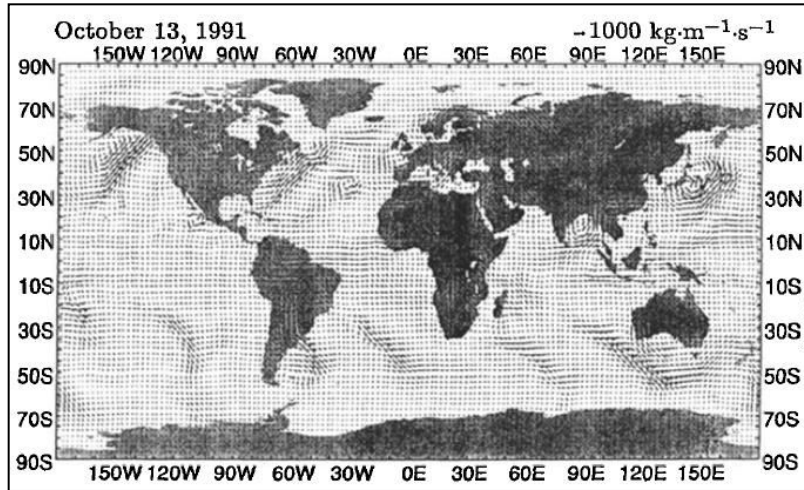


Спутниковое радиотепловидение атмосферных рек и джетов тропических циклонов

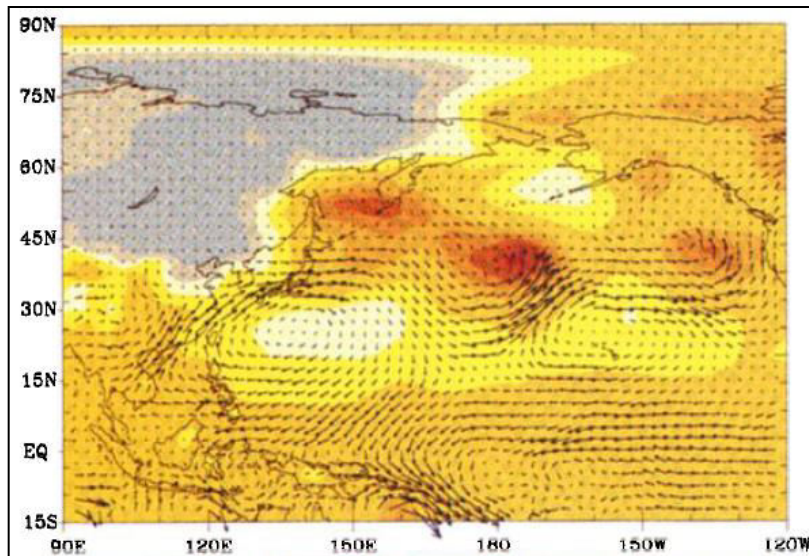
Д.М. Ермаков, Е.А. Шарков, А.П. Чернушич

Атмосферные реки: краткая история термина



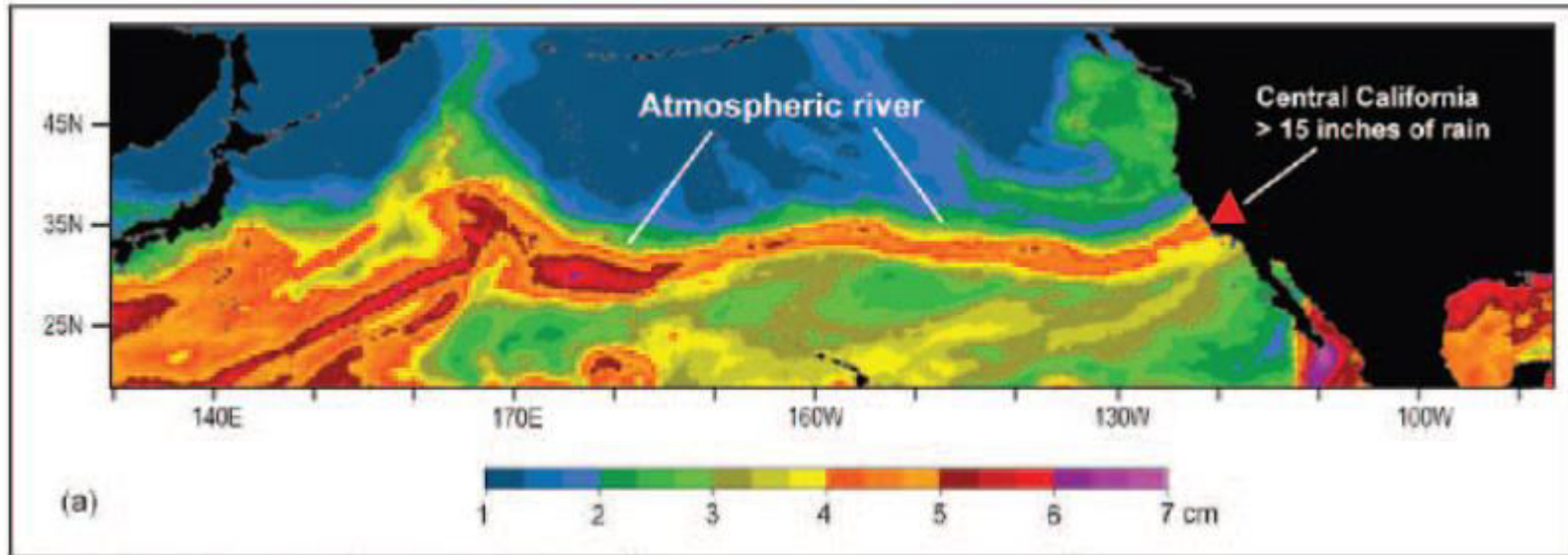
Newell R.E., Newell N.E., Zhu Y., Scott C.
Tropospheric rivers? – A pilot study //
Geophys. Res. Letters, **1992**, V. 19, No. 24,
P. 2401–2404.

Zhu Y., Newell R.E. Atmospheric rivers and
bombs // *Geophys. Res. Letters*, **1994**, V.
21, No. 18, P. 1999–2002. .



Zhu Y., Newell R.E. A proposed algorithm
for moisture fluxes from atmospheric rivers
// *Mon. Wea. Rev.*, **1998**, V. 126, No. 3, P.
725–735.

Атмосферные реки и экстремальный погодный режим

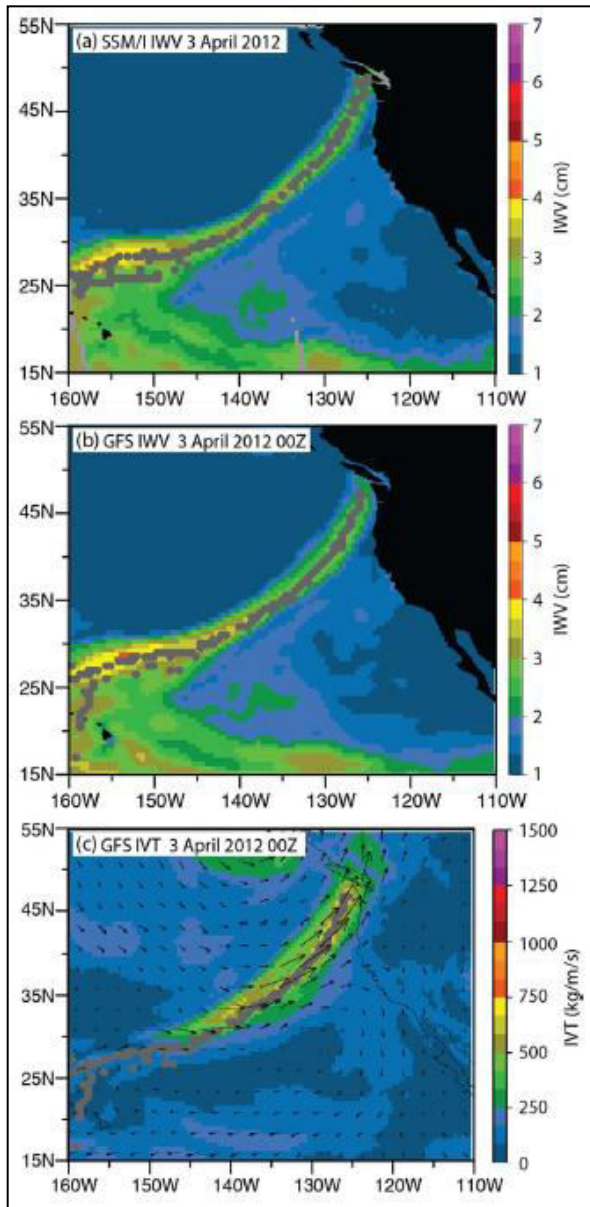


Ralph F.M., Dettinger M.D. Storms, floods, and the science of atmospheric rivers // *Eos*, 2011, V. 92, No. 32, P. 265–272.

Leung L.R., Qian Y. Atmospheric rivers induced heavy precipitation and flooding in the western U.S. simulated by the WRF regional climate model // *Geophys. Res. Letters*, 2009, V. 36, No. 3, L03820, doi: 10.1029/2008GL036445

Guan B., Molotch N.P., Waliser D.E., Fetzer E.J., Neiman P.J. Extreme snowfall events linked to atmospheric rivers and surface air temperature via satellite measurements // *Geophys. Res. Letters*, 2010, V. 37, No. 20, L20401, doi: 10.1029/2010GL044696.

Климатология атмосферных рек



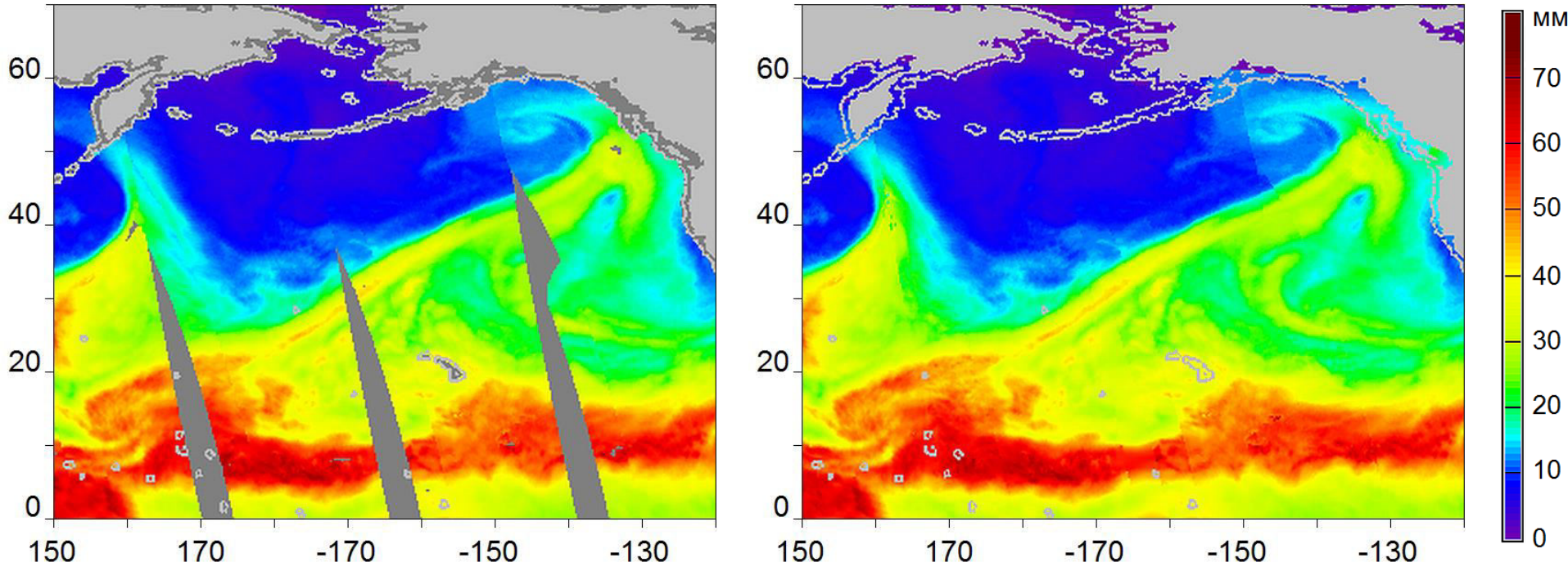
Wick G.A., Neiman P.J., Ralph F.M. Description and validation of an automated objective technique for identification and characterization of the integrated water vapor signature of atmospheric rivers // *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, 2013, V. 51, No. 4, P. 2166–2176.

Проблемы использования спутниковых данных:

- 1) пропуски данных в ряде случаев существенно затрудняют автоматическое детектирование АР;
- 2) численные критерии детектирования АР, разработанные на ограниченном объеме наблюдений над отдельными бассейнами Мирового океана, 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.

Спутниковое радиотепловидение: климатология AP

1) Пропуски данных

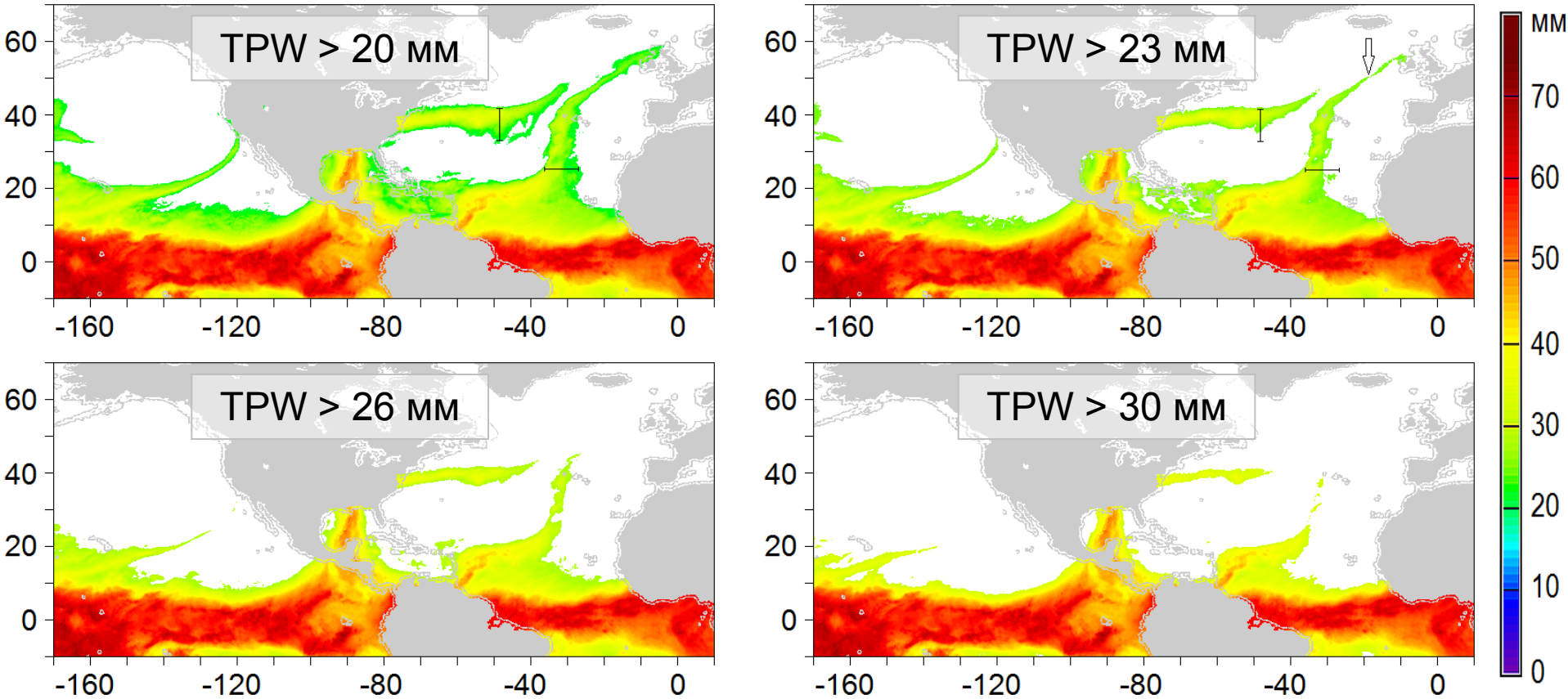


Фрагмент поля интегрального влагосодержания атмосферы над Тихим океаном (цветовая шкала значений в мм – справа) за 01.12.2016: а) мозаика по данным SSMIS F16 и SSMIS F17; б) продукт спутникового радиотепловидения.

Географические координаты фрагмента в градусах; положительные значения – для северного и восточного полушарий, отрицательные – для южного и западного

Спутниковое радиотепловидение: климатология АР

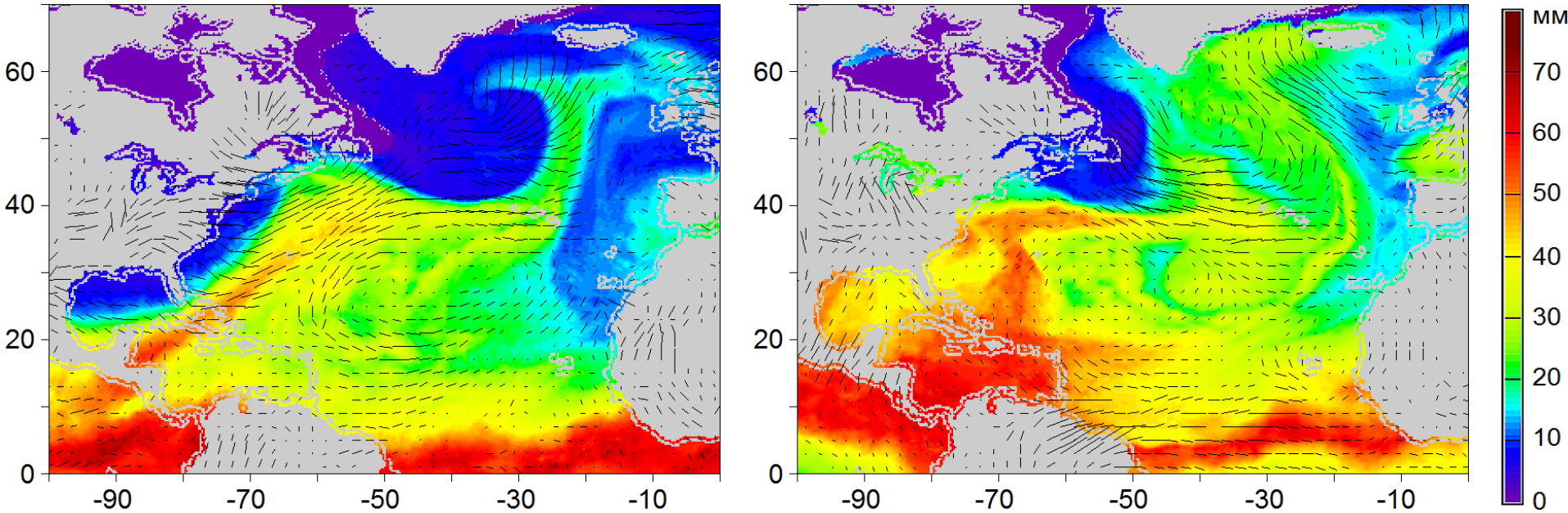
2) Критерии детектирования АР



Поле интегрального влагосодержания за 11.03.2016 Показаны значения влагосодержания выше порогов: 20 мм; 23 мм; 26 мм; 30 мм. Масштабные отрезки на верхних рисунках соответствуют 1000 км.

Спутниковое радиотепловидение: климатология АР

3) Потoki скрытого тепла



Поле интегрального влагосодержания над Северной Атлантикой с наложенными элементами поля адвекции; расчет на даты наблюдений: 21.03.2016 (слева); 01.06.2016 (справа)

Постановка задачи (первый этап)

Разработать алгоритм для автоматического выделения в полях интегрального влагосодержания (ИВС) атмосферы всех структурных элементов, обладающих следующими свойствами:

- 1) Значительная протяженность (> 2000 км);
- 2) Малая ширина ($< 1000 / 500$ км);
- 3) Высокий градиент значений ИВС, особенно в средних широтах;
- 4) *Широтный охват: от границ ВЗК к высоким широтам;*
- 5) *Односвязность, отсутствие циклов;*
- 6) *Время существования – несколько суток.*

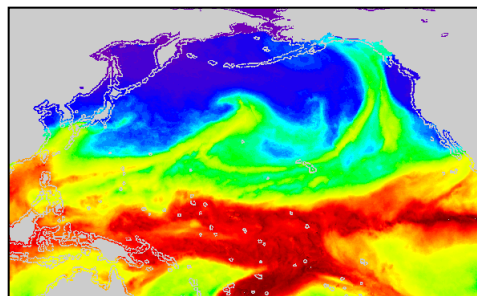
Основная цель этапа – **обнаружение АР и точная локализация ее главной оси.**

Это позволит на следующих этапах:

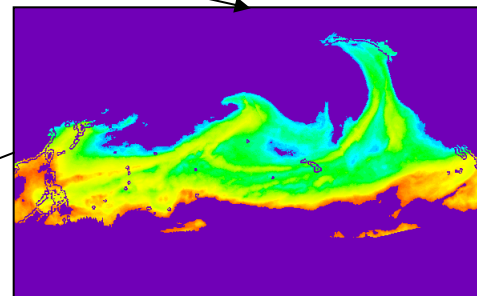
1. собрать статистику возникновения и эволюции АР;
2. рассчитать дополнительные характеристики АР в окрестности главной оси (интенсивность осадков, ширина поперечного сечения, и т.д.)
3. рассчитать мощность потока скрытого тепла, связанного с АР.

Алгоритм детектирования осей AP

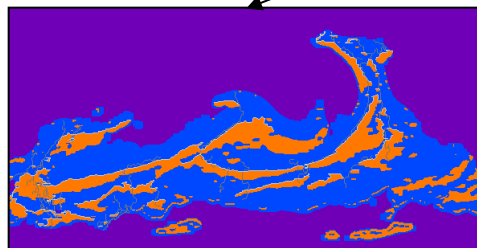
Определение
границ акватории



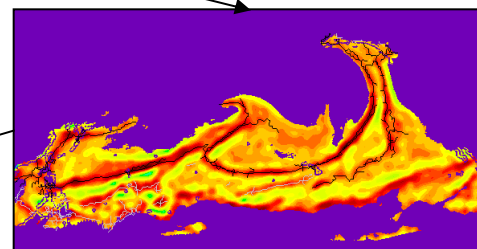
Выделение
воздушных масс
умеренных широт



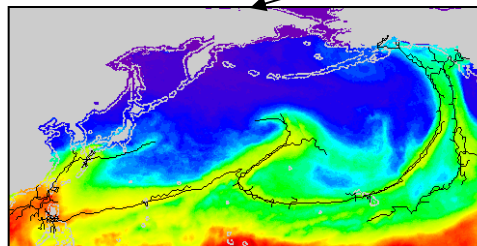
Морфологический
анализ,
«скелетизация»



Объединение
фрагментов

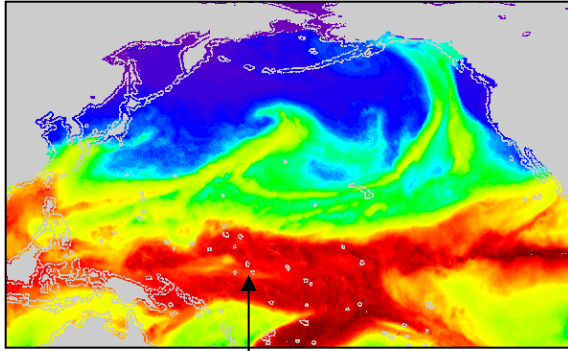


Обрезка ветвей

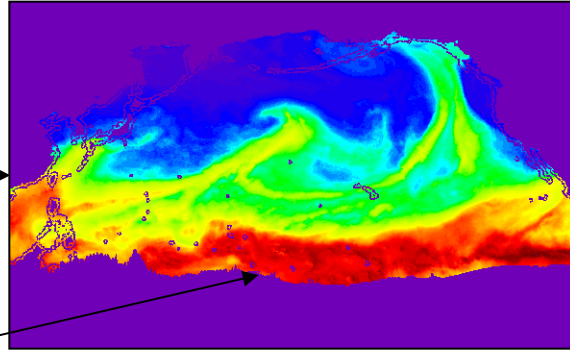


Типизация воздушных масс в полях ИВС

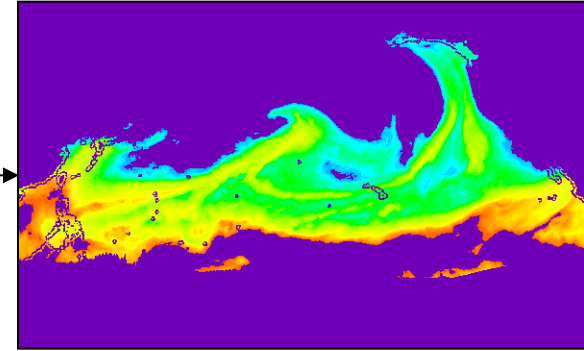
70N



1



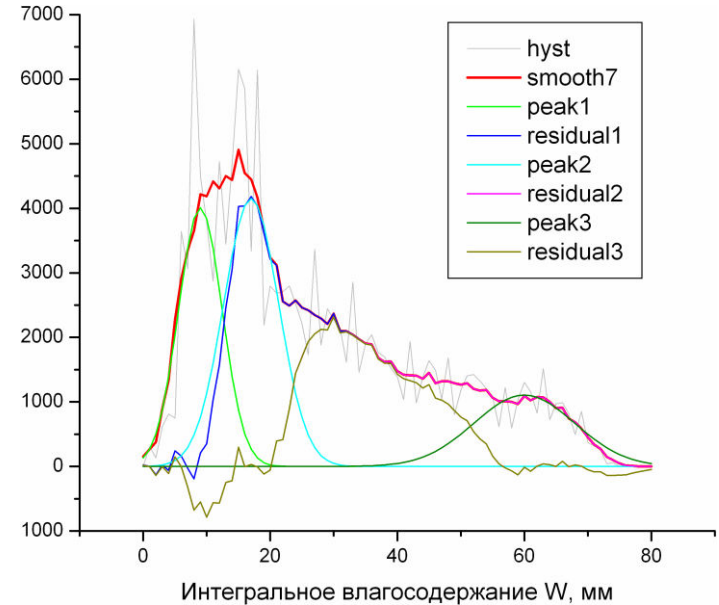
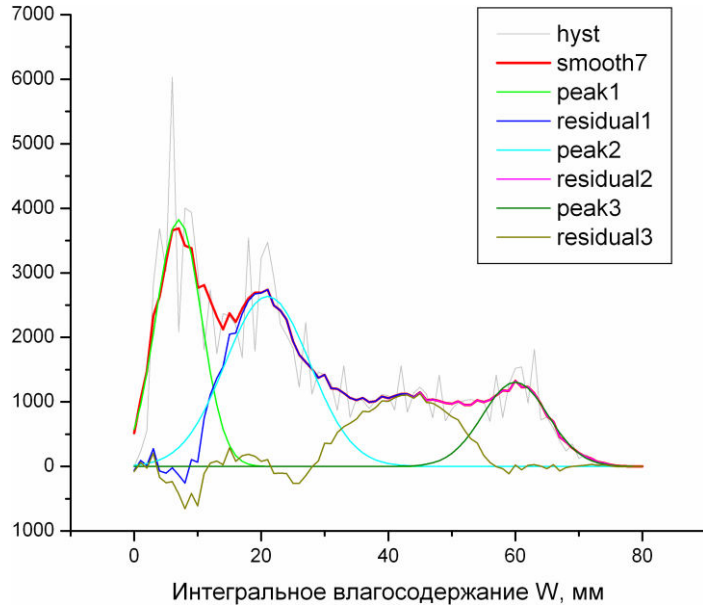
2



20S

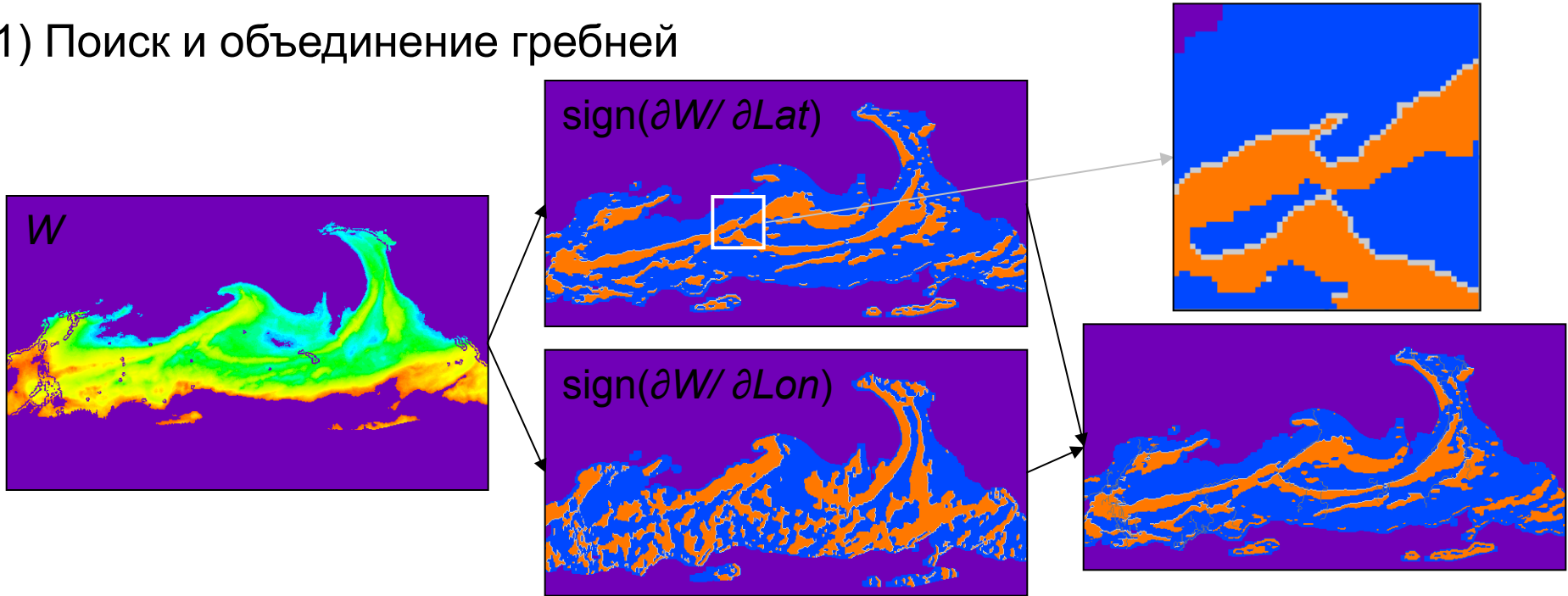
$$1) \text{ Lat}_{ax}(\text{Lon}_i) = \frac{\sum_{20S}^{20N} \text{Lat}_j \times W[\text{Lon}_i, \text{Lat}_j]}{\sum_{20S}^{20N} W[\text{Lon}_i, \text{Lat}_j]}$$

2)

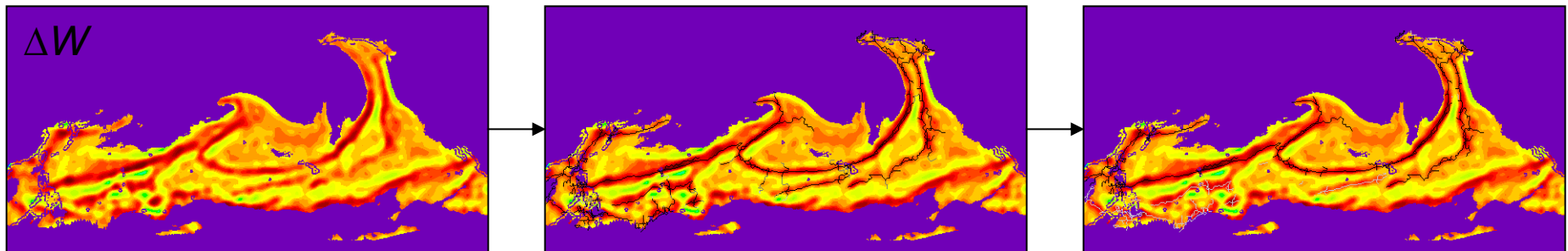


Морфологический анализ, построение осей

1) Поиск и объединение гребней



2) Валидация гребней, удаление лишних фрагментов



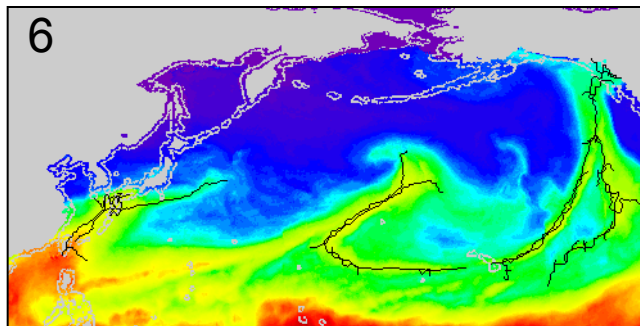
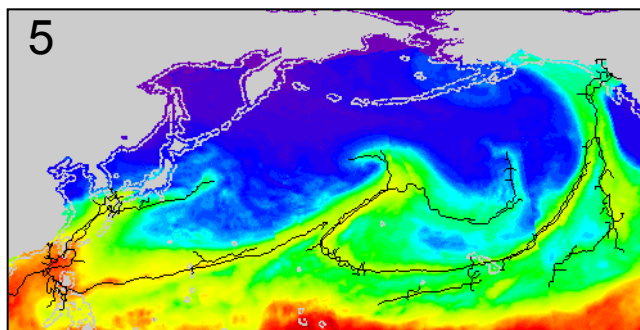
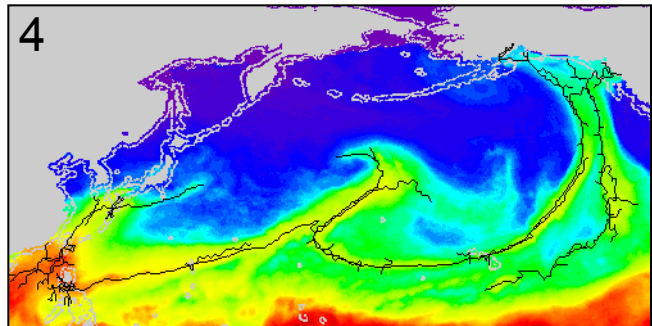
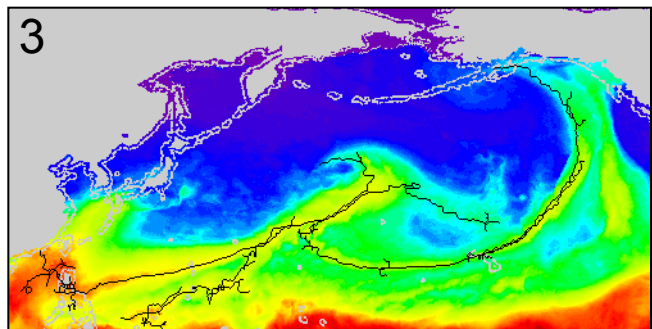
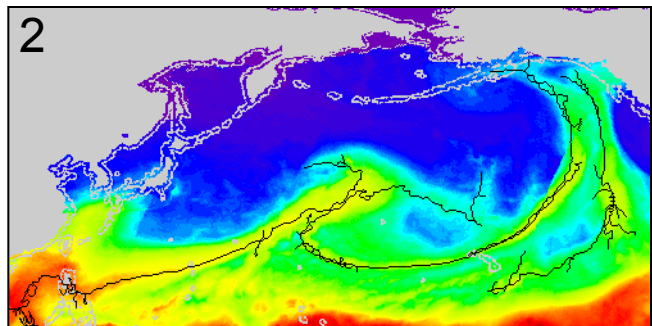
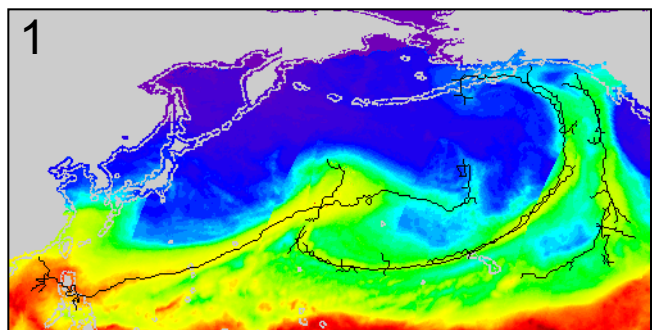
Результаты обработки



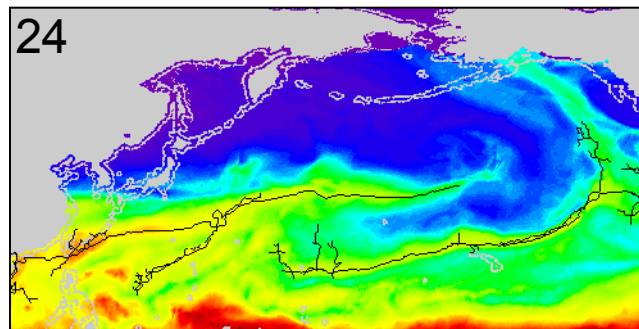
Алгоритм работает над всеми бассейнами Мирового океана.
Но:

- 1) Являются ли все выделенные объекты АР?
- 2) Что такое «атмосферная река»?

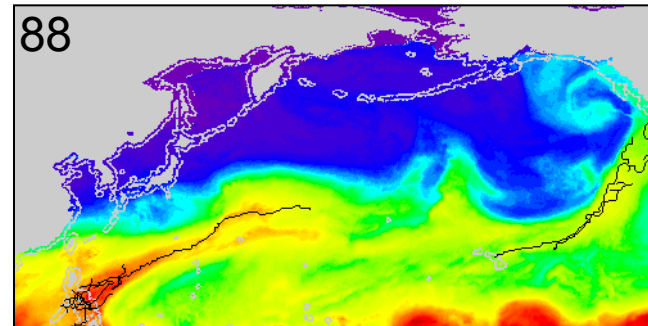
Дополнительные возможности: анализ динамики



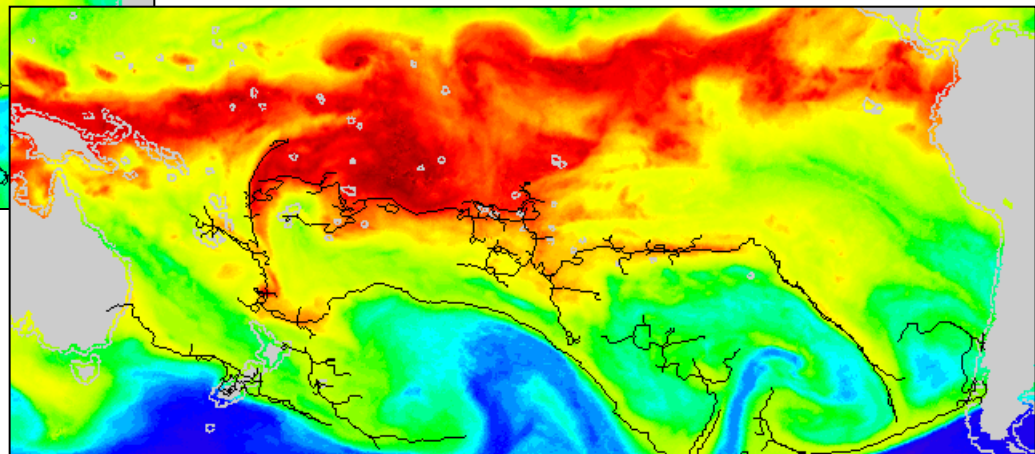
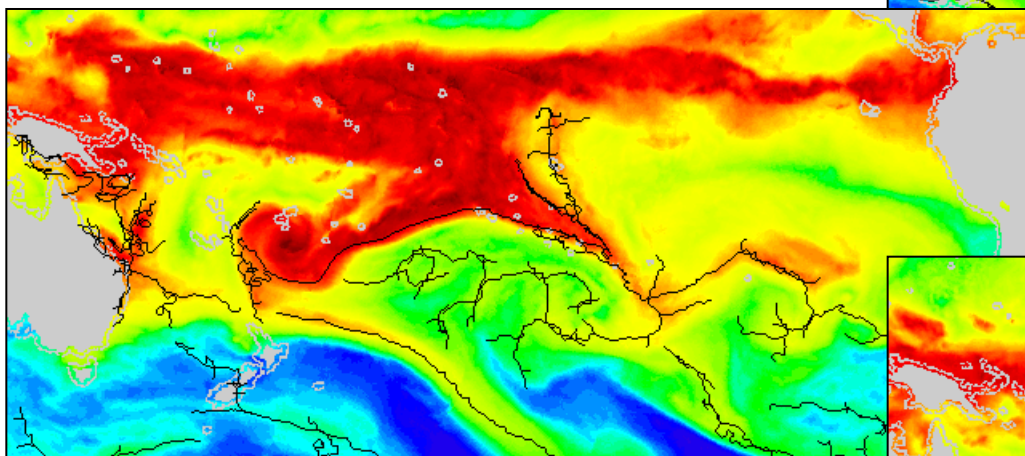
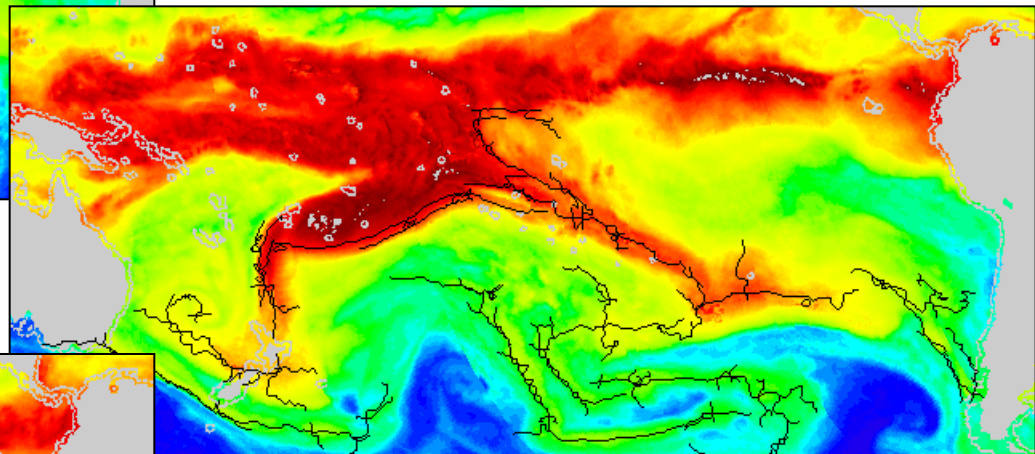
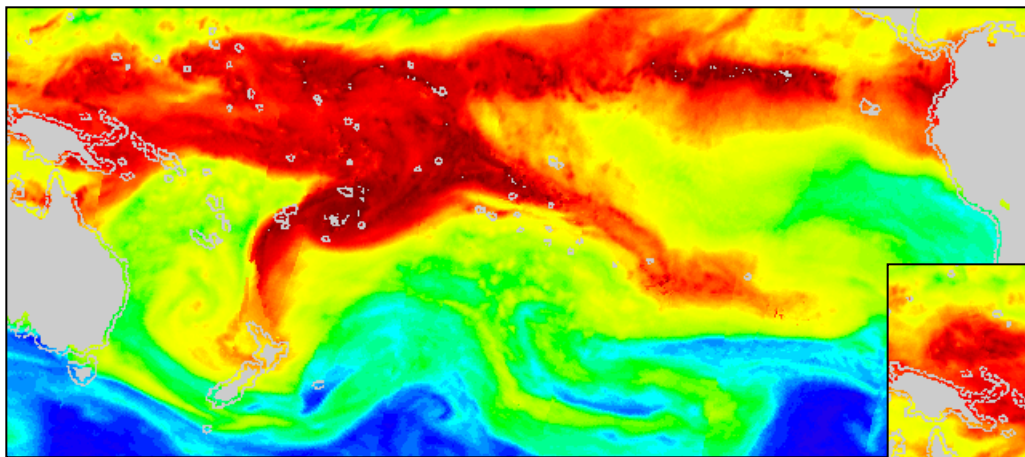
...



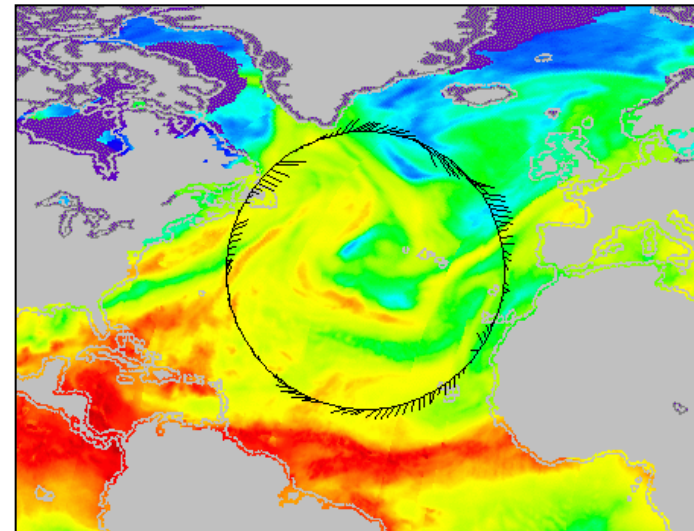
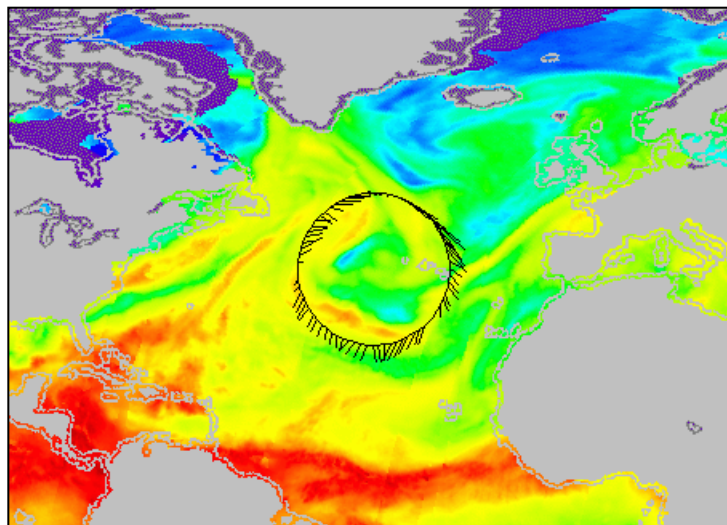
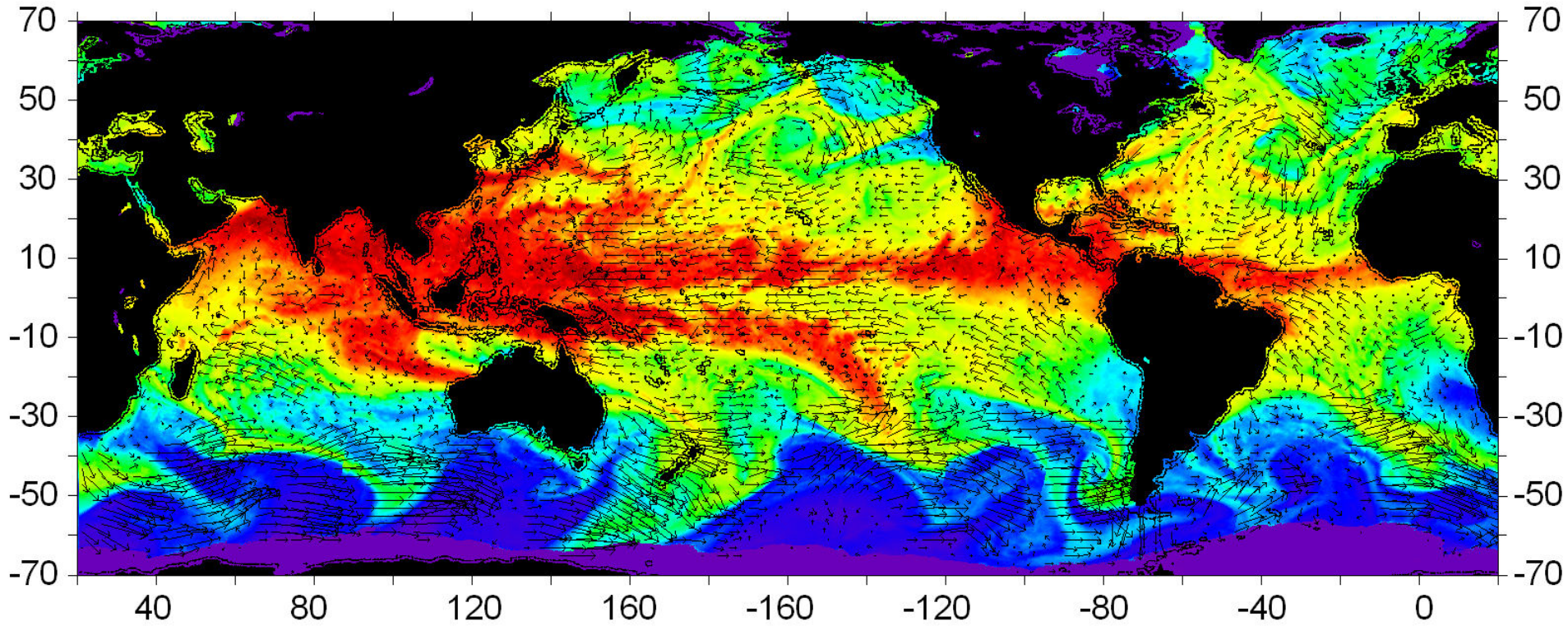
...



Джеты тропических циклонов



Методика исследования: роза потоков



Предварительные результаты

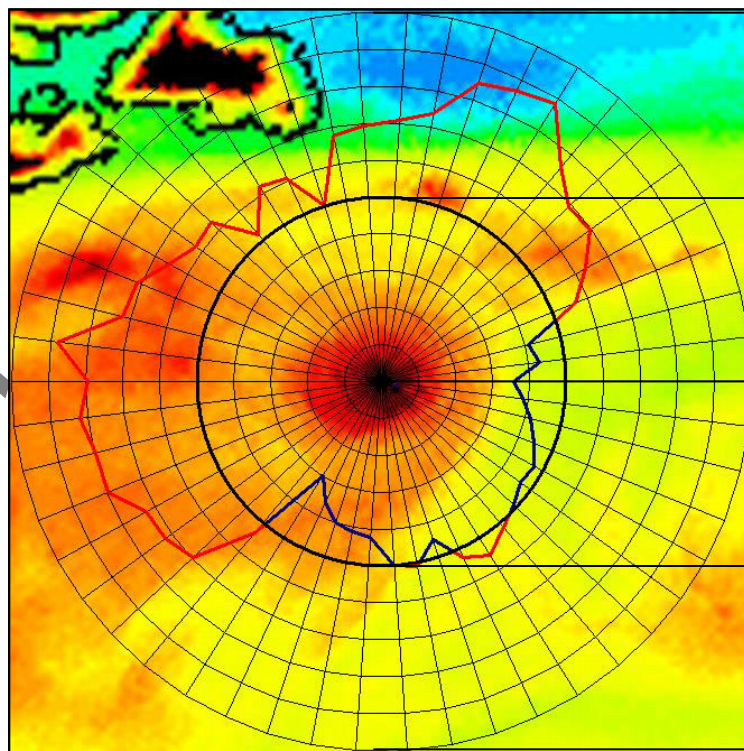
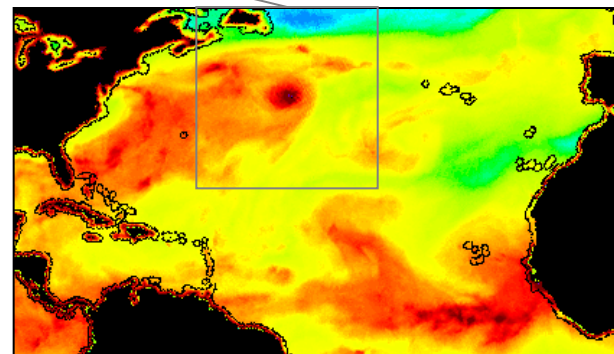
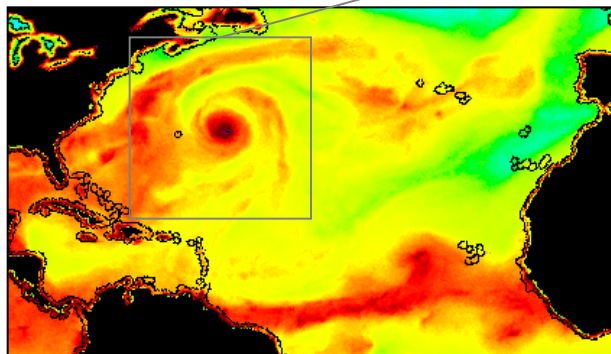
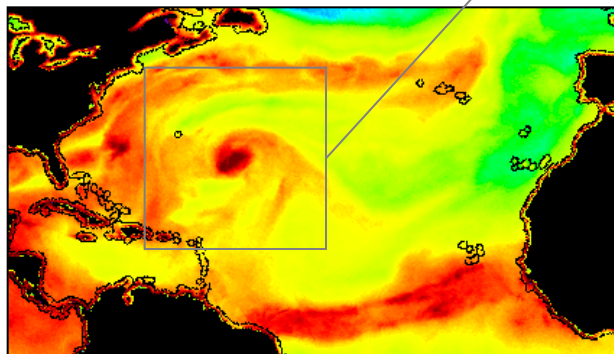
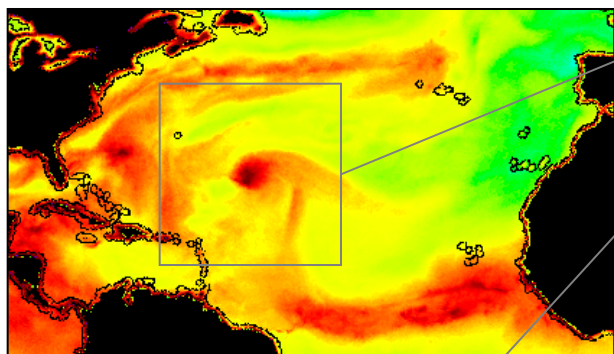
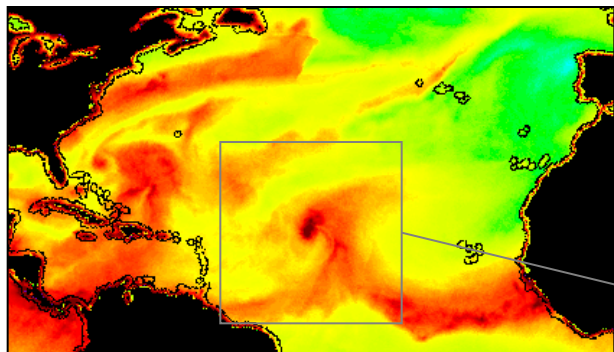
0.05 ПВт

0.00 ПВт

-0.05 ПВт

0.00 ПВт

0.05 ПВт



Заключение

1. Спутниковое радиотепловидение обеспечивает необходимую алгоритмическую базу для исследования «нитевидной» структуры полей интегрального влагосодержания атмосферы и потоков тропосферного скрытого тепла
2. При исследовании атмосферных рек необходим системный подход, направленный на уточнение представлений об объекте исследования и заключающийся в исчерпывающем детектировании и описании всех «кандидатов» на AP путем обработки длинных хронологических рядов полей ИВС и создания специализированной БД AP.
3. Подана заявка на грант РФФИ по разработке и созданию БД AP (2018 – 2020).
4. Исследование роли джетов тропических циклонов в эволюции ТЦ и в крупномасштабной адвекции скрытого тепла возможно путем анализа «тонкой структуры» потоков на основе методики построения розы потоков.
5. Требуется сбор и анализ статистики результатов расчетов розы потоков для репрезентативной выборки ТЦ. Это, в свою очередь, требует построения анимированных полей ИВС в высоком пространственном разрешении (от $0,2^\circ$ или $0,125^\circ$) с применением алгоритмов мультисенсорного спутникового радиотепловидения.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 15-07-04422А

Спасибо за внимание!