

Модель взаимодействия поверхности суши с атмосферой, ориентированная на использование спутниковой информации, и ее применение для сельскохозяйственного региона

А.Н. Гельфан¹, Е.Л. Музылев¹, А.Б. Успенский², З.П. Старцева¹,
С.А. Успенский², П.Ю. Романов³

¹ *Институт водных проблем РАН
Россия, 119333, Москва, Губкина, 3
E-mail: hydrowpi@aquas.laser.ru*

² *Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»
Россия, 123242, Москва, Б. Предтеченский пер., 7
E-mail: uspensky@planet.iitp.ru*

³ *Муниципальный университет Нью-Йорка, Нью-Йорк, США
E-mail: Peter.Romanov@noaa.gov*

Разработана физико-математическая модель взаимодействия поверхности суши с атмосферой RSBLSM (Remote Sensing Based Land Surface Model), предназначенная для расчета составляющих водного и теплового балансов территорий регионального масштаба и позволяющая использовать спутниковые данные о характеристиках подстилающей поверхности и снежного покрова. Модель описывает процессы испарения с почвы, транспирации влаги растительностью, вертикального влаго- и теплопереноса в почве в течение сезона вегетации и в холодный сезон года, промерзания и оттаивания почвы, а также формирования снежного покрова и снеготаяния. Для калибровки и проверки модели использовались данные наземных наблюдений на агрометеорологических станциях Центрально-Черноземного региона европейской территории России за многолетний период. Разработаны технологии обработки спутниковой информации, позволяющие оценить ключевые параметры и переменные модели, рассмотрены возможности использования полученных оценок в модели для описания процессов формирования водного и теплового режимов значительных по размерам участков суши с учетом пространственной изменчивости характеристик подстилающей поверхности.

Ключевые слова: моделирование, спутниковые данные, водный режим суши, растительность, снежный покров, региональный масштаб.

Введение

Возможности получения надежных оценок влаго- и теплообмена поверхности суши с атмосферой для территорий регионального масштаба исследовались в течение ряда лет на примере Центрально-Черноземной области Европейской территории России (ЦЧО ЕТР) совместно специалистами Института водных проблем РАН и НИЦ космической гидрометеорологии «Планета» (см., например, Музылев и др., 2002; 2005; 2010; Соловьев и др., 2009; 2010; Успенский и др., 2011). Результаты исследований обоих коллективов за последние годы представлены в настоящем сборнике серией публикаций – предлагаемой статьей и статьей (Музылев и др., 2012).

Цели данной статьи – представление результатов исследований по разработке физико-математической модели взаимодействия поверхности суши с атмосферой RSBLSM (Remote Sensing Based Land Surface Model) с использованием данных наземных наблюдений в ЦЧО ЕТР, а также методов построения оценок характеристик подстилающей поверхности по

спутниковым данным для их использования в качестве параметров или входных величин этой модели. Результаты моделирования водного и теплового режимов рассматриваемой территории с использованием полученных спутниковых оценок представлены в упомянутой работе (Музылев и др., 2012).

Исследования велись на примере сельскохозяйственного региона ЦЧО, включающего Курскую, Белгородскую, Орловскую, Воронежскую, Липецкую, Тамбовскую и Брянскую области, общей площадью 227 300 км². Отдельные блоки модели и ряд расчетных процедур отлаживались для участков площадью 23 500 и 52 800 км², являющихся частью исследуемой территории (рис. 1). В регионе расположены 48 агрометеорологических станций, на которых проводятся измерения метеорологических характеристик, влажности и температуры почвы под различными культурами, снегомерные наблюдения. На некоторых из станций в период вегетации производятся измерения испарения с помощью испарителей. Для задания параметров модели, большинство из которых является измеряемыми характеристиками почв, растительного и снежного покровов, а также для проверки модели были использованы данные наблюдений на агрометеостанциях региона за 21 год с 1971 по 2010.

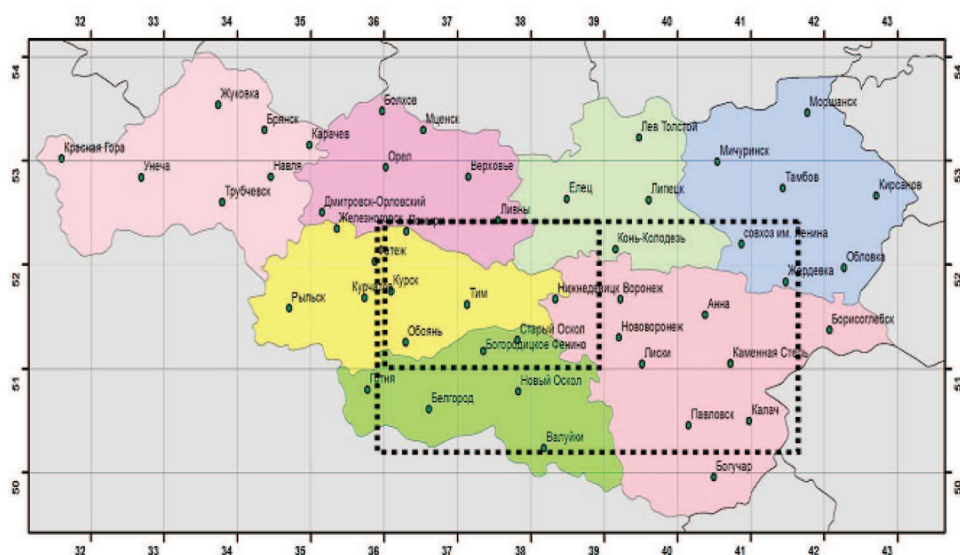


Рис. 1. Район исследований. Точками показаны агрометеорологические станции

Описание модели взаимодействия поверхности суши с атмосферой: структура, проверка по данным наземных наблюдений, анализ чувствительности

Разработанная модель взаимодействия суши с атмосферой RSBLSM состоит из двух основных взаимосвязанных компонент: моделей вертикального влаго- и теплопереноса в системе почва – растительность / снежный покров – атмосфера для периода вегетации (SVAT) и для холодного сезона года (SSNAT). Первые версии этих моделей были разработаны в 1990-х гг. (Кучмент и др., 1989; Kuchment, Gelfan, 1996) и усовершенствованы в работах (Музылев и др., 2002; 2005; Gelfan et al., 2004). Модели воспроизводят распределения влажности и температуры почвы по глубине в их динамике в период вегетации и в мерзлой почве в периоды ее промерзания и оттаивания, испарение с оголенной почвы и транспирацию влаги растительностью, временные изменения характеристик снежного покрова в периоды его формирования и таяния, а также температуры поверхности почвы, листьев

и снежного покрова. Структура системы моделей, основные уравнения, используемые для описания процессов вертикального влаго- и теплопереноса в системе почва – растительность / снежный покров – атмосфера, методы задания параметров и результаты проверок модели в целом и ее отдельных блоков детально освещены в вышеперечисленных публикациях. Здесь будут выделены лишь характерные особенности моделей и основные результаты их испытаний по данным наземных измерений.

Подстилающая поверхность представляется в модели как совокупность двух слоев: переменного по высоте растительного или снежного покровов и постоянного по глубине слоя почвы. Вертикальный влагоперенос в почве описывается уравнением диффузии влаги с учетом инфильтрации дождевых и талых вод, поглощения воды корнями растений (в сезон вегетации) и фазовых превращений связанной почвенной влаги (в периоды промерзания и оттаивания почвы). Вертикальный теплоперенос в почве описывается уравнением теплопроводности с учетом потоков тепла за счет фазовых переходов и конвекции при инфильтрации талой воды в мерзлую почву. Температуры поверхности листьев, почвы и снега находятся из уравнений теплового баланса для растительного покрова, почвы и снежного покрова, соответственно. Динамика характеристик снежного покрова (высоты, плотности, содержания жидкой влаги и льда) рассчитывается с помощью интегральной модели при осреднении характеристик по глубине снега. В качестве верхних граничных условий для решения расчетных уравнений задаются потоки тепла и влаги на границах растительности, почвы или снежного покрова с атмосферой, рассчитываемые по данным метеорологических измерений. Условия на нижней границе рассматриваемого слоя почвы задаются в виде градиента влажности и температуры почвы. Входными переменными модели являются температура, влажность воздуха и атмосферное давление, осадки, облачность, скорость ветра, суммарная радиация, значения которых определяются по данным стандартных метеорологических наблюдений на сети Росгидромета РФ. Расчетные уравнения решаются численно конечно-разностными методами с шагом по времени три часа, по глубине почвенного слоя – 10 см.

Различия свойств подстилающей поверхности учитывались в модели путем выделения на рассматриваемой территории участков с разными по гидрофизическим свойствам почвами, типами землепользования и видами растительности, каждым из которых отвечали конкретные значения параметров. Гидрофизические свойства почв представлялись набором почвенно-гидрологических констант: коэффициентом гидравлической проводимости насыщенной почвы (коэффициентом вертикальной фильтрации), наименьшей полевой влагоемкостью, максимальной гигроскопичностью, влажностью завядания, пористостью и объемным весом. Почвенно-гидрологические константы использовались для задания переменных коэффициентов гидравлической проводимости, теплопроводности и диффузии почвенной влаги в уравнениях влагопереноса и теплопроводности. Растительный покров характеризовался в модели устойчивым сопротивлением, листовым индексом, проективным покрытием, коэффициентом шероховатости, аэродинамическим сопротивлением на поверхности растительного покрова, причем последние два параметра зависят от морфометрических характеристик растительности.

Значения большинства параметров моделей были получены по данным специальных измерений на агрометеостанциях или по литературным источникам.

Основные значимые параметры модели SVAT были подобраны при калибровке по данным наземных наблюдений за испарением, вертикальными профилями влажности и температуры почвы. Проверка модели SVAT на независимых данных проводилась путем сравнения рассчитанных и измеренных вертикальных профилей влажности и температуры

почвы, значений температуры подстилающей поверхности, радиационного баланса, содержания влаги в почве в разных по глубине слоях почвы и эвапотранспирации за многолетний период. Проверка показала (Музылев и др., 2002; 2005), что модель удовлетворительно описывает динамику эвапотранспирации, температуры и влажности почвы на агрометеорологических станциях исследуемого региона.

Калибровка основных значимых параметров модели SSNAT для зимне-весенних сезонов и проверка модели на независимых данных производились на основе данных наземных наблюдений за высотой снежного покрова, вертикальными профилями влажности и температуры почвы. Для калибровки блока формирования снежного покрова модели SSNAT использовались данные измерений глубины снежного покрова на 48 метеорологических станциях за зимне-весенние сезоны 2002–2004 гг. Проверка модели производилась по данным снегомерных измерений 2008–2010 гг. Сравнение результатов моделирования глубины снега с данными наземных измерений показало их удовлетворительное совпадение. Калибровка блока влаго- и теплопереноса в мерзлой почве модели SSNAT и его проверка производились по данным лабораторных измерений профилей температуры и влажности промерзающей и оттаивающей почвы в гидрофизической лаборатории Государственного гидрологического института и специальных натурных измерений на Нижнедевицкой воднобалансовой станции, расположенной на исследуемой территории. Детальное описание результатов калибровки и проверки модели приведено в работе (Gelfan, 2006).

Проведена серия численных экспериментов для оценки чувствительности расчетов суммарного испарения и температуры поверхности почвы в период вегетации к изменению значений параметров модели. Показано, что наиболее значимыми параметрами, определяющими суммарное испарение и содержание влаги во влажной почве в период вегетации, являются листовой индекс и проективное покрытие. Влияние устьичного сопротивления оказывается менее существенным. При иссушении почвы (что происходит, как правило, с увеличением температуры ее поверхности) влияние параметров растительности становится менее заметным и значение суммарного испарения в период вегетации определяется, в основном, содержанием влаги в верхнем почвенном слое.

Таким образом, результаты проведенных испытаний показали, что разработанная модель RSBLSM позволяет удовлетворительно описывать гидротермический режим почвы, растительности и снежного покрова для небольших однородных участков рассматриваемой территории, для которых данные измерений на агрометеорологических станциях могут считаться репрезентативными и параметры и переменные модели могут быть заданы по имеющимся наблюдениям. Вместе с тем возможности описания гидротермических процессов на огромных участках территории, не освещенных наблюдениями, напрямую зависят от возможностей получения для этих участков спутниковых оценок характеристик подстилающей поверхности, которые могут быть использованы в качестве перечисленных выше основных параметров и переменных модели. Разработанные технологии получения таких оценок представлены в следующем разделе.

Технологии получения спутниковых оценок характеристик подстилающей поверхности

Использованные методы тематической обработки спутниковых данных радиометров AVHRR/NOAA и MODIS/Terra и Aqua для построения оценок характеристик подстилаю-

щей поверхности подробно описаны в (Музылев и др., 2002; 2005; 2010), а методы обработки спутниковых данных о покрытости территории снегом и запасах воды в снежном покрове (MODIS/Terra и Aqua и AMSR-E/Aqua, соответственно) – в работе (Kuchment et al., 2010). В данном разделе коротко будут описаны эти методы, а также полученные за последние два года результаты обработки данных измерений радиометра SEVIRI геостационарного ИСЗ Meteosat 9 для дистанционного определения температуры подстилающей поверхности.

*Оценки характеристик подстилающей поверхности в период вегетации
с помощью радиометров AVHRR и MODIS*

Разработанная тематическая обработка данных радиометра AVHRR/NOAA позволяет для безоблачных условий получать оценки температур поверхностей растительного покрова T_a и почвы T_g , эффективной радиационной температуры $T_{s,eff}$, излучательной способности E , а также трех характеристик растительного покрова: нормализованного индекса вегетации $NDVI$, проективного покрытия растительностью B и листового индекса LAI . Для надежной идентификации «безоблачных» фрагментов был использован пороговый метод обнаружения облаков в полосе обзора AVHRR (Волкова, Успенский, 2007). Оценки T_a , T_g и $T_{s,eff}$ строятся с использованием алгоритма «расщепленного окна прозрачности» (Успенский, Щербина, 1996; Uspensky et al., 1999). Средние квадратические отклонения T_a , T_g и $T_{s,eff}$ от результатов наземных измерений для 2009 г. заключены в пределах 2,4...2,8; 3,5...4,9 и 2,4...3,6 °С, соответственно. Наибольшие расхождения между наземными и спутниковыми оценками (особенно для T_g) обычно отмечаются в жаркий период лета (конец июня – июль), что может быть вызвано существенным локальным перегревом поверхности почвы, разницей до полутора часов между спутниковыми и наземными наблюдениями и генерализацией спутниковых данных. Значения LAI определялись по эмпирическим соотношениям между LAI и $NDVI$ для различных типов растительного покрова. В качестве примера обработки данных радиометров AVHRR на рис. 2 показаны распределения листового индекса LAI и проективного покрытия растительностью на одну из дат 2010 г.

Информация об оценках T_{ls} , $NDVI$, LAI и E по данным MODIS/Terra и Aqua была получена через вебсайт LP DAAC. Для T_{ls} были загружены LST/E Daily L3 product (MOD11B1) с пространственным разрешением ~4,8 км и LST/E 5-Min L2 product (MOD11_L2) с разрешением ~1 км. Пространственное разрешение оценок $NDVI$ и LAI составляет 1 км, причем эти оценки получают за временной период в 8 дней. Затем с помощью специально созданного программного обеспечения были выполнены форматное преобразование исходных данных, преобразование проекции и расчет географических координат для пунктов спутникового зондирования. Достоверность оценок T_{ls} (MOD11B1 и MOD11_L2) проверялась путем их сопоставления с данными квазисинхронных пространственно совмещенных наземных агрометеорологических наблюдений, а также с аналогичными оценками по данным AVHRR/3. Согласно результатам сопоставлений оценки T_{ls} (MOD11B1) для большинства сроков оказались более достоверны, чем оценки T_{ls} (MOD11_L2). Значения максимальной абсолютной разности оценок T_{ls} (MODIS) и $T_{s,eff}$ (AVHRR) лежат в диапазоне 2,0...3,0 °С, а среднеквадратическое отклонение оценок T_{ls} (MODIS) от значений температур, измеренных на агрометеостанциях, не превышает 3,5 °С.

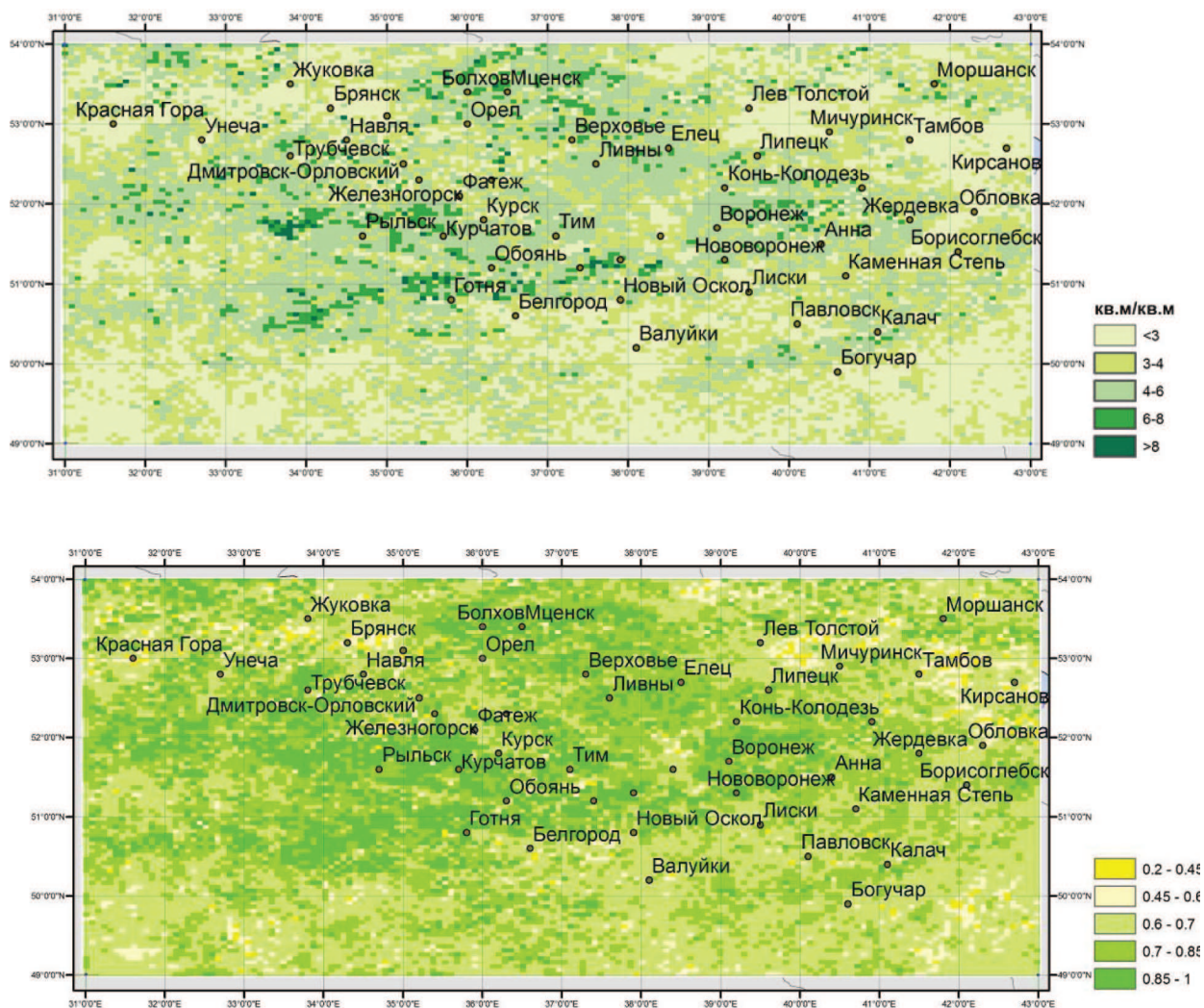


Рис. 2. Распределения листового индекса LAI (вверху) и проективного покрытия растительностью V (внизу) по части территории ЦЧО ЕТР площадью 227 300 км², построенные по данным AVHRR на 12:00 местного времени 4 июня 2010 г.

Оценка характеристик снежного покрова с помощью комбинирования данных спутников EOS в оптическом и микроволновом диапазонах

Для моделирования характеристик снежного покрова были использованы данные о поверхности Земли, оперативно получаемые по результатам измерений радиометров MODIS и AMSR-E со спутников EOS/Terra и Aqua.

Запас воды в снежном покрове оценивается по данным микроволнового радиометра AMSR-E с разрешением порядка 25 км. Точность восстановления этой величины составляет около 25 %. Ежедневные глобальные карты запаса воды в снежном покрове AE_DySno (AMSR-E/Aqua Daily L3 Global Snow Water Equivalent EASE-Grids) представляют собой сетки EASE-grid 720×720 в стандартном формате HDF. По данным измерений MODIS в NASA производятся ежедневные карты снега с разрешением 500 м. Доступ ко всем перечисленным геоинформационным продуктам осуществляется через распределенный архив данных NASA.

В данном исследовании использован разработанный метод комбинирования данных о снежном покрове (Romanov et al., 2000), полученных в оптическом и микроволновом диа-

пазонах радиометрами MODIS и AMSR-E, с целью генерирования усовершенствованных глобальных ежедневных карт характеристик снежного покрова с полным покрытием (без пропусков) с пространственным разрешением 5 км. Алгоритм использует две ежедневных карты снежного покрова: карту MODIS с пространственной сеткой с разрешением 5 км (маркируемой NASA как MOD10C1 и MYD10C1) и карту водного эквивалента AE_DySno. Сравнение по девяти последовательным зимним сезонам от 2002/2003 до 2009/2010 гг. показало, что карта снежного покрова, построенная по комбинированным данным MODIS и AMSR-E, согласуется с данными наземных наблюдений в 87 % случаев.

*Спутниковый мониторинг термического режима поверхности суши
по данным SEVIRI/Meteosat 9*

В период 2009–2010 гг. был создан и испытан оригинальный метод построения оценок T_{ls} и E по данным измерений SEVIRI (Соловьев и др., 2009; 2010; Успенский и др., 2011). Предложенный метод базируется на последовательном применении двух известных подходов – локального алгоритма «расщеплённого окна прозрачности» и метода «двух температур». В нем используются данные SEVIRI для безоблачных условий в ИК-каналах № 9 (10,8 мкм) и № 10 (12 мкм) за три последовательных срока, при этом задания хороших начальных приближений для величин излучательной способности в этих каналах (E_9 и E_{10}) не требуется. Работоспособность предложенного метода была подтверждена при экспериментах с фактическими данными. Проанализирована статистика отклонений получаемых оценок T_{ls} от независимых спутниковых оценок T_{ls} (LSA SAF), производимых в LSA SAF – Прикладном спутниковом центре анализа данных о земной поверхности (Лиссабон, Португалия). Сопоставление обоих видов оценок T_{ls} показало их взаимную согласованность и наличие заметных систематических смещений при усреднении за месячный срок по различным территориям Европы. С учетом полученных результатов адаптация предложенного метода оценивания T_{ls} применительно к территории ЦЧО заключалась в разработке процедуры расчета и коррекции систематических смещений, что позволило уменьшить среднеквадратические ошибки оценок до уровня 1,1...2,1 °С. Поскольку погрешность оценок T_{ls} (LSA SAF) лежит в диапазоне 1,5...2,5 °С, достоверность оценок T_{ls} является вполне удовлетворительной. В дополнение к описанным работам достоверность оценок T_{ls} была исследована путем сопоставления с оценками T_{ls} (MODIS). Кроссвалидационные эксперименты были выполнены для территории ЦЧО ЕТР за июль – август 2010 г. На рис. 3 приведен пример сопоставления полей температуры подстилающей поверхности, построенных по данным SEVIRI и MODIS для одной из дат 2010 г.; видно, что эти поля имеют схожую пространственную структуру. Для большей части территории различие является незначительным (0,0...2,0 °С).

Заключение

В результате проведенных исследований:

1. Разработана физико-математическая модель взаимодействия поверхности суши с атмосферой RSBLSM (Remote Sensing Based Land Surface Model), предназначенная для расчета составляющих водного и теплового балансов территорий регионального масштаба и позволяющая использовать спутниковые данные о характеристиках подстилающей поверхности и снежного покрова.

2. Разработан и испытан метод тематической обработки данных измерений аппаратуры SEVIRI геостационарных ИСЗ Meteosat 9 для дистанционного определения температуры подстилающей поверхности и излучательной способности почвы в светлое и темное время суток. Усовершенствована технология получения оценок характеристик растительности и ТПП по данным измерений радиометров AVHRR/NOAA и MODIS/EOS Terra и Aqua.

Авторы выражают благодарность В.И. Соловьеву, Е.В. Волковой и А.В. Кухарскому за создание программного обеспечения и проведение тематической обработки спутниковых данных.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 10-05-00807).

Литература

1. Волкова Е.В., Успенский А.Б. Детектирование облачности и определение ее параметров по спутниковым данным в светлое время суток // Метеорология и гидрология. 2007. № 12. С. 5–20.
2. Кучмент Л.С., Мотовилов Ю.Г., Старцева З.П. Моделирование влагопереноса в системе почва – растительность – приземный слой атмосферы для гидрологических задач // Водные ресурсы. 1989. № 2. С. 32–39.
3. Музылев Е.Л., Успенский А.Б., Волкова Е.В., Старцева З.П. Использование спутниковой информации при моделировании вертикального тепло- и влагопереноса для речных водосборов // Исследование Земли из космоса. 2005. № 4. С. 35–44.
4. Музылев Е.Л., Успенский А.Б., Старцева З.П., Волкова Е.В. Моделирование гидрологического цикла речных водосборов с использованием синхронной спутниковой информации высокого разрешения // Метеорология и гидрология. 2002. № 5. С. 68–82.
5. Музылев Е.Л., Успенский А.Б., Старцева З.П., Волкова Е.В., Кухарский А.В. Моделирование составляющих водного и теплового балансов для речного водосбора с использованием спутниковых данных о характеристиках подстилающей поверхности // Метеорология и гидрология. 2010. № 3. С. 118–133.
6. Музылев Е.Л., Успенский А.Б., Старцева З.П., Гельфан А.Н., Успенский С.А., Александрович М.В. Использование спутниковых данных о характеристиках подстилающей поверхности и снежного покрова при моделировании составляющих водного и теплового балансов обширных территорий сельскохозяйственного назначения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 258 – 269.
7. Соловьев В.И., Успенский С.А. Мониторинг температуры поверхности суши по данным геостационарных метеорологических спутников нового поколения // Исследование Земли из космоса. 2009. № 3. С. 79–89.
8. Соловьев В.И., Успенский А.Б., Успенский С.А. Определение температуры земной поверхности по данным измерений уходящего теплового излучения с геостационарных метеорологических ИСЗ // Метеорология и гидрология. 2010. № 3. С. 5–17.
9. Успенский С.А., Успенский А.Б., Рублев А.Н. Анализ возможности мониторинга приповерхностной температуры воздуха по данным геостационарных метеорологических спутников // Сб. тез. Международного симп. «Атмосферная радиация и динамика». Санкт-Петербург. 2011. С. 37–38.
10. Успенский А.Б., Щербина Г.И. Оценка температуры и излучательной способности поверхности суши по данным измерений уходящего теплового излучения с ИСЗ NOAA // Исследование Земли из космоса. 1996. № 5. С. 4–13.
11. Gelfan A.N. Physically based model of heat and water transfer in frozen soil and its parametrization by basic soil data. In: Predictions in Ungauged Basins: Promises and Progress // Proc. Symp. S7 held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz do Iguazu, Brazil. April 2005 / Eds. M. Sivapalan. IAHS Publ. N. 303. 2006. P. 293–304.
12. Gelfan A.N., Pomeroy J.W., Kuchment L.S. Modelling forest cover influences on snow accumulation, sublimation, and melt // J. Hydrometeorology. 2004. V. 5. P. 785–803.
13. Kuchment L.S., Gelfan A.N. The determination of the snowmelt rate and the meltwater outflow from a snowpack for modeling river runoff generation // J. Hydrology. 1996. V. 179. P. 23–36.

14. *Kuchment L.S., Romanov P., Gelfan A.N., Demidov V.N.* Use of satellite-derived data for characterization of snow cover and simulation of snowmelt runoff through a distributed physical based model of runoff generation // *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010. V. 14. P. 339–350.
15. *Romanov P., Gutman G., Csiszar I.* Automated monitoring of snow over North America with multispectral satellite data // *J. Applied Meteorology*. 2000. V. 39. P. 1866–1880.
16. *Uspensky A.B.* et al. Derivation of surface skin temperature from high resolution IR radiance measurements // *J. Earth Res. from Space*. 1999. V. 4. P. 21–31.

A Remote Sensing Based Land Surface Model: development and application for assessing intra-annual variability of water and heat balances of a vast region

**A.N. Gelfan¹, E.L. Muzylev¹, A.B. Uspensky², Z.P. Startseva¹,
S.A. Uspensky², P.Yu. Romanov³**

¹ *Water Problem Institute of Russian Academy of Sciences
Russia, 119333, Moscow, Gubkin, 3
E-mail: hydrowpi@aqua.laser.ru*

² *State Research Center of Space Hydrometeorology “Planeta”
Russia, 123242, Moscow, B. Predtechensky, 7
E-mail: uspensky@planet.iitp.ru*

³ *City College of City University of New York, New York, NY, USA
E-mail: Peter.Romanov@noaa.gov*

A Remote Sensing Based Land Surface Model (RSBLSM) has been developed for simulating water and heat balance components of vast terrains of a regional scale and allowing the use of satellite derived data on land surface and snow cover characteristics. The model describes processes of bare soil evaporation and transpiration of vegetation, vertical water-and-heat transfer through a soil for both vegetation and cold season, as well as soil freezing and thawing, snow accumulation and melt. The model calibration and validation have been carried out against the ground-based long-term observations at the agricultural meteorological stations of the Central Black Earth zone of European Russia. Technologies of satellite data processing have been developed for assessing key-parameters and state variables for the model. Opportunities have been analysed for utilizing satellite derived estimates by the model for description of water/heat regime of a vast region accounting for spatial variability of the land-surface characteristics.

Keywords: land surface model, satellite data, agricultural region, water balance.