

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

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

по этапу № 5/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.616.21.0035

Тема: «Долгопериодное 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 - 30.06.2018

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

Разработка системы для долгопериодного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирования изменений климата в высоком разрешении.

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 долгопериодного 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

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. Построена система долгопериодного прогнозирования экстремальных погодных и климатических условий в Европе на основе моделирование изменений климата в высоком разрешении.

Разработаны алгоритмы расчета переносов тепла и влаги по данным модельных экспериментов и получены долгопериодные временные ряды характеристик тепло- и влагопереноса и выполнены оценки отклика частоты и интенсивности экстремальных погодных и климатических событий на Европейском континенте.

Для выполнения оценок переносов влаги была разработана методология, основанная на эйлеровом подходе, и учитывающая неопределенности расчетов переносов влаги в более ранних работах. При этом традиционный эйлеров подход был модифицирован и адаптирован к использованию данных, как на модельных, так и на гибридных s-уровнях (h-уровни). Был также выполнен анализ и контроль сохранения массы на каждом шаге интегрирования.

Впервые получены согласованные оценки средне климатических переносов влаги и их межгодовой изменчивости за период с 1979 по 2013 гг. на основе семи современных реанализов и данных атмосферного зондирования IGRA. Для района Арктики получено хорошее согласование между реанализами и данными радиозондирования для пространственного распределения потоков влаги, их вертикальной структуры и временной изменчивости.

Проанализирован дисбаланс между конвергенцией влаги и величиной «осадки минус испарение». Оценки стандартных отклонений, полученных для разности «осадки минус испарение», в Арктике примерно в десять раз больше, чем для конвергенции потоков влаги (45 мм/год и 5.1 мм/год, соответственно). Поток влаги в Арктике направлен на север везде кроме Канадского архипелага.

Транспорт влаги в Арктику в основном осуществляется синоптическими вихрями, ответственными за 88-95% общего потока на 70° с.ш. Максимум суммарного меридионального переноса влаги обнаруживается на высотах 900-800 гПа, причем как в области максимума, так и выше до уровня 200 гПа вихревой перенос ответственен за 85-90% суммарного переноса. Анализ межгодовой изменчивости переносов влаги показал уменьшение переноса влаги в Арктику в течение периода 1979-2013 гг. При этом влагозапас атмосферы существенно увеличивался от 1.5 до 1.9% в десятилетие, что говорит о том, что источники увеличения запаса влаги в Арктике преимущественно локальные и связаны в первую очередь, с изменениями неадиабатического испарения (увеличение которого, например, в реанализе NCEP-R2 составляло 9.7% в десятилетие) и относительно небольшим увеличением осадков, не компенсирующим эффект испарения. При этом адвективные процессы, связанные с переносами влаги атмосферными циклонами, играют второстепенную роль.

Выполнено исследование долгопериодной изменчивости характеристик экстремальных осадков на территории Евразии за последние десятилетия. Показано, что максимальное увеличение экстремальных осадков наблюдается в районе Альп, в северных районах европейской части России и в южной части Дальневосточного округа в бассейне реки Амур (более 8% в десятилетие). Анализ групповой значимости показал устойчивый рост экстремальных осадков на всей территории Европы и России на уровне более 98% в зимний период.

В Центральной Европе летом обнаружен устойчивый кластер отрицательных трендов экстремальных осадков (7% в десятилетие), что свидетельствует о наличии сезонности в трендовых изменениях экстремальных осадков. Была исследована долгопериодная изменчивость относительной экстремальности, показавшая повсеместное увеличение индекса R95t (в среднем 4-5% в десятилетие). Показано, что климатический сигнал для индекса R95t менее устойчив по сравнению с характеристиками абсолютной экстремальности осадков: количество станций со статистически значимыми трендами намного меньше, что снижает групповую значимость обнаруженного сигнала.

Показано, что в течение последних десятилетий существенно изменилась временная структура осадков – дни с осадками консолидировались в более продолжительные периоды, длительность которых увеличивалась на 4-8% в десятилетие. Было показано, что увеличение количества дней с осадками не влияет на это увеличение длительности периодов с осадками. Увеличение общего количества осадков за последние 60 лет происходило за счет осадков, выпавших в течение более длинных периодов. При этом происходила перестройка функции распределения длин влажных периодов: увеличение количества длинных периодов с осадками сопровождалось уменьшением числа коротких периодов.

Совместное исследование динамики сухих и влажных периодов позволило впервые выявить феномен одновременного увеличения или сокращения продолжительности и влажных, и сухих периодов. Были выявлены районы (Нидерланды и северо-восток Европейской части России), где наблюдается одновременное увеличение длительности как влажных, так и сухих периодов, что свидетельствует об одновременном увеличении риска выпадения продолжительных сильных дождей и возникновения засух. Также были выявлены районы одновременного уменьшения длительности влажных и сухих периодов (южная Скандинавия в летний сезон).

Предложена концептуальная модель, легко иллюстрируемая перераспределением фиксированного числа бус на нитке, когда перегруппировка отдельных бус в серии (увеличение длительности влажных периодов) приводит к одновременному увеличению расстояний между сериями (длительность сухих периодов). И наоборот, фрагментирование консолидированных серий бус на более короткие серии приводит к одновременному уменьшению расстояний между ними.

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

Патент на изобретение "Атмосферная энергетическая установка". № 2652669 от 28 апреля 2018г.

Уведомление ФИПС от 28.06.2017. Регистрационный номер 2017122739.

иматических изменений.

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

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 IMILAST. 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

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

## 7. Наличие соисполнителей

Соисполнители не привлекались.

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

Врио 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.