

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В НЕОДНОРОДНОМ РАСТИТЕЛЬНОМ ПОКРОВЕ

Левашова Н.Т.¹, Мухартова Ю.В., Ольчев А.О.²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, г. Москва, Россия

natasha@npanalytica.ru

²МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет,

Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,

aoltche@yandex.ru

Аннотация: Солнечная радиация, поступающая на верхнюю границу растительного покрова, является ключевым фактором, определяющим тепловой режим растительного покрова и почвы и влияющим на всю совокупность биохимических процессов, протекающих в растениях. В работе представлены результаты расчетов интенсивности излучения и коэффициент пропускания для двух основных спектральных диапазонов: видимого и ближнего инфракрасного согласно трехмерной модели.

1. Введение

Солнечная радиация, поступающая на верхнюю границу растительного покрова, является ключевым фактором, определяющим тепловой режим растительного покрова и почвы и влияющим на всю совокупность биохимических процессов, протекающих в растениях, включая процессы фотосинтеза и транспирации. Большинство современных методик, используемых для описания радиационного режима растительного покрова, рассматривают растительный покров в виде горизонтально однородной мутной среды, внутри которой для описания переноса радиации справедливо использование закона Бугера-Ламберта, предполагающего экспоненциальное ослабление солнечного света в зависимости от плотности растительного покрова. В случае неоднородной растительности использование данного подхода может привести к значительным погрешностям в оценках радиации поглощенной и пропущенной различными ярусами растительного полога. Для неоднородного растительного покрова, очевидно, требуется использование более сложных моделей переноса, позволяющих оценить эффекты пространственной неоднородности растительности.

2. Используемая модель и объект исследования

В рамках данного исследования для описания полей солнечной радиации в неоднородном растительном покрове была использована трехмерная модель переноса солнечной радиации, основанная на модельном подходе, впервые предложенным Ю.К. Россом (Росс 1977) и в дальнейшем развитым Р. Мунени (Ross, Munenì 1991), Ю. Князихиным и др. (1997). Согласно этому подходу функция распределения интенсивности солнечной радиации $I_{\lambda}(\mathbf{r}, \Omega)$ с длиной волны λ в каждой точке пространства внутри растительности $\mathbf{r}=\{x, y, z\}$ в зависимости от телесного угла $\Omega=\{\varphi, \theta\}$, (θ – зенитный угол солнца) оценивается как сумма прямой $I_{m,\lambda}(\mathbf{r}, \Omega)$ и рассеянной солнечной радиации $I_{d,\lambda}(\mathbf{r}, \Omega)$.

В качестве объекта исследования был выбран горизонтальный участок площадью в 1 га, засаженный деревьями. Высота каждого дерева 8 м, диаметр кроны 6 м, высота крепления кроны 1 м, диаметр ствола 0,2 м. Расстояние между стволами 5,24 м. Всего на рассматриваемой площади находится 181 дерево. Горизонтальное распределение LAI в пределах рассматриваемого массива представлена на рисунке 1.

3. Результаты

Согласно описанной модели в настоящей работе вычислены потоки фотосинтетически активной радиации ($\Delta\lambda=0.39-0.72$ мкм) и ближней инфракрасной ($\Delta\lambda=0.72-3.00$ мкм) в ясный солнечный день при зенитном угле солнца 30° .

Расчеты производились для двух различных вариантов структуры растительного покрова – реального трехмерного (рисунок 1) и одномерного. При одномерном описании плотность листового покрова считалась зависимой только от вертикальной координаты и распределенной равномерно в любой горизонтальной плоскости. При этом средняя плотность листового покрова в каждой горизонтальной плоскости для каждой модели считалась одинаковой. Сравнение потоков радиации в различных спектральных диапазонах показало наличие существенных погрешностей в расчетах потоков при использовании одномерной аппроксимации структуры растительности (Таблица 1).

Таблица 1 – Различия в величинах радиации, приходящей к поверхности почвы для одномерного и трехмерного случая описания структуры растительности.

$\Delta\lambda(\text{мкм})$	Средняя интенсивность излучения Вт/м ² 1D	Средняя интенсивность излучения Вт/м ² 3D
0.39-0.72	214.58	273.06
0.72-3.00	259.89	352.43

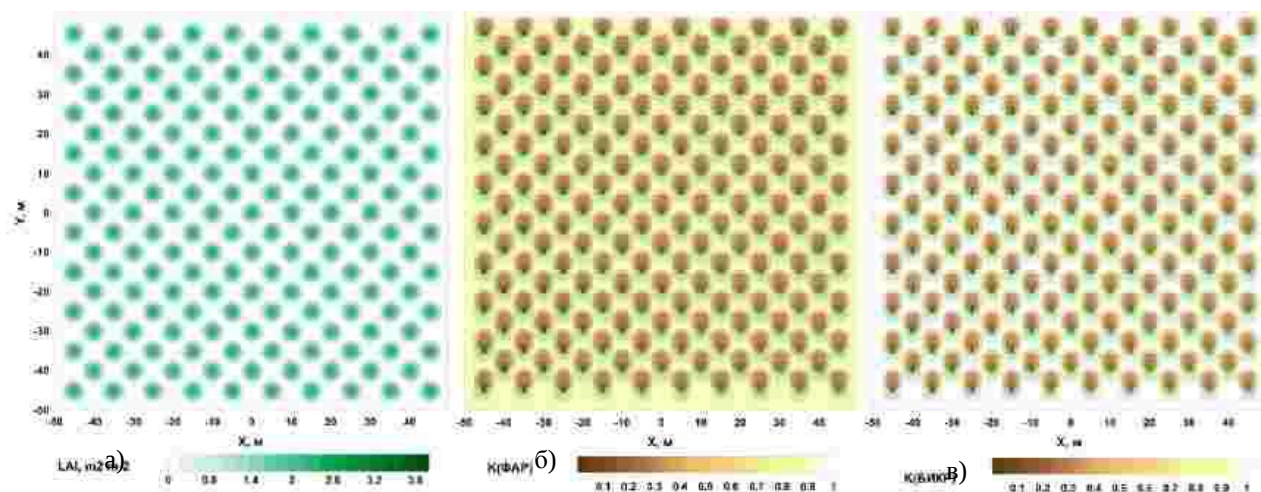


Рисунок 1 – а) интегральная величина LAI, б) коэффициент пропускания ФАР, в) коэффициент пропускания БИКР.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (14-14-00956-П).

Литература

- Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат. 1975. 344 с.
Knyazikhin Yu., Miessen G., Panferov O., Gravenhorst G. Small-scale study of three-dimensional distribution of photosynthetically active radiation in a forest. Agricultural and Forest Meteorol. 88 (1997), 215–239.
Ross J., Myneni R.B. Photon-Vegetation Interactions. Applications in Optical Remote Sensing and Plant Ecology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.