

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЛАПЛАНДСКОГО ЗАПОВЕДНИКА)

© 2012 М.В. Нешатаев¹, В.Ю. Нешатаев²

¹ Санкт-Петербургский государственный горный университет

² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Поступила 15.03.2012

Рассмотрены подходы к кадастровой оценке земель ООПТ, предложен метод картографирования растительности с применением космических спутниковых изображений.

Ключевые слова: картографирование растительности, типы леса, дистанционное зондирование земли, космические снимки, динамика растительности.

С появлением поручения Президента России о проведении кадастровой оценки всех земель России весьма актуальным стал вопрос об оценке земель особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Кадастровая оценка стоимости земель ООПТ необходима при расчете ущерба землям этой категории, анализе экономических решений, связанных с переводом земель из этой категории или в эту категорию, а также для сравнения с экономическими издержками, возникающими при отказе от хозяйственного использования земли.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ ООПТ

Во исполнение постановления Правительства России от 19 октября 1996 г. № 1249 приказом Госкомэкологии России от 4 июля 1997 г. № 312 были утверждены Правила ведения государственного кадастра ООПТ (зарегистрирован Минюстом России, рег. № 1361 от 28 июля 1997 г.). Указанные Правила, в частности, устанавливают, что государственный кадастр ООПТ содержит сведения об их экологической, научной, просветительской, рекреационной, экономической, исторической и культурной ценности. Однако значительным недостатком этих правил является отсутствие четких критериев ценности ООПТ, выражающихся в каком-либо количественном значении. Методические рекомендации по государственной кадастровой оценке земель особо охраняемых территорий и объектов, утвержденные приказом Минэкономразвития России от 23.06.05 г. № 138, применяются только для определения кадастровой стоимости земельных участков рекреационного назначения в составе ООПТ и земель лечебно-оздоровительных местностей и курортов. Экономическая оценка стоимости земель ООПТ усложняется многообразием причин, по которым необходима организация ООПТ. Они могут быть подразделены на функционально-биосферные, ресурсно-экономические и морально-этические [5].

Существующие подходы к оценке стоимости земель ООПТ с заповедным режимом принимают во внимание продуктивность экосистем, ценность и уникальность биоразнообразия экосистем и другие показатели. Оценка земель заповедников дается с учетом капитализации объема недополученной продукции (при альтернативном заповеданию использовании) или же затрат на восстановление нарушенных экосистем на период средней длительности периода восстановления экосистем в естественных условиях. Существует ряд работ, в которых предприняты попытки определения природоохранной ценности экосистем. Четкая формализация природоохранной ценности дана С.Е. Журавлевой [2], предложившей на основе синтаксономического анализа учитывать редкость, естественность, уязвимость, флористико-фитоценологическую значимость растительных сообществ, их близость к границе ареала. Методические подходы к оценке природоохранной значимости бореальных лесных сообществ детально рассмотрены в работе Л. Андерсена и др. [1].

Любая кадастровая оценка земель предполагает их картографирование с учетом их типологической принадлежности, определяющей стоимостную оценку конкретных выделов.

Таким образом, кадастровая оценка земель ООПТ предполагает картографирование растительности ООПТ с учетом динамического состояния, продуктивности, редкости, естественности, уязвимости, флористико-фитоценологической значимости растительных сообществ, их близости к границе ареала. Динамические категории растительности нарушенных экосистем должны характеризоваться средней длительностью периода восстановления, что является необходимым условием расчета стоимости земель с учетом капитализации.

МЕТОДИКА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Объектом картографирования являлась растительность Лапландского государственного биосферного заповедника (ЛЗ), расположенного в Мурманской области. Площадь картируемой территории - 161241 га. Метод основан на применении

Михаил Васильевич Нешатаев, магистр лесного дела, аспирант кафедры инженерной геодезии и земельного кадастра, e-mail: mizhgan@yandex.ru; Василий Юрьевич Нешатаев, к.б.н., доц. кафедры ботаники и дендрологии, e-mail: vn1872@yandex.ru

данных, получаемых с топографических карт и анализе коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) космических изображений (КИ), полученных спутником Landsat-7 с разрешением 30 м на местности. Для выявления связи между КСЯ и единицами растительности, оценки точности картирования и отражения послепожарной динамики экосистем использовали данные 90 постоянных пробных площадей, заложенных в 1986 г. и повторно описанных в 2008 и 2009 гг.

Используя КИ в инфракрасном диапазоне, определяли значения КСЯ, соответствующие пяти классам степени увлажнения почв. С помощью нормализованного вегетационного индекса (NVI), учитывающего соотношение КСЯ в красном и зеленом диапазонах, выделили 6 типов структур растительности: 1) водная растительность акваторий, 2) ело-

вые леса, 3) лиственные и сосновые леса; 4) редколесья и кустарники, 5) моховая, кустарничковая, травяная растительность, 6) разреженный растительный покров. Отличие КСЯ лиственных и хвойных лесов в ближнем инфракрасном диапазоне позволило создать карту хвойных лесов. Для обработки КИ использовали графический пакет ImagePals2Go, оригинальные программы на языке C++.

В результате обработки КИ получены следующие растровые изображения: 1) карта увлажнения; 2) карта типов структур растительного покрова; 3) карта хвойных лесов. Компьютерное совмещение этих трёх карт позволило построить геоботаническую карту. Геоботаническая интерпретация контуров, возникающих при совмещении всех трёх карт, дана в таблице.

Таблица. Признаки дешифрирования растительности

Структура растительного покрова*	Степень увлажнения почв по результатам обработки КИ в диапазоне 2,08-3,250 м				
	мокрые	сырые	влажные	свежие	сухие
Еловые леса	-	Ельники фагновые и болотно-травяные	Ельники чернично-вороничные	Ельники бруснично-вороничные	Ельники зеленомошно-лишайниковые
Сосновые леса и редколесья	Сосново-кустарничково-сфагновые сообщества	Сосновые редколесья сфагновые	Сосняки чернично-вороничные	Сосняки зеленомошно-лишайниковые и воронично-брусничные	Сосняки и сосновые редколесья лишайниковые
Лиственные леса	Березняки травяно-сфагновые и болотно-травяные	Березняки долгомошные и чернично-сфагновые	Березняки чернично-вороничные	Березняки зеленомошно-лишайниковые и бруснично-вороничные	Березняки и березовые редколесья лишайниковые
Криволесья и кустарники лиственные	Ивняки болотно-травяные, березовые криволесья болотно-травяные	Березовые криволесья долгомошные и деренные	Березовые чернично-вороничные	Березовые криволесья зеленомошно-лишайниковые	Березовые криволесья лишайниковые
Моховая, кустарничковая, травяная растительность	Травяно-сфагновые и травяные гидрофильные сообщества болот	Кустарничково-сфагновые сообщества болот	Кустарничково-зеленомошные тундры и пустоши луга	Лишайниково-кустарничковые тундры и пустоши	Лишайниково-кустарничковые тундры и пустоши в сочетании с эпилитнолишайниковыми агрегациями
Разреженный растительный покров	Гигрофитные агрегации на болотах (мохообразных, осок и др.)	Гигрофитные агрегации заболоченных гарей	Мезофитные агрегации на потенциально лесных землях	Эпилитнолишайниковые и моховые агрегации	Эпилитнолишайниковые агрегации

Примечание: * - по результатам расчета NVI и выделения хвойных лесов по изображению в диапазоне 0,760-0,900 м.

Точность картографирования оценивали по проценту совпадения единиц растительности на карте и в тех же точках на земной поверхности. При несовпадении данных карты и контрольного наземного обследования применяли коэффициент, принимающий значения от 0 до 1 для оценки значимости ошибки:

$$P = 100 * (N - \sum(K_i)) / N, \quad i = 1, \dots, N$$

где P - точность картографирования, %; N - количество точек контрольного обследования, \sum - сумма, K_i - безразмерный коэффициент значимости ошибки на i-ой точке контрольного обследования.

Коэффициент значимости ошибки K_i равен от-

носительной Евклидовой дистанции между центроидом единицы растительности на карте и в той же точке на земной поверхности. Относительная Евклидова дистанция ($E_{отн}$) определена как Евклидова дистанция между центроидами картируемого и наблюдаемого синтаксонов, нормированная по максимальному значению Евклидовой дистанции:

$$K_i = E_{отн} = E_{ij} / E_{макс}$$

Для расчета Евклидовой дистанции [4] использовали средние покрытия видов, максимальной оказалась дистанция между ельниками травяными и сосняками лишайниковыми.

Точность картографирования составила 72 %. Для улучшения точности картографирования до 98 % классы увлажнения корректировали по данным топографической карты. На топографической карте масштаба 1:25000 выявляли участки склонов и вершины холмов с сильным дренажом, ровные и слабонаклонные поверхности с нормальным дренажом, ложбины с проточным увлажнением, ровные и слабонаклонные поверхности покрытые лесом со значками заболоченности, болота облесённые, проходимые (кустарничково-сфагновые) и непроходимые (топяные сфагновые, грядово-мочажинные и гигрофильнотравяные).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение комбинированного метода с использованием автоматического дешифрирования типов структуры растительности, степени увлажнения почв по космическим изображениям и топографическим картам с последующим совмещением результатов дешифрирования и их содержательным анализом дает вполне приемлемые результаты.

Картографирование растительности горной тундры и пояса березового криволесья позволило различать с точностью 98 %: лишайниково-кустарничковая тундра, березовое криволесье зеленомошное, березовое криволесье лишайниковое.

Результаты картографирования растительности болот данным методом позволили хорошо отличать в автоматическом режиме болота от лесов, однако для детального установления типологической принадлежности болотных комплексов необходимо использовать данные текстурного анализа КИ или аэрофотоснимков (АФС) высокого разрешения (0,5-1,0 м).

Картографирование водной растительности также возможно с применением текстурного анализа КИ или АФС высокого разрешения. При этом возможно распознавание основных единиц водной растительности заповедника (на уровне групп формаций) по текстуре снимков и по косвенным признакам, показанным на топографической карте (положение в акватории, скорость течения, глубина, характер дна).

Анализ результатов применения рассматриваемой методики картографирования позволил выявить источники погрешностей и наметить пути их устранения.

Одним из серьезных источников погрешностей являются различия КСЯ одинаковых объектов в различных частях КИ. Этот источник погрешности устраним путем обработки КИ по частям при наличии наземных эталонных участков в различных частях снимка.

Как было показано выше, применявшиеся нами классы КСЯ в инфракрасном спектре требуют корректировки для установления лучшего их соответствия классам увлажнения. Для этого необходимо большее количество точек наземного обследования в разных частях территории.

Важным источником погрешностей является наличие участков сильно затененных возвышенностями и вследствие этого неправильно интерпретируемых. Так, на северных склонах гор некоторые участки в ряде диапазонов имеют КСЯ не отличимые от КСЯ открытой воды. Для устранения светотеневых эффектов при автоматическом дешифрировании космических изображений существуют специальные программы, требующие построения математической модели рельефа, модели освещенности местности в зависимости от времени съемки и последующей спектральной коррекции космического изображения. Применение этих методов оправдано в условиях горной местности. Для регионов, где имеются лишь небольшие отдельные возвышенности, менее затратным является использование космических изображений, полученных в разное время суток, а при отсутствии таковых - наземное обследование затененных участков и интерпретация топографических карт.

Особое место занимает выделение и распознавание так называемых биологически ценных лесов. К ним отнесены лесные выделы, имеющие один или несколько признаков, перечисленных ниже [1]: 1) возраст старшего поколения древостоя близок к возрасту биологической спелости или превышает его (старовозрастные леса); 2) отсутствуют признаки нарушения антропогенными факторами и пожарами (девственные леса); 3) принадлежность к редкому типу леса (в ЛЗ – это ельники лишайниковый и травяной); 3) наличие видов растений, включенный в Красную книгу Мурманской области [3]; 4) наличие зимних кормов северного оленя, для охраны которого был создан ЛЗ (сосняки, березняки, пустоши лишайниковые и зеленомошно-лишайниковые). Старовозрастные леса распознаются по размерам крон на КИ высокого разрешения по наличию деревьев с крупными кронами и ветровала. В них практически всегда вне зоны атмосферного загрязнения встречаются эпифитные и эпиксильные виды мохообразных, лишайников, а также многие виды дереворазрушающих грибов, включенные в Красную книгу Мурманской области и РФ. Другими местами частой встречи видов Красной книги являются ельники травяные, хорошо распознаваемые на КИ по их приуроченности к долинам ручьев и ложбинам стока, читаемых также на топографических картах. Картографирование

растительности ЛЗ и анализ архивных материалов показал, что 25 % лесных земель пройдено пожарами (преимущественно низовыми). Наземные исследования показали, что на всех 98 обследованных участках сосновых лесов были пожары. По КИ хорошо распознаются основные стадии послепожарной динамики сосновых лесов, направленной к смене сосны и берёзы елью и лишайников мхами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение комбинированного метода геоботанического картографирования с использованием автоматического дешифрирования типов структуры растительного покрова, хвойных лесов, степени увлажнения почв по КИ и топографическим картам с последующим совмещением результатов дешифрирования и их содержательным анализом дало возможность достаточно точно выявлять синтаксономическую принадлежность картируемых единиц.

Полученные рассмотренным методом карты позволяют анализировать редкость, уязвимость, флористико-фитоценологическую значимость, близость к границе ареала компонентов растительного покро-

ва, определять их площадь и давать кадастровую поведельную оценку земель конкретной ООПТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андерссон Л., Алексеева Н.М., Кольцов Д.Б., Кукулина Н.В., Кутепов Д.Ж., Мариев А.Н., Нешатаев В.Ю.* Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России. Т.1. Методика выявления и картографирования. Учебное пособие. / Отв. ред. Л. Андерссон, Н.М. Алексеева, Е.С. Кузнецова. СПб, 2009. 238 с.
2. *Журавлева С. Е.* Синтаксономическое обоснование выбора охраняемых растительных сообществ : На примере некоторых сообществ Республики Башкортостан. Автореф. канд. дисс. 03.00.05. Уфа, 1999, 20 с.
3. Красная книга Мурманской области / Правительство Мурман. обл., Упр. природ. ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Мурман. обл.; [Андреева В. Н. и др.; Худож.: А. М. Макаров]. - Мурманск: Кн. изд-во, 2003. - 400 с:
4. *Розенберг Г.С.* Модели в фитоценологии. - М.: Наука, 1984. - 240 с.
5. *Саксонов С.В.* Концепция, задачи и основные подходы регионального флористического мониторинга в целях охраны биологического разнообразия Приволжской возвышенности: Автореф. дис. ... д-ра биологических наук. Тольятти, 2001. 39 с.

VEGETATION MAPPING FOR THE PURPOSE FOR THE PURPOSE OF THE CADASTRAL ESTIMATION OF THE LANDS OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURE TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF LAPLAND RESERVE

© 2012 M.V. Neshatayev¹, V.Yu. Neshatayev²

¹ Saint -Petersburg State Mining University

² Saint -Petersburg State Forest Technical University

The theoretical approaches and methods of the cadastral estimation of nature reserves territories are discussed. The methods of vegetation mapping based on the use of remote sensing of space imagery are offered.

Keywords: *vegetation mapping, forest types, remote sensing, space images, vegetation dynamics.*

Neshatayev Michail Vasilievich, Master of Science, postgraduate student, Department of Engineering Geodesy and Land Cadastre, e-mail: mizhgan@yandex.ru; *Василий Юрьевич Нешатаев*, Candidate of Biological Science, Associate Professor, Department of Botany and Dendrology, e-mail: vn1872@yandex.ru