

# Картирование растительного покрова бассейна р. Кожим (Приполярный Урал) с использованием материалов дистанционного зондирования

В.В. Елсаков, И.О. Марущак, В.М. Щанов

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН  
167610 г.Сыктывкар, ул.Коммунистическая, 28  
E-mail: [Elsakov@ib.komisc.ru](mailto:Elsakov@ib.komisc.ru)*

На основании анализа материалов спутниковой съемки проведено предварительное картирование предгорной и горной частей бассейна реки Кожим. Проведен анализ площадей контуров доминирующих классов растительного покрова. Основные изменения лесных фитоценозов в период с 1988-2001 гг. связаны с пожарами и антропогенным влиянием.

**Ключевые слова:** растительный покров, Приполярный Урал, спутниковый мониторинг.

Горные леса в границах Республики Коми занимают площадь около 2.4 млн. га (6% лесного фонда) [1, с. 260]. Распределение и характеристики лесных фитоценозов данной территории во многом зависят от комбинирования почвенных, микроклиматических условий, географической ориентации участков, геоморфологических особенностей территории. Одним из важных источников данных, активно привлекаемых в настоящее время для картирования лесных экосистем, являются материалы спутниковых наблюдений. Достоинства методов дистанционного зондирования определены широким территориальным охватом, информативностью отдельных спектральных диапазонов, доступностью и открытостью использования. Возможность мониторинговых исследований труднодоступных и малоисследованных территорий делает данный источник данных незаменимым при работе в горных экосистемах, особоохраняемых природных территориях (ООПТ).

Цель настоящей работы состояла в исследовании особенностей распределения доминирующих контуров растительного покрова на равнинной и горной территории басс. р.Кожим. В качестве основных материалов для выполнения настоящей работы были использованы данные съемки высокого разрешения Landsat (27.06.88; 23.06.1995 и 17.07.01), Aster (15.04.1992), SPOT 2, 4. Границы водосборной площади территории басс.р. Кожим выделены по топографическим материалам (М 1:500 000) в комбинации со спутниковыми изображениями. Общая площадь выделенных границ бассейна составила 5184.6 км<sup>2</sup>, что практически совпадает с официально утвержденной – 5180 км<sup>2</sup> [2].

Территория бассейна неоднородна в геоморфологическом плане, что нашло отражение в ландшафтно-геоботаническом районировании территории: равнинная территория отнесена к северо-восточной части Усинско-косвинского елово-березового округа, предгорная и горная к Южно-приполярно-уральскому округу [3]. Различия в растительном покрове обусловили необходимость обработки изображений равнинной и горной части отдельно.

Выделение доминирующих классов растительного покрова проведено методами управляемой классификации в программной среде Erdas Imagine по изображениям Landsat и SPOT. Для более точного разделения классов лиственных и еловых редколесий привлечены материалы съемки зимнего периода Aster (15.04.1992). Оценка точности классификации проведена по материалам лесоустройства (1998 г.) Кожимского и Верхнекожимского лесничеств, входящих в состав национального парка «Югыд-Ва» (покрывают площадь бассейна на 39.9 и 47.4%, соответственно), схеме распределения растительного покрова в бассейне верхнего течения

р.Кожим (Непомилуева и др, 1986). Однако, отсутствие подробной полевой верификации полученной классификации и несистематичность полевых геоботанических наблюдений на территории позволяют принять полученную карту растительного покрова как предварительную.

Для выявления временных изменений территории бассейна р. Кожим за периоды 1988, 1995 и 2001 годов рассчитывали значения показателя нарушенности (*Disturbance Index, DI*) [4]:

$$DI = B_r - (G_r + W_r), \quad (1)$$

где  $B_r$ ,  $G_r$ ,  $W_r$  – масштабированные значения величин Brightness, Greenness и Wetness, полученные в результате преобразований:

$$\begin{aligned} B_r &= (B - B_m) / B_\sigma \\ G_r &= (G - G_m) / G_\sigma \\ W_r &= (W - W_m) / W_\sigma, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $B$ ,  $G$ ,  $W$  – значения пикселей;  $B_m$ ,  $G_m$ ,  $W_m$  – средние значения величин и  $B_\sigma$ ,  $G_\sigma$ ,  $W_\sigma$  – их стандартные отклонения. Значения  $B$ ,  $G$ ,  $W$  получены для изображений в результате стандартных процедур преобразования Tasseled Cap для сенсоров TM и ETM+ [5, 6].

Важные результаты при учете изменений количественных характеристик лесных фитоценозов предоставляет использование метода декомпозиции спектральных смесей (SMA анализ). Общий принцип оценки доли отдельных компонент для линейного смешивания спектров проводили согласно выражения:

$$DN_c = \sum_{i=1}^n F_i * DN_{i,c} + E_c \quad (3)$$

учитывая следующие ограничения:

$$\sum_{i=1}^n F_i = 1 \quad 0 \leq F_i \leq 1 \quad (4)$$

где  $DN_c$  – числовое выражение значения пиксела в канале  $c$ ,  $F_i$  – доля  $i$ -го эталона в смеси,  $DN_{i,c}$  – числовое выражение значений  $i$ -го эталона в смеси в канале  $c$ ,  $n$  – количество эталонов,  $E_c$  – ошибка оценки для канала  $c$ .

Климатические особенности территории неоднородны и контрастны что влияет на распределение доминирующих классов растительности. Суровость климатических условий, короткий вегетационный сезон (период активной вегетации 60 дней) в горной части [7], существенно лимитируют продвижение лесных фитоценозов. Привлечение временных серий (16-дневные композиты) изображений спутника Terra MODIS позволяет установить, что период бесснежного покрова на территории всего бассейна изменяется по продолжительности от 152-168 дней на отдельных равнинных участках (1% территории бассейна), до 56-72 дней на большей части гольцового пояса (2.5%). На большей части территории (43.2%) (предгорная и равнинная части) продолжительность бесснежного периода варьирует в интервале 120-136 дней. Снежники сохраняются в течение всего летнего периода на территории 25.9 км<sup>2</sup> (0.5% территории).

Анализ контуров доминирующих фитоценозов позволили выявить их площадные характеристики. Значительная часть территории бассейна р. Кожим (31%) приходится на скальные выходы, курумы, участки гор, с сильно разреженным или фрагментарным растительным покровом, нарушенные хозяйственной деятельностью территории и субстраты с пионерной растительностью (таблица 1, рис. 1).

На равнинной части бассейна преобладают еловые (еловые, елово-пихтовые и елово-березовые леса) леса (19.5%). Значительная площадь (5.4%) приходится на березовые леса, сформированные преимущественно на горях. Естественные березняки приурочены к горным участкам. В долинах горных участков, доминируют редколесья (лиственничные и еловые) (9.6%),

переходящие в ерниковые (7.9%) и кустарничковые (5.9%) тундры. В поймах ручьев, ложбинах стока сформированы ивняки (преимущественно разнотравные и моховые) (8.4%).

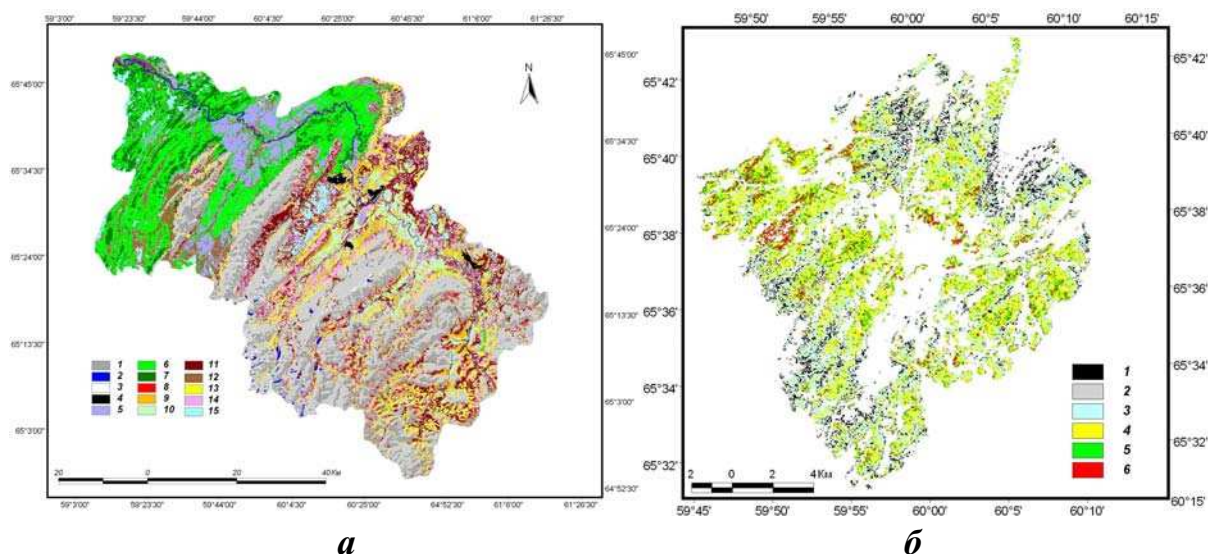


Рис. 1. Пример карты растительности басс. р. Кожим (а), Изменение покрытия хвойных/лиственных пород горелого участка за период 1988-2001 гг (б). Условные обозначения: увеличение покрытия лиственных пород на: 1 – 25-15%; 2 – 15-10%; 3 – 10-0%; увеличение доли хвойных пород на 4 – 0-10%; 5 – 10-15%; 6 – 15-25%

Таблица 1. Распределение доминирующих классов земной поверхности на территории бассейна р. Кожим

Участки земной поверхности:	площадь контура, км <sup>2</sup>	%
Скальные породы (курумы), участки с нарушенным растительным покровом	1606	31.0
Водные поверхности	67.6	1.3
Снежники (по 17.07.2001)	25.9	0.5
Свежие гари (период 1988-2001 гг.)	20.9	0.4
Еловые леса:		
Равнинные еловые леса	695.3	13.4
Еловые редколесья	220.0	4.2
Ельники долгомошной и сфагновой групп	314.8	6.1
Лиственные леса:		
Березняки	279.2	5.4
Молодовозрастные, горные березняки и кустарники	312.8	6.0
Лиственничные леса:		
Лиственничные редколесья	279.9	5.4
Ивняки разнотравные	433.5	8.4
Ерниковая тундра	409.3	7.9
Кустарничковая тундра	308.4	5.9
Луга и луговинные тундры	61.1	1.2
Болотные комплексы	152.4	2.9
ВСЕГО:	5186.0	100.0

Среди наиболее значимых причин, вызывающих изменения лесных экосистем на территории басс. р.Кожим, являются лесные пожары. По данным спутниковых изображений следы пожаров отмечены на 3.2% площади бассейна (на период до 2001 г). Наиболее крупная гарь (131 км<sup>2</sup>),

расположенная в междуречье ручьев Пальник-Шор (топон. ручей, текущий по горелому месту) и Дурная, отчетливо дешифрируется на изображениях 1988 г. В период с 1988-1995 гг., огнем было повреждено 2.6 км<sup>2</sup> (читается 2 крупных гари), с 1995-2001 гг. – 19.7 км<sup>2</sup> (четыре очага возгорания). Близость очагов возгорания к дорогам косвенно свидетельствует о возможной антропогенной причине возгорания. Использование алгоритмов декомпозиции спектральных смесей, выполненное для изображений 1988 и 2001 гг., позволяет наблюдать особенности восстановления горелых участков за период 13 лет. На дренированных участках водоразделов, верхних склоновых участках, за отмеченный период отмечено увеличение проективного покрытия хвойных пород на 10-25%. Покрытие лиственных пород увеличилось до 25% преимущественно на нижних участках склонов, в поймах ручьев. Участки водоразделов с избыточным увлажнением изменений показателя не обнаруживают. Для участков, связанных с разработкой минеральных ископаемых, достоверное увеличение площадей нарушений почвенно-растительного покрова в период 1988-1995 гг. отчетливо наблюдается на полигоне Малдинский (20.2 га) и Бадья-Шор (57.4 га). Для полигонов Плес, Стрелка, Светлый и пос. Сана-Вож значительных изменений за период наблюдений (1988-2001 гг.) не установлено, что в ряде случаев связано с их размещением в пределах территорий, лишенных растительного покрова.

Таким образом, анализ материалов спектральной спутниковой съемки на басс.р. Кожим позволил выявить особенности распределения доминирующих растительных сообществ и учесть соотношение их площадей. Анализ 13-летнего временного периода демонстрирует масштабные изменения, связанные с активностью пожаров и в меньшей степени добычей минеральных ископаемых.

Работа выполнена в рамках проекта «Биологическое разнообразие наземных и водных экосистем Приполярного Урала: механизмы формирования, современное состояние, прогноз естественной и антропогенной динамики». Ряд снимков (SPOT2, 4) предоставлен ИТЦ «СКАНЭКС» в рамках выполнения конкурсной работы «Роль климатических изменений в трансформации растительного покрова горных экосистем Европейского Севера».

## Литература

1. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми. М.: Дизайн. Информация картография, 2000. 260 с.
2. Гидрологическая изученность. Ресурсы поверхностных вод СССР. Северный Край. Т.3. Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. С. 603.
3. Производительные силы Коми АССР. Т.Ш. Ч.1. Растительный мир. Наука, 1954. 378 с.
4. *Healey S.P.* Comparison of Tasseled Cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance detection / *S.P. Healey, W.B. Cohen, Y. Zhiqiang, O.N. Krankina* // *Remote Sensing of Environment*. V. 97, 2005. – P. 301-310.
5. *King R.* Tasseled Cap transformation Mississippi coastal corridor July 24, 2000 / *R. King, Ch. O'Hara, L. Wang*. – CGTS, Mississippi State University, 2001. Pp.115.
6. *Huang, Ch.* Derivation of a Tasseled Cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance / *Ch. Huang, B. Wylie, L. Yang, C. Homer, G. Zylstra*. – Raytheon ITSS, USGS EROS Data Center Sioux Falls, SD 57198, USA, 2001. – 10 p.
7. *Непомилуева Н.И., Пахучий В.В., Симонов Г.А.* Древесная растительность горных долин Приполярного Урала // *География и природные ресурсы*, 1986. №4. С. 73.

## Mapping of Kozim river basin (Subpolar Ural) on basis of remote sensing data

V.V. Elsakov, I.O. Marushchak, V.M. Shchanov

*Institute of biology Komi SC UrD RAS  
167610, Syktyvkar, Kommunisticheskaja, 28  
E-mail: [Elsakov@ib.komisc.ru](mailto:Elsakov@ib.komisc.ru)*

The preliminary mapping of vegetation cover and anthropogenically transformed ecosystems of Kozim river basin (Subpolar Ural) was done with using of remote sensing data. The area of dominant vegetation types was calculated for basin area. Basis changes of vegetation in area was related with fire and anthropogenic activity per period 1988-2001 years.

**Keywords:** vegetation cover, Subpolar Ural, remote sensing.