

Развитие методов мониторинга температуры поверхности суши по данным геостационарных спутников нового поколения

В.И. Соловьев, С.А. Успенский, А.Б. Успенский

*ГУ НИЦ космической гидрометеорологии «Планета», Москва
e-mail: uspenskys@planet.iitp.ru*

Рассматривается новый метод дистанционного определения температуры поверхности суши (ТПС) и излучательной способности поверхности (ИСП) по данным аппаратуры SEVIRI геостационарного спутника METEOSAT-9. Измеренные с помощью SEVIRI в условиях отсутствия облачности радиационные температуры в каналах расщепленного окна прозрачности №9 (10.8 мкм) и №10 (12.0 мкм) за три последовательных срока используются для получения оценок ТПС и ИСП с помощью комбинации метода «расщепленного окна прозрачности» и «метода двух температур». Используется гипотеза о постоянстве ИСП в каждом канале за все три срока измерения. При этом в предложенном методе не требуется точное априорное задание начальных приближений для излучательных способностей.

Метод был испытан в экспериментах с модельными и реальными измерениями SEVIRI. Область спутникового мониторинга ТПС покрывала большую часть Европы для сроков 11:00, 12:00, 13:00 СГВ за отдельные дни периода май-ноябрь 2009г.

Валидация спутниковых оценок осуществлялась путём сравнения с независимыми данными – оценками ТПС, получаемыми LSA SAF (Прикладной спутниковый центр анализа данных о земной поверхности – Лиссабон, Португалия). Средне-квадратичные отклонения лежат в диапазоне 0.9-2.6К, что косвенно подтверждает работоспособность предложенного метода.

Ключевые слова: температура поверхности суши, излучательная способность, аппаратура SEVIRI, метод «расщепленного окна прозрачности», метод «двух температур», валидация.

Введение

Температура поверхности суши (ТПС) является важным геофизическим параметром. Результаты дистанционного определения ТПС и излучательной способности поверхности (ИСП) суши по спутниковым данным различного временного и пространственного разрешения используются при моделировании процессов передачи тепла и влаги между поверхностью и атмосферой, а также при решении задач гидрологии, агрометеорологии и изучения климата. Необходимость получения регулярных спутниковых данных о температуре подстилающей поверхности диктуется тем, что сеть наземных наблюдений достаточно редкая. Для дистанционного определения ТПС обычно используют измерения уходящего теплового излучения в диапазоне 10.5-12.5 мкм с помощью сканирующих ИК-радиометров полярно-орбитальных метеорологических спутников (серий NOAA, MetOp, Метеор, EOS/Aqua, Terra), выполненные в условиях отсутствия облачности. Точность спутниковых оценок ТПС заметно ниже точности оценок температуры водной поверхности вследствие «нечерноты» поверхности суши и большой пространственно-временной изменчивости ТПС.

Возможности почти непрерывного во времени спутникового мониторинга ТПС для выбранных территорий возникли в последние годы после запуска европейских геостационарных спутников второго поколения MSG (Метеосат-8, -9). Установленный на борту этих спутников сканер-имаджер SEVIRI имеет 12 каналов (в том числе, ИК каналы 10.8 и 12 мкм), причем измерения выполняются каждые 15 мин [1]. Известные методы восстановления ТПС используют данные измерений в этих каналах, а также обновляемую базу данных по ИСП.

На борту планируемого к запуску отечественного геостационарного спутника серии «Электро» установлена аппаратура МСУ-ГС, подобная (по информативности) аппаратуре SEVIRI. С ее помощью предполагается каждые 30 мин. проводить измерения уходящего ИК-излучения на верхней границе атмосферы в 7 каналах, в том числе, в 2-х каналах диапазона 10.5-12.5 мкм. Спектральные аппаратные функции (а. ф.) указанных каналов подобны а. ф. соответствующих каналов SEVIRI, что позволяет в рамках отработки методов восстановления ТПС по информации МСУ-ГС использовать данные SEVIRI. Сказанное придает дополнительную актуальность выполненному исследованию, целью которого является создание и испытание метода дистанционного определения ТПС по данным измерений аппаратуры SEVIRI/Meteosat-9.

Изложение материала в данной работе: раздел 2 содержит краткое описание предложенного метода дистанционного определения ТПС; в разделе 3 рассмотрены результаты валидации получаемых спутниковых оценок ТПС; последний раздел содержит обсуждение возможного использования предложенного метода и его обобщении для оценки температуры T_a приповерхностного воздуха.

Метод анализа данных SEVIRI для получения оценок ТПС

Детальное описание предлагаемого метода тематической обработки данных SEVIRI для оценивания ТПС и ИСП дано в [2], поэтому в данной работе мы ограничимся кратким описанием метода с учетом выполненных модификаций.

Предложенный подход к построению оценок ТПС (или T_s), ИСП (или e) представляет собой комбинацию алгоритмов локального метода расщепленного окна прозрачности (РОП) и метода двух температур (МДТ) и использует одновременные измерения аппаратуры SEVIRI/Meteosat-9 в каналах РОП № 9 (10.8 мкм) и № 10 (12.0 мкм) за три срока измерений t_1, t_2, t_3 .

В локальном методе РОП оценка T_s вычисляется по формуле [2-5]:

$$T_s = a_1 + (a_2 + a_3 g_1(e) + a_4 g_2(e)) (T_1 + T_2) + (a_5 + a_6 g_1(e) + a_7 g_2(e)) (T_1 - T_2). \quad (1)$$

Здесь T_1, T_2 – радиационные температуры, измеренные в каналах № 9,10; $g_1(e) = (1-e)/e$, $g_2(e) = \Delta e/e^2$, $e = 0.5(e_1 + e_2)$, $\Delta e = e_1 - e_2$; e_1, e_2 – значения ИСП для каналов № 9, 10; (a_1, a_2, \dots, a_7) – набор регрессионных коэффициентов, зависящих от зенитного угла θ : $a_i = a_i(\theta)$. Коэффициенты $a_i(\theta)$ определяются с помощью метода наименьших квадратов (м.н.к.) в диапазоне углов θ между 0° и 55° с шагом 5° по обучающей выборке $\{T_1^p(k; \theta), T_2^p(k; \theta), T_s(k), e_1(k), e_2(k)\}$, k – номер реализации, $k = 1, \dots, N$.

Здесь $T_1^p(k; \theta), T_2^p(k; \theta)$ – моделированные измерения в каналах № 9, 10, полученные для заданного угла θ с помощью программного комплекса радиационных расчетов RTTOV-7 [6]. Формула (1) применима для оценки T_s при заданных e_1, e_2 .

Идея МДТ предложена в [7,8] и базируется на использовании одновременных измерений (как минимум, за два срока t_1 и t_2) при дополнительной гипотезе о постоянстве во времени ИСП: $e(v_j; t_1) = e(v_j; t_2)$, $j = 1, 2$. При измерениях в n каналах необходимое количество сроков M определяется неравенством $M \geq n / (n-1)$, т.е. $M \geq 2$ для метода РОП с $n = 2$, см.[2-4]. В нашем случае $M = 3$. Оценки $T_s(t_1), T_s(t_2), T_s(t_3), e_1, e_2$ в обобщенном ал-

горитме МДТ находятся, исходя из подгонки с помощью м.н.к. измеренных в сроки t_1 , t_2 , и t_3 сигналов $I_j(t_i; \theta)$ к моделированным сигналам $I_j^p(t_i; \theta)$ в каналах РОП ($j = 1, 2$). Сигналы $I_j^p(t_i; \theta)$ рассчитываются с помощью комплекса RTTOV-7 в соответствии с уравнением переноса ИК излучения для плоскопараллельной безоблачной атмосферы. Для расчета I_j^p требуется знание T_s , e_1 , e_2 , а также профилей температуры $T(p)$ и влажности $q(p)$ в каждом пункте и для всех сроков зондирования (p – давление).

Подгонка измеренных и рассчитанных сигналов в обобщенном алгоритме МДТ (для $M > 2$ сроков) осуществляется путем минимизации функции

$$\Phi_k(T_s(t_1), T_s(t_2), T_s(t_3), e_1, e_2) = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 [I_j(t_i) - I_j^p(t_i)]^2 \quad (2)$$

относительно 5 переменных $T_s(t_1)$, $T_s(t_2)$, $T_s(t_3)$, e_1 , e_2 . Здесь k – номер пункта зондирования и для простоты опущена зависимость величин от θ . Функция (2) является квадратичной по e_1 , e_2 и нелинейной по $T_s(t_1)$, $T_s(t_2)$, $T_s(t_3)$. Искомые $\{T_s(t_1), T_s(t_2), T_s(t_3), e_1, e_2\}$ можно определить, решая численно задачу минимизации функции (2) с помощью итерационного алгоритма Гаусса-Ньютона с ограничениями

$$0.94 \leq e_1, e_2 \leq 0.99, T_s^{\min}(i) \leq T_s(t_i) \leq T_s^{\max}(i), \quad i = 1, 2, 3.$$

Здесь $T_s^{\min}(i)$, $T_s^{\max}(i)$ – заданные пороговые значения.

Размерность задачи минимизации функции (2) можно уменьшить с 5 до 3, исключив переменные e_1 , e_2 (вследствие квадратичной зависимости Φ от e_1 , e_2). Следует отметить, что увеличение количества сроков ($M > 2$) ведет к повышению устойчивости и точности оценок $T_s(t_i)$, e_1 , e_2 , но при этом усложняется технология обработки спутниковых данных и, вообще говоря, уменьшается область зондирования (из-за требования отсутствия облачности над ней за все сроки t_i). Именно поэтому предлагаемый комбинированный метод разработан и реализован для случая $M=3$.

Процесс построения оценок является итерационным и включает последовательное применение алгоритмов метода РОП для расчета r -го приближения $T_s^{(r)}(t_i)$ и МДТ для расчета $(r+1)$ -го приближения $e_1^{(r+1)}$, $e_2^{(r+1)}$, $r=0,1,\dots$; при этом $e_1^{(0)}=e_2^{(0)}$ выбираются из диапазона 0.95–0.98. Критерий окончания итераций стандартный: рассчитываются величины $\Phi_k^{(r)}$ согласно (2) и сравниваются со значениями σ^2 – дисперсии измерительной погрешности ($\sigma^2 \cong 0.3 \div 0.5$). Если $\Phi_k^{(r)} \leq \sigma^2$, то итерации заканчиваются и текущие оценки $e_j^{(r)}$, $T_s^{(r)}(t_i)$ считаются окончательными; если $\Phi_k^{(r)} > \sigma^2$, то итерационный процесс продолжается до некоторого фиксированного r^* . В экспериментах по обработке реальных данных SEVIRI использовано $r^*=10$.

Важной частью предложенного метода обработки реальных данных SEVIRI является процедура оценки и учета систематических смещений двух типов: смещений оценок T_s за счет применения формулы (1) в методе РОП; смещений при моделировании сигналов $I_j^p(t_i)$, вызванных неточным заданием атмосферной модели (профили $T(p)$, $q(p)$). По сравнению с [2], изменена процедура расчета смещений, связанных с моделированием сигналов $I_j^p(t_i)$.

Для отработки и испытаний комбинированного метода в [2] сформированы выборки моделированных измерений SEVIRI/Meteosat-9. Цель экспериментов с моделированной информацией – отработка локального алгоритма РОП, а именно, определение регрессионных коэффициентов a_i из формулы (1) и исследование потенциальной точности оценивания T_s для двух областей зондирования с различными преобладающими зенитными углами спутниковых измерений. Эти области покрываются данными SEVIRI с зенитными углами измерений, меняющимися в диапазонах $35^\circ - 45^\circ$, $45^\circ - 50^\circ$ соответственно. Атмосферные модели $\{T_k(p), q_k(p)\}$ извлекались из климатической базы данных (среднемесячные оценки профилей $T(p)$, $q(p)$ в узлах регулярной сетки), причем приземная температура $T_a(k)$ и влажность $q_a(k)$ полагались равными их значениям для $p=1000$ гПа. Для каждой k -ой атмосферной модели с помощью RTTOV-7 моделировались измерения $T_1^p(k; \theta)$, $T_2^p(k; \theta)$ при T_s , меняющихся в диапазоне $(T_a-3.0, T_a+3.0)K$ с шагом $1.0K$, а также при переменных e в диапазоне $(0.94, 1.0)$ с шагом 0.025 и переменных Δe в диапазоне $(-0.0135, 0.0227)$ с шагом 0.004525 , ср. [5]. Всего с учетом различных T_s , e_1 и e_2 выборка расчетных $\{T_1^p(k; \theta), T_2^p(k; \theta)\}$ включала более 2700 реализаций для одной атмосферной модели. Как видно из сравнения рассчитанных наборов регрессионных коэффициентов, при изменении диапазона зенитных углов наиболее значительно меняется коэффициент a_1 , остальные коэффициенты меняются слабо.

В экспериментах по оценке потенциальной точности определения T_s с помощью (1) контрольная и обучающие выборки совпадали. Тем самым, исключаются все компоненты суммарной ошибки оценивания T_s (вызванные измерительными погрешностями, ошибками моделирования и неточным заданием e_1, e_2), кроме методической погрешности. Для области с преобладающими зенитными углами спутниковых измерений в диапазоне $35^\circ-45^\circ$ (более 28000 реализаций) средне-квадратичная погрешность (СКО_{РОП}) определения ТПС равна $\pm 0.18K$; для области с преобладающими зенитными углами в диапазоне $45^\circ-50^\circ$ (более 30000 реализаций) $СКО_{РОП} = \pm 0.35K$. Полученные оценки подтвердили работоспособность и эффективность локального алгоритма РОП; подобно [5], достоверность оценивания T_s ухудшается при увеличении зенитных углов.

Валидация спутниковых оценок ТПС

В экспериментах с фактическими данными SEVIRI/Meteosat-9, которые были существенно расширены по сравнению с [2], проверялась работоспособность предложенного комбинированного метода в целом, включая оценку достоверности определения T_s . Для экспериментов отобраны наборы разновременных измерений SEVIRI за 3 последовательных срока (11.00; 12.00; 13.00 СГВ) и ряда дней периода май-ноябрь 2009 г. При анализе данных SEVIRI/Meteosat-9 для автоматического выделения участков суши, не «закрытых» облачностью, использованы маска «суша-море» с хорошим пространственным разрешением, а также программный комплекс MAIA детектирования облачности. Комплекс MAIA, реализующий т.н. многопороговые алгоритмы детектирования облачности [9], был адаптирован к информации SEVIRI и применен для разделения «безоблачных» и «облачных» фрагментов. Разработанный метод применялся к измерениям SEVIRI над поверхностью суши для пикселей, идентифицированных как безоблачные за все 3 срока измерений.

Для валидации (оценки достоверности) результатов дистанционного определения ТПС их необходимо сравнить с независимыми синхронными и пространственно-совмещенными измерениями T_s (наблюдениями in-situ или дистанционными. Пространственное разрешение спутниковых оценок T_s по данным SEVIRI составляет $\sim 5-6$ км для центральных областей ЕТР, где трудно подобрать плоский «однородный» полигон такого размера (чтобы обеспечить репрезентативность наземных точечных наблюдений T_s). Задача валидации решается более легко, если в качестве «референсных» значений ТПС использовать независимые спутниковые оценки T_s , для которых предварительно оценены погрешности. Фактически при этом выполняется кросс-валидация различных спутниковых оценок T_s . В настоящей работе валидация оценок T_s , полученных по данным SEVIRI с помощью предложенного метода, выполнялась путем сравнения с синхронными и пространственно-совмещенными оценками $T_{s,LSA}(t_i)$, полученными по данным SEVIRI с помощью методики [5] в SAF LSA (Прикладной спутниковый центр анализа данных о земной поверхности – Лиссабон, Португалия).

Область спутникового мониторинга T_s с границами $\{35^\circ-65^\circ \text{ с.ш.}, 10^\circ \text{ з.д.}-50^\circ \text{ в.д.}\}$ была значительно увеличена по сравнению с [2] и фактически покрывает большую часть Европы, ср. с [5]. Поля температуры T_s , полученные в SAF LSA, сравнивались с синхронными результатами оценивания ТПС предложенным методом. О качественном подобии обоих полей можно судить, сравнивая Рис.1а (предложенный метод) с Рис.1б (метод LSA SAF). Приведенные поля спутниковых оценок T_s относятся к 02.11.2009, 12:00 СГВ. Как видно из сопоставления этих данных, диапазон изменения T_s один и тот же для обеих карт. Отметим, что из-за использования различных алгоритмов построения маски «ясно-облачно» на карте LSA SAF имеется большее количество оценок T_s (например, для территории Франции и Испании). Там, где облачные маски совпадают, отмечается близость оценок T_s обоих видов.

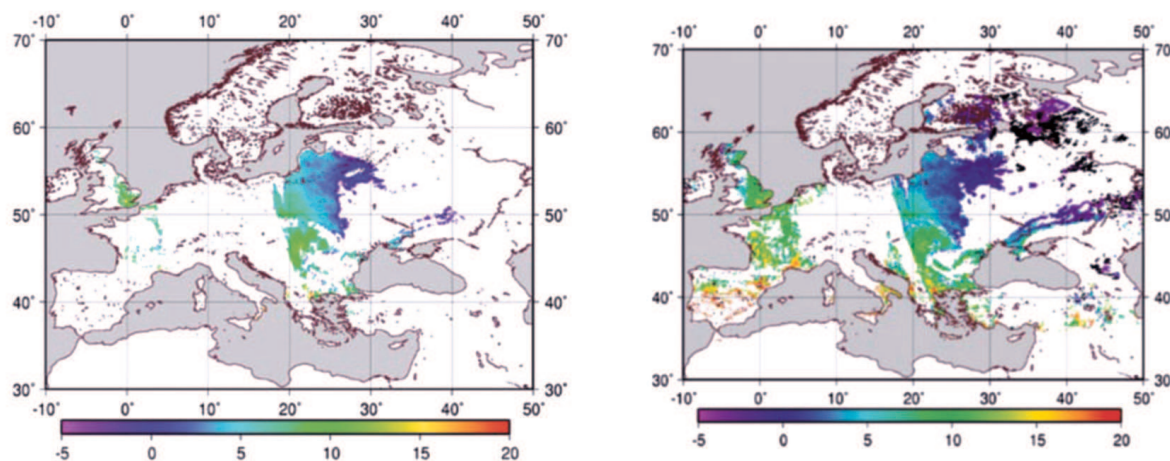


Рис.1. Картирование полей ТПС: а)предложенный метод; б)метод LSA SAF

Статистика отклонений синхронных и пространственно совмещенных оценок T_s помещена в Таблице 1. Здесь приведены дата зондирования, объем выборки сравниваемых T_s за каждую дату, систематические смещения, средне-квадратичные отклонения, а также величины стандартных отклонений (полученные удалением систематических смещений).

Таблица 1. Статистика отклонений синхронных и пространственно совмещенных оценок T_s

Дата	Выборка	Систематические смещения	СКО	СКО при удалении систематических смещений
02.11.2009	19 948	0,4157	0,9475	0,8514
07.09.2009	23 550	-2,2498	2,6224	1,6110
24.08.2009	18 450	-2,1104	2,4621	1,8603
13.07.2009	10 406	-0,4376	2,1695	2,1494
27.06.2009	3 839	-1,9171	2,5065	2,1506
02.06.2009	20 605	-1,5666	1,9312	1,5112
31.05.2009	17 941	-1,9000	2,2439	1,4611

Графическое представление статистики сравнений дано на Рис.2.

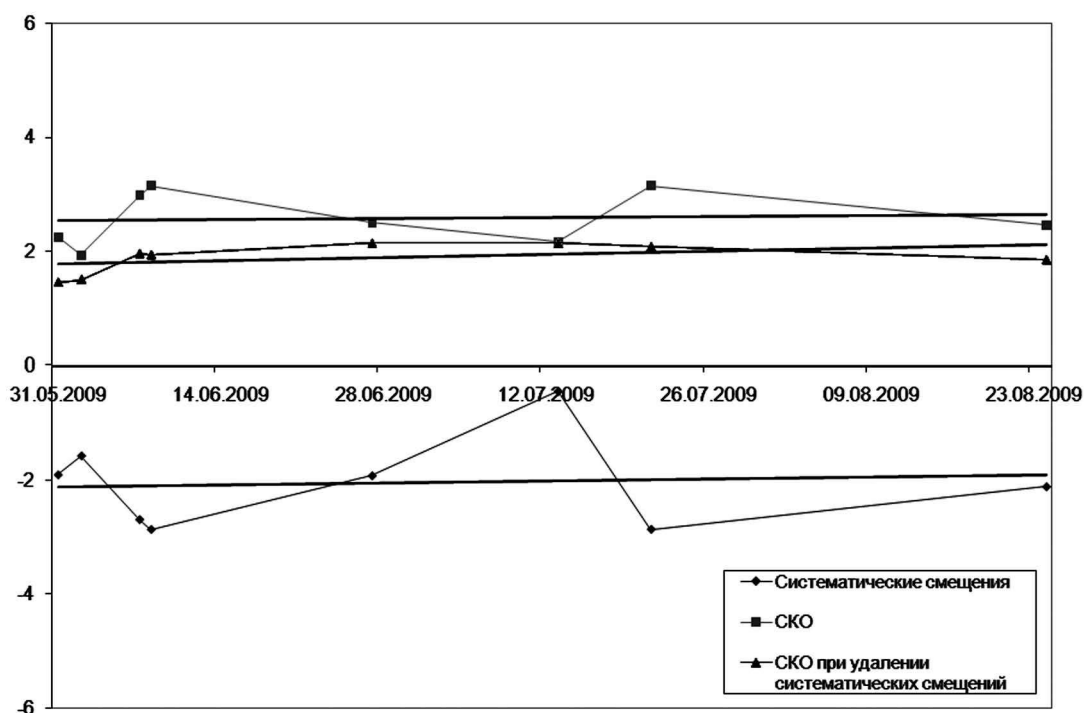


Рис. 2. Статистика сравнения ТПС по предложенному методу и методу LSA SAF

Как видно из Таблицы и Рис.2, величины СКО меняются в диапазоне 0.9-2.6К, а после удаления смещений – в диапазоне 0.8-2.2К. Одной из причин систематических смещений является, по-видимому, отличие излучательных способностей ϵ_1 и ϵ_2 , которые в обоих методах оценки T_s определяются по-разному.

Результаты валидации можно суммировать следующим образом. Предложенный метод дистанционного определения ТПС по данным SEVIRI в условиях отсутствия облачности не требует априорного задания значений ϵ_1 , ϵ_2 и обеспечивает получение оценок T_s , достаточно близких к оценкам T_s , производимым LSA SAF [5]. Средне-квадратичные отклонения для обоих оценок составляют 0.9-2.6К и могут быть ещё уменьшены при удалении систематических смещений. С учетом того, что погрешность оценок T_s в [5], полученная путём сопоставления с независимыми данными (включая измерения T_s *in-situ* на специальных полигонах), лежит в диапазоне 1.5-2.5К, точность восстановления ТПС предложенным методом является вполне удовлетворительной.

Для получения дополнительных данных о достоверности оценок T_s необходимо сопоставить их с другими независимыми измерениями T_s (спутниковыми оценками по данным MODIS/Terra, Aqua и «локальными» измерениями T_s на сети наземных станций). Такая работа начата, и первые результаты (сравнение с оценками ТПС по данным MODIS) являются обнадеживающими. Кроме того, целесообразно оценить достоверность получаемых с помощью предложенного метода оценок излучательных способностей e_1 , e_2 , сравнив их с независимыми данными, например, используемыми в методе [5].

Анализ возможностей спутникового мониторинга приповерхностной температуры воздуха

Температура на уровне 2 м ($T_{2m} = T_a$) от поверхности Земли является важным параметром в экономике. Высокие или очень низкие величины T_{2m} в вегетационный период могут привести к уменьшению урожая, низкие температуры вызывают туман (трудности для транспорта), высокие температуры увеличивают нагрузку на кондиционеры и т.п.

Обсудим возможные подходы к оценке T_a на основе измерений типа SEVIRI. К настоящему времени выполнен довольно обширный цикл исследований по оценке T_a с привлечением спутниковых оценок T_s и других характеристик подстилающей поверхности. Непосредственно получить оценку T_a из спутниковых измерений в окнах прозрачности атмосферы затруднительно, т.к. в них регистрируется излучение, почти на 100% исходящее от поверхности. Только при большом влагосодержании приземного (приводного) слоя основная часть излучения приходит от этого слоя, что позволяет определить его среднюю температуру (аналог T_a). Физические механизмы теплообмена в приземном слое воздуха известны, но связь между T_s и T_a получается достаточно сложной и ее трудно представить аналитически [10].

До сих пор предпринимались неоднократные попытки параметризовать связь T_{2m} и T_s . Перепад (lapse rate) между T_s и T_{2m} меняется в зависимости от времени суток и может быть положительным или отрицательным. Перепад $|T_s - T_{2m}|$ близок к нулю при восходе солнца, максимален в полдень и уменьшается ночью. Величины T_{2m} зависят от высоты Солнца (косвенно) благодаря корреляции T_s и T_{2m} . Поведение T_s зависит для конкретных суток от высоты Солнца, наличия облачности.

Известно несколько подходов к определению T_{2m} , исходя из заданных T_s . В одном из вариантов статистического подхода вначале устанавливается регрессионная связь между T_a и T_s по данным наземных измерений $\{T_a, T_s\}$ на совокупности метеостанций региона с использованием нескольких предикторов, включая солнечный зенитный угол. Затем подобная регрессия применяется для оценки T_a при замене T_s на спутниковую оценку T_s (по данным SEVIRI). Альтернативой является накопление выборки синхронных спутниковых оценок T_s и наземных наблюдений T_a , а также дополнительных спутниковых оценок NDVI (индекс вегетации), альбедо, потока нисходящего коротковолнового излучения в пункте зондирования. Указанные характеристики и их комбинации используются в качестве предикторов в регрессионной модели связи T_a и T_s .

В настоящее время для проверки эффективности обоих подходов ведется формирование обучающих выборок.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ №07-05-01030.

Литература

1. Schmetz, J., P. Pili, S. Tjemkes, D. Just, et al. An introduction to Meteosat Second Generation (MSG) // Bull. Amer. Meteor. Soc., 2002. 83, P. 977-992.
2. Соловьев В.И., Успенский С.А. Мониторинг температуры поверхности суши по данным геостационарных метеорологических спутников нового поколения // Исслед. Земли из космоса. 2009, N3. С. 102-112.
3. Becker, F. and Z.-L. Li, Toward a local split window method over land surface // Int. J. Remote Sens., 1990. vol. 11, N3, P. 369-393.
4. Wan, Z., J. Dozier. A generalized split-window algorithm for retrieving land surface temperature from space // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 1996. vol.34,N4, P. 892-905.
5. Product User Manual. Land Surface Temperature // SAF/LAND/IM/PUM_LST/2.1 2008. 49p.
6. Saunders R. W., M. Matricardi, P. Brunel. An Improved Fast. Radiative Transfer Model for Assimilation of Satellite Radiance Observations // Q.J.R. Meteorol. Soc. 1999. v.125. P.1407-1425.
7. Watson, K. Two-temperature method for measuring emissivity // Remote Sens. Environ. 1992. Vol. 42, P. 117-121.
8. Faysash, A. and E.A. Smith. Simultaneous Retrieval of Diurnal to Seasonal Surface Temperatures and Emissivities over SGP ARM-CART Site Using GOES Split Window // J. Appl. Meteor. 2000. Vol. 39, P. 971-982.
9. Labrot T., Lavanant L., White K. et al. AAPP Documentation. Scientific description // NWP SAF. Doc. NWP SAF-MF-UD-001. ver.6.0. 2006. 99 p.
10. Sun Y.J., Wang J.-F., Zhang R.-H. et al. Air temperature retrieval from remote sensing data based on thermodynamics // Theoret. and Appl. Climatology, 2005. 30 (1), P. 37-48.

Monitoring of land surface temperatures based on data from new generation geostationary satellites

S.A. Uspensky, V.I. Solovjiev, A.B. Uspensky

*SRC Planeta,
e-mail: uspenskys@planet.iitp.ru*

The new methodology is presented developed for operational retrieving of land surface skin temperature (LST or T_s) and emissivity (LSE or e) from SEVIRI/Meteosat-9 data. The clear sky IR brightness temperatures measured at three different times (image cycles) in the SEVIRI split-window (SW) channels N9 (IR 10.8) and N10 (IR 12.0) are converted to the LSTs and LSEs estimates using well-known "local" SW techniques in combination with the two-temperature method. The LSEs are specified as channel 9 and 10 emissivities e_1 and e_2 . The developed approach employs the hypothesis that e_1 and e_2 remain constant during the time interval between the first and the last image cycles used; moreover, accurate e_1 and e_2 first guesses are not required.

The performance of proposed retrieval methodology has been evaluated in the experiments with synthetic and actual SEVIRI/ Meteosat-9 data covering most of Europe for the sample of days in time period May-November 2009. For each date three SEVIRI imaging cycles have been used – at 11.00, 12.00, and 13.00 UTC. The cross-validation of LST retrievals has been performed through comparison to independent (synchronous and collocated) SEVIRI-based LST estimates produced at LSA SAF. The results show the RMS deviations in the range 1.4-2.4K. This can be treated as an indirect proof of method's efficiency.

Keywords: land surface skin temperature, emissivity, SEVIRI instrument, split-window techniques, two-temperature method, cross-validation.