

# Атмосферные реки: исторический обзор и перспективы исследований

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-07-00956 А.

Савченко Е.В., Маклаков С.М.

ФИРЭ им В.А.Котельникова РАН, г. Фрязино

2018 год

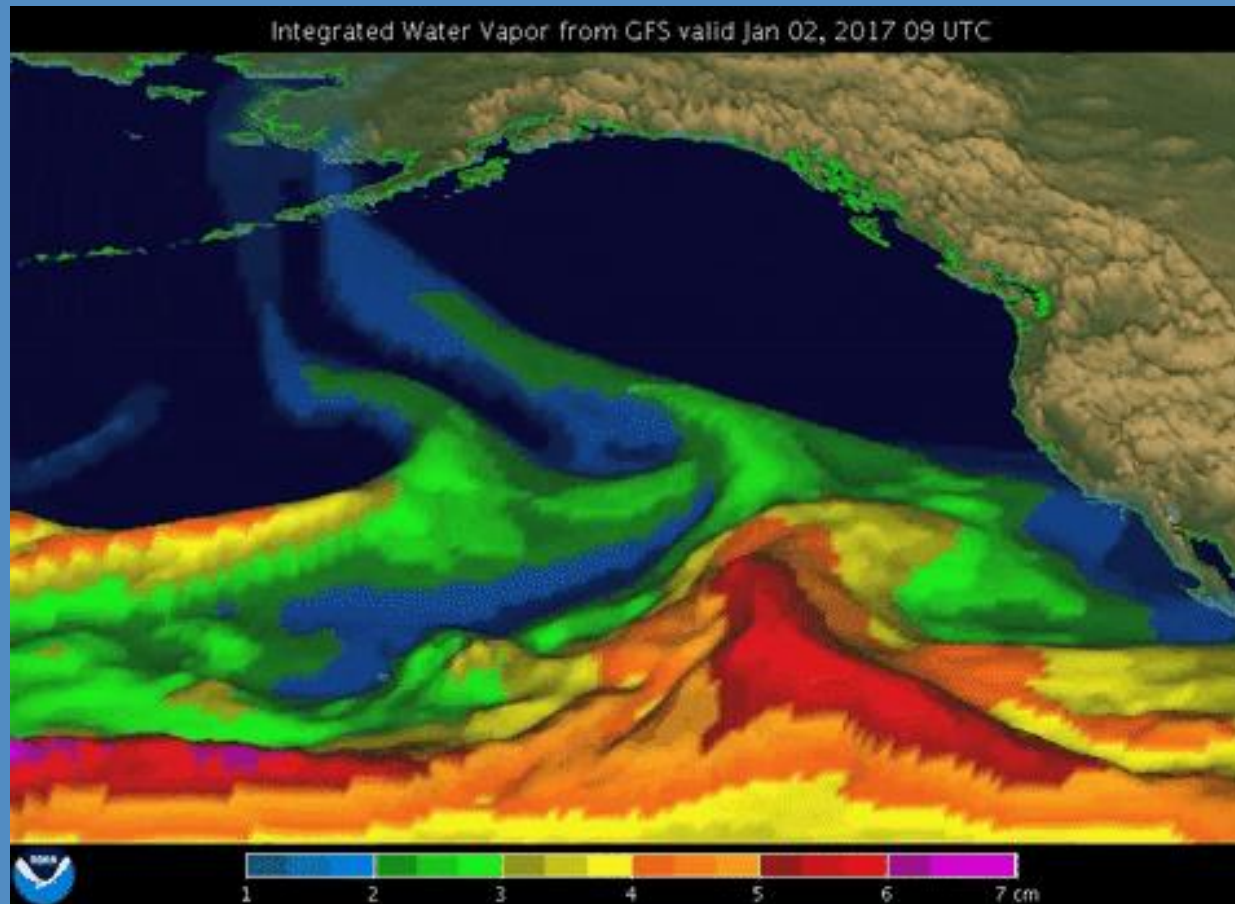
# Цели работы

Провести обзор существующих работ по данной тематике и на его основе:

- Дать более универсальное определение понятия на основе собранных материалов с помощью выделения характеризующих ключевых физических параметров (с указанием возможной степени их значимости)
- Обобщить результаты исследований связи атмосферных рек с эволюцией крупномасштабных атмосферных процессов, а также с формированием экстремальных погодных условий в прибрежных районах.
- Сформулировать главные аспекты проблематики исследований и пути дальнейшего прогресса в рамках задач дистанционных исследований синоптических и климатических процессов

## Атмосферные реки – краткое определение понятия

Атмосферные реки – нитевидные структуры (узкие области в атмосфере) в поле атмосферного водяного пара, обеспечивающие быстрый перенос влаги из тропиков в средние и высокие широты.



Анимированное изображение атмосферной реки по данным NOAA

# Происхождение термина

1992 год: **Newell R.E., Newell N.E., Zhu Y., Scott C.** “**Tropospheric rivers?**” - впервые употреблён термин “тропосферные реки” при описании “нитевидной структуры” в полях суточных потоков тропосферного водяного пара.

1994 год: **Zhu and Newell** “**Atmospheric Rivers and Bombs**” - впервые употреблён термин “атмосферные реки”, исследования по поводу взаимосвязи между атмосферными реками и т.н. “бомбами” – внетропическими циклонами, у которых давление в центре падает как минимум на 1 Гпа/Час в течении 24 часов.

1998 год, те же авторы: “**A proposed algorithm for moisture fluxes from atmospheric rivers**” - предложен алгоритм для потоков влаги из атмосферных рек, применяется для изучения потоков водяного пара в тропосфере с использованием данных о ветре и влаге из Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF). Потоки делятся на атмосферные реки, и то, что здесь называют широкими полями. Результаты показывают, что АР могут нести по существу общий меридиональный перенос влаги, наблюдаемой в внетропической атмосфере, но могут занимать всего около 10% от общей продольной длины на заданной широте.

# Альтернативные варианты термина и смежные понятия

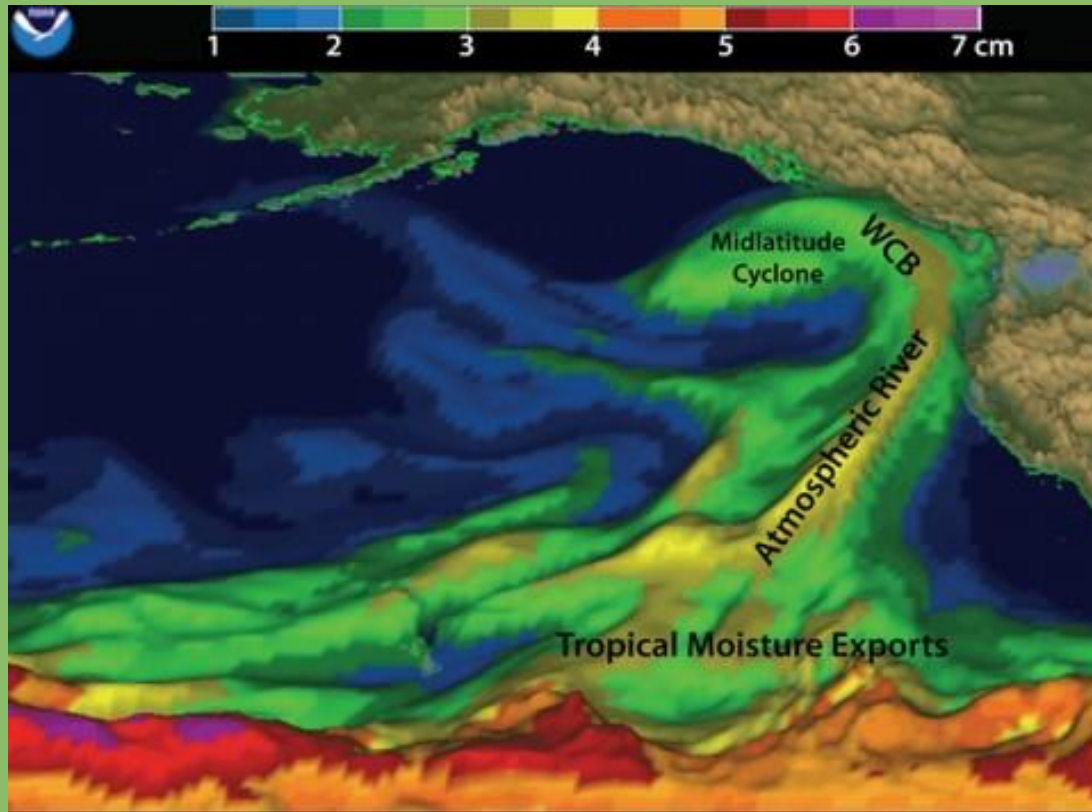
В статье 2006 года **Bao, J.W., Michelson, S.A., Neiman, P.J., Ralph, F.M., and Wilczak, J.M. Interpretation of enhanced integrated water vapor bands associated with extra-tropical cyclones: their formation and connection to tropical moisture** был введён термин “**moisture conveyor belts**” (конвейер переноса влаги), который авторы считают более предпочтительным, чем термин “атмосферные реки”, для обозначения переноса влаги, связанного с полосами IWV (интегрального влагосодержания), поскольку он, по их мнению, более согласуется с хорошо зарекомендовавшей себя моделью конвейера транспорта внетропических циклонов.

В статье 2010 года **Knippertz, P., and Wernli, H. A Lagrangian climatology of tropical moisture exports to the Northern Hemispheric extratropics** был введён термин “**tropical moisture exports**” (тропический перенос влаги), который происходит через продольно ограниченную область субтропиков в результате того, что сильные осадки и быстрый циклогенез во внетропической зоне могут питаться влажными и теплыми воздушными массами.

В метеорологической литературе существуют различные концепции, которые описывают мезо-синоптическую нитевидную особенность повышенной абсолютной влажности или переноса влаги (иногда вертикально интегрированной), облаков и осадков. К ним относятся: **атмосферные реки (Atmospheric Rivers, AR)**, **конвейеры переноса тепла Warm Conveyor Belts (WCB)**, **тропический перенос влаги (Tropical Moisture Exports, TME)**, **конвейер переноса влаги (Moisture Conveyor Belts)**, **вспышки влаги (Moisture Bursts)**, **тропические плюмы (Tropical Plumes)** и **тропические интрузии (Tropical Intrusions)**. Эти параметры отличаются друг от друга, подчёркивая разные метеорологические аспекты, но между ними нет резких границ, частичное совпадение по времени/пространству/последовательности признаков. Акцент на различные метеорологические параметры приводит к различным географическим, сезонным и межгодовым колебаниям в частоте этих особенностей.

# Альтернативные варианты термина и разница между ними

В недавно вышедшей работе Knippertz P., Wernli H., Binder H., Böttcher M., Joos H., Madonna E., Pante G., Michael S. **The Relationship between Warm Conveyor Belts, Tropical Moisture Exports and Atmospheric Rivers** (2018) была предпринята одна из первых попыток сопоставить данные термины и чётко выделить их различия и взаимосвязь. (а) AR - это “нити” с высокой вертикальной интегральной влажностью и переносом влаги, (б) ТМЕ состоят из траекторий, характеризующихся интенсивным горизонтальным экспортом тропической влаги в субтропические и средние широты, и (с) WCB - это траектории с сильным вхождением в области внетропических циклонов и их фронтов. Все выводы исследования основаны на новом анализе данных сервиса ERA-Interim за период 1979-2014 гг..



Примерное расположение AR, ТМЕ и WCB на изображении от NOAA

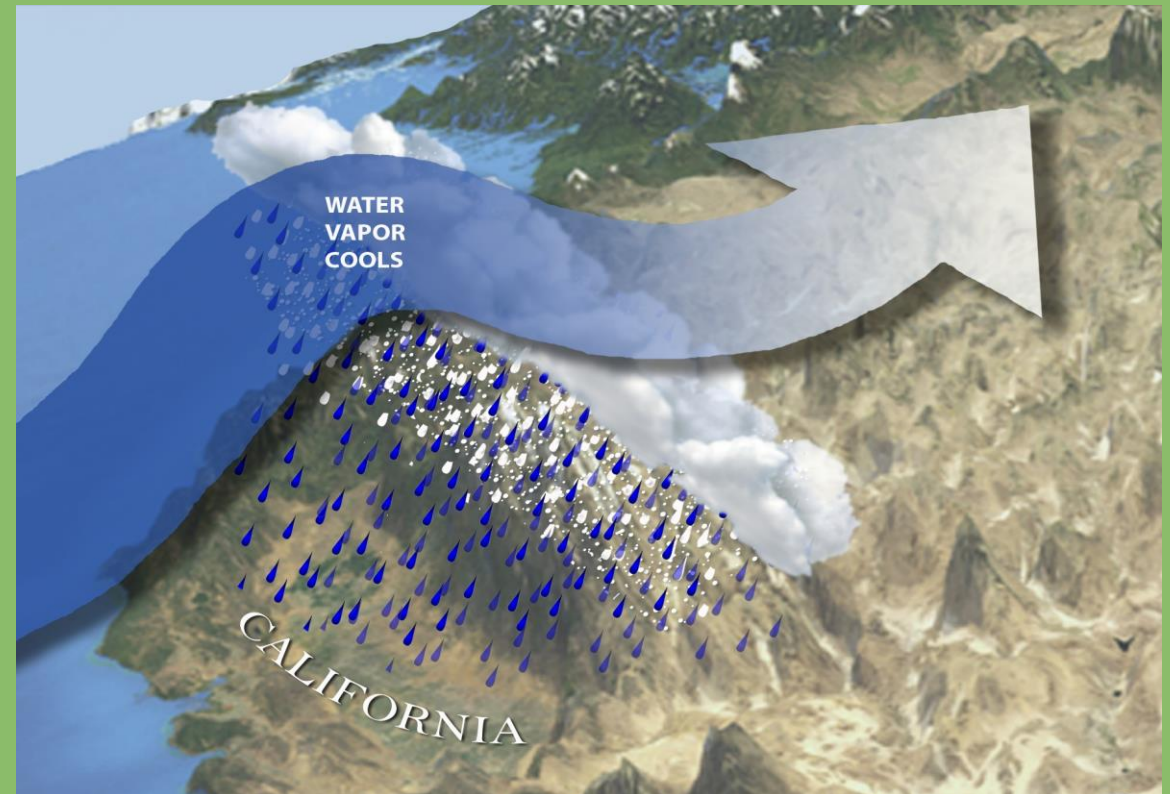


Схема образования сильных дождей при столкновении AR с естественными препятствиями (горы Калифорнии)

# Необходимость изучения и примеры влияния атмосферных рек

## **Атмосферные реки:**

- Могут влиять на частоту и магнитуду наводнений и направление движения штормов;
- Являются причиной около половины случаев возникновения сильного ветра и осадков на 40% побережий мира;
- Усиляют внетропические циклоны (высвобождая скрытое тепло, обеспечивая его доставку из тропиков).

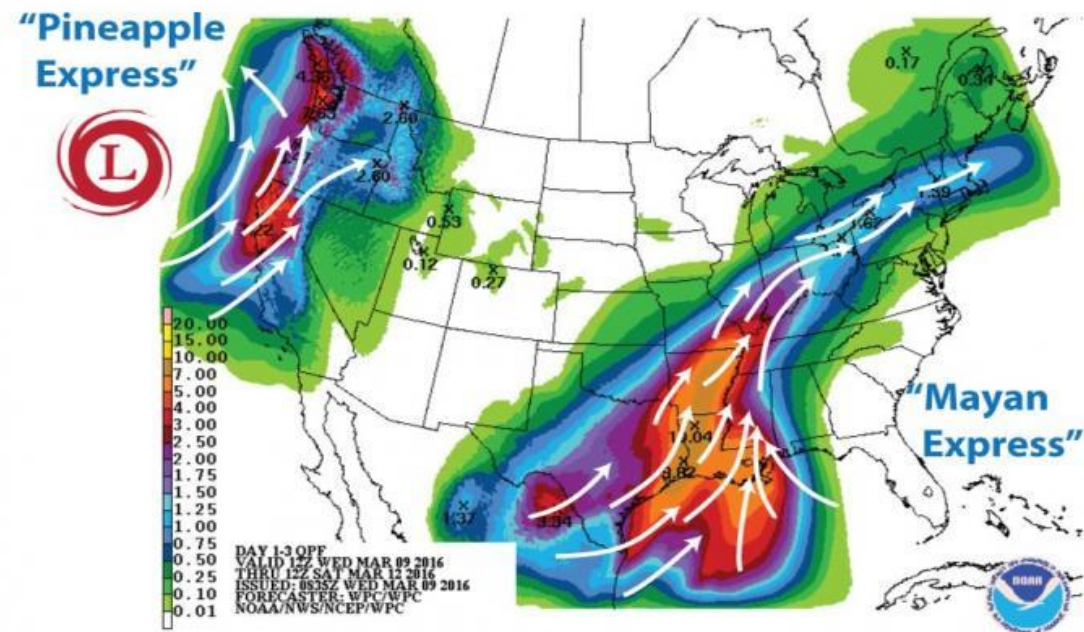
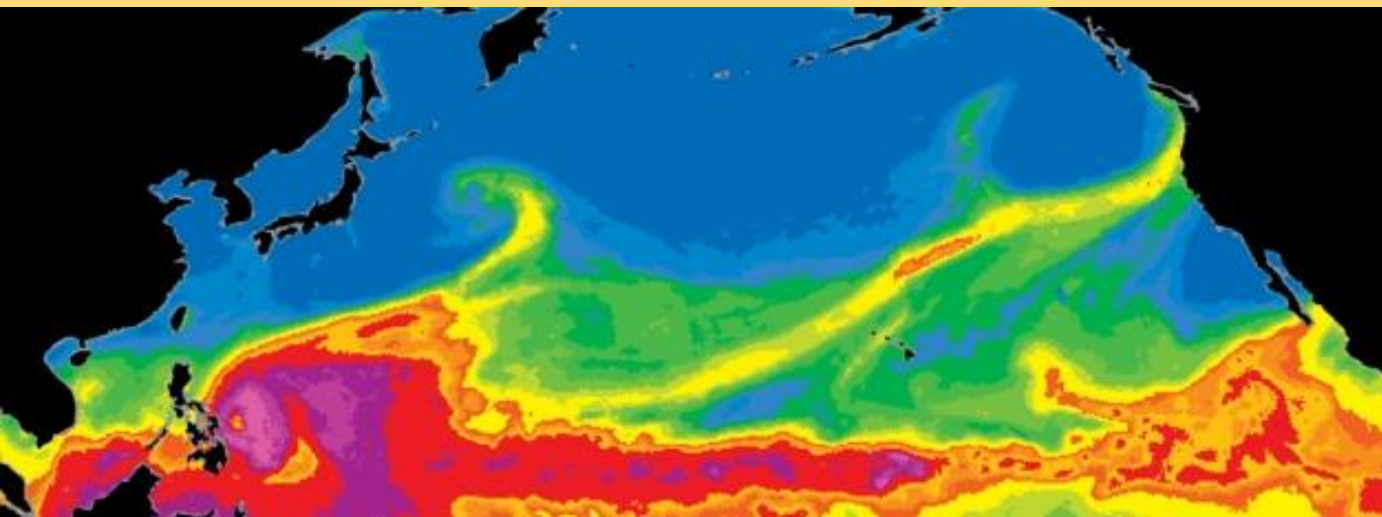
## **Их изучение необходимо, для того, чтобы:**

- Понимать неблагоприятные метеорологические явления, такие как внетропические циклоны, штормы вблизи побережий, обильное выпадение снега и дождя, которые приводят к оползням и наводнениям;
- Сократить экономический ущерб от ряда природных катастроф, так как это позволит точнее предсказывать их на ранней стадии возникновения;
- Дать оценку их последствий в рамках глобального изменения климата. Прогнозируется резкий рост числа образующихся атмосферных рек - примерно в 2 раза к концу XXI века.

# Примеры участия атмосферных рек в формировании погодных явлений

В некоторых статьях были произведены исследования влияния конкретных атмосферных рек на погодные явления, например, в статье **Lackmann, G.M., and Gyakum, J.R.(1999) heavy cold-season precipitation in the northwestern United States: synoptic climatology and analysis of the flood of 17–18 January 1986** был обозначен атмосферный поток под названием “**Pineapple Express**” или “**Hawaiian fire hose**”, нетехнические термины, обычно используемые метеорологами для обозначения атмосферных рек, которые соединяют тропическую влагу вблизи Гавайских островов с западным побережьем Северной Америки и вызывают там наводнения;

В работе **Dirmeyer P.A., and Kinter ,J.L. (2009) The maya express - late spring floods in the U.S. Midwest.** был обозначен атмосферный поток “**Maya express**”, приходящий из Карибского Региона через Мексиканский залив и штат Техас и затихающий в регионе Великих Равнин, который является причиной сильных дождей в среднезападном регионе США в течении поздней весны и лета.



Сверху: атмосферная река (Pineapple express) на спутниковом снимке Тихого Океана (жёлтая полоса), концентрация водяного пара

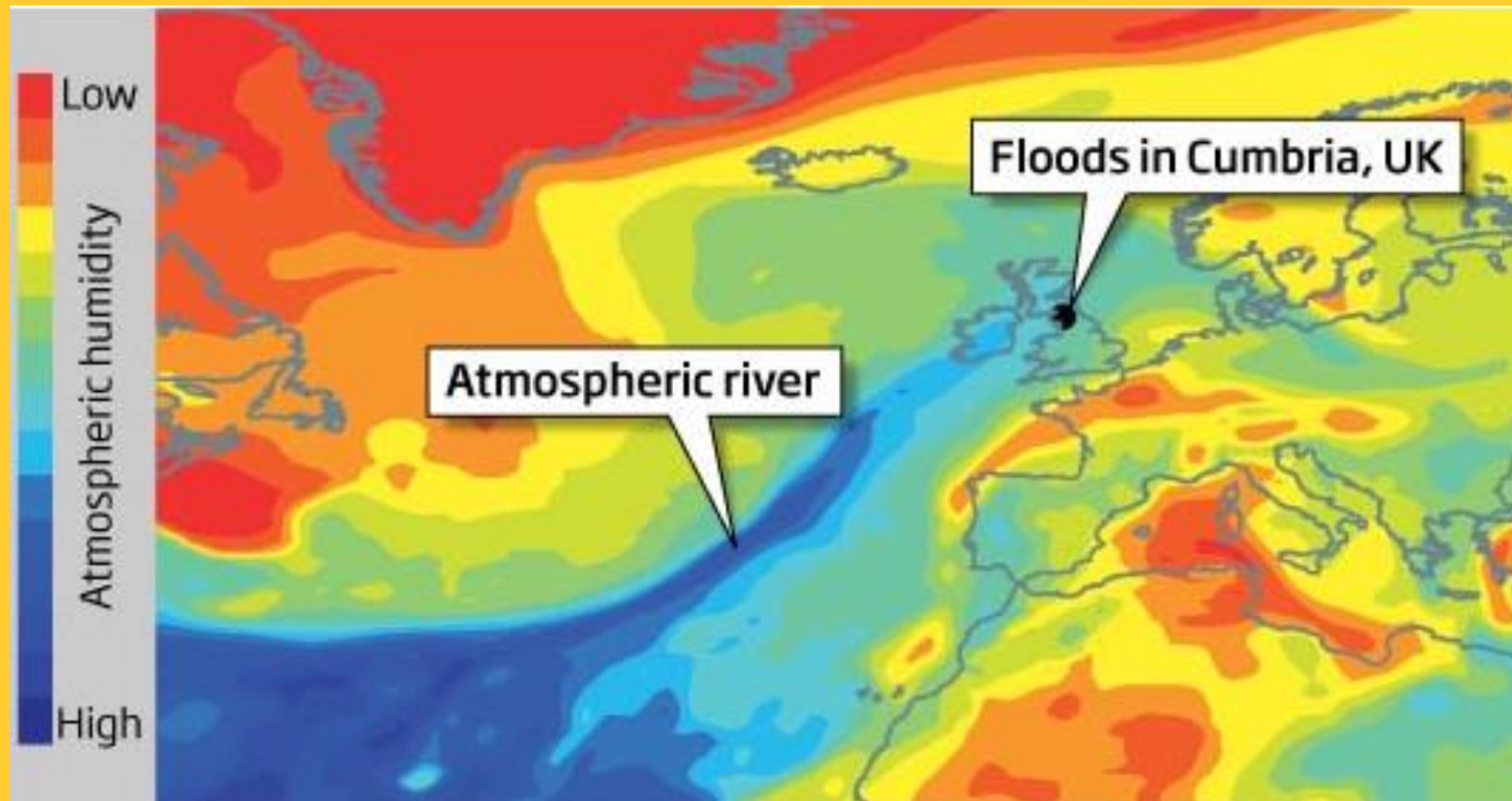
Справа: Pineapple express и Maya Express на карте США от NOAA



# Примеры участия атмосферных рек в формировании погодных явлений

Атмосферные реки участвуют и в формировании многих погодных явлений в Евразии и Африке, к примеру, АР из Атлантического Океана оказывают существенное влияние на страны Северной Европы и Западной Африки.

Например, в работе **Lavers D.A, Allan R.P., Wood E.F, Villarini G., Brayshaw D.J., Wade A.J. Winter Floods in Britain are connected to atmospheric rivers (2011)** авторами была установлена связь между крупнейшими наводнениями, происходящими на западе Великобритании в осенний и зимний периоды, с деятельностью АР.



Карта атмосферной влажности, показывающая связь атмосферной реки с наводнением в Британии

# Ключевые физические параметры для описания атмосферных рек

Параметр	Краткое определение	Единицы измерения	Упоминание в работах (пример)	Связь с атм. реками
Интегральное влагосодержание IWV (integrated water vapor)	Количество водяного пара в атмосферном столбе, выраженное в виде глубины воды, если этот пар был сконденсирован	кг*м <sup>-2</sup>	M. Ralph, P.J. Neiman, and G.A. Wick  Satellite and CALJET aircraft observations of atmospheric rivers over the eastern North Pacific Ocean during the winter of 1997/98	Определение границ AR над океаном, с помощью спутниковых микроволновых данных  Регионы с IWV > 2 см, больше 2000 км в длину и менее 1000 км в ширину классифицируются как AR
Интегральный горизонтальный транспорт водяного пара IVT (integrated horizontal water vapor transport)	Общее количество транспорта водяного пара в атмосферном столбе	кг*м <sup>-1</sup> *с <sup>-1</sup>	G. A. Wick, P. J. Neiman, and F. M. Ralph Description and Validation of an Automated Objective Technique for Identification and Characterization of the Integrated Water Vapor Signature of Atmospheric Rivers	Наиболее точно характеризует силу, протяженность, и потенциальное воздействие AR на береговую зону и позволяет точнее обнаружить AR в этой зоне
Интегральное влагосодержание атмосферы TPW (total precipitable water)	Глубина воды в колонне атмосферы, если вся вода в этой колонне была осаждена в виде дождя.	кг*м <sup>-2</sup>	M. Martinković Relationship Between Atmospheric Rivers and Extreme Precipitation Events	Один из ключевых параметров для определения AR, позволяет чётко выделить на спутниковых снимках
Массовая доля водяного пара/ удельная влажность (specific humidity)	Масса водяного пара на единицу массы влажного воздуха	% (граммы водяного пара/кг воздуха)	B. Guan, D. E. Waliser  Detection of atmospheric rivers: Evaluation and application of an algorithm for global studies	Используется в ряде случаев для определения IVT и IWT
Температура		С°	S. Y. Matrosov Characteristics of Landfalling Atmospheric Rivers Inferred from Satellite Observations over the Eastern North Pacific Ocean	Умеренная корреляция между средним значением IWV и средней температурой AR на поверхности
Атмосферное давление (atmospheric pressure)		гПа	D. Mersereau  What Is an "Atmospheric River"?	Образуются в "растянутых" системах низкого давления в притропической зоне.
Скорость ветра (wind speed)		м/с	B. Yirka  Atmospheric rivers found to carry more wind than thought	Скорость ветра значительно выше, чем у средних бурь, в среднем в 2 раза
Водо запас облаков (CLW)	Мера общей жидкой воды, содержащейся в облаке в вертикальной колонне атмосферы	г*м <sup>-2</sup>	P. J. Neiman, G. A. Wick An Airborne Study of an Atmospheric River over the Subtropical Pacific during WISPAR: Dropsonde Budget-Box Diagnostics and Precipitation Impacts in Hawaii	Вспомогательный параметр для более точного определения AR
Интенсивность осадков RR (Rain Rate)	Количество осадков, выпадающих в единицу времени (час)	мм/ч	P. J. Neiman, G. A. Wick An Airborne Study of an Atmospheric River over the Subtropical Pacific during WISPAR: Dropsonde Budget-Box Diagnostics and Precipitation Impacts in Hawaii	Вспомогательный параметр для более точного определения AR

# Современные проблемы и дальнейшие пути изучения

Основные проблемы:

1. Влияние АР на катастрофы и их предсказание.
2. Проблема моделирования климатических процессов с участием АР в долгосрочных периодах
3. Точная оценка вклада атмосферных рек в общий перенос влаги в воздухе.
4. Использование данных об АР для составления более точных прогнозов погоды
5. Проблема сбора и обработки данных
6. Проблема влияния АР в рамках глобального потепления климата.

При радиотепловом мониторинге:

1. Пропуски данных в ряде случаев;
2. Численные критерии детектирования требуют проверки и уточнения для универсального применения в глобальном масштабе;
3. Для повышения качества детектирования АР желательно иметь синхронные оценки полей интегрального влагосодержания и адвекции скрытого тепла.

Дальнейшие пути изучения:

1. Автоматизированная обработка данных (автоматическое выделение АР)
2. Создание общей базы данных параметров, необходимых для более точного определения АР
3. Создание на основе базы данных геопорталов, доступных для широкого круга исследователей

# Геопортал спутникового радиотепловидения



## СПУТНИКОВОЕ РАДИОТЕПЛОВИДЕНИЕ: ДИНАМИКА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

[Анимация](#)[Поля](#)[Икар](#)[Методика](#)[Публикации](#)[Программы](#)[Новости](#)[Контакты](#)

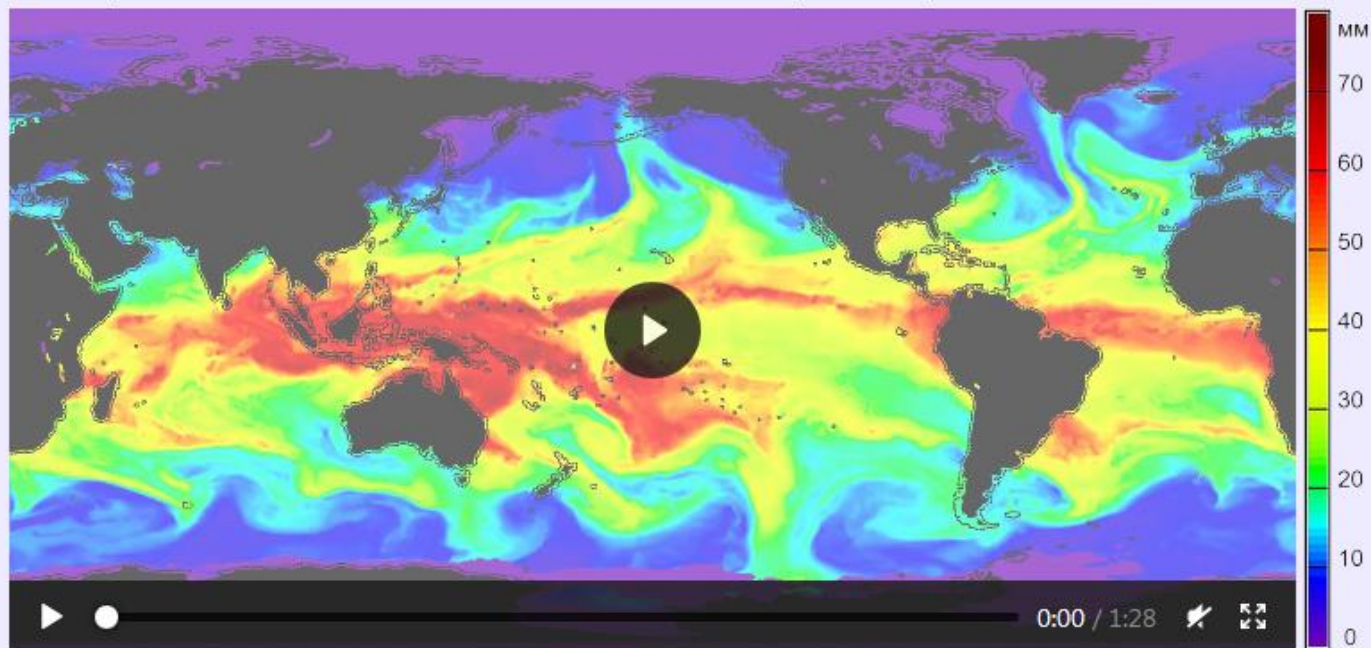
2017 ▾

Параметер:

TPW ▾

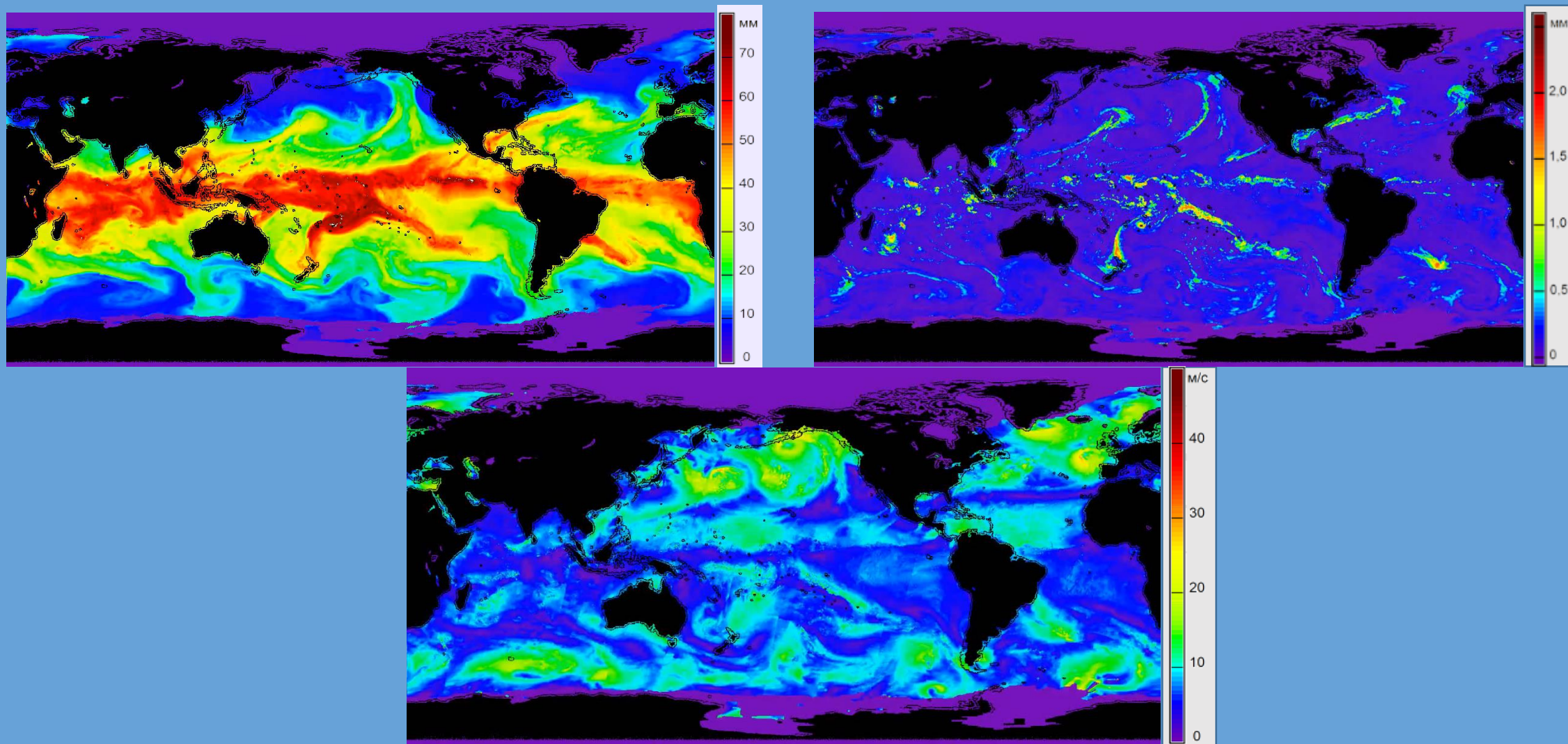
### АНИМИРОВАННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ

Динамика поля геофизического параметра атмосферы над акваториями Мирового океана: интегральное влагосодержание атмосферы (TPW), водозапас облаков (CLW) и скорость приповерхностного ветра (WND). Шаг по времени – 3 часа. Шаг сетки – 0,25°. Цветовая шкала значений приведена справа.



Качество отображения анимированных полей зависит от пропускной способности сетевого соединения.  
Для получения полей в исходном виде откройте вкладку "Поля"

# Анимированные геофизические поля



Пример работы одного из визуальных сервисов геопортала: динамика поля геофизического параметра атмосферы над акваториями Мирового океана: интегральное влагосодержание атмосферы (TPW), водозапас облаков (CLW) и скорость приповерхностного ветра (WND). Шаг по времени – 3 часа. Шаг сетки – 0,25°. Цветовая шкала значений приведены справа.

# Результаты работы

Выполнен обзор существующих работ по тематике “атмосферных рек”, сопоставлены различные источники и исследования;

Для более точного определения понятия были собраны и представлены в виде таблицы параметры, характеризующие явление АР с указанием значимости каждого;

Также были собраны результаты исследований связи атмосферных рек с эволюцией крупномасштабных атмосферных процессов, а также с формированием экстремальных погодных условий в прибрежных районах;

Сформулированы главные аспекты проблематики исследований и пути дальнейшего прогресса в рамках задач дистанционных исследований синоптических и климатических процессов;

Полученный материал ляжет в создание обзорной статьи по данной тематике.

**Благодарим за внимание!**