

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ  
ДАННЫХ СПЕКТРОРАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

**Шестакова Т. А.**

**научный руководитель – д-р биол. наук, проф. Харук В. И.**

*Сибирский федеральный университет*

Мониторинг окружающей среды является одной из основных форм экологического контроля за состоянием природных объектов. В настоящее время возможность выявления и дальнейшего исследования изменений на обширных территориях обеспечивается использованием аэрокосмических снимков различного пространственного разрешения. Картографирование растительного покрова на основе данных дистанционного зондирования насчитывает большое число методов и составляет важную часть аэрокосмического мониторинга Земли ввиду индикаторных свойств растительности [1].

Сегодня большое внимание уделяется изучению пространственно-временной динамики лесных экосистем. Оценка и исследование изменений площади лесного покрова особенно важны для биома бореальных лесов в связи с его высокой чувствительностью к факторам, связанным с наблюдаемым на планете потеплением климата. Так в ряде работ было продемонстрировано смещение верхней границы леса (в сторону увеличения высоты) в высокогорьях Швеции [2], Альп [3], Новой Зеландии [4] и Африки [5].

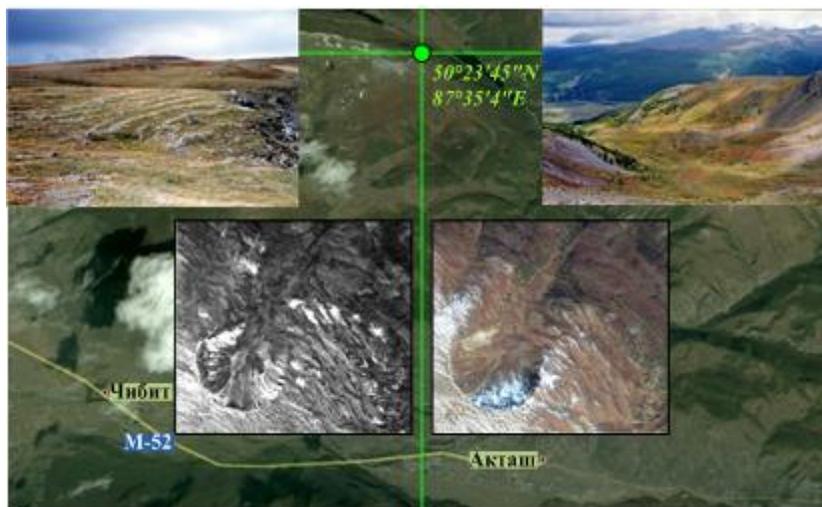
В данном контексте особый интерес представляют лесотундровые сообщества, так как они находятся в жестких климатических условиях и начинают раньше реагировать на изменение климата по сравнению с сообществами, расположенными на более низких широтах. В экотонах лесотундры северных и высокогорных районов России наблюдается увеличение площадей редколесий и сомкнутых лесов за счет облесения тундр и увеличения густоты и продуктивности ранее существовавших древостоев [6]. Это происходит вследствие того, что потепление климата способствует миграции лесного покрова в ранее недоступные районы, например, менее защищенные от зимнего иссушения и снежной абразии [7].

Целью данной работы является провести анализ пространственно-временной динамики экотона горной лесотундры Центрального Алтая по данным съемок высокого и сверхвысокого пространственного разрешения. Здесь космические снимки высокого разрешения представлены съемкой со спутника Landsat (пространственное разрешение – 15-80 м), которая обеспечивает доступ к крупнейшему архиву бесплатных данных, как исторических (начиная с 70-х гг., приборы MSS, TM), так и современных (приборы TM, ETM+). В данной работе были использованы снимки Landsat за 1977 г. и 2008 г.

Космические снимки сверхвысокого разрешения представлены материалами со спутника QuickBird, который предназначен для получения цифровых изображений земной поверхности с пространственным разрешением 61 см в панхроматическом режиме и 2,44 м в мультиспектральном режиме при съемке в надир, а также спектрорадиометрическими данными, полученными с помощью американских спутников оптической разведки типа Corona, среднее пространственное разрешение которых составляет 6 м. В работе были использованы снимки Corona за 1968 г. и QuickBird за 2002 г.

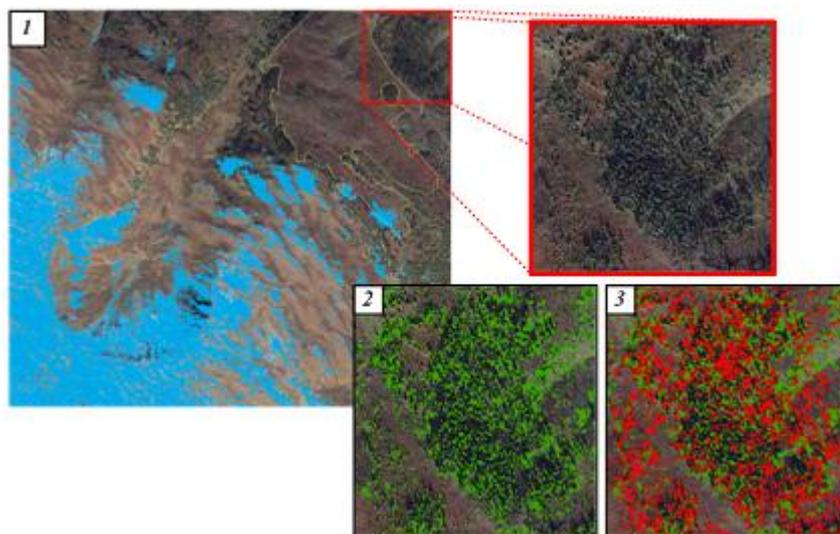
Объект исследования представляет собой горный массив Акташ (рис. 1). Анализируемый участок ограничен прямоугольником с координатами углов 50°24'15"N 87°34'15"E, 50°23'25"N 87°35'35"E и расположен в Центральном Алтае в непосредственной близости от оз. Чейбеккель. Площадь составляет 232 га

(1,60×1,45 км<sup>2</sup>). Высота гор на данной территории достигает 2752 м. над у. м. Климат континентальный. Зима продолжительная и холодная: средняя температура января в межгорных котловинах Центрального Алтая - «минус» 28-32°С. Лето короткое и прохладное: средняя температура июля на высоте 1000 м - «плюс» 14-16°С. В среднем в год выпадает 800-1200 мм осадков, распределяющихся сравнительно равномерно по сезонам года. Склоны гор покрыты тайгой (главным образом, пихтово-еловые леса), высоко в горах располагается тундровая зона.



**Рисунок 1.** Объект исследования – горный массив Акташ (Центральный Алтай).  
*Слева* – снимок Согона (дата съемки – 10.08.1968 г.); *справа* – снимок QuickBird (дата съемки - 11.09.2002 г.)

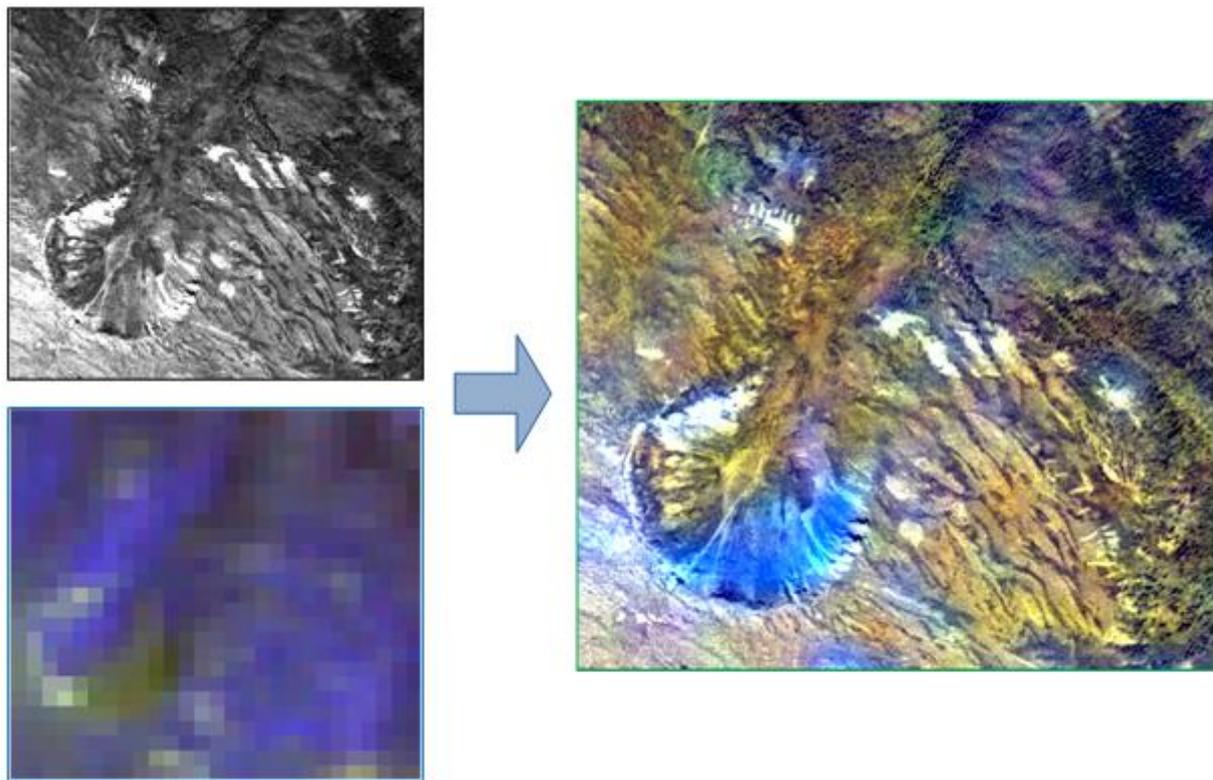
Итак, в рамках решения поставленной задачи было необходимо произвести классификацию спутниковых изображений (Согон, 1968 г. и QuickBird, 2002 г.) с целью выделения на них лесопокрываемых участков территории. Для получения более точной оценки динамики леса при сравнении обоих снимков из анализа были исключены зоны, покрытые снегом, а также нарушенные территории (гари) (рис. 2.1).



**Рисунок 2.** 1 – тестовый участок исходного космического изображения QuickBird на территорию горного массива Акташ с наложенной маской снежного покрова (голубой цвет) и нарушенных территорий (желтый цвет); 2 – класс Forest, выделенный на космоснимке с помощью модуля ENVI Ex; 3 – исходный класс Forest (зеленый цвет), объединенный с дополнительным классом Shaded Forest (красный цвет)

Поскольку в работе были использованы космические снимки сверхвысокого разрешения, то это потребовало применения нестандартных методов к их дешифрированию, а именно использования объектно-ориентированного подхода. Посредством многофункционального программного пакета ENVI (модуль ENVI EX) на исходных изображениях были выделены 7 классов, включая Forest (лес) и Shadows (тени). Однако статистический анализ полученных классификаций показал достаточно низкую точность выделения участков леса на изображении за счет затененных деревьев. Для повышения точности классификаций были повторно дешифрированы теневые участки изображения, что позволило отделить затененные древостои от теней, отбрасываемых деревьями. После этого новый класс Shaded Forest был объединен с исходным классом Forest (рис. 2.2, 2.3).

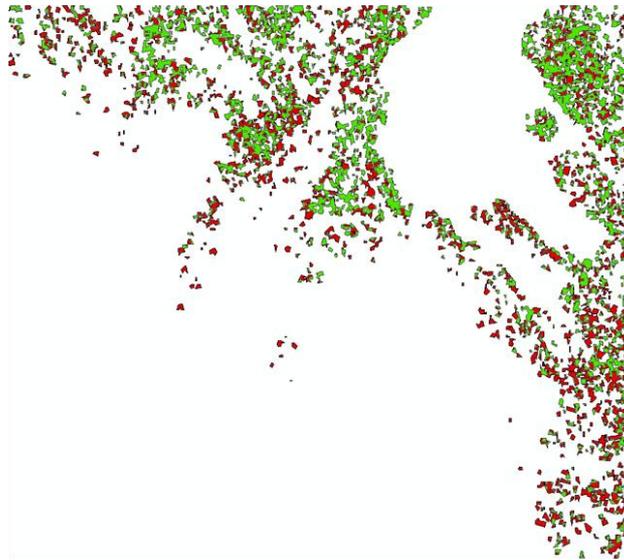
Также для повышения точности классификации снимка Corona было получено синтезированное изображение Corona, 1968 г. и Landsat MSS, 1977 г., что позволило использовать в процессе дешифрирования как текстурные, так и спектральные характеристики объектов (рис. 3).



**Рисунок 3.** Слева – исходные снимки Corona, 1968 г. (панхроматическое изображение, пространственное разрешение – 6 м) и Landsat MSS, 1977 г. (мультиспектральное изображение, пространственное разрешение – 80 м). Справа – синтезированное изображение (мультиспектральное изображение, пространственное разрешение – 6 м).

В результате были получены две классификации разновременных спутниковых изображений (Corona, 1968 г. и QuickBird, 2002 г.), на основе которых был проведен первичный анализ динамики экотона горной лесотундры Центрального Алтая (рис. 4). Для оценки точности данных классификаций был использован метод Карра-статистики, который показал, что после проведения дополнительного дешифрирования затененных участков космических изображений и уточнения исходных классификаций, точность классификации изображений QuickBird увеличилась более чем на 20% (с 71,33% до 94,67%), а общий показатель Карра-статистики – более чем на 40% (с 0,4267 до 0,8933). Аналогичные показатели для классификации съемки Corona составили – 15% (с 65,00%

до 80,00%) и 30% (с 0,3000 до 0,6000) соответственно. Также было подсчитано, что на анализируемом участке территории площадь лесного покрова увеличилась в 1,75 раза (с 15,45 га в 1968 г. до 27,09 га в 2002 г.) [8]



**Рисунок 4.** Наложенные друг на друга два результирующих слоя Forest (лес), где зеленый цвет соответствует состоянию лесного покрова на 1968 г. (снимок Corona), а красный цвет - состоянию лесного покрова на 2002 г. (снимок QuickBird).

Список литературы:

1. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М.: Издательский центр Академия, 2004. – 336 с.
2. Krajick K. All downhill from here? // Science. 2004. Vol. 303. P. 1600–1602.
3. Kullman L. Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes // Journal of ecology. 2002. Vol. 90. P. 68–77.
4. Shugart H. H., French N. H. F., Kasischke E. S., Slawski J. J., Dull C. W., Shuchman R. A., Mwangi J. Detection of vegetation change using reconnaissance imagery // Global Change Biology. 2001. Vol. 7. P. 247–252.
5. Walter G-R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T. J. C., Fromentin J-M., Hoegh-Guldberg O., Bairlein F. Ecological responses to recent climate change // Nature. 2002. Vol. 416. P. 389–395.
6. Шиятов, С. Г., Терентьев М. М., Фомин В. В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале. // Экология. 2005. № 2. С. 83–90.
7. Шестакова Т. А. Использование объектно-ориентированного подхода при картировании экотона горной лесотундры // Молодёжь и наука: сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс] /отв. ред. О.А.Краев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2011. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/> (дата обращения: 20.03.2012)
8. Шестакова Т. А. Картирование экотона горной лесотундры с использованием объектно-ориентированного подхода // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: сборник материалов IX Всероссийской открытой ежегодной конференции [Электронный ресурс]. – М., Институт космических исследований РАН, 2011. CD-ROM.