

УДК 528.8+681.3:574.4

## ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ ХРЕБТА МААНСЕЛЬКЯ (РАЙОН ОЗ. ПААНАЯРВИ)

**П. Ю. Литинский**

*Институт леса Карельского научного центра РАН*

Приводятся результаты создания геоинформационной модели экосистем таежно-го низкогорья. Показано отражение высотной зональности в спектральном пространстве снимка Landsat 7.

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, таежные экосистемы, дистанционное зондирование.

### **P. Yu. Litinskiy. A GEOINFORMATION MODEL OF THE MAANSELKÄ RIDGE TERRESTRIAL ECOSYSTEMS**

A geoinformation model of the Maanselkä low-montane boreal ecosystems is described. We show how altitudinal zonality is reflected in the Landsat 7 image spectral space.

Key words: geoinformation modeling, boreal ecosystems, remote sensing.

---

### **Введение**

Первый фрагмент геоинформационной модели наземных экосистем северотаежной подзоны Восточной Фенноскандии создан на основе космического снимка, включающего территорию от Белого моря до отрогов хребта Маанселькя [Литинский, 2012]. В данном сообщении приводятся результаты создания по той же методике модели территории, прилегающей к первому фрагменту с запада. Описываются лишь категории земной поверхности, характерные для низкогорий (в районе оз. Паанаярви), поскольку природные комплексы на остальной части в основном аналогичны таковым первого фрагмента. Показан принцип совмещения спектральных моделей соседних сканерных снимков.

### **Объекты и методика**

Модель формировалась на основе снимка сканера Landsat 7 от 26 июля 2000 г., сцена

14 витка 188 (показан сплошной линией на рис. 1). Далее для краткости снимки будут обозначаться в виде *виток/сцена*. Для исследования динамики растительного покрова использовался снимок Landsat TM 187/14 от 8 июня 1988 г., перекрывающий две трети снимка 188/14 с востока.

Снимок 188/14 был трансформирован в проекцию UTM, зона 36 (оригинал находится в 35-й зоне) по контрольным точкам (тип трансформации – полигональная 2 степени), поскольку изменение проекции модулем **r.proj** GRASS не обеспечивает удовлетворительного пространственного совмещения снимков. Для создания первого фрагмента модели использовался снимок Landsat 7 186/14-15 (показан пунктиром на рис. 1). Сравнение сигнатур одних и тех же участков на перекрывающейся области снимков показало, что интенсивность сигнала по всем каналам отличается лишь на 1–2 процента (рис. 2), еще меньше разница в индексе MSI. Поэтому для формирования

модели спектрального пространства снимка 188/14 использовались те же параметры (эйгенвекторы компонент), что и для снимка 186/14 [Литинский, 2012, табл. 1]. Перекрывающаяся область снимков использовалась для «переноса» модели спектрального пространства снимка 186/14 на снимок 188/14 – классифицированный растр первого снимка использовался как растр ключевых участков для второго.

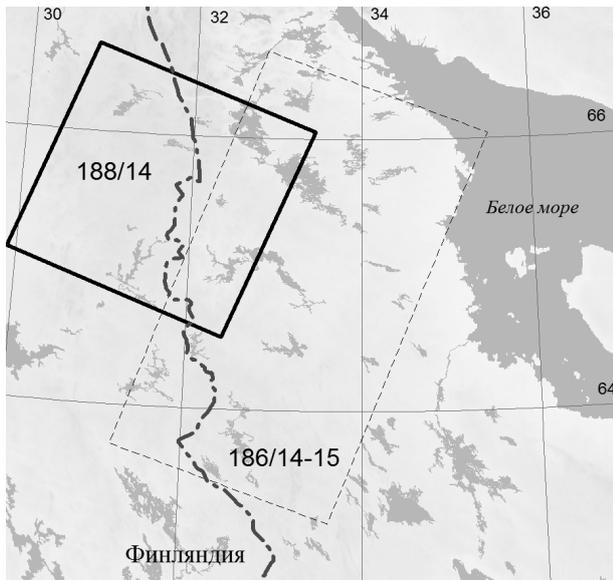


Рис. 1. Локализация сцен сканерных снимков

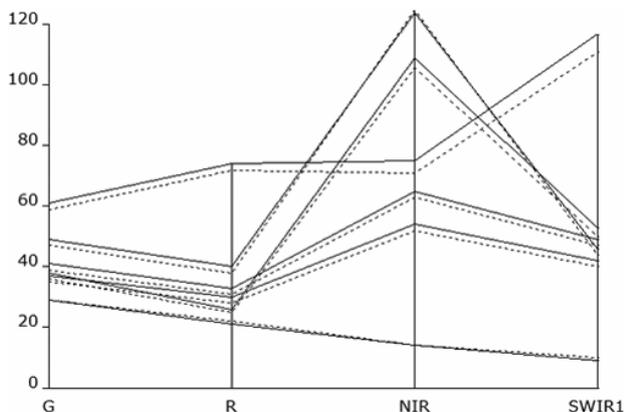


Рис. 2. Сигнатуры одних и тех же участков различных категорий на снимках 188/14 (пунктирные линии) и 186/14 (сплошные). Ось  $x$  – каналы сканера,  $y$  – уровень сигнала (значение байта)

Цифровая модель высот (DEM) сформирована путем интерполяции векторизованных горизонталей топокарты М 1:200 000. Области затенения определялись модулем GRASS `r.sunmask`.

## Результаты

Общая конфигурация моделей спектрального пространства снимков 188/14 и 186/14 одинакова, имеется лишь небольшой сдвиг сегментов в плоскости компонент в сторону уменьшения их значений (рис. 3). Наибольшее значение сдвига – в области «лесных» категорий (классы: 1 – сосняк черничный, 2 – сосняк брусничный, 5 – низкополнотные хвойные, 10 – свежая вырубка).

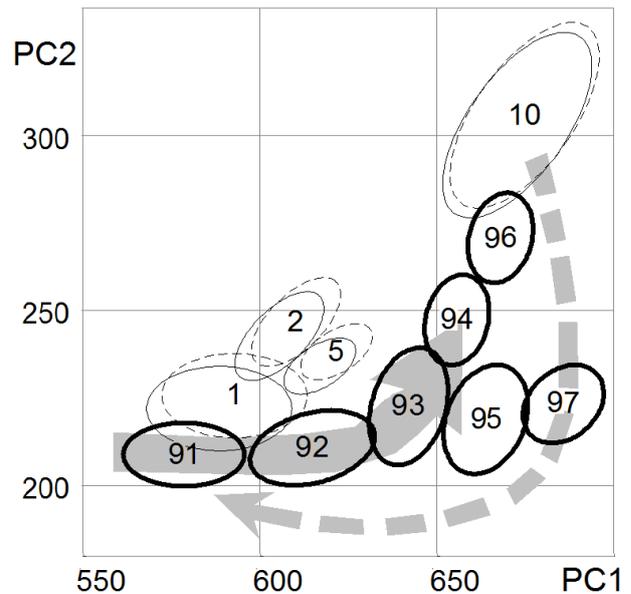


Рис. 3. Фрагмент модели спектрального пространства снимка 188/14. Тонкими линиями показаны сегменты спектральных классов некоторых равнинных категорий, пунктирными – положение тех же классов на снимке 186/14-15. Сплошная стрелка показывает траекторию высотной зональности экосистем от подножья к вершине возвышенностей, пунктирная – траекторию лесовозобновления. Оси  $x$  и  $y$  – соответственно первая и вторая главные компоненты логарифмированной матрицы снимка. Третья размерность модели – индекс MSI, а также названия классов приведены в таблице

Перенесенная со снимка 186/14-15 спектральная модель соответствует экосистемам, расположенным преимущественно на высоте до 300 м над уровнем моря и южнее  $66^\circ$  с. ш., их описание приведено в [Литинский, 2012]. Выше данной отметки и к северу отмечается появление спектральных классов, отсутствующих на снимке 186/14-15. Они представляют лесные экосистемы, характерные только для низкогорий, прежде всего, это низкопроизводительные и низкополнотные еловые и березово-еловые леса.

## Спектральные классы экосистем низкогорий

Спектральный класс	Индекс MSI, %	Высота над уровнем моря, м	Класс экосистем
91	50–60	300–350	ельники черничные 8Е1С1Б, полнота 0,5–0,6
92	50–60	350–400	то же, полнота 0,3–0,4
93	55–65	400–500	елово-березовое редколесье
94	60–70	>500	горные тундры
95	45–55	300–400	осоково-сфагновые болота
96	80–95	300–500	скальные обнажения
97	50–60	300–350	вырубка ельника (класса 61)

По данным наземных исследований, максимальной полноты и производительности эти лесные сообщества достигают в логовых местообитаниях (вдоль ложбин стока), а также на склонах с полнопрофильными почвами и проточным увлажнением, на отметках 300–350 м. Полнота и производительность лесов снижается с увеличением высоты, и к отметке примерно 400 м они сменяются предтундровым березово-еловым редколесьем. На вершинах наиболее крупных возвышенностей (500 м и более) отмечены участки горных тундр. На склонах в депрессиях кристаллического фундамента сформировались олиготрофные осоково-сфагновые болота с тонкой торфяной залежью. Мезотрофные болота встречаются лишь небольшими фациями [Волков и др., 1995; Громцев, Литинский, 2003].

Описанная высотная зональность экосистем четко отражается в спектральном пространстве снимка (классы 91–94 по стрелке на рис. 3 и в табл.). Фактически траектория соответствует снижению полноты древостоя и затем – количества фотосинтезирующей биомассы в кустарниковой растительности. Далее по стрелке расположены скальные обнажения (кл. 96), на местности они встречаются по всему склону, так же, как и олиготрофные болота (кл. 95).

Вырубки в низкогорьях ведутся лишь в самых высокополнотных ельниках (класс 91). Траектория возобновления показана пунктиром, т. к. выявить ее полностью не удалось – имеется только одна достоверная временная отметка давностью около 10 лет (класс 97).

Экосистемы низкогорий обладают почти уникальными сигнатурами, и пересечения в спектральном пространстве с сегментами равнинных классов незначительны. В плоскости осей компонент низкогорные болота занимают ту же область, что и равнинные олиготрофные, но у последних существенно меньшее значение индекса MSI. Частично перекрываются некоторые сегменты низкогорных ельников с сегментами равнинных классов (в основном в экотонных зонах), разделяются такие участки с использованием DEM.

Следует отметить, что имеющаяся в наличии DEM весьма генерализована по сравне-

нию со сканерным снимком. Это не позволяет учитывать при формировании модели спектрального пространства изменения коэффициента отражения на склонах различной крутизны и экспозиции. По всей вероятности, фактические границы между классами 90–94 на южных склонах проходят несколько выше полученных при обработке снимка, а на северных, наоборот, ниже.

Степень генерализации DEM сказывается также и при определении зон затенения – сглаживаются мелкие элементы рельефа (трещины, каньоны, распадки). Затененных при высоте солнца в момент съемки участков не выявлено. Расчет не учитывает также возможного наличия древостоя. По этим причинам вероятно, что некоторая часть спектрального класса 91 фактически является тенью от стены леса у подножья склонов северной экспозиции. В большинстве случаев такие участки представляют собой русла ручьев, а также заболоченные и логовые ельники.

Уменьшение такого рода погрешностей и неопределенностей возможно лишь при использовании значительно более детальной DEM, полученной методом лазерного сканирования. Но доля таких участков составляет, как показывают приблизительные расчеты, менее одного процента от общей площади низкогорных классов.

## Заключение

В процессе создания геоинформационной модели описываемого фрагмента обработана методика переноса модели спектрального пространства с одного сканерного снимка на другой. Определены спектральные характеристики основных классов низкогорных экосистем. Установлено, что в спектральном пространстве снимка, наряду с траекториями условий водно-минерального питания и антропогенных сукцессий лесных экосистем, существует и траектория высотной зональности, что позволит в дальнейшем более точно моделировать экологические характеристики низкогорий как компонентов биосферы.

## Литература

Волков А. Д., Громцев А. Н., Еруков Г. В. и др. Экосистемы ландшафтов запада северной тайги (структура, динамика). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. 194 с.

Громцев А. Н., Литинский П. Ю. Леса района национального парка «Паанаярви»: природные особенности, современное состояние, планирование

использования // Природа национального парка «Паанаярви». Труды КарНЦ РАН. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. Вып. 3. С. 15–19.

Литинский П. Ю. Геоинформационная модель наземных экосистем северотаежной подзоны восточной Фенноскандии // Труды КарНЦ РАН. Сер. «Биогеография». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. Вып. 13, № 1. С. 3–15.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

### Литинский Петр Юрьевич

старший научный сотрудник, к. с.-х. н.  
Институт леса Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: litinsky@krc.karelia.ru  
тел.: (8142) 768160

### Litinskiy, Pyotr

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian  
Academy of Sciences  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: litinsky@krc.karelia.ru  
tel.: (8142) 768160