

ОЦЕНКА ФИТОМАССЫ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ МАРИЙСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ ПО СНИМКАМ СПУТНИКА LANDSAT -7 (ETM+)

Э.А. Курбанов¹, О.Н. Воробьев¹, Л.С. Мошкина¹, А.В. Губаев¹, С.А. Лежнин¹

¹ Марийский государственный технический университет,
424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, (8362)455412, rts@marstu.mari.ru

В работе рассмотрены вопросы оценки запасов фитомассы сосны Марийского лесного Заволжья по снимкам спутника Landsat-7(ETM+) с помощью программы обработки космических изображений Multispec. Получена трехмерная модель зависимости фитомассы от 4 и 5 спектральных каналов спутниковых снимков, которая позволит совершенствовать процесс оценки запасов сосняков на больших площадях.

Введение

Информация о запасах наземной биомассы необходима для оценки и прогнозирования продуктивности экосистем, бюджета углерода и состояния лесных насаждений, при проведении проектов совместного осуществления Киотского протокола (Brown et. al., 1999; Zheng et.al., 2004; Курбанов, 2002, 2007). Кроме того, биомасса является важным индикатором состояния и строения лесной экосистемы в зависимости от условий окружающей среды.

Полевые исследования в виде пробных площадей (ПП) являются наиболее достоверным материалом для оценки биомассы, определения объемов деревьев и состава древостоев. Накопленные экспериментальные данные в последние годы широко используются для создания карт биомассы лесных насаждений с применением данных спутниковой информации. При этом используются модели связи между биомассой и вегетационным индексом снимков Landsat TM (Zheng et. al., 2004). В Индии были созданы карты типов леса по пологу древостоя и при помощи спутника IRS-1 для картирования биомассы (Tiwari, 1994). Взаимосвязь между нормализованным вегетационным индексом AVHRR (Advanced very high resolution radiometer) и биомассой дерева была использована при создании карт

биомассы бореальных лесов Северного полушария (Dong et al., 2003).

Проводится большая работа по оценке таксационных показателей древостоя (возраста, сомкнутости полога, высот) при помощи дистанционных методов (Franklin, 2001).

Целью нашей работы была оценка связи фитомассы сосновых насаждений марийского лесного Заволжья по спутниковым снимкам, для решения которой были решены следующие вопросы:

- Заложить ПП для исследования фитомассы сосновых насаждений по спутниковым снимкам.
- Выявить спектральную яркость исследуемых участков на снимках спутника Landsat -7 (ETM+).
- Составить модели зависимости запаса фитомассы сосновых древостоев от спектральной яркости в 4 и 5 инфракрасных каналах снимков этого спутника.

Методика исследований

Методика оценки параметров и показателей насаждений при работе со спутниковыми данными производилась в два этапа: полевые и камеральные работы. Полевые работы включали в себя:

а) Получение спутниковых снимков на сайте GLCF – Global Land Cover Facility (проект университета Мэриленд, США).

б) Отбор участков осуществлялся после предварительной оценки объектов на снимках спутника Landsat -7 (ETM+) и имеющихся лесоустроительных планов лесонасаждений марийского Заволжья.

в) Закладка пробных площадей.

Экспериментальный материал по теме исследований был собран в течение полевого сезона с мая по сентябрь 2006 г. методом пробных площадей, заложенных с учетом теоретических положений лесной таксации и лесоустройства (ОСТ 5669-83). Площадь каждой пробы составила не менее 0.5 га.

Оценка таксационных показателей (средние значения диаметров, сумм площадей сечений, относительной полноты, запаса и т.д. насаждения) проводилась стандартным методом обработки данных карточки ПП согласно ОСТ. Определение возраста основного элемента леса производилось путем подсчета годовых слоев на кервах, взятых с помощью возрастного бурава. Средний возраст соснового насаждения определялся как среднее арифметическое из данных по замеренным деревьям.

Работа со спутниковыми снимками проводилась в программе Multispec (<http://cobweb.ecn.purdue.edu>), предназначенной для компьютерной обработки многозональных снимков, разработанная учеными американского университета Пердью. В программе производилась корректировочная оценка смещения координат заложенных пробных площадей, снятых при помощи GPS приемника "GARMIN" и данным промеров на местности до ближайших опорных точек на местности (рис. 1).

Для получения достоверных данных по пространственному расположению опорных точек в пределах лесного массива за базовое значение координаты принимался центр пиксела с соответствующими ему координатами в градусах, либо в метрах. Оценка спектральной яркости (СЯ) каждого исследуемого пикселя (30×30 м) спутникового снимка Landsat-7(ETM+), расположенного на пробной площади исследуемого соснового насаждения, для ближнего 4 (0,75 – 0,90 мкм) и среднего инфракрасного 5 (1,55 – 1,75 мкм) спектрального каналов проводилась в программе "Multispec".

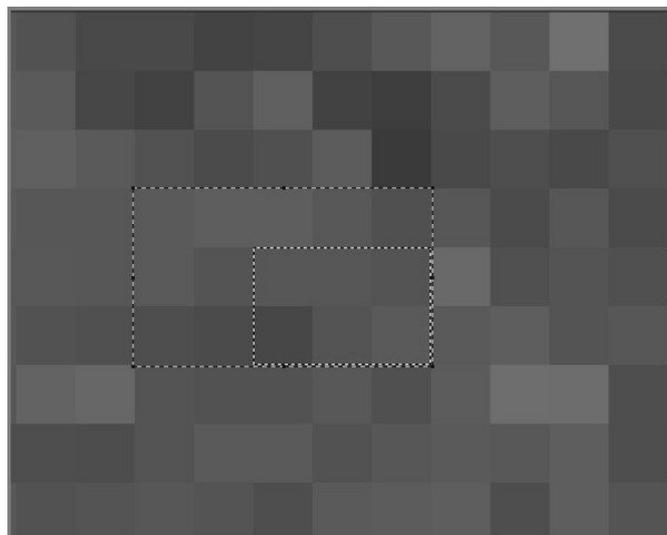


Рис. 1. Отграничение ПП на снимке в MultiSpec

Таблица. Спектральная яркость пикселей в 4 и 5 каналах

№ пикселей	4 канал	5 канал
1	93	71
2	96	78
3	99	73
4	101	80
5	99	91
6	109	73
7	99	77
8	96	82
9	93	93
10	104	87

Запасы фитомассы исследуемых насаждений для каждого выделенного пикселя ПП определяли по таблицам биопродуктивности нормальных насаждений сосны исследуемого региона (Курбанов, 2002). В качестве входных данных в таблицы использовались средняя высота и диаметр древостоя на каждом выделенном участке. Запасы фитомассы корректировались на соответствующую каждому пикселю пробной площади относительную полноту соснового насаждения, которая определялась по сумме площадей сечений ствола с использованием таксационных таблиц.

Моделирование зависимости фитомассы сосновых спелых насаждений в зависимости от спектральной яркости

Полученные данные запасов фитомассы сосны и спектральной яркости соответствующих пикселей были обработаны в статистических пакетах Statgraphics Plus и Statistica. Взаимосвязь фитомассы сосновых насаждений пикселей ПП со спектральной яркостью проводилась отдельно для каждого канала.

Полученные зависимости представлены в виде модели и графически. Анализ данных зависимости фитомассы сосны (Phyto) от спектральной яркости 4 канала (S4) показал, что лучшая связь выражается уравнением:

$$\text{Phyto} = 1/(0,160267 - 7,94132/S4)$$

При этом стандартная ошибка была незначительна (0,04), а коэффициент детерминации R^2 составил 7,42%.

Анализ связи запасов фитомассы со спектральной яркостью 5 канала показал более тесную линейную связь ($R^2=55\%$):

$$\text{Phyto} = 37,40 - 0,30 * S5$$

Наилучшую аппроксимацию экспериментальных данных моделируемым показала трехмерная модель (рис. 2) зависимости фитомассы сосновых насаждений от 4 и 5 спектральных каналов ($R^2=71\%$) снимка Landsat-7(ETM+):

$$\begin{aligned} \text{Phyto} = & - 58,76 - 0,14 * S4 + 2,22 * S5 + +0,003 * S^2 - \\ & - 0,01 * S4 * S5 - 0,01 * S5^2 \end{aligned}$$

Заключение

В ходе исследований был собран и обработан материал ПП, заложенных на территории Учебно-опытного лесхоза МарГТУ Марий Эл, что позволило определить фитомассу сосновых насаждений каждого изучаемого пикселя спутникового снимка Landsat-7(ETM+). Обработка спутниковой информации и совмещение площади ПП на снимке осуществлялось при помощи программы Multispec.

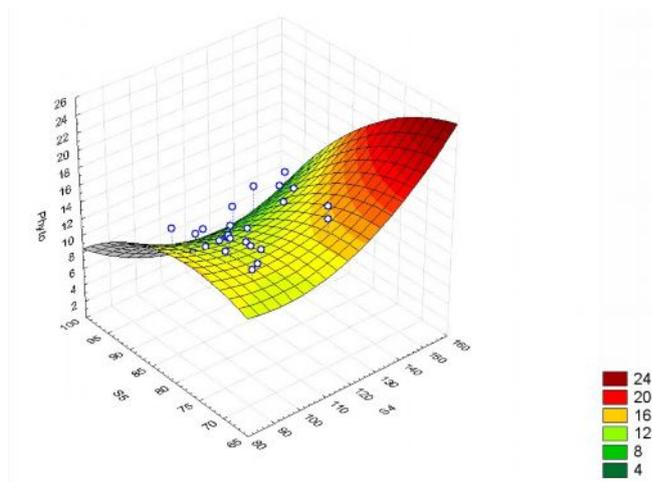


Рис. 2. Зависимость фитомассы сосны от 4 и 5 спектральных каналов снимков спутника Landsat-7(ETM+)

Полученные данные были использованы для выявления зависимости фитомассы сосны от спектральной яркости 4 и 5 каналов пикселей снимков, расположенных на территории ПП. Для исследований использовались снимки в 4 и 5 спектральных каналах Landsat-7(ETM+), как наиболее приемлемые при поведении подобных оценок.

В результате анализа мы получили трёхмерную модель, описывающую взаимосвязь фитомассы сосняков зеленомошной группы типов леса со спектральной яркостью соответствующих пикселей.

При включении полученной модели в базу данных ГИС по лесным насаждениям, совмещенную со спутниковыми снимками, можно оперативно определять данные о запасах фитомассы в сосняках зеленомошной группы Марий Эл. Кроме того, использование взаимосвязей фитомассы и спектральной яркости снимков может найти широкое применение при проведении углерододепонирующих проектов Киотского протокола. Оценка депонированного углерода по космическим снимкам позволит поднять доверие к таким проектам на территории Марийского Заволжья и повысить точность определяемых сертифицированных эмиссий парниковых газов.

Список литературы

1. R.J. Hall, R.S. Skakun, E.J. Arsenault, B.S. Case Modeling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: Application to mapping of aboveground biomass and stand volume // *Forest ecology and management*. - 2006. - No. 225. - P. 378-390.
2. S.L. Brown, P. Schroeder, J.Ss. Kern. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA // *Forest Ecol. Management*. - 1999. - No.123, - P. 81-90.
3. D. Zheng, J.Rademacher, J. Chen, T. Crow, M. Breesee, J. Le Moine, S.-R. Ryu. Estimating above-ground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA// *Remote Sensing Environ*. - 2004.- No. 93. - P. 402-411.
4. A.K. Tiwari. Mapping forest biomass through digital processing of IRS-1A data // *Int. J. Remote Sensing*. - 1994. No. 15. - P. 1849-1866.
5. J. Dong, R.K. Kaufmann, R.B. Myneni, C.J. Tucker, P.E.Kauppi, J. Liski, W. Buermann, V. Alexeyev, M.K. Hughes. Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: carbon pools, sources, and sinks// *Remote Sensing Environ*. - 2003. - No. 84. - P. 393-410.
6. S.E. Franklin. *Remote Sensing for Sustainable Forest Management* / Lewis Publishers, CRC Press Inc., New York, NY. - 2001.
7. Э.А. Курбанов Углероддепонирующие насаждения Киотского протокола: монография / Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. - 184 с.
8. Э.А. Курбанов Бюджет углерода сосновых экосистем Волго-Вятского района: Научное издание / Э.А. Курбанов. - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. - 300 с.
9. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Методы закладки.