

Особенности поведения радиоярких температур SSM/I в субполярных регионах России в течение зимы 2006/2007 гг.

О.А. Носенко¹, Г.А. Носенко²

¹ НТЦ КМЗ, ФГУП "РНИИ КП"
117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32

E-mail: o_nosenko@cpj.space.ru;

² Институт географии РАН
109017 Москва, Старомонетный пер., 29

E-mail: gnozenko@mail.ru

На примере тестовых районов, расположенных в различных ландшафтных зонах Полярного и Приполярного Урала, рассматривается характер и возможные причины поведения радиоярких температур (Т°К) во время зимы 2006-2007 гг.. Обсуждаются результаты работ по валидации данных микроволновых съемок снежного покрова из космоса, начатых в 2001 году и продолжающихся в настоящее время в рамках программы Международного Полярного года. Для валидации использовались данные метеонаблюдений и наземные маршрутные измерения.

Введение

Данная работа является продолжением исследования поведения радиоярких температур при сезонном изменении снежного покрова Европейской части России. Относительная прозрачность атмосферы в микроволновом диапазоне предоставляет возможность использовать эти данные для определения параметров снега. Вместе с тем результаты предыдущих исследований показали, что для территории Центральной европейской части России существующие в настоящее время алгоритмы восстановления характеристик снежного покрова по данным микроволновых съемок не работают. Поэтому на данном этапе работ основной целью было исследование особенностей поведения радиоярких температур и адекватности принятой модели в условиях холодной субполярной зимы.

Общие положения, используемые модели

Интерпретация данных SSM/I ведется в настоящий момент в рамках модели Альфреда Чанга. Основными факторами, влияющими на изменение радиоярких температур в течение зимы, считаются появление снега и рост высоты снежного покрова на поверхности земли, а также ход наземной температуры. К факторам второго порядка относят слабое излучение самого снега, метаморфизм снега в течение зимы и кратковременные атмосферные флюктуации (например, зоны облачности и осадков). Считается, что восстановлению параметров снега мешают растительность, оттепели и превышение высоты снежного покрова значения 50-80 см.

При сухом снеге и отрицательных температурах появление снежного покрова на поверхности земли приводит к падению канальных температур из-за увеличения рассеяния. В микроволновом диапазоне снегу свойственен отрицательный спектральный градиент, поэтому при увеличении высоты снежного покрова в канале 18-19 ГГц температура падает медленнее, чем в канале 36-37 ГГц. Положительное значение разности температур между 19 ГГц и 37 ГГц является индикатором появления снега на поверхности, а с ростом снежного покрова разность температур должна пропорционально увеличиваться. Определение параметров снега во время оттепели при наличии жидкой фазы в толще снега в микроволновом диапазоне невозможно, поскольку влажный снег ведет себя как абсолютно черное тело и разность становится отрицательной. Поэтому микроволновые приборы могут использоваться в процессе становления снежного покрова и для оценки его максимальных запасов и не могут применяться в период таяния.

Методика валидации и результаты анализа

В качестве исходных данных использовались значения радиоярких температур SSM/I в каналах 19 и 37 ГГц в течение зимы 2006–2007 гг. (рис. 1), а также восстановленные по этим температурам значения водного эквивалента (SWE) и данные наземных маршрутных измерений характеристик снежного покрова в районе метеостанций Воркута и Елецкая (рис. 2).

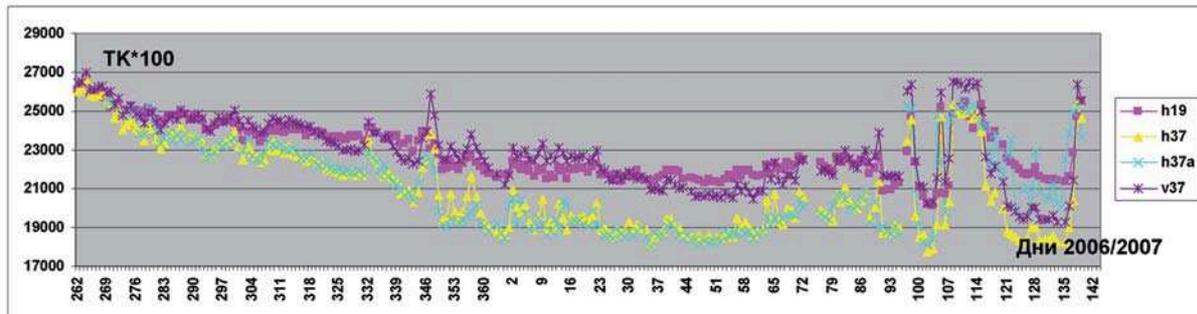


Рис. 1. Изменение радиоярких температур SSM/I (F13) в районе метеостанций Воркута и Елецкая в течение зимы 2006–2007 гг.

Из рис. 2 видно, что на всем протяжении зимы в характере изменения восстановленных и наземных значений SWE имеются существенные различия. В начале зимы наблюдается резкий скачок восстановленного SWE и его значения превышают данные наземных измерений. Во второй половине зимы ситуация меняется на противоположную. Достигнув некоторой величины, восстановленные значения SWE практически перестают увеличиваться, в то время как высота снежного покрова (и соответствующий ей водный эквивалент) на поверхности земли растет. Причем разница достигает весьма существенной величины – значения отличаются в 2,4 раза.

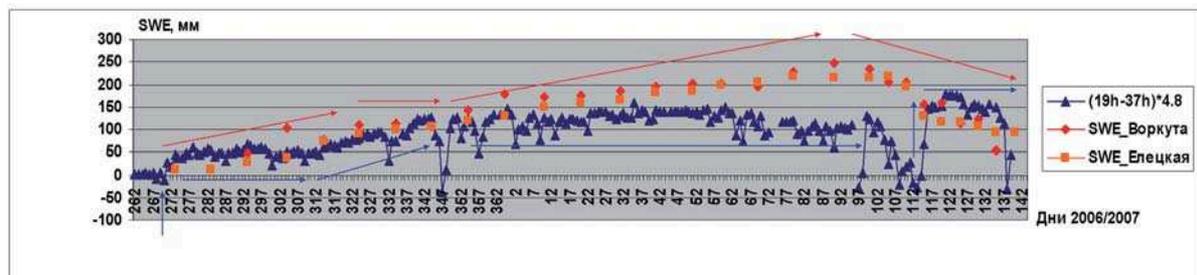


Рис. 2. Изменение SWE, восстановленного по данным SSM/I (F13), и наземных значений SWE по данным метеостанций Воркута и Елецкая в течение зимы 2006–2007 гг.

Для выяснения причин происхождения таких различий был выполнен анализ данных наземных измерений метеорологических параметров атмосферы и снежного покрова за этот же период. Учитывались изменения температуры воздуха, наличие облачности и характер выпадения осадков. Благодаря особенностям зимы данного года с продолжительными периодами циклональной и антициклональной активности удалось зафиксировать некоторые интересные закономерности в поведении радиоярких температур в зависимости от состояния атмосферы и снежного покрова. Рис. 3 наглядно демонстрирует связь (или наоборот – отсутствие связи) между изменениями названных факторов.

На верхнем графике показано изменение среднего значения высоты снежного покрова в районе метеостанций Воркута и Елецкая. На нижнем – показан характер изменения разности радиоярких температур в каналах 19 ГГц и 37 ГГц и температуры воздуха. Дополнительными

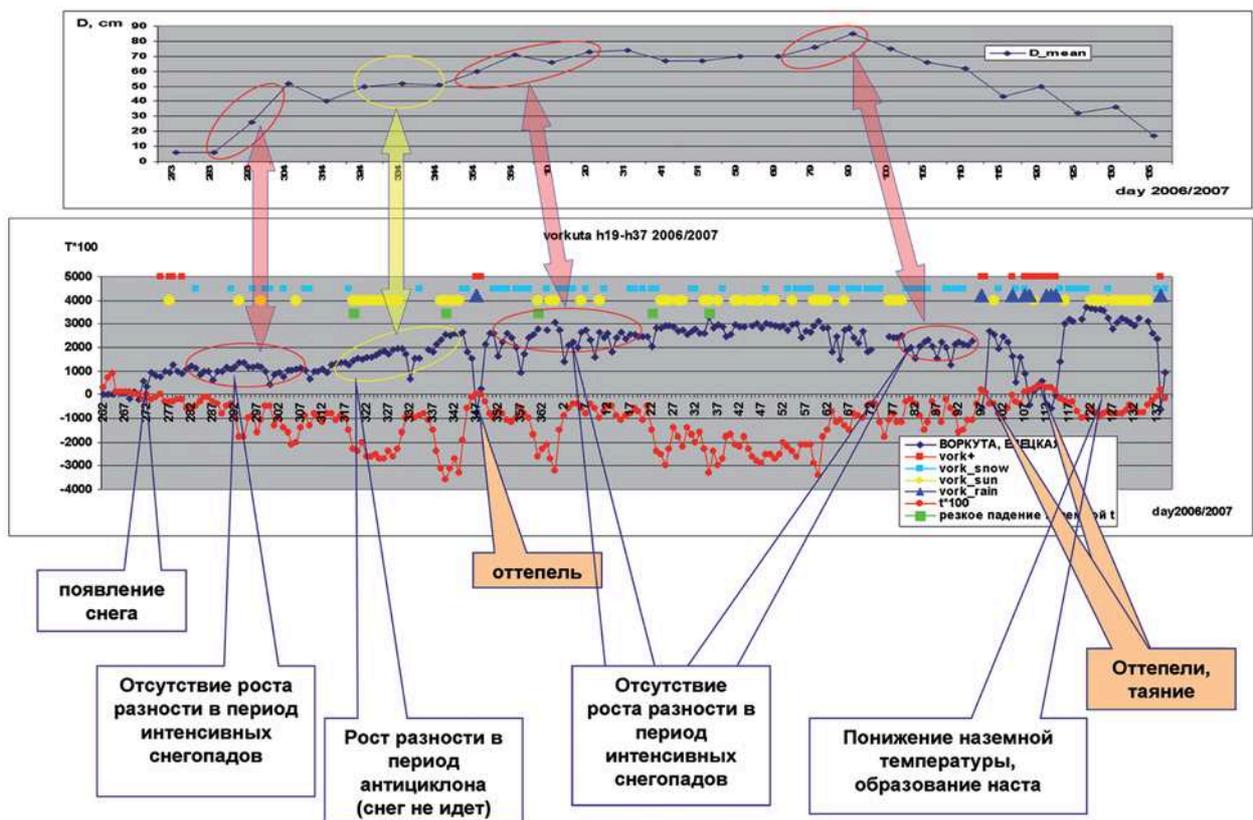


Рис. 3. Изменение разности радиояростных температур в каналах 19 ГГц и 37 ГГц и характеристик атмосферы и снежного покрова в течение зимы 2006-2007 гг.

условными знаками отмечены оттепели, снегопады, безоблачная погода, резкие похолодания. Выделены и соединены стрелками участки графиков, относящиеся к одному временному интервалу.

Из рис. 3 видно, что в начале зимы на появление снежного покрова (273 день) разность реагирует скачком и, достигнув некоторой величины, остается практически неизменной длительное время. Выпадение первого снега сопровождается оттепелями и образованием ледяной корки на поверхности земли. Последующие снегопады увеличивают толщину снежного покрова, но никак не отражаются на изменении разности.

Затем устанавливается затяжной антициклон (с 317 по 344 день). Снег не идет, но разность начинает расти и достигает почти максимальной величины за эту зиму. Отсутствие осадков сопровождается постепенным падением среднесуточной температуры воздуха до -37°C .

Антициклон заканчивается резким потеплением до $+1^{\circ}\text{C}$ в 347 день. После этого, начинается период циклонов с активным выпадением осадков, продолжающийся до 97 дня 2007 г. Несмотря на увеличение высоты снежного покрова, разность в это время остается на уровне, достигнутом к концу антициклона.

С 97 по 114 день следует череда оттепелей, после которых наступает похолодание и образуется наст. Во время оттепелей разность падает ниже нуля, а с наступлением холодов вновь скачкообразно возрастает до прежнего уровня и сохраняется на нем до конца зимы.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что радиояростные температуры на 19 и 37 ГГц существенно меняются всего несколько раз за зиму - в момент становления снежного покрова, а также во время и после оттепелей. В течение зимы 2006/2007 года это случилось всего 4 раза (рис. 4). В промежутках яркостные температуры повторяют ход наземной температуры. Подтверждением является поведение разности как во время антициклона, так и в период интенсивных снегопадов. В первом случае, несмотря на ясную погоду, увеличение разности происходило синхронно

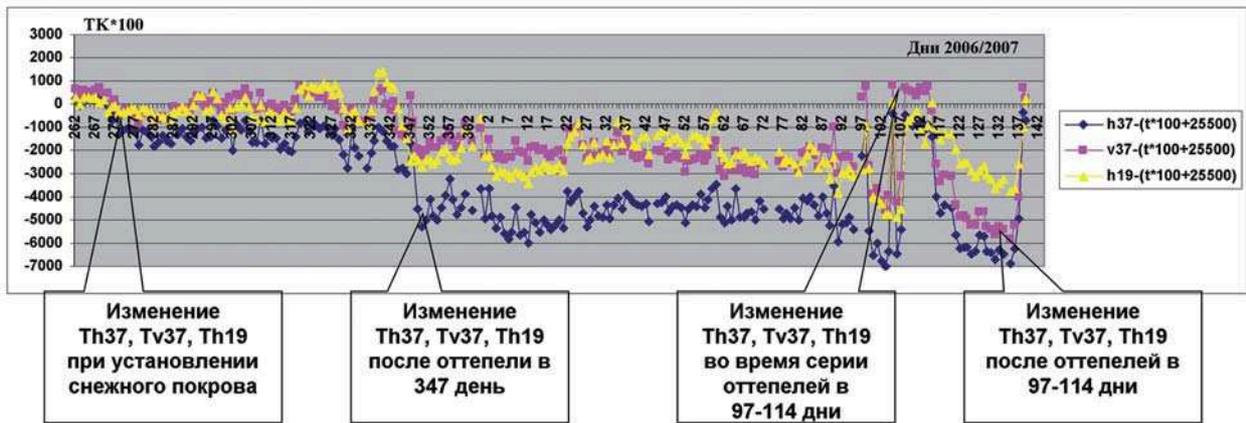


Рис. 4. Поведение радиоактивных температур на 19 и 37 ГГц в зависимости от наземной температуры во время зимы 2006/2007 гг.

с понижением температуры воздуха. Во втором случае после оттепели с образованием ледяной корки значимые изменения разности не наблюдались, несмотря на интенсивные снегопады. Построенные для двух предыдущих зим графики изменения радиоактивных температур на 37 ГГц и наземной температуры в окрестности метеостанции Воркута (рис. 5), наглядно демонстрируют эту зависимость. Общий диапазон изменения радиоактивных температур после появления устойчивого снежного покрова в течение зимы составляет около 30-40°K. Из них на холодный период зимы, когда происходит накопление снега, приходится не более 10°K, что сопоставимо с точностью измерений. Остальные 30°K – скачкообразные изменения разности и температур в моменты оттепели – никак не связаны с увеличением водного эквивалента в течение зимы.

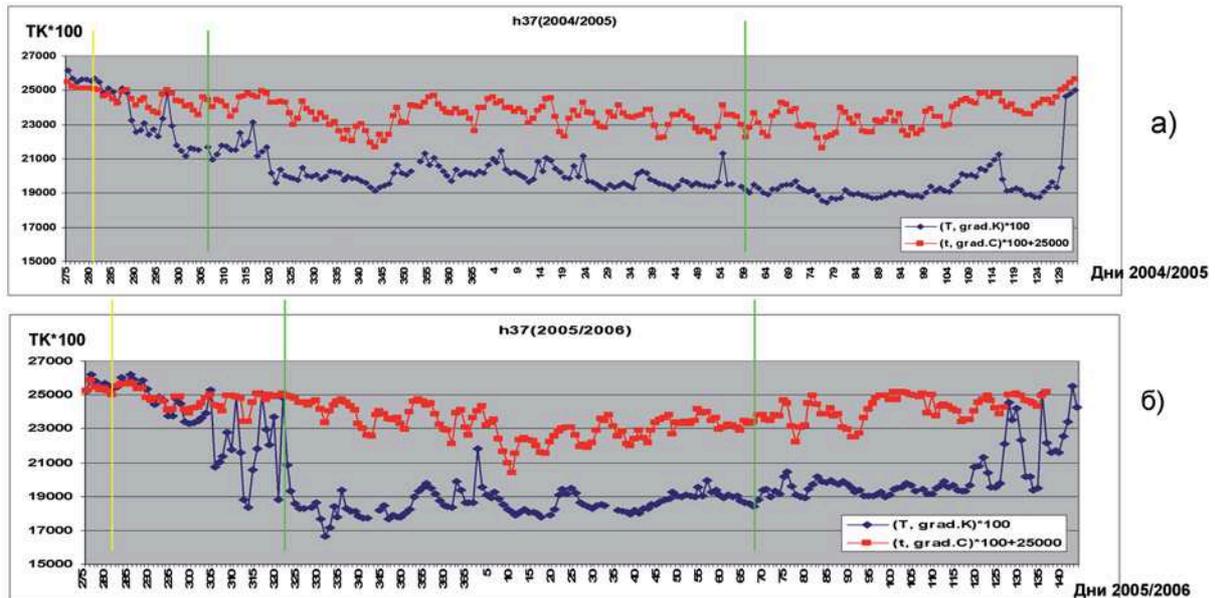


Рис. 5. Изменения радиоактивных температур на 37 ГГц и наземной температуры для окрестности метеостанции Воркута: а) тундра, зима 2004/2005 гг.; б) тундра, зима 2005/2006 гг.

Выводы

- разность 19h-37h является индикатором появления снега и может успешно использоваться для определения границы снежного покрова;
- после установления снежного покрова наиболее значимые скачкообразные изменения радиоактивных температур и разности 19h-37h происходят в результате оттепелей и связаны с изменением характеристик поверхностного слоя и образованием корки;

- вариации радиоярких температур связаны с изменением наземной температуры и состоянием приземного слоя атмосферы;
- полученные результаты свидетельствуют об отсутствии однозначной связи между изменением радиоярких температур, увеличением разности 19-37ГГц и изменением наземного водного эквивалента в течение зимы для территории субполярных районов России;
- вопрос о возможности использования микроволновых данных для получения количественных характеристик снега остается открытым...

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №05-05-64983.

Литература

1. *Chang A.T.C., J.L. Foster, D. Hall, A. Rango and B.Hartline.* Snow water equivalence determination by microwave radiometry // *Cold Regions Science and Technology*, 5, 1982. pp. 259-267.
2. *Kelly R.E., Chang A.T., Leung Tsang, Foster, J.L.* A prototype AMSR-E global snow area and snow depth algorithm // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*. Vol. 41, no. 2, 2003.
3. *Носенко Г.А., Долгих Н.А., Носенко О.А.* О возможности практической реализации существующих алгоритмов восстановления характеристик снежного покрова по данным микроволновых съемок из космоса для мониторинга водных ресурсов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Сборник научных статей. М.: "GRANP polygraph", 2005. Том II. С.150-156.*
4. *Носенко О.А., Долгих Н.А., Носенко Г.А.* Снежный покров центра Европейской части России по данным AMSR-E и SSM/I // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Сборник научных статей. М.: ООО "Азбука-2000", 2006. Том I. С.296-301.*