

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер соглашения о предоставлении субсидии (государственного контракта)
14.616.21.0035

Название проекта

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

Тематическое направление

Рациональное природопользование

Исполнитель

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

Цели и задачи исследования

Основной целью предлагаемого проекта является Разработка системы для долгосрочного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении.

Актуальность и новизна исследования

Предсказуемость климатических изменений является ключевой проблемой физических наук о земле из-за растущего влияния фактора климатических изменений на увеличивающееся население, расширяющуюся и развивающуюся инфраструктуру и экономику. Растущая частота и интенсивность экстремальных погодно-климатических аномалий, вызывающие разрушительные природные катастрофы, являются лишь некоторыми яркими примерами воздействия климата на мировую экономику и население. Современные прогнозы климатических изменений на длительные сроки с помощью климатических моделей характеризуются сильными неопределенностями, особенно в средних широтах в целом и над Европейским континентом в частности. Причины слабой предсказуемости климата на длинных временных масштабах связаны с учетом роли океана в климатических изменениях.

На масштабе столетия сигнал, связанный с внешним воздействием, может преобладать над естественными колебаниями, что делает прогноз климата на очень длительный период более точным, чем на десятилетия. На десятилетнем временном масштабе уровень предсказуемости остается низким как для среднего состояния климата, так и для экстремальных климатических явлений.

Эта проблема особенно важна для Северной Атлантики и Европы, где ярко выражены климатические колебания, связанные с Атлантическим долгопериодным колебанием – сильнейшей модой мультидекадной климатической изменчивости в Северном полушарии, на которую накладывается сильная межгодовая изменчивость, связанная с Североатлантическим колебанием (САК). Этот регион также характеризуется интенсивной изменчивостью потоков энергии на границе океан-атмосфера.

Описание исследования

В рамках нашего проекта мы выполнили анализ циклонической активности в модельных данных, а также в данных реанализов и, основываясь на этих результатах, рассчитаем перенос тепла и влаги и определили механизмы переноса, связанные с атмосферными реками. Для этого мы использовали Эйлеровские алгоритмы, предложенные Cullather and Bosilovich (2011) и Dufour et al. (2015) наряду с Лагранжевым подходом, разработанным группой NILU (Kjeller, Norway) и известным как код FLEXPART. Этот аппарат обогащен алгоритмом, связывающим перенос влаги с распространением циклонов, который был разработан французскими коллегами из LGGE (Dufour et al. 2015).

Применение этой диагностики позволило связать перенос атмосферной влаги, в том числе обеспеченный атмосферными реками, с распространением циклонов. Еще одна важная особенность этой методики позволяет разделить перенос влаги, связанный со средним потоком и с вихревыми образованиями. Это позволило объединить подходы, основанные на анализе треков циклонов и на вычислении переноса атмосферной влаги, используя достоинства обоих подходов. Таким образом, мы установим характеристики динамики атмосферы, ответственные за формирование экстремальных осадков и сформируем долговременные массивы оценок всех членов баланса влаги в высоком разрешении.

Затем оценки влагопереноса были сопоставлены с характеристиками осадков, что позволило выявить механизмы формирования эпизодов экстремальных осадков, связанных с адвективным механизмом и с локальными процессами. Современные исследования, как правило, сводятся к расчету величин осадков, превышающих некоторое заданное пороговое значение (Groisman et al. 2005, Klein Tank and Koennen 2003, Alexander et al. 2006, Donat et al. 2013), то есть к анализу так называемых индексов экстремальности и исследованию их изменчивости. Именно поэтому, мы значительно хуже знаем климатическую динамику атмосферных осадков, чем изменчивость других параметров и именно поэтому плохо представляем механизмы формирования их изменчивости. Существенные неопределенности в оценивании характеристик осадков приводит и к неверной интерпретации данных об изменчивости температуры, особенно, если речь идет о динамике засух.

Таким образом, 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. Все это позволит впервые построить систему долгопериодного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении.

Нами были предложены количественные характеристики продолжительности влажных и засушливых периодов и их распределения, позволяющие оценивать продолжительности экстремальных влажных и засушливых периодов. Они основаны на усеченном геометрическом распределении и распределении относительного вклада влажных периодов разной продолжительности в общее количество влажных дней. Приведенная на рисунке 4 приведена временная эволюция аномалий количества эпизодов экстремальных осадков разной

длительности для Европейских станций (Zolina et al. 2010) показывает, что в течение 1950-2008 годов экстремальные осадки, связанные с более длинными периодами, стали наблюдаться значительно чаще и при этом уменьшалась интенсивность осадков, связанных с короткими периодами. Анализ двумерных распределений продолжительности и интенсивности осадков (рис. 4) показывает тенденцию увеличения повторяемости дождливых периодов, имеющих продолжительность 2-3 дня и большую интенсивность.

Использование этих подходов и их применение к модельным данным позволило в рамках проекта исследовать межгодовую динамику характеристик экстремальных осадков и характеристик управляющих механизмов. Это позволило установить, насколько главные моды изменчивости сопоставимы в данных станций и модельных экспериментов и создаст основу для дальнейшего анализа связей обнаруженных закономерностей с океанским климатическим сигналом. Выполненные оценки позволили поставить в соответствие интенсивность экстремальных осадков на территории Европейского континента и интенсивность процессов переноса влаги циклонами с Атлантического океана на Европейский континент. Основным результатом, который мы получили - это выявление районов и климатических периодов, для которых основным механизмом формирования экстремальных осадков являлись бы крупномасштабные процессы, связанные с океаном.

Результаты исследования

1. Количественная оценка чувствительности климатической модели к разрешению океанского блока и характеристики климатических изменений в Атлантико-Европейском секторе под влиянием океанского климатического сигнала.

2. Долгопериодные результаты расчетов потоков энергии на границе океан-атмосфера по данным модельных экспериментов для современного климата и различных сценариев его изменений в будущем, а также по данным наблюдений, результаты валидации модельных экспериментов.

3. Долговременный массив характеристик циклонической активности в результатах модельных экспериментов FESOM-ECHAM6 (для современного климата и его прогнозов на период 21-го столетия) и данных современных реанализов (для современного климата, 1979-2015), результаты анализа изменений параметров жизненного цикла атмосферных циклонических образований.

4. Алгоритмы расчета переносов тепла и влаги по данным модельных экспериментов и

долгопериодные временные ряды характеристик тепло- и влагопереноса в модельных

экспериментах с различным разрешением.

5. Характеристики отклика частоты и интенсивности экстремальных погодных и климатических событий на Европейском континенте (экстремальные осадки,

продолжительность засушливых периодов, засухи, наводнения) на диабатический океанский сигнал и атмосферный тепло- и влагоперенос.

Для получения указанных результатов совместно с иностранными партнерами (Институт Альфреда Вегенера, Германия и Лаборатория гляциологии и геофизики, Франция) были выполнены численные эксперименты с моделью климата FESOM-ECHAM6 с различным разрешением (от относительно грубого до сверхвысокого) в Северной Атлантике для современного климата и различных сценариев его изменений и формирование ансамбля модельных расчетов, что позволит провести анализ межгодовой и междекадной динамики процессов взаимодействия океана и атмосферы в модельных экспериментах и их влияния на изменения циклонической активности и диабатических притоков в атмосфере.

Практическая значимость исследования

Предложенные решения обладают существенной новизной. Впервые выполнены эксперименты с моделью климата в очень высоком разрешении. Кроме того, впервые для диагностики модельных результатов использованы такие подходы как анализ экстремальных потоков тепла, циклонической активности и продолжительности влажных и засушливых периодов. Для результатов проекта существуют широкие возможности вовлечения в хозяйственный оборот и коммерциализации. В частности, 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. С одной стороны эти результаты войдут в следующий отчет Межправительственной Группы Экспертов по Климатическим Изменениям (МГЭИК) и в национальный Российский Доклада об изменениях климата. С другой стороны, это позволит 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. Эти рекомендации должны быть основаны на прогностических оценках изменений климата Европейской России под влиянием аномалий океанских процессов и энергообмена океана и атмосферы на период ближайших десятилетий и 21-го столетия. На международном уровне результаты проекта будут использоваться страховыми компаниями, в первую очередь осуществляющими вторичное страхование от ущерба от природных рисков (Munich Re, Swiss Re).