

Конкурс научных работ ИКИ РАН 2021 г.

Авторы:

Ермаков Д.М., Кузьмин А.В., Пашинов Е.В., Стерлядкин В.В., Чернушич А.П., Шарков Е.А.

Название:

Comparison of Vertically Integrated Fluxes of Atmospheric Water Vapor According to Satellite Radiothermography, Radiosondes, and Reanalysis

(Сравнение вертикально интегрированных потоков атмосферного водяного пара по данным спутникового радиотепловидения, радиозондов и реанализа)

Ссылки на публикацию:

Ermakov, D.; Kuzmin, A.; Pashinov, E.; Sterlyadkin, V.; Chernushich, A.; Sharkov, E. Comparison of Vertically Integrated Fluxes of Atmospheric Water Vapor According to Satellite Radiothermography, Radiosondes, and Reanalysis. *Remote Sens.* 2021, 13, 1639. <https://doi.org/10.3390/rs13091639> (Web of Science, IF 4.509, Q1).

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность.

Атмосферная адвекция водяного пара является одной из важнейших составляющих планетарного гидрологического цикла. Она обеспечивает перенос атмосферной влаги и скрытого тепла из тропиков к высоким широтам и от океанов вглубь континентов, в значительной степени определяя климат Земли. Средняя скорость этого переноса на климатических масштабах времени определяется параметрами глобальной атмосферной циркуляции. В свою очередь климатические изменения способны вызывать изменения этих параметров, ослабляя, усиливая и (или) деформируя циркуляционные ячейки. Так, на протяжении нескольких последних десятилетий анализ дистанционных данных выявляет эффект «расширения тропиков», не вполне адекватно воспроизводимый климатическими моделями. Поэтому крайне актуальной задачей дистанционного зондирования Земли является уточнение и детализация картины глобальной адвекции атмосферной влаги и ее регулярный мониторинг. Другим интенсивно развиваемым направлением исследований является поиск ключевых условий зарождения и развития катастрофических процессов в земной атмосфере. Появление теоретических концепций самоорганизации спиральной турбулентности в устойчивые крупномасштабные структуры существенно повысило требования к знанию пространственно-временных распределений основных геофизических параметров атмосферы.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.

Для прямого расчета горизонтального потока водяного пара (или скрытого тепла) в точке с заданными географическими координатами необходимо взять интеграл произведения вертикальных профилей влажности и скорости ветра от поверхности до верхней границы атмосферы. Поэтому наиболее естественным представляется использование измерений метеозондов, содержащих всю необходимую информацию. Однако специфика измерений метеозондами имеет определенные недостатки с точки зрения задач глобальной климатологии.

Другой возможностью является использование результатов реанализа – расчетов по численным моделям погоды, усваивающим, в том числе, данные метеозондов. Этот подход привлекателен детальностью доступной информации: ряд климатологических переменных, включая зональную и меридиональную компоненты потока водяного пара, рассчитываются на регулярной сетке с шагом порядка 0.25 географического градуса и дискретизацией по времени порядка 1 часа. Однако следует иметь в виду, что эта информация не является независимой от измерений метеозондами, так как методика ассимиляции предполагает построение сглаженного решения, максимально близко воспроизводящего данные фактических наблюдений.

Спутниковые измерения обеспечивают гораздо более полную информацию о состоянии геофизических полей Земли, чем данные радиозондов, но их интерпретация существенно сложнее. Надежно восстанавливаются поля интегрального влагосодержания атмосферы, однако все еще проблематично получение детальных вертикальных профилей влажности и ветра, особенно в атмосферном слое ниже уровня 700 гПа, где сосредоточено основное количество атмосферной влаги

В рамках спутникового радиотепловидения предложена альтернативная, интерполяционная, методика расчета скорости адвекции, полностью замкнутая относительно данных спутниковых радиотепловых измерений.

Цель представленной работы – исследовать точность восстановления скорости адвекции водяного пара с помощью радиотепловидения в сравнении с радиозондовыми данными и данными реанализа.

Используемый подход, его новизна и оригинальность:

В конкурсной работе представлены результаты сравнения адвективных потоков водяного пара восстановленных с помощью, ранее разработанной авторами оригинальной методики – радиотепловидения, и общедоступными данными радиозондирования и реанализа.

Для сопоставления выбирались расчетные потоки в узлах сеток спутникового радиотепловидения и реанализа, максимально близких к расположению метеостанций. Выполнялось сопоставление зональных компонент потоков, так как они в среднем в несколько (до пяти) раз превосходят меридиональные потоки, и следует ожидать больших вариаций этих потоков, разрешаемых каждым из методов.

Были построены непрерывные временные ряды расчетных величин потоков за 2019 год. Для совмещения по времени данных всех источников и компенсации возможных различий, связанных с внутрисуточными вариациями, проводилось усреднение по времени. Предварительный анализ рядов данных проводился при суточном усреднении, дающем наиболее детальную картину динамики. Применялось также усреднение на больших интервалах времени, в частности, пятидневных.

Полученные результаты и их значимость:

Сопоставление адвективных потоков водяного пара по данным радиотепловидения с данными метеозондирования и реанализа показывает, что все три источника дают в целом непротиворечивую картину переноса атмосферного скрытого тепла. Совпадение становится особенно высоким при временном усреднении на характерных синоптических интервалах времени (от одной до нескольких недель). На меньших интервалах времени

Существенную роль в возникающих расхождениях могут играть мезомасштабные процессы (в частности, в низких широтах – тропические циклоны), а также турбулентные процессы меньших масштабов. Нужно отметить, что данные реанализа, формально относящиеся к ячейке размерами 0.25° , демонстрируют практически стопроцентную корреляцию с точечными и сравнительно редкими измерениями метеозондов, что может в некоторых случаях быть причиной их заметных отличий от реальных средних потоков в ячейках $0.25^\circ \times 0.25^\circ$.

Еще одной причиной наблюдаемых различий в значениях потоков является, по-видимому, то, что спутниковое радиотепловидение восстанавливает значение потоков в нижнем слое атмосферы до некоторой эффективной высоты порядка 4000 м, зависящей от профиля влажности и скорости ветра. По этой причине, эффективность этого метода наиболее высока при исследовании атмосферных процессов, в которых определяющую роль играет нижняя атмосфера, например, атмосферных рек. В то же время, высокая корреляция потоков скрытого тепла, интегральных по высоте атмосферы и рассчитанных в некотором нижнем слое, позволяет на основе подхода спутникового радиотепловидения судить и о скоростях адвекции скрытого тепла во всей толще атмосферы.