

КОНФЕРЕНЦИЯ D

ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ И КЛИМАТ

ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

И.А. Бородина, Л.И. Кижнер, Н.Н. Богословский, Д.С. Рудиков, С.И. Ерин

Национальный исследовательский Томский государственный университет

bia_5@mail.ru, kdm@mail.tsu.ru, bnn@math.tsu.ru, sergei.erin@mail.ru, dumkaonoff@gmail.com.

Ключевые слова: влажность поверхностного слоя почвы, спутниковые наблюдения, прямые наблюдения.

Аннотация. Работа посвящена оценке возможности использования данных спутниковых наблюдений для определения влажности почвы. Данные спутниковых наблюдений были сопоставлены с прямыми наблюдениями на станциях. Проведены расчеты коэффициента корреляции Пирсона, среднеквадратическая и относительная ошибки. Результаты сравнения прямых наблюдений влажности почвы и спутниковых данных измерений показали, что, что для 66,7 % станций коэффициенты корреляции превышали 0,5.

Последние десятилетия активно развиваются методы дистанционного зондирования земли. Создаются современные спутники и приборы, которые позволяют получать широкий спектр измерений характеристик атмосферы и подстилающей поверхности. Спутниковые наблюдения имеют существенные преимущества по сравнению с другими: одновременное покрытие наблюдениями большой территории, непрерывность, многообразие. За последние 10 лет было разработано несколько приборов и методов для оценки влагосодержания верхнего слоя почвы.

Влажность почвы оказывает значительное влияние на температуру и влажность нижнего слоя атмосферы, облачность, конденсацию водяного пара, влияет на теплообмен между поверхностью земли и атмосферой. Результаты спутниковых измерений влажности поверхностного слоя при усвоении этих измерений в численной модели прогноза погоды могут дать очень ценную информацию для улучшения прогноза погоды. Для использования спутниковых данных по влажности почвы в системах усвоения необходимо оценить их качество, путем сравнения с прямыми наземными измерениями, а также разработать систему контроля качества измерений.

В работе [1] были проведены исследования по оценке данных по влажности почвы, полученных со спутников Aqua (AMSR-E) и MetOp (ASCAT) для территории Европы и Австралии. Данные показали хорошее согласие с наблюдениями на станциях. Например, для Франции средний коэффициент корреляции 0,49, для территории центральной Италии коэффициент корреляции составил 0,80. К сожалению, на территории России не выполняются

регулярные измерения влажности почвы, поэтому проводилась оценка для двух сетей станций США.

Для оценки качества спутниковых измерений было проведено сравнение данных, полученных со скаттерометра ASCAT, установленного на борту спутника MetOp, с результатами измерений влажности почвы на наземных станциях США на глубине до 5 см. Эти спутники могут обеспечить полное покрытие земной поверхности [4]. Горизонтальное разрешение спутниковых данных измерений составляет 25 км. Одним из результатов измерений ASCAT является поверхностная влажность почвы в относительных единицах, однако на наземных станциях измеряется объемная характеристика влажности. Спутниковые данные были пересчитаны в объемные единицы с использованием метода, описанного в [2].

Период исследования – март – ноябрь 2011 года. В рассмотрение были включены 48 станции сетей COSMOS (36 станций) и ARM (12 станций). Станции сети COSMOS распределены по всей территории США, а станции сети ARM занимают центральную часть страны (штаты Канзас и Оклахома).

Станции расположены в разных природных зонах, выделенных по типу растительности, согласно классификации IGBP. Для станций сети ARM преобладающим типом растительности является луг (Grassland). Для сети COSMOS наблюдается большее разнообразие типов поверхности, преобладают: луг (Grassland), вечнозеленые хвойные леса (Evergreen Needle Forrest), открытые с кустарниками (Open Shrubs), пахотные земли (Open Shrubs).

Точки спутниковых измерений были выбраны таким образом, чтобы расстояние между точкой измерения спутника и станцией было минимально. Следует отметить, что точки сравнения (станция и соответствующая спутниковая точка) все же находятся на некотором расстоянии друг от друга. Измерения влажности почвы на станциях производились через каждые 30 минут, спутниковые измерения – 2 раза в сутки. Наблюдения были соотнесены по времени.

Для оценки взаимосвязи между спутниковыми наблюдениями и измерениями на станциях были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, среднеквадратическая и относительная ошибки. Проведена оценка зависимости коэффициента корреляции от типа растительности, расстояния между станциями и соответствующими точками измерения спутника.

На рисунке 1 представлена диаграмма рассеяния. При расстоянии между точками сравнения более 4 км проявляется обратная зависимость. Однако явной зависимости между коэффициентом корреляции спутниковых и станционных измерений от расстояний между точками обнаружить не удалось.

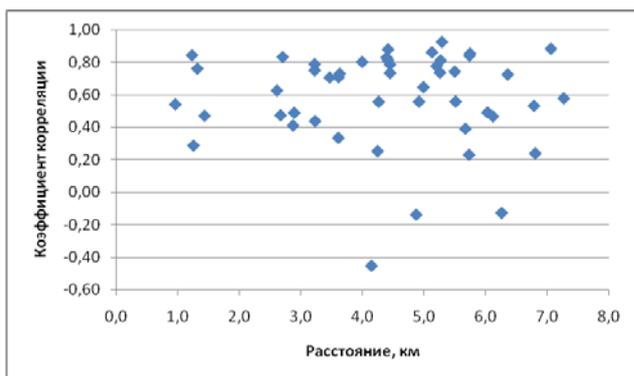


Рисунок 1 – диаграмма рассеивания коэффициента корреляции в зависимости от расстояния между станциями и соответствующими точками измерения спутника

исследованиями [4], в то время как станции, с типом растительности «открытые с кустарниками» имеют слабую и даже обратную зависимость.

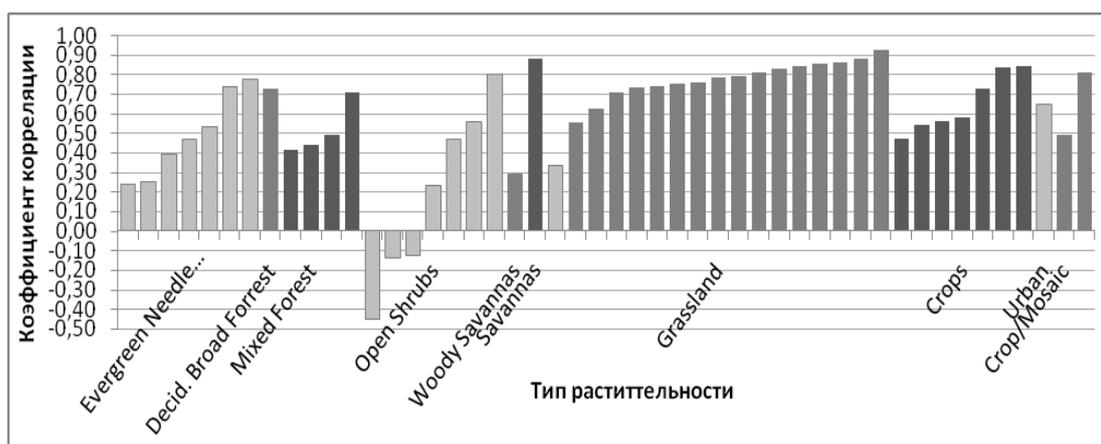


Рисунок 2 – Коэффициенты корреляции для станций с различным типом растительности

В целом по всем станциям прослеживается хорошая корреляция. Для 66,7 % станций коэффициенты корреляции превышали 0,5 (рисунок 3). Среднее значение коэффициента корреляции для сети COSMOS составляет 0,58, для сети ARM 0,75.

Дополнительно было проведено сравнение данных в зависимости от типа подстилающей поверхности, рельефа. Оценка выполнялась для станций с обратной, нулевой и высокой зависимостью. Оценка характера подстилающей поверхности производилась визуально с помощью Google Maps. Анализ показал, что теснота связи зависит от степени однородности подстилающей поверхности в точках сравнения (станции и соответствующей точке измерения спутника). Точки сравнения с хорошей зависимостью располагаются на равнинных территориях, имеющих однородную подстилающую поверхность.

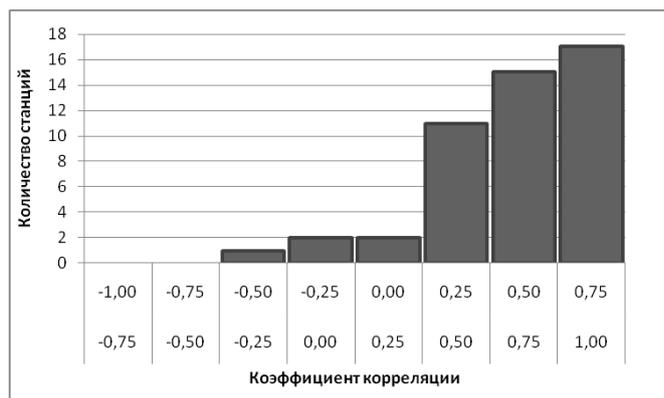


Рисунок 3 – гистограмма распределения числа станций в зависимости от тесноты связи со спутниковыми данными

средней влажностью почвы требуются дополнительные исследования для уменьшения ошибки спутниковых данных измерений.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 5.628.2014/К).

Литература

1. L. Brocca et al. Soil moisture estimation through ASCAT and AMSR-E sensors: An intercomparison and validation study across Europe // *Remote Sensing of Environment* 2011. Vol. 115. P. 3390–3408.
2. Wagner W. The ASCAT Soil Moisture Product: A Review of its Specifications, Validation Results, and Emerging Applications // *Meteorologische Zeitschrift*. February 2013. Vol. 22, № 1. P. 5–33
3. Бородин И. А., Кижнер Л. И., Богословский Н. Н., Ерин С. И., Рудиков Д.С. Сравнение спутниковых данных измерений влажности почвы ASCAT с прямыми измерениями // *Вестн. Том. гос. ун-та*. 2014. № 380. С. 181–184.
4. N.N. Bogoslovsky, S.I. Erin, I. Borodina, L.I. Kizhner. Comparison of ASCAT satellite soil moisture measurements data with in-situ measurements / 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics // *Proc. of SPIE* Vol. 9292, 92924M 2014.