанализов наиболее реалистично воспроизводит вихревую динамику в атмосфере. В частности показано, что основное увеличение количества воспроизводимых численными моделями циклонов происходит за счет увеличения спектрального разрешения моделей в диапазоне T62 – T255 и связано с увеличением количества неглубоких циклонов и циклонов средней интенсивности. С еще большим увеличением разрешения, вплоть до T382, статистически значимого увеличения количества циклонов не наблюдается.

Общее количество циклонов в Северном полушарии за период с 1979 по 2010 гг. статистически значимо не меняется, как на масштабах короткопериодных межгодовых изменений, так и на масштабах декадной изменчивости, что подтверждается тремя наиболее развитыми реанализами. При этом наблюдается пространственное перераспределение частот повторяемости циклонов и значимые региональные изменения характеристик их жизненного цикла. В зимний период все реанализы подтверждают усиление в течение Североамериканского и Североатлантического шторм-треков за период с 1979 по 2013 гг. и уменьшение количества циклонов в восточной части Северной Атлантики и Средиземноморье. В Тихом океане большинство реанализов подтверждает усиление за тот же период субполярного шторм-трека и уменьшение количества циклонов в субтропиках Тихого океана.

В летний период все реанализы согласованно указывают на ослабление циклонической активности в области Североамериканского шторм-трека одновременно с тенденцией увеличения количества циклонов в северной части Евразии. Одновременное увеличение количества циклонов в центральной среднеширотной и субполярной Атлантике и уменьшение количества циклонов в западной части Северной Атлантики и Средиземноморье, подтвержденное большинством реанализов, свидетельствует о смещении циклонических траекторий к северу в течение последних десятилетий, подтверждая, что данный климатический феномен является одним из наиболее значимых наблюдаемых сигналов в синоптической динамике атмосферы.

3. Проведен анализ циклонической активности в Арктике на основе регионального высококорреляционного реанализа ASR, основанного на негидростатической мезомасштабной модели. Показано, что негидростатическая модель, используемая в ASR, по сравнению с моделями глобальных реанализов позволяет идентифицировать значительно большее число циклонов в Арктике, особенно в летний период. ASR воспроизводит на 35% больше циклонов над континентальными полярными областями за счет лучшей идентификации неглубоких циклонов и циклонов средней интенсивности.

Показано, что интенсивность (максимальная глубина) и ветровые характеристики экстремальных арктических циклонов существенно недооцениваются моделями глобальных реанализов в сравнении с негидростатической моделью реанализа ASR. Различия для интенсивности циклонов составляют в среднем 4 гПа, для скорости углубления – 1 гПа/6 часов, для скорости ветра – от 3 до 6 м/с.

4. Проведено исследование чувствительности характеристик циклонической активности над резкое сокращение площади льда в Арктике на основе экспериментов с моделью ECHAM-FESOM6. Анализ результатов моделирования показал, что сокращение площади льда не ведет к глобальной перестройке атмосферной циркуляции в Северном полушарии, ослабляет циклоническую активность в Арктике на 15-20% и имеет слабый отклик в состоянии атмосферы удаленных от полярных районов областей.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

На данном этапе РИД не разрабатывались

4. Назначение и область применения результатов проекта

1) На основе результатов проекта будут выполнены прогнозы климатических изменений интенсивности и повторяемости экстремальных погодных явлений на территории Европы с достоверностью, превышающей достоверность существующих прогнозов, выполненных на основе моделей, включающих океанский блок в грубом разрешении. Эти результаты войдут в следующий отчет Межправительственной Группы Экспертов по Климатическим Изменениям (МГЭИК) и в национальный Российский Доклада об изменениях климата.;

2) Полученные результаты позволят разработать рекомендации для государственных органов по долгосрочному стратегическому планированию экономики, организации энергетики, планированию структурных преобразований сельского хозяйства с учетом влияния процессов взаимодействия океана и атмосферы на климат России;

3) На международном уровне результаты проекта будут использоваться страховыми компаниями, в первую очередь осуществляющими вторичное страхование от ущерба от природных рисков (Munich Re, Swiss Re). У нас уже имеется опыт эффективного сотрудничества с этими компаниями в рамках проекта IMLAST. Кроме того, результаты проекта станут важны для оптимизации работ по предупреждению чрезвычайных ситуаций, связанных с катастрофическими наводнениями, например в Германии и Франции, а также для оценки запасов и оптимизации использования пресной питьевой воды как речного, так и грунтового происхождения. В условиях аномальных осадков и экстремальных засух эти ресурсы подвергаются стрессам, преодолеваемым годами. Это особенно важно для Германии, где цена питьевой воды одна из самых высоких в мире.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Результаты проекта станут важны также для Министерства по чрезвычайным ситуациям в части оптимизации деятельности по предупреждению последствий природных катастроф и планированию соответствующих мероприятий. Результаты проекта будут также переданы для использования компаниям, ведущим разведку и добычу полезных ископаемых, включая эту деятельность в Арктике (Роснефть, ЛУКОЙЛ) и осуществляющих строительные операции в различных регионах европейской России.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

- 1) Создание новых моделей прогноза климата и оценки влияния его изменений на хозяйственную деятельность
- 2) Новые базы данных о характеристиках климатических изменений.

7. Наличие соисполнителей

На 2 этапе соисполнители не привлекались

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт океанологии им.П.П.Ширшова Российской академии
наук

Зам. директора
(должность)

(подпись)

Соков А.В.
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работ по проекту

заведующий лабораторией
(должность)

(подпись)

Гулев С.К.
(фамилия, имя, отчество)

М.П.