

## МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ С ПОМОЩЬЮ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ-КОНТРОЛЬ ВЫРУБОК ЛЕСА

Казарян М.Л.<sup>1,2</sup>, Шахраманьян М. А.<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>«Владикавказский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации», Владикавказ, Россия (362001, Владикавказ, ул. Молодежная 7), e-mail: vfek@bk.ru

<sup>2</sup>«Северо-Осетинский государственный университет им. К. Л. Хетагурова», Владикавказ Россия (362040, Владикавказ ул. Ватутина 46), e-mail: nosu@nosu.ru

<sup>3</sup>«Институт аэрокосмических технологий и мониторинга РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина», Москва, Россия (119991, Москва Ленинский проспект дом 65), e-mail: 7283963@mail.ru

<sup>4</sup>«Московский институт открытого образования», Москва, Россия (119034 Москва Пречистинский переулок дом 7а), e-mail: 7283963@mail.ru

---

Разработан метод контроля лесных массивов по мультиспектральным космическим изображениям. Представление о том, что на Земле до настоящего времени сохранились леса или какие-либо экосистемы, полностью избежавшие воздействия хозяйственной деятельности человека, является существенным упрощением действительности. Каждый участок леса подвергается определенным видам антропогенного воздействия – даже в том случае, если такое воздействие не может быть прямо обнаружено и измерено. Для выявления такого рода влияния деятельности человека на лесное хозяйство используются космические снимки. В статье приводятся спектральные кривые отражения лесных насаждений. Далее приводится состояние лесных угодий в северной части Домодедовского района по сравнению с данными за 1980 г. Рассматривается карта-схема состояния лесной растительности на территории Коми-Пермяцкого АО по данным КА «TERRA». Проводится контроль рубки леса на территории Коми-Пермяцкого АО (в районе г. Шугрем) по данным КА «Ресурс-О». Изучается оценка площадей вырубок по данным КА «Ресурс-О» и КА «TERRA», контроль рубки леса (Архангельская область).

Ключевые слова: мультиспектральные изображения, дистанционное зондирование, лесные массивы, контроль вырубок леса, спектральные кривые.

## FOREST MONITORING BY MEANS SATELLITE IMAGERY- CONTROL DEFORESTATION

Kazaryan M.L.<sup>1,2</sup>, Shakhramanyan M.A.<sup>1,3,4</sup>

<sup>1</sup>"Financial University at Government of Russian Federation Vladikavkaz branch", Vladikavkaz, Russia (362001, Vladikavkaz, Molodezhnaya str., 7), e-mail: vfek@bk.ru

<sup>2</sup>"North Ossetian State University by K. L. Khetagurov "Vladikavkaz Russia (362040, Vladikavkaz Vatutin str. 46), e-mail: nosu@nosu.ru

<sup>3</sup>"Institute of Aerospace Technology and Monitoring», Moscow, Russia (Moscow 119991, Leninsky Prospect 65), e-mail: 7283963@mail.ru

<sup>4</sup>"Moscow Institute of Open Education», Moscow, Russia (119034Moskva Prechistinsky lane 7a), e-mail: 7283963@mail.ru

---

A method for monitoring forests on multispectral satellite images. The notion that the world hitherto preserved forest or any ecosystem, to completely avoid the impact of human activity is a significant simplification of reality. Each section of the forest exposed to certain types of human impact - even if such an effect cannot be directly observed and measured. To identify this kind of impact of human activities on forestry used satellite images. The article describes the spectral reflectance curves of forest plantations. The following is the state of forests in the northern part of the Domodedovo district compared with the data for 1980 is considered a schematic map of the state of forest vegetation in the territory of the Permian Komi AO using data from «TERRA». Held control logging on the territory of the Permian Komi AO (near Shugrem) using data from the "Resource-O." We study the evaluation of felling areas using data from the "Resource-O" and the SC «TERRA», control logging (Arkhangelsk region).

Keywords: multispectral images, remote sensing, forests, control of deforestation, the spectral curves.

Для осуществления контроля и мониторинга за разнообразными антропогенными и природными объектами можно воспользоваться технологиями дистанционного

зондирования Земли (ДЗЗ) [1-6]. Для решения хозяйственных, экологических проблем очень важно обладать точной информацией о состоянии лесов, т.е. осуществлять мониторинг леса. Это даст возможность решать задачи, связанные с охраной леса от пожаров, контролировать лесопатологическое состояние исследуемых территорий, исследовать территории на наличие радионуклеидами и т.д. Контроль незаконной рубки леса это одна из основных проблем лесоустройства. Существуют определенные нормы по вырубке леса в соответствии с Правилами заготовки древесины и Правилами санитарной безопасности леса (МПР России от 16.07.2007 г. № 184; постановление Правительства Российской Федерации от 29.06.2007 г. № 414). Но эти правила в нашей стране очень часто нарушаются.

Сейчас у нас леса занимают значительные территории (приблизительно 70 %), соответственно задача контроля их является достаточно актуальной, и для решения ее можно успешно использовать космические снимки [1, 3]. Как известно, космические снимки среднего разрешения спутника Ресурс (МСУ-СК), используются для выявления крупных, наиболее нарушенных хозяйственной деятельностью, территорий. Они дают возможность достоверно выявлять по спектрональным снимкам среднего (около 150 м/пиксель) разрешения.

Космические снимки высокого разрешения (15–35 м/пиксель – LandsatETM+, Ресурс МСУ – Э, SPOTHRV) используются для детального выявления изучаемых территорий на нарушение лесных площадей.

Исследования показали, что главным препятствием в решении задачи получения достоверных данных о степени нарушения природных ландшафтов на основании картографических материалов являются следующие утверждения.

1. На данный момент отсутствуют общегеографические и топографические карты, которые верно отражали бы состояние исследуемых территорий.
2. Отсутствуют достоверные картографические материалы на некоторые категории лесов, раз в 10 лет составляются лесные карты, причем не всюду, велика доля ошибок при составлении лесных карт. Исходя из сказанного, можно прийти к выводу, что оперативная карта составления лесов по стране достаточно детального масштаба по материалам лесоустройства и государственного учета лесного фонда не может быть составлена.
3. Зачастую хозяйственные карты не объективны из-за приписок, например, не существующих дорог или хозяйственных объектов.

Итак, если использовать только общегеографические карты или только космические снимки среднего разрешения, то невозможно получить достоверные и детальные данные при изучении лесов. А использование космических снимков высокого разрешения невозможно по причине высокой стоимости и отсутствия безоблачных снимков летнего периода на

отдельных участках. Более того, на данные аэрокосмических исследований воздействуют следующие факторы: сезонность, атмосфера, освещенность и т.д. Это, в первую очередь, воздействует на значения спектральных яркостей элементов изображения. По определению, спектральные яркости элементов изображения – это главный признак, который необходимо использовать при распознавании и выявлении изменений на исследуемых территориях. Чтобы избежать подобных ситуаций, можно воспользоваться способами подобными атмосферной коррекции, нормирования, создания индексных изображений и эти процедуры, как правило, осуществляются во время съемки [3].

### **Контроль рубки лесов методом ДЗЗ**

#### ***Исследовательская часть***

Исследуем спектральную отражательную способность *лесных насаждений и кустарников*. Кривые отражения их классифицируются следующим образом. Все кривые отражения лесных насаждений и кустарников разделены на четыре типа [3].

1. Отражательная способность незначительно возрастает от фиолетового к красному концу спектра, оставаясь почти без изменений на всем протяжении области ИК – спектра, сохраняя тот уровень, который был достигнут на красном участке. Это означает, что кривые данного типа соответствуют нейтрально серому фону с чуть заметным желтоватым или буроватым оттенком. Этот тип характерен для лиственных пород леса в зимний период времени. Более темные оттенки характеризуют березу и лиственницу молодых древостоев. Более светлые – характеризуют дуб молодого древостоя, далее рассматривается липа спелого древостоя и осина молодого древостоя. Наиболее светлый оттенок в этот период соответствует березе спелого древостоя.

2. Около длины волны 550 нм виден слабый максимум, что означает довольно низкий уровень отражательной способности во всей видимой области спектра. В ближней области ИК-спектра отражательная способность повышенная, но является невысокой для растительных образований. Кривые второго типа соответствуют темно-зеленому малонасыщенному фону. В этот период это характерно для хвойной породы лесов в зимний период. Самой темной является сосна спелого древостоя, коэффициент яркости которой равен даже в максимуме (550 нм) лишь 0,21. Поэтому сосну относят к самым темным природным образованиям.

3. Отражательная способность в видимой области спектра заметно выше, чем в предыдущем типе. Она остается в общем невысокой. Максимум в желто-зеленых лучах (550 нм), обусловленный насыщенной зеленой окраской растительности, выражен значительно резче.

Отражательная способность в ближней области ИК – спектра, начиная с 700 нм, резко возрастает и остается высокой на всем протяжении этой области. К этому типу относятся древостои лиственных пород в период вегетации с молодой листвой и хвойные породы – с молодой хвоей. По мере развития молодой листвы и хвои (фаза «полный лист») насаждения несколько темнеют, хотя ход по спектру остается более или менее одинаковым.

В фазе «поздняя зелень» отражательная способность лиственных пород снова становится высокой и притом более высокой, чем в фазе «молодой лист». То есть до наступления осенней раскраски лиственные леса светлеют, а хвойные породы, наоборот, становятся более темными, приближаясь к зимнему виду.

Отражательная способность лесов в ближней области ИК – спектра, начиная с 700 нм, оказывается различной у разных пород. Самыми темными являются сосна и ель, более светлые – береза и осина.

4. Отражательная способность остается в диапазоне 400–500 нм такой же, как и в предыдущем типе, однако возрастает в красном и ближнем участках ИК – спектра. Кривые четвертого типа соответствуют оранжево-красному фону и осенней раскраске всех лиственных лесов.

На рис. 1 изображены типичные спектральные кривые отражения лесных насаждений.

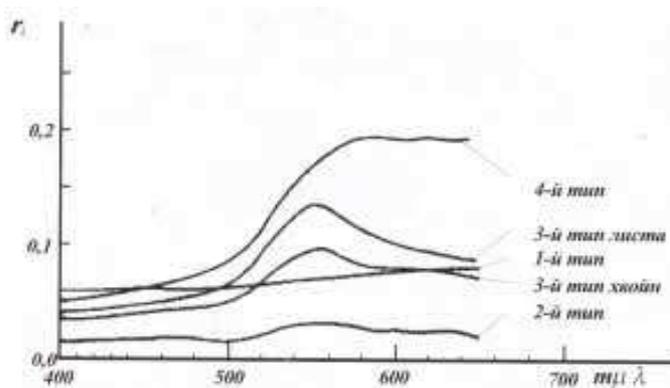


Рис. 1. Типичные спектральные кривые отражения лесных насаждений

### **Практическая часть**

Рассмотрим возможности анализа космических снимков применительно к лесу.

Для определения экономического ущерба необходимо выбрать систему показателей, с помощью которых можно проводить временной сравнительный анализ [3]. Это:

1. Площадь леса.
2. Площадь вырубленного леса.

3. Площадь сгоревшего леса.
4. Тип леса.
5. Объем сгоревшего леса.
6. Площадь новых гарей и площадь ранее образовавшихся гарей.
7. Площадь новых вырубок и площадь ранее образовавшихся вырубок.

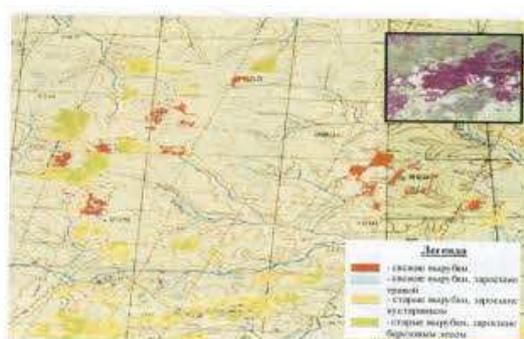
Для примера рассмотрим состояние лесных угодий Домодедовского района Московской области по показателю «вырубленный лес» (рис. 2). Алгоритм исследования заключается в следующем. На растровую карту района 1980 г. наносятся различные виды растительности, выделенные с космического снимка с помощью специализированного программного обеспечения и дешифровки по спектральным кривым. Различные типы лесной растительности нанесены на карту разными цветами.

После сравнения с картой видна часть местности, на которой по сравнению с 1980 г. лесная растительность отсутствует. Площадь лесной растительности различного типа, площадь участка с вырубленной по сравнению с 1980 г. растительности можно определить как в площадных единицах, так и в процентном отношении.



*Рис. 2. Состояние лесных угодий в северной части Домодедовского района по сравнению с данными за 1980 г.*

На рис. 3 представлен дешифрованный снимок территории Коми-Пермяцкого АО, полученный с КА «TERRA». С помощью специального программного обеспечения и метода кластерного анализа произведено разделение растительности по различным типам, которые обозначены на снимке разными цветами. Итак, определена площадь различных типов растительности. Таким образом, можно определить и качество использования земель.



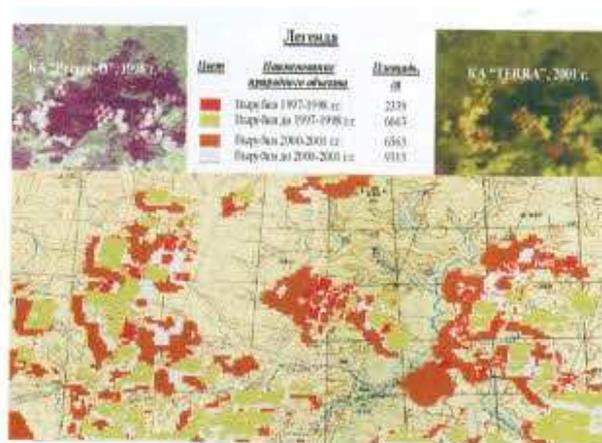
*Рис. 3. Карта – схема состояний лесной растительности на территории Коми-Пермяцкого АО по данным КА «TERRA»*

На рис. 4 приведен пример контроля рубки лесов методом дистанционного зондирования Земли; с помощью специального программного обеспечения и методов дешифровки по спектральным кривым выявлены вырубки различной степени давности и совмещены с растровой картой. Вырубки разделены на – свежие и старые. Очевидно, что часть свежих вырубок уже заросла травой и кустарником, другая часть – подлеском. В правом верхнем углу рисунка представлена часть снимка, обработанного с использованием метода кластерного анализа.



*Рис. 4. Контроль рубки леса на территории Коми-Пермяцкого АО (в районе г. Шугрем) по данным КА «Ресурс - О»*

Таким образом, можно определить площадь свежих вырубок и старых вырубок (в площадных единицах и в процентах), а по снимкам до момента вырубок – тип вырубленной растительности. На рис. 5 представлен дешифрованный снимок территории за 1998 г. и дешифрованный снимок территории за 2001 г., а также снимок, совмещенный с растровой картой, полученный совмещением этих двух снимков после предварительной дешифровки. С помощью специального программного обеспечения и метода кластерного анализа произведено разделение вырубок по времени, которые обозначены на снимке разными цветами.

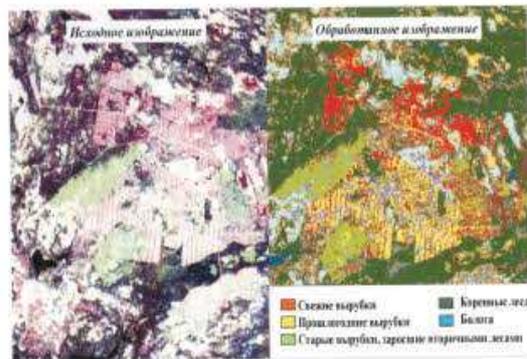


*Рис. 5 Контроль рубки леса. Оценка площадей вырубок по данным КА «Ресурс - О» и КА «TERRA»*

Это позволило определить площадь вырубок различной давности, а также, используя более ранние снимки, определить типы растительности, росшей на этих местах и их площадь, как в площадных единицах, так и в процентах.

Рис. 6 наглядно иллюстрирует эффективность контроля вырубки лесов описываемым методом. На левой части рисунка дано исходное космическое изображение части территории Архангельской области, на правой – дешифрованный снимок, на котором разными цветами обозначены различные природные объекты. Выделены прошлогодние и свежие вырубки, а также более старые вырубки, заросшие вторичными лесами.

Анализ снимков позволяет определить площадь территории, на которой вырублены леса в различные промежутки времени, а также, используя более ранние снимки, определить типы растительности, росшей на этих местах и их площадь.



*Рис. 6. Контроль рубки леса (Архангельская область)*

### Список литературы

1. Бровкина О. В. Дистанционный мониторинг антропогенных нарушений таежной зоны Северо-Запада России: Дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.36. – СПб., 2011. 194 с.
2. Вершовский Е. А. Разработка методов и алгоритмов кластеризации мультиспектральных данных дистанционного зондирования Земли: Дис. ... канд. техн. наук. – Таганрог, 2010
3. Казарян М. Л. Исследование вейвлет-преобразований Хаара на корректность в контексте задачи космического мониторинга Земли // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2013. № 6 (178). – С. 14-17.
4. Шахраманьян М. А. Новые информационные технологии в задачах обеспечения национальной безопасности России. – М.: ФЦ ВНИИ ГОЧС, 2003. – 398 с.

5. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. 560 с.
6. Kazaryan M. L., Schachramanian M.A., Richter A. A. Space monitoring of the Earth and Haar wavelet transform. Future Communication Technology and Engineering, Chapter 61, Edited by Kennis Chan CRC Press 2015 Pages 291–294. Print ISBN: 978-1-138-02777-0. eBook ISBN: 978-1-315-69045-2. DOI: 10.1201/b18331-65.

**Рецензенты:**

Заалишвили В.Б., д.ф.-м.н., профессор, директор ФГБУН Центра геофизических исследований, г. Владикавказ;

Кусраев А.Г., д.ф.-м.н., профессор, директор Института прикладной математики и информатики, г. Владикавказ.