

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ОБШИРНОЙ ТЕРРИТОРИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ
ИНФОРМАЦИИ О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ И
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ

Музылев Е.Л.¹, Успенский А.Б.², Старцева З.П.¹, Волкова Е.В.², Кухарский А.В.²,
Успенский С.А.²

¹Институт водных проблем РАН, ² Научно-исследовательский центр космической
гидрометеорологии "Планета" Росгидромета, Россия

Разработана физико-математическая модель влаго- и теплообмена обширных покрытых растительностью территорий с атмосферой для вегетационного периода, предназначенная для расчета характеристик водного и теплового режимов этих территорий - суммарного испарения E_v (испарения с голой почвы и транспирации растительности), влагозапасов почвы W , вертикальных потоков скрытого и явного тепла, а также распределений влажности и температуры почвы по глубине, температуры поверхностей почвы и растительного покрова, радиационной температуры подстилающей поверхности (ТПП). Модель рассчитана на использование построенных по данным радиометров AVHRR (ИСЗ NOAA), MODIS (ИСЗ EOS Terra и Aqua), SEVIRI (ИСЗ Meteosat-9,-10) оценок характеристик растительного покрова и метеорологических характеристик. В качестве исследуемой была выбрана территория части сельскохозяйственного Центрально-Черноземного региона России площадью 227300км² с координатами 49°30'–54° с.ш., 31°–43° в.д., включающая Курскую, Белгородскую, Орловскую, Воронежскую, Липецкую, Тамбовскую и Брянскую области.

Для описания вертикального влаго- и теплопереноса в почве в модели использовались, соответственно, уравнение диффузии влаги с учетом инфильтрации дождевых вод и их поглощения корнями растений и уравнение теплопроводности с граничными условиями в виде приходящих и уходящих потоков влаги и тепла. Испарение с поверхности почвы и транспирация определялись с помощью полуэмпирических формул. Различия свойств подстилающей поверхности учитывались в модели путем использования характеристик почв и растительности в качестве параметров, а различия метеоусловий – представлением метеорологических характеристик в качестве входных переменных.

Для нахождения значений характеристик растительности и метеорологических характеристик были разработаны новые и усовершенствованы существовавшие технологии построения оценок этих характеристик по результатам тематической обработки и анализа

данных спутниковых измерений с помощью названных сенсоров. Все технологии были адаптированы к исследуемой территории. По данным AVHRR определялись температуры поверхностей растительного покрова T_a и почвы T_{sg} , эффективная радиационная ТПП $T_{s,eff}$ (средневзвешенная температур T_a и T_{sg}), и излучательная способность E , индекс вегетации NDVI, листовой индекс LAI, проективное покрытие растительностью B (при безоблачной атмосфере) и осадки, по данным MODIS – ТПП T_{ls} , E , NDVI и LAI, а по данным SEVIRI - T_{ls} , T_a , LAI и осадки. Проанализирована статистика ошибок определения температур, построенная по результатам сопоставления их оценок по данным всех радиометров с данными наземных наблюдений, сравнения между собой и (для SEVIRI) – с оценками, полученными по данным SEVIRI в Прикладном центре анализа спутниковых данных о поверхности Земли (Лиссабон, Португалия).

Для использования в модели описанных данных дистанционного зондирования были разработаны процедуры: 1) замены определенных по данным наземных наблюдений значений параметров модели LAI и B на их оценки по дистанционным данным AVHRR, MODIS и SEVIRI при подтверждении корректности такой замены путем сравнения временных ходов LAI, $T_{s,eff}$, T_{ls} и T_a , построенных по наземной и спутниковой информации; 2) ввода в модель в качестве входных переменных оценок ТПП $T_{s,eff}$, T_{ls} , T_a по данным AVHRR, MODIS и SEVIRI и осадков по данным AVHRR и SEVIRI вместо их оценок по наземным данным с проверкой адекватности результатов моделирования при такой замене посредством сравнения рассчитанных и измеренных значений влагосодержания почвы и суммарного испарения; 3) учета в модели пространственной изменчивости полей LAI, B , ТПП и осадков, построенных по данным перечисленных сенсоров, и метеорологических характеристик, полученных с помощью интерполяционных методов по данным стандартных наземных наблюдений на агрометеостанциях, путем введения в модель значений всех названных величин в каждом узле вычислительной сетки.

С помощью модели, пригодной для использования построенных спутниковых оценок характеристик растительного покрова, ТПП и осадков, рассчитаны величины суммарного испарения, влагосодержания почвы, вертикальных потоков скрытого и явного тепла и других характеристик водного и теплового режимов исследуемой территории за сезоны вегетации 2009-2012гг. Точность оценок E_v и W проверялась путем сравнения их вычисленных и измеренных значений, а в отсутствие измерений E_v – по результатам сопоставления его значений, рассчитанных для всех возможных вариантов оценки LAI, B , $T_{s,eff}$, T_{ls} и T_a по спутниковым данным. Для всех вариантов расчетов погрешность оценки E_v лежит в

стандартных пределах (~ 20-25 %), а ошибки оценки W не превышают 10–15%, что является приемлемым результатом.