

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЗОННО-ВЛАЖНЫХ ЛЕСОВ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Сандлерский Р.Б.¹

¹ИПЭЭ РАН, Москва, Россия

srobert_landy@mail.ru

Аннотация: По четырем сценам мультиспектральной съемки Landsat 8, для территории национального парка Кат Тьен рассчитаны основные характеристики преобразования солнечной энергии ландшафтным покровом. Рассматривается пространственное варьирование переменных и их зависимость от характеристик экосистем, измеренных на трансекте (110 точек, через 20 м): сумма площадей сечений древостоя (ВА) и индекс листовой поверхности (LAI).

1. Введение

Мультиспектральные данные дистанционного зондирования позволяют получить оценки основных параметров преобразования солнечной энергии экосистемы на момент съемки: поглощение солнечной радиации, эксергию солнечной радиации (затраты энергии на эвапотранспирацию), связанная энергия (рассеяние энергии с теплом и энтропией), приращение внутренней энергии (накопление энергии), затраты энергии на образование биологической продуктивности. Пространственно-временное варьирование параметров преобразования солнечной энергии (термодинамических переменных) обусловлено в первую очередь свойствами и состоянием растительного покрова, погодными условиями и рельефом и достаточно полно исследовано для экосистем южной тайги (Сандлерский, 2013). В настоящем сообщении демонстрируются первые таких оценок для тропических муссонных сезонно-влажных лесов Южного Вьетнама (национальный парк Кат Тиен).

2. Объекты и методы

Исследование выполнено в юго-восточной части в национальном парке Кат Тьен (11.44о С.Ш., 107.40 В.Д.). Рельеф территории представляет собой низкие, пологие холмы, с большим количеством каменистых гряд и низин, заливаемых в период влажного сезона. Растительность представлена нарушенными диптерокарповыми лесами, с участием Lagerstroemia, Ebenaceae, Annonaceae, Sapindaceae, Myrtaceae. По мультиспектральной съемке Landsat 8 OLI/TIRS (разрешение 30х30 м в пикселе) для четырех сроков сухого сезона (27 марта 2017 г., 6 января 2017 г., 3 декабря 2015 г, 14 ноября 2015 г.) рассчитаны следующие термодинамические характеристики преобразования солнечной энергии: приходящая солнечная энергия (Вт/м^2), отраженная солнечная энергия (Вт/м^2), поглощенная энергия (Вт/м^2), приращение информации по Кульбаку (нат), энтропия потока отраженной энергии (нат), эксергия солнечной радиации (затраты поглощенной энергии на эвапотранспирацию, Вт/м^2), приращение внутренней энергии (аккумуляция поглощенной энергии, в т.ч. с накоплением углерода, Вт/м^2), тепловой поток от деятельной поверхности (Вт/м^2), T – температура деятельной поверхности ($^{\circ}\text{C}$), связанная энергия, отражающая переход поступающей энергии в тепловой поток и энтропию (Вт/м^2), FAR – индекс фотосинтетически активной радиации, альbedo в съемочных каналах. В период с 21 февраля по 11 апреля 2017 года был заложен трансект длиной 2200 м с регулярным шагом описаний – 20 м (110 точек) и шагом нивелировки 5 метров. На трансекте были выполнены следующие измерения: суммы площадей сечений релаксометром Биттерлиха с определением породного состава древостоя, измерение высот древостоя по ярусам с помощью лазерного высотомера, измерение индекса листовой поверхности (LAI) с цифровым фотоаппаратом с объективом Fish-eye, измерение LAI прибором CI-110 Plant Canopy Imager, проведены измерения температуры и влажности почвы на глубине 5 см.

3. Результаты

В таблице 1 приведены средние термодинамические характеристики для четырех сроков сухого сезона. Ход приходящей солнечной радиации соответствует сезонному. Соответственно этому варьируют и составляющие энергетического баланса. Максимумы вегетационного индекса соответствуют приходящей радиации, а так же началу (ноябрь) и концу сухого сезона (март). Энтропия отраженной солнечной радиации практически не варьирует, в то время как приращение информации (как и температура), уменьшаются в течение сухого сезона.

Таблица 1 – Средние термодинамические характеристики для четырех сроков съемки

Термодинамические переменные	14 ноября 2015 г.	3 декабря 2015 г.	6 января 2017 г.	27 марта 2017 г.
Приходящая энергия, Вт/м ²	97.46	93.02	89.73	105.11
Поглощение, %	87.89	84.05	81.03	93.13
Эксергия, %	67.49	64.82	62.36	68.84
Связанная энергия, %	14.14	13.88	13.39	13.58
Приращение внутренней энергии, %	6.27	5.35	5.28	10.70
Температура, °C	24.52	23.68	21.13	20.76
Энтропия отраженной солнечной энергии, нат	1.52	1.52	1.52	1.55
Приращение информации по Кульбаку, нат	0.19	0.19	0.18	0.14
Вегетационный индекс, Вт/м ²	2.12	2.02	1.91	2.22

Корреляционный анализ термодинамических переменных и полевых измерений (сумма площадей сечений, запас древостоя, высоты и диаметры ярусов, листовой индекс, 110 точек) показал, что линейные зависимости между ними весьма слабы – абсолютные значения корреляции не превышают 0.5. В течение сухого сезона все показатели биомассы – сумма площадей сечений, количество видов деревьев на точке, запас, листовой индекс отрицательно связаны с эксергией. Также отрицательно связана со свойствами сообществ температура деятельной поверхности, во все сроки, кроме марта. Однако, температура, как и связанная энергия положительно связана с объемной влажностью почвы, во все сроки кроме марта. Связанная энергия также положительно связана с суммой площадей сечений и запасом. Приращение внутренней энергии положительно связано с суммой площадей сечений и запасом во все сроки кроме марта. Вегетационный индекс и приращение информации по Кульбаку положительно связаны с запасом, суммой площадей сечений и количеством видов на точке во все строки кроме марта. Таким образом, если трактовать полученные результаты, опираясь на представления о преобразовании энергии южно-таежными экосистемами, можно говорить о том, что исследуемые экосистемы находятся в процессе восстановления.

Благодарности

Руководству и сотрудникам Российско-Вьетнамского Тропического научно-исследовательского и технологического центра: А.Н. Кузнецову, В.К. Авилову и И.И. Семенюк. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 17-77-10135.

Литература

Сандлерский Р.Б. Термодинамические характеристики южно-таежных биогеоценозов на основе дистанционной информации (юг Валдайской возвышенности, Центрально-Лесной заповедник). Автореф. дис. канд. биол. наук. Москва: 2013. 26 с.