ОБЩЕСИСТЕМНЫЕ ВОПРОСЫ

НОВЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. В. Абросимов

ЗАО «Совзонд», г. Москва

В последние три года на околоземных орбитах появилось несколько новых спутников дистанционного зондирования земной поверхности. Спутники и установленные на них сенсоры серьезно отличаются друг от друга своими технологическими особенностями, функциональными возможностями, целевой направленностью.

Таблица 1

Спутники ДЗЗ, запущенные с 2004 г. и установленные на них сенсоры.

Спутник	**Страна**	**Год**	**Основное назначение**	**Сенсоры**	**Разрешение (м)**	**Полоса съемки (км)**
Formosat-2	Тайвань	2004	Ресурсно-картографический	Панхроматический **Многозональный (Г,З,К,БИК)**	2 8	**24**
IRS P5	Индия	2005	Картографический	Панхроматический, две камеры	2,5	**30**
Монитор-Э*	Россия	2005	Ресурсно-картографический	Панхроматический **Многозональный (З,К,БИК)**	8 20	**96** **160**
EROS-B	Израиль	2006	Картографический	Панхроматический	0,7	7
Kompsat-2	Южная Корея	2006	Картографо-ресурсный	Панхроматический **Многозональный (Г,З,К,БИК)**	1 4	15
Ресурс-ДК	Россия	2006	Картографо-ресурсный	Панхроматический **Многозональный (З,К,БИК)**	1 3	**28**
ALOS	Япония	2006	Ресурсно-картографический, многоцелевой	Панхроматический **Многозональный (Г,З,К,БИК)** Многополяризационный радар	2,5 10 10-100	**70**

* - экспериментальный

Как видно из таблицы 1, на всех семи спутниках, запущенных за это время и находящихся на сегодня в коммерческом доступе, установлены оптические сканирующие системы, и лишь один из них (ALOS) - дополнительно располагает радаром с синтезированной апертурой.

На всех аппаратах установлены панхроматические сканирующие системы оптического диапазона, многозональными сканерами располагают 5 спутников, причем в 3 каналах видимого спектра и в ближней инфракрасной зоне сканируют Землю 3 спутника, голубой канал отсутствует у многозональных сенсоров 2 спутников. Пространственное разрешение панхроматических сенсоров на новых аппаратах колеблется от 0,7 до 8 метров, многозональных – от 3 до 20 метров. Реально (учитывая экспериментальность спутника Монитор-Э) эти диапазоны несколько уже – основное пространствен-

ное разрешение при панхроматической съемке балансирует в районе 1- 3 метров, а при многозональной около 4-10 метров. В сравнении с периодом конца XX – начала XXI века очевидны две тенденции – полное превалирование оптических сканирующих систем над всеми другими видами ДЗЗ из космоса и резкое повышение разрешающей способности сенсоров. Эти две позитивные в целом тенденции сопровождаются и определенными негативами: сохраняющейся зависимостью дистанционного зондирования от атмосферных условий (в связи с оптическим диапазоном съемки) и заметным сужением ширины полосы и относительно низкой повторяемостью съемки (за счет высокого разрешения).

Снимки высокого разрешения, получаемые со многих из вышеперечисленных спутников могут активно использоваться для решения задач, связанных с повышением эффективности лесного хозяйства и одновременно – с обеспечением сохранения и восстановления лесных ресурсов. В частности, в плане мониторинга и контроля за лесами они дают возможность наблюдать и измерять даже самые незначительные по площади нарушения в лесном фонде – незаконные вырубки, вплоть до уничтожения единичных деревьев, несанкционированные постройки, стихийные свалки, центры рекреационного воздействия. Также эффективно выявление на ранней стадии очагов распространения заболеваний и вредителей, точечных загрязнений от транспортных и трубопроводных коммуникаций. Незаменимы снимки высокого разрешения и при выполнении работ, связанных с точной лесной таксацией, оценкой продуктивности и бонитета. Наконец создание крупномасштабных лесохозяйственных карт подразумевает широкое использование космических снимков наряду с данными аэрофотосъемки.

Из спутников, запущенных в последние три года в наибольшей степени удовлетворяют решению этих задач на наш взгляд Ресурс-ДК, Formosat-2 и Kompsat-2, что связано с присутствием на них многозональных сенсоров, практически обязательных для космического мониторинга лесов. Таким же важным параметром, по которому мы выделяем первые два из этих трех спутников, является ширина снимаемой полосы - 28 и 24 км. соответственно, что существенно при решении именно лесохозяйственных задач. Наконец следует отметить большую съемочную продуктивность Ресурс-ДК и высочайшие возможности Formosat-2 в плане повторяемости съемки (до 1 суток при подходящих метеоусловиях), что очень важно для мониторинга. Выбирая снимки высокого разрешения для лесохозяйственных задач, конечно не следует забывать и о таких уже проверенных и очень эффективных системах как QuickBird и IKONOS.

Итак, снимки высокого разрешения информационно обеспечивают существенную часть лесохозяйственных задач, однако высокую актуальность для всех структур, контролирующих или эксплуатирующих лесные ресурсы, сохраняет вопрос получения качественных, современных и недорогих данных дистанционного зондирования Земли на обширные территории, пусть даже с несколько более низким пространственным разрешением.

В этом плане, наряду с использованием традиционно популярных и качественных снимков SPOT и ASTER, брешь в данных среднего разрешения, образовавшаяся после обнаружения неполадок сенсора ETM+ на аппарате Landsat 7 может быть закрыта снимками с запущенного 24 января 2006 г. спутника ALOS (Япония). Этому способствует:

1. Комплексность бортового оборудования – панхроматический и многозональный сканер, радар с синтезированной апертурой.
2. Достаточно высокое пространственное разрешение каждого из сенсоров, составляющее соответственно 2,5; 10 и 10-100 метров.
3. Очень широкая для снимков такого разрешения полоса съемки – 70 км. Размер сцены для любого сенсора – 70 X 70 км.

4. Отличные геометрические свойства снимков, позволяющие работать на масштабах вплоть до 1:10000 – 1:25000.
5. Высокие радиометрические характеристики, при стандартном 8-битном квантовании дающие хорошие результаты автоматического и визуального дешифрирования лесов и связанных с ними объектов.
6. Относительно низкая цена, составляющая 890 долларов за любую из сцен.
7. Четко выверенный и соблюдающийся Японским космическим агентством съемочный план, который позволил уже к ноябрю 2006 года (полгода активной съемки) покрыть съемкой только оптическими сенсорами PRIZM (панхроматический) и AVNIR свыше 51 процента территории России.
8. Наличие радара с синтезированной апертурой, наилучшее пространственное разрешение которого уступает среди радарных данных лишь снимкам RADARSAT, а наличие многополяризационного режима делает его лучшим из всех радарных космических сенсоров на сегодняшний день. Данные всепогодной радарной съемки могут быть совмещены с оптическими снимками для выявления тонких процессов в лесных фитоценозах.

Компания «СОВЗОНД» является официальным дистрибьютором данных дистанционного зондирования различного пространственного разрешения, получаемых со спутников QUICKBIRD, IKONOS, SPOT, ALOS, LANDSAT и др., а также предлагает услуги по их тематической обработке и созданию продукции в соответствии с требованиями заказчика.

NEW EARTH REMOTE SENSING SYSTEMS AND APPLICATIONS IN FORESTRY

A. Abrosimov,

«Sovzond», Moscow

In the recent three years a number of new remote sensing satellites were launched to the near-earth orbit. Satellites and installed sensors vary greatly in technological features, functional capacities and targets. Sovzond is an official distributor of satellite imagery with various spatial resolution collected with QUICKBIRD, IKONOS, SPOT, ALOS, LANDSAT, etc., and offers services for topical processing and products making with regard to customers' requirements.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕДОМСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИИ

Р. Р. Азметов[1], А. И. Беляев[1], В. М. Московенко[2]

[1]ФГУ «Авиалесоохрана», г. Пушкино Московской обл.
[2]ЗАО НТЦ «Технологии мониторинга и безопасности», г. Королев Московской обл.

Грозы – второй (после человека) по масштабам проявления фактор пожарной опасности в лесу. По статистике последних лет в России на лесные пожары от гроз при относительном количестве 9 – 18 % приходилось от 37 до 54% пройденной огнем площади. В этих условиях точная и своевременная информация о грозах имеет решающее значение при ликвидации многочисленных одновременно возникших очагов лесных пожаров.

Такую информацию предоставляет Система регистрации молниевых разрядов, или система грозопеленгации, как в обиходе её называют. Эта территориально распре-

деленная радиоэлектронная информационная система, включающая в себя сеть приемных станций, каналы цифровой связи и центр сбора, обработки и распространения данных о молниевых разрядах (ЦСОД), осуществляет сбор данных от приемных станций, их совместную обработку и выдачу потребителям информации о грозовой деятельности через Интернет или по каналам цифровой связи.

В пожароопасный сезон 1997 года была проведена первая пробная эксплуатация опытного участка системы грозопеленгации в Томской, Красноярской и Иркутской авиабазах и продемонстрирована эффективность использования данных о грозах при диспетчерском управлении патрульными полетами. Исследования, выполненный в 2000 и 2001 годах, когда система имела уже значительно большую зону контроля, показали по разным авиабазам от 20 до 88% случаев подтверждений вероятного возникновения пожара от молниевого разряда.

С 2000 года СРМР функционирует регулярно в экспериментальном режиме. В 2005 году введен в промышленную эксплуатацию ЦСОД системы, причем сенсорная сеть пока имеет статус экспериментальной. В настоящее время система насчитывает 26 станций грозопеленгации, контролирующих лесную территорию России от Санкт-Петербурга до Южно-Сахалинска (рис.1).

За рубежом системы грозопеленгации переживают пору бурного развития. Почти 90% территории США и Канады «опутаны» сетью обнаружения молний, состоящей из более четырехсот приемных станций. Она обслуживает информационные потребности как лесной службы, так и других потребителей. Аналогичные системы функционируют во многих странах Европы и Азии.

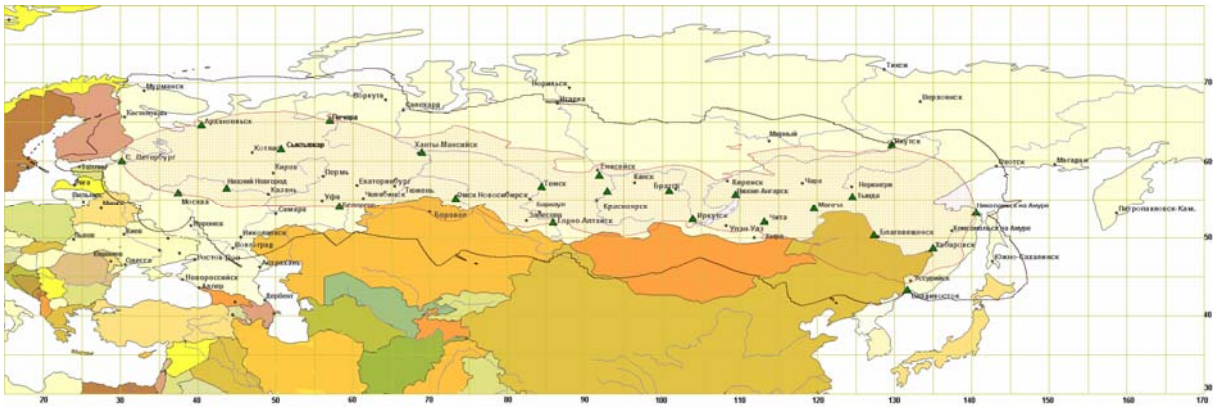


Рис. 1. Зоны контроля СРМР в 2006 году. (Площадь зоны контроля с погрешностью местоопределения 1.5 км составляет 8.3 млн. км^2, с погрешностью до 10 км - 16.8 млн. км^2.)

Оценка точности местоопределения

В исследованиях 2001-2002 годов оценивалась также точность местоопределения МР по повторным ударам. Повторные удары возникают в одном и том же ионизированном канале молнии, сформированным лидером и первым возвратным ударом. Повторные удары имеют одинаковые пространственные координаты, сигналы электромагнитного излучения (ЭМИ) от них близки по форме. Это свойство повторных ударов позволяет использовать их для оценки характеристик системы. Число повторных ударов во вспышке молнии обычно составляет 2-3, но может достигать 8-14. Сигналы ЭМИ от повторных ударов выделяются по следующим характерным признакам:

- интервал следования составляет от единиц до сотен миллисекунд;
- среднеквадратическая погрешность (СКП) значений пеленгов не превышает 1...2 градуса;
- максимальная амплитуда и амплитуда первого квазиполупериода (КВП) сигналов ЭМИ двух последующих ударов в данном пункте регистрации (ПР) отличается не более, чем на 20% и первый КВП имеет одинаковую полярность;

- длительность первого КВП сигналов ЭМИ повторных ударов для данного ПР отличается не более, чем на 3 мкс.

Данные регистрации повторных ударов позволяют непосредственно рассчитать случайную составляющую погрешности местоопределения МР, а также построить распределения вероятностей и оценить статистические характеристики погрешностей измерения разности времен приема сигналов в разнесенных ПР системы, направления на МР (пеленга), амплитудно-временных параметров сигнала. В результате обработки экспериментальных данных, полученных за период проведения исследований, выделено 2911 групп повторных ударов молниевых разрядов, по которым оценены точностные характеристики системы.

На рисунке 2 представлено распределение вероятности величины отклонения между повторными разрядами в км.

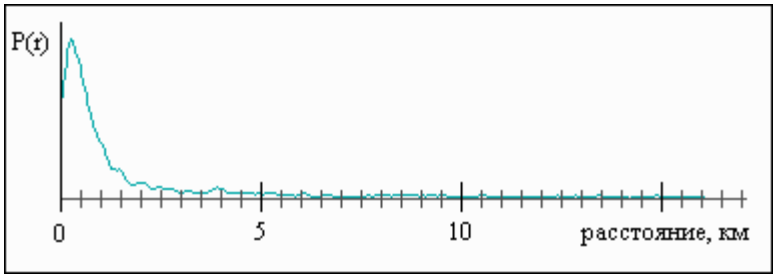


Рис.2. Распределение вероятности отклонения между повторными разрядами.

Средняя величина погрешности местоопределения повторных ударов составляет 1.6 км, медианное значение 0.7 км.

Оценка эффективности применения СРМР

Методика оценки эффективности применения СРМР основывается на подсчете разницы между суммой предполагаемого экономического ущерба и затрат на ликвидацию пожаров при организации патрулирования в отсутствии оперативных данных о грозах штатно по утвержденным маршрутам и суммой фактического ущерба и затрат при патрулировании по скорректированным с учетом данных от СРМР маршрутам. Анализ полученных данных позволяет оценить предполагаемый положительный эффект от своевременного использования информации СРМР.

На рисунке 3 показана гистограмма, характеризующая зависимость площади обнаруженных пожаров от интервала времени между прошедшей грозой и вылетами летчиков-наблюдателей. Из рисунка видно, что основная доля небольших пожаров (площадью менее 0.5 гектара) обнаруживается в первые двое суток после прохождения грозового фронта. Задержка с проведением контрольных полетов приводит к значительному расширению области пожаров и увеличению затрат на тушение и ущерба от сгоревшего леса.

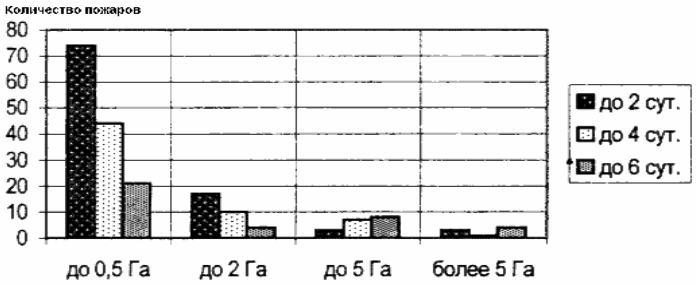


Рис. 3. Гистограмма зависимости площади пожара при обнаружении от интервала времени между полетами и прошедшим грозовым фронтом

Площадь пожара в общем случае между моментом обнаружения летчиками-наблюдателями и моментом ликвидации пожара увеличивается в среднем в шесть раз.

На рисунке 4 представлена зависимость средней величины $S_{ликв}/S_{обн}$, где $S_{ликв}$ - площадь пожара в момент его ликвидации, $S_{обн}$ - площадь пожара в момент обнаружения, от интервала времени от грозы до обнаружения пожара. Из него видно, что при обнаружении пожара в первые двое суток после грозы его площадь на момент ликвидации увеличивается в среднем в четыре раза. Если обнаружение пожара происходит через четверо суток после грозы, его площадь возрастает в среднем в шесть раз. Существенно возрастут и затраты на тушение пожара. Минимальные затраты достигаются при проведении патрульных полетов не позднее трех суток после прохождения грозового фронта и снижаются в среднем в 3...5 раз по сравнению со случаями обнаружения пожара через 5...6 суток после грозы.

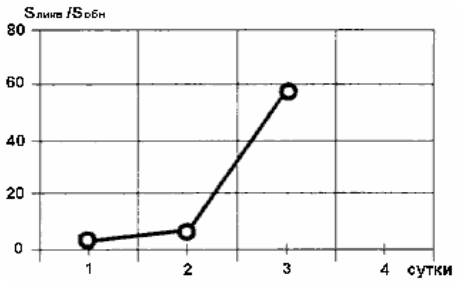


Рис.4. Зависимость величины $S_{ликв}/S_{обн}$ от интервала времени (количества суток) от грозы до момента обнаружения пожара

По мнению западных специалистов: «благодаря эксплуатации систем грозопеленгации в США, Канаде, Франции, Китае потери лесных ресурсов от пожаров, вызванных грозами, снизились на 70%, а в некоторых регионах – на 90%» [1].

Так, согласно информации Лесной службы Канады внедрение национальной системы обнаружения и мониторинга молний позволило сократить потери от лесных пожаров, вызванных молниевыми разрядами, более чем на 70%.

Чтобы количественно оценить экономический эффект применительно к российским условиям, предположим, что данные системы контроля грозовой активности позволит сократить потери от лесных пожаров всего лишь на 10% и обратимся к таблице, где показаны официальные статистические данные за 2000 – 2004 годы по общему ущербу от лесных пожаров, вызванных молниевыми разрядами (затраты авиабаз и лесхозов на тушение пожаров + стоимость сгоревшей древесины + затраты на расчистку + затраты на восстановление).

Таблица

Общий ущерб от лесных пожаров, вызванных грозами

№ п/п	Годы	Общий ущерб от лесных пожаров, вызванных грозами	
		млн. руб.	млн USD
1	2000	7273,87	250,82
2	2001	430,29	14,84
3	2002	1630,51	56,22
4	2003	2931,18	101,08
5	2004	4343,87	149,79
	В среднем:	3321,94	114,55

В среднем ежегодный общий ущерб от лесных пожаров, вызванных молниевыми разрядами, составляет 114,55 млн USD. Следовательно, при нашем допущении о 10 % - ой эффективности предотвращенный ущерб от использования оперативных данных о молниевых разрядах составит 11,46 млн USD, что почти на порядок превышает затраты на модернизацию СРМР и создание на её основе отечественной промышленной Системы контроля грозовой активности (СКГА) на территории России [2].

СКГА в интересах охраны лесов, затраты на создание которой существенно меньше затрат на реализацию предложения компании Vaisala, адресованного РАО ЕЭС, объективно будет иметь конкурентные преимущества в освоении нового рынка информационных услуг в России и со временем вполне может приобрести статус национальной системы.

Экспериментальный статус СРМР ослабляет её позиции в открытой конкуренции и противостоянии попыткам монополизации российского рынка данного сектора информационных услуг западными компаниями, ранее LLP, GAI, ныне Vaisala.

Разработчиком действующей системы грозопеленгации совместно с основным её пользователем, ФГУ «Авиалесоохрана», подготовлено технико-коммерческое предложение о создании на базе СРМР многоцелевой Системы контроля грозовой активности на территории России в интересах широкого круга пользователей [2].

Литература

1. Материалы Международного симпозиума «Системы раннего обнаружения лесных пожаров от гроз в лесном фонде Иркутской области»/ Иркутск, сентябрь 1994.
2. Отчет о проведении работ по эксплуатации и модернизации Системы Регистрации Молниевых Разрядов в 2006 году. Предложения по развитию СРМР./ ФГУ «АВИАЛЕСООХРАНА»/ г. Пушкино - 2006.

USING OF THUNDERSTORM ACTIVITY DATA IN FOREST FIRE MONITORING AND FUTURE DEVELOPMENT OF THE DEPARTMENTAL THUNDERSTORM POSITION FINDING SYSTEM

R. Azmetov[1], A.Belyaev[1], V.Moskovenko[2]

[1]FGU “Avialesookhrana”, Pushkino, Moscow region
[2]ZAO NTC “Monitoring and security technologies” Korolev Moscow region

The 7-years experience of exploitation and development of lightning strike recording system (LSRS) for forest fire protection is presented. The characteristics of experimental LSRS as part of the Forest fire distant monitoring information system of Rosleskhoz are given. The official statistical data on forest fire records and data on damages from fires resulted from lightning strikes are cited. The estimation of damage that could be prevented with the effective use of thunderstorm activity monitoring data is given. The proposals for development the multi-objective thunderstorm activity control system on the base of departmental LSRS in the territory of Russia are suggested.

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

А. С. Алексеев

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, г. Санкт-Петербург

Одним из важных аспектов биологического разнообразия является пространственный, связанный с разнообразием экосистем, составляющих лесной растительный покров. Это положение отражено в Конвенции о биоразнообразии ООН (Конвенция…,1992). Лесоустроительные картографические материалы в виде планов лесонасаждений могут быть использованы для целей количественной оценки разнообразия лесного растительного покрова. Применение ГИС-технологий позволяет работать с картографическими материалами в электронной форме и значительно сократить затраты труда на определение площадей выделов и иных параметров, необходимых для рас-

чета показателей разнообразия. В данной работе принимается во внимание разнообразие лесного растительного покрова, отражающееся в различии преобладающих пород и их возрастов, а так же представленности различных категорий земель лесного фонда.

В качестве примера было проанализировано пространственное разнообразие лесного растительного покрова Токсовского опытно-показательного парк-лесхоза Ленинградской области в составе трех лесничеств: Ройкинского, Агалатовского и Кавголовского.

Для количественной оценки пространственного разнообразия лесного растительного покрова были использованы следующие показатели: индекс разнообразия, индекс компактности (Kumar Das, Nautiyal, 2004) и индекс Шеннона (Алексеев и др. 1998).

Индекс разнообразия лесного растительного покрова *v*, является мерой присутствия в составе лесного покрова различных типов выделов, варьирует в пределах от 0 до 1 и может быть определен по следующей формуле:

$$v = \left(1 - e^{-k(n_w - 1)}\right), \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{n_w}$ - среднее взвешенное число типов выделов;
$\boldsymbol{k}$ - константа.

Взвешенное число типов выделов на изучаемой территории (n_w)рассчитывается следующим образом. Рассмотрим долю площади каждого типа выделов $p_i = \frac{a_i}{A}$, где a_i- площадь $i-го$типа выделов и *A* - общая площадь изучаемой территории, в нашем случае – лесничества, *n*- общее число типов выделов. Средняя взвешенная доля площади выдела может быть рассчитана по формуле:

$$q = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i$$

где, x_i- относительный вес $i-го$ типа выделов, $\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$. Если положить $x_i = p_i$ получим

$$q = \sum_{i=1}^{n} p_i^2 .$$

Последняя формула широко известна в экологической литературе и называется - формула Симпсона (Алексеев и др., 2002), она применяется для количественной оценки биологического разнообразия и представляет собой вероятность того, что произвольно выбранные из изучаемой совокупности два экземпляра, в нашем случае два выдела, будут принадлежать одному типу. В том случае, если все p_i равны между собой, имеет место равенство: $q = \frac{1}{n}$ и соответственно число типов выделов равно $n = \frac{1}{q}$, если p_i не равны между собой, то в этом случае $n_w = \frac{1}{q}$ - среднее взвешенное число типов выделов.

Из формулы (1) следует, что разнообразия лесного растительного покрова $v = 0$, если $n_w = 1$, т.е. взвешенное по площадям указанным выше способом число типов вы-

делов не имеет никакого разнообразия, и, наоборот $v \Rightarrow 1$ если $n_w \Rightarrow \infty$. Таким образом, взвешенное по площадям число типов выделов на изучаемой лесной территории само служит показателем ее пространственного разнообразия. Однако, оно не отражает влияние на разнообразие лесного растительного покрова величины площади изучаемой территории. Например, если мы рассмотрим два объекта с равными n_w но разной площади, то очевидно, что разнообразие меньшего объекта будет больше, что следует специально учесть. Сделать это можно с помощью константы *к*, приняв ее равной

$$k = \frac{1}{A}.$$

В этом случае, как видно из формулы (1), чем больше общая площадь изучаемого объекта *A*, тем меньше *к* и меньше *v*, при том же значении n_w.

Индекс разнообразия *v* имеет преимущества при описании пространственного разнообразия лесного растительного покрова по сравнению с обычно применяющимися индексами Симпсона и Шеннона (Алексеев и др. 1998), последний рассчитывается по следующей формуле:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i .$$

Здесь, *H* индекс Шеннона, все остальные обозначения прежние. Преимущество индекса *v* заключается в том, что он, учитывая, как и остальные индексы, относительные (структурные) характеристики разнообразия лесного растительного покрова, кроме этого зависит и от его общей площади.

Важной пространственной характеристикой лесного растительного покрова является его форма и геометрическая структура. При этом форма, расчлененность и перфорированность (наличие внутренних изъятий) лесного массива оказывает существенное влияние на биологическое разнообразие. Так, узкий, расчлененный и перфорированный участок леса является менее пригодным для обитания видов, чем представленный одним блоком, имеющим компактную форму, близкую к кругу. По этой причине, при пространственном анализе лесного растительного покрова наряду с индексом разнообразия был использован индекс компактности лесного растительного покрова ***γ***:

$$\gamma = \frac{A}{C_a}, \qquad (2)$$

где ***γ*** - индекс компактности лесного растительного покрова;

$\boldsymbol{C_a}$ - площадь наименьшего круга, в который можно вписать рассматриваемый участок лесного массива.

Для лесной площади, состоящей из нескольких разрозненных фрагментов индекс компактности лесного растительного покрова (**γ**) выражается формулой:

$$\gamma = \gamma_0 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{m} (\gamma_i \cdot x_i)}{m}, \qquad (3)$$

где ***m*** -число фрагментов.

$\boldsymbol{x_i}$ - доля площади *i*-го фрагмента, $x_i = A_i / A$;

$\boldsymbol{\gamma_0}$ **и** $\boldsymbol{\gamma_i}$ - индексы компактности, равные соответственно:

$$\gamma_0 = \frac{A}{C_0} \quad \text{и} \quad \gamma_i = \frac{A_i}{C_i}, \tag{4}$$

где $\boldsymbol{A_i}$ - площадь i-того фрагмента;

$\boldsymbol{C_i}$ - площадь наименьшего круга, содержащего i-ый фрагмент;

$\boldsymbol{C_0}$ - площадь наименьшего круга, в который можно вписать все фрагменты рассматриваемого лесноого массива.

Индекс компактности лесного растительного покрова варьирует в пределах от 0 до 1. Значение $\boldsymbol{\gamma} = 1$ означает, что лесной массив представлен одним цельным блоком, имеющим форму круга.

Определенные в ходе исследования индексы разнообразия и компактности лесного растительного покрова лесонасаждений Ройкинского, Агалатовского и Кавголовского лесничеств Токсовского опытно-показательного парк-лесхоза Ленинградской области приведены в таблице.

Таблица

Индексы разнообразия и компактности лесного растительного покрова лесничеств Токсовского опытно-показательного парк-лесхоза Ленинградской области

Показатель	Лесничество		
	Ройкинское	Агалатовское	Кавголовское
Площадь, A (га)	9298	4448	3590
Взвешенное число типов выделов n_w	8,93	12,52	7,20
Индексы разнообразия растительного покрова			
Индекс разнообразия v	0,101	0,103	0,100
Индекс Шеннона H	2,5996	2,8087	2,3127
Индексы компактности растительного покрова			
Индекс компактности γ_0	0,2336	0,2934	0,2854
Индекс компактности γ	0,0192	0,0213	0,0099

Для большей наглядности, полученные результаты расчетов индексов пространственного разнообразия и компактности лесного растительного покрова лесничеств Токсовского опытно-показательного парк-лесхоза представлены на рисунке. Как видно на этом рисунке, чем дальше от точки начала координат находится точка, характеризующая рассматриваемый объект, тем большим разнообразием растительного покрова и компактностью территории характеризуется последний.

На основании полученных величин индексов разнообразия лесного растительного покрова и индексов Шеннона можно заключить, что наибольшим разнообразием характеризуется лесной фонд Агалатовского лесничества. Это же лесничество характеризуется наиболее высоким индексом компактности что, наряду с формой образующих его фрагментов лесного фонда, может быть объяснено их сравнительно меньшим количеством, а также значительным доминированием размера одного из фрагментов.

Значения индексов разнообразия и компактности лесного растительного покрова могут быть использованы при планировании лесохозяйственных мероприятий. Очевидно, что любые мероприятия увеличивающие индекс компактности лесного покрова следует рассматривать как отвечающие одновременно требованиям устойчивого управления лесами, так как они направлены на сокращение степени его фрагментации. Не всегда такую однозначную интерпретацию имеет индекс разнообразия лесного растительного покрова, так как его увеличение свидетельствует, в том числе, об увеличении числа типов выделов, которые различаются по преобладающей породе и возрасту. Если разновозрастность древостоев почти во всех случаях можно рассматривать как по-

ложительное явление, то появление в составе лесного фонда представителей ряда мелколиственных пород так оценить нельзя. Поэтому в каждом отдельном случае целесообразно выявлять причины, по которым произошло изменение разнообразия лесного растительного покрова.

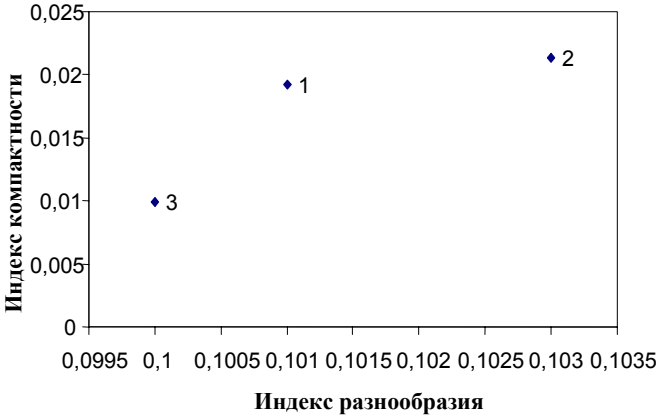


Рисунок. Индексы разнообразия и компактности лесного растительного покрова Токсовского опытно-показательного парк-лесхоза Ленинградской области (1 – Ройкинское, 2 – Агалатовское, 3 – Кавголовское лесничества)

По нашему мнению, учитывая тот факт, что рассмотренные индексы рассчитываются на основе стандартных лесоустроительных материалов их следует включить в лесоустроительную инструкцию в раздел анализа динамики лесного фонда и, таким образом, хотя бы частично учесть требования Конвенции о биологическом разнообразии в лесоустроительном проектировании.

Литература

1. Алексеев А.С., Селиховкин А.В., Келломяки С. И др. Устойчивое управление лесным хозяйством: научные основы и концепции. СПбГЛТА, Международный центр лесного хозяйства и лесной промышленности - МЦЛХП. СПб. - Йоэнсуу. 1998. 207 с.
2. Алексеев А.С., Трейфельд Р.Ф., Григорьева С.О., Егорова Г.Л. Оценка растительного разнообразия лесных экосистем. На примере Карельского перешейка Ленинградской области. СПб. 2002. 72 с.
3. Alekseev A.S., Grigorieva S.O., Egorova G.L., Egorov A.A., Fedorchuk V.N., Chernov I.M., Gauberville C. Vegetative diversity of Karelian Isthmus forest ecosystems as indicator of their ecological state. // Assessment, conservation and sustainable use of forest biodiversity. Published by the Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Technical Series No.3. Montreal. 2001. P.22-24.
4. Kumar D.J., Nautiyal J. Forest variability index: a vector quantifying forest stand diversity and forest compactness. Forest Policy and Economics 6. Elsevier, 2004, pp. 271-288.
5. Конвенция по биологическому разнообразию. Рио-де-Жанейро. 1992.// http://www.biodat.ru/chm/chm1.htm

THEORY AND METHODS FOR SPATIAL ANALYSIS OF FOREST COVER PLANT BIODIVERSITY USING GIS-TECHNOLOGY.

A. Alekseev

Sankt-Petersburg State Forest Technical Academy, Sankt-Petersburg

Paper presented the theory and methods of forest cover plant biodiversity estimation and analysis with the help of GIS-technology. As a background materials standard forest cover digital maps which describes species and age composition of forest cover was used. Two indices, first – diversity index and, second – compactness index was developed to account for spatial features of forest ecosystems biodiversity. This methodology suggested being included into standard forest inventory and management instruction for control of forest ecosystems biodiversity changes.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ БЕЛАРУСИ

О. А. Атрощенко, С. Ю. Лещинский

Белорусский Государственный Технологический Университет, г. Минск

Информационная система управления лесным хозяйством (ИСУЛХ) предназначена для сбора, обработки, хранения, актуализации и оперативного представления информации о лесах и лесных ресурсах, лесохозяйственной деятельности для принятия управленческих решений и автоматизации на различных уровнях и объектах управления, а также перехода в отрасли на электронную систему документооборота /1/.

ИСУЛХ включает более 30 функциональных задач от государственного учета лесов, планирования и управления лесосечным фондом, лесовосстановления и лесопользования до бухгалтерского учета, финансового анализа, внешнеэкономической деятельности и других. Система ИСУЛХ развивается как многопользовательская система в среде клиента (лесхоз) – сервер (Минлесхоз) на основе интегрированного распределенного банка данных с базами данных в лесхозах под управление СУБД ORACLE и операционной системы Windows NT/2000/XP.

Структурно ИСУЛХ состоит из двух автоматизированных подсистем:

1) информационной системы управления лесами, предназначенной для учета лесов, оптимизации лесопользования, породной и возрастной структуры лесов. Основу системы составляют: система лесоустройства, повыдельный банк данных «Лесной фонд» и геоинформационная система «Лесные ресурсы»;

2) автоматизированная система управления лесохозяйственной деятельностью (административное управление, финансовая деятельность, бухучет, планирование лесохозяйственных мероприятий).

Система ИСУЛХ создается на основе интегрированного распределенного банка данных с созданием баз данных по лесхозам. Планируется создание корпоративной ведомственной системы передачи данных по оптоволоконным каналам. Разработаны аппаратно-программные комплексы и средства автоматизации объектов управления, установлены автоматизированные рабочие места – АРМ администратора, АРМ лесного отдела, АРМ бухгалтера, АРМ таксатора, АРМ экономиста и другие.

ГИС-технологии. В 2002 году в Беларуси были разработаны концепция и основные положение развития ГИС в лесном хозяйстве /2/. Согласно этому документу геоинформационные системы создаются и внедряются на трех различных уровнях:

1) ГИС «Лесные ресурсы» на уровне лесохозяйственного предприятия.

2) ГИС «Лесоустройство и мониторинг лесов».

3) Территориальная ГИС «Леса и лесные ресурсы» области и республики.

1. ГИС «Лесные ресурсы» лесохозяйственного предприятия разработана на базе отечественного программного продукта – ГИС FORMAP в ОС Windows 98/NT/XP. ГИС имеет многооконный, легко настраиваемый интерфейс пользователя, широкие возможности ввода, контроля, редактирования и фильтрации картографической (оцифрованные лесоутроительные планшеты) и повыдельной базам данных, конвертор в ARCVIEW, механизм OLE для MS Office, конвертор из лесоустроительной повыдельной базы данных СУБД – L, возможность создания новых баз данных, объектов и слоев на картах через механизм Borland Database Engine.

ГИС на уровне лесохозяйственного предприятия предназначена для ведения непрерывного лесоустройства, внесения текущих изменений в лесном фонде, учета и актуализации лесного фонда, получения любых отчетов по базам данных, разработки ежегодных рабочих планов рубок леса, лесовосстановления, охраны и защиты лесов, печати планово-картографических материалов (планов обходов лесников, мастерских

участков, лесонасаждений лесничеств, лесхозов и др.), планирования и подготовки лесосечного фонда, мониторинга лесов, сохранения их биоразнообразия (ключевые биотопы, охраняемые территории), ведения лесного кадастра, решения задач сертификации лесов, учета и оценки качества выполненных лесохозяйственных мероприятий, государственного контроля за состоянием, использованием, воспроизводством, охраной и защитой лесов.

2. ГИС «Лесоустройство и мониторинг лесов».

Это – ГИС, имеющая трехмерные пространственные изображения лесов с точной геодезической привязкой местности в плановом (горизонтальном) и высотном (рельеф) положении.

ГИС создается на основе материалов аэрофотосъемки лесов, дистанционного зондирования лесов и космической съемки, землеустройства и лесоустройства, материалов мониторинга лесов.

ГИС включает автоматизированную систему стереоизмерений, контурного и лесного дешифрирования аэрофотоснимков и получения фотоабрисов кварталов, систему обработки космических снимков, подготовки тематических лесных карт, систему векторизации абрисов кварталов, космических снимков, топографических карт, систему геодезической привязки планово-картографической информации, внесения текущих изменений и актуализации данных.

3. Территориальная ГИС «Лесные ресурсы» области и республики создается на базе ГИС «Лесные ресурсы» лесохозяйственных предприятий с геодезическим сопровождением из ГИС «Лесоустройство и мониторинг лесов».

Основой ГИС являются векторные топографические карты с границами всех земель и других объектов: административных границ, лесных земель, сельскохозяйственных земель, крупных и средних населенных пунктов, дорог, водоемов и рек, природных комплексов, географических ландшафтов, границ лесхозов, лесничеств и кварталов.

Основное назначение ГИС «Лесные ресурсы» области – стратегическое (перспективное) планирование ведения лесного хозяйства, ландшафтно-экологический подход к управлению лесами и лесными ресурсами, мониторинг лесов и охрана окружающей среды, получения агрегированной информации по лесам и лесным ресурсам.

Система аэрокосмического мониторинга лесов. Развитие геоинформационных систем и методов дистанционного зондирования обеспечивают выход на качественно новый уровень мониторинга лесов, который становится комплексной, многоуровневой системой, позволяющей решать самый широкий круг вопросов.

В Беларуси на сегодняшний день функционирует трехуровневая система аэрокосмического мониторинга лесов /3/:

– верхний уровень – основывается на приеме и обработке космических снимков с использованием станции приема космической информации УНИСКАН;

– средний уровень – представляет собой систему дистанционного зондирования лесов с использованием авиационного аппаратно-програмного комплекса ВСК-2;

– нижний уровень – базируется на использования данных геоинформационной системы «Лесные ресурсы».

Созданная система решает следующие задачи:

- эколого-функциональная диагностики состояния древостоев;
- учет текущих изменений в лесном фонде;
- оперативное обнаружение и оценка состояния лесов в связи с воздействием стихийных явлений природного и техногенного характера;
- обнаружение и оценка массовых повреждений лесов болезнями и вредителями;
- обнаружение, оперативный контроль и прогнозирование динамики лесных и торфяных пожаров.

Перед системой лесного мониторинга также ставятся задачи интеграции полученных результатов в ИСУЛХ Беларуси, в частности обеспечение возможности оперативного использования тематических карт, полученных по результатам дистанционного зондирования на различных уровнях управления.

Региональная станция приема космической информации (аппаратно-програмный комплекс УНИСКАН) была установлена в начале 2002 года на базе УП «Белгослес» /4/. В последующие годы проводилась работа по оценке возможностей ведения мониторинга лесов, точного учета прошедших изменений в лесном фонде на основе получаемой спутниковой информации. При этом с учетом современных тенденций основное внимание уделялось разработке методов интегрированного анализа дистанционных данных в сочетании с данными наземного обследования, картографической, лесоустроительной и другой информацией. За истекшие годы был выполнен целый ряд подобных программ. Остановимся более подробно на системе контроля сплошных рубок, разработанной в 2005 году.

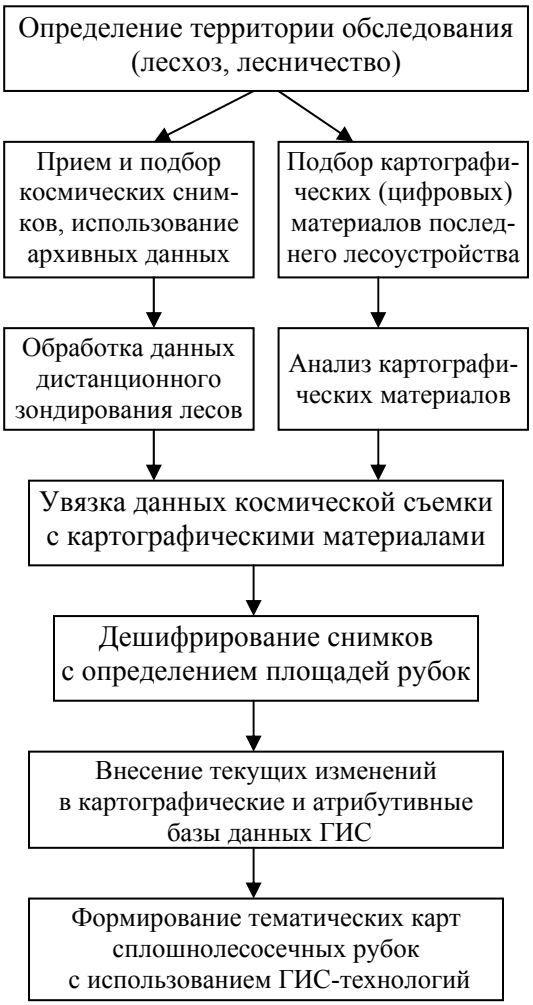


Рисунок. Технологическая схема мониторинга сплошных рубок леса с использованием данных космической съемки лесов

Разработка технологии мониторинга сплошных рубок леса по результатам тематического дешифрирования данных дистанционного зондирования лесов основывалась на интегрированном использовании материалов космической съемки лесов и картографической цифровой основы, сформированной в ГИС /5/.

Технологическую схему мониторинга сплошных рубок можно представить в следующем виде (рисунок).

На начальном этапе определяется территория обследования, в качестве которой могут выступать площади лесного фонда конкретного лесничества или лесхоза.

На втором этапе выполняется прием космической информации на территорию обследования с различных спутниковых систем высокого разрешения, обеспечивающих необходимое качество изображения на снимке. Используются также архивные данные космической съемки за максимально возможный период времени после проведения последнего лесоустройства. Требование к снимкам – спектрозональная съемка в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах; пространственное разрешение не хуже 15 м. В настоящее время в качестве таких данных могут быть использованы материалы съемки с таких искусственных спутников земли, как Terra (Aster), разрешение 15 м; Landsat 7ETM$^+$ (15, 30); Монитор (8, 20); IRS (5.8, 23); Spot-5 (2.5, 10); Ikonos (1, 4); Orbview-3 (1, 4); QuickBird (0.72, 2.5) и др.

После подбора космических снимков выполняется их обработка, которая включает в себя процедуры геометрической коррекции изображения с использованием опорных точек, кадрирование, при необходимости выполнение мозаики из двух и более снимков, синтезирование изображения из определенной комбинации спектральных ка-

налов и сохранение в необходимом RGB-синтезе. Также выполняется анализ и подготовка картографических материалов для увязки с космическими снимками.

После обработки снимков и увязки их с цифровыми картами выполняется дешифрирование изображений с выявлением границ и площадей сплошных вырубок, определением года рубки. Для этого используется автоматизированное тематическое дешифрирование площадей рубок с применением методов классификации при помощи программных продуктов Erdas Imagine или Envi. В некоторых случаях при автоматизированном тематическом классифицировании из-за сходства дешифровочных признаков различных категорий участков возможно получение смешанных, неоднородных классов вырубок. Поэтому для получения более достоверной информации дополнительно используется визуальное дешифрирование, основанное на сравнительном анализе разновременных космических снимков.

При дешифрировании снимков с определением вырубок в картографическую базу ГИС вносятся изменения границ и площадей рубок, а также корректируется атрибутивная база. На заключительном этапе на основе полученной и измененной информации проводится формирование тематических карт рубок леса по годам, которые могут служить для контроля деятельности лесохозяйственного предприятия.

Учебный процесс. Ключевым вопросом в деле более интенсивного внедрения методов дистанционного зондирования и геоинформационных систем в практику лесного хозяйства является совершенствование преподавания соответствующих дисциплин в высших учебных заведениях. В случае лесного хозяйства Беларуси данную задачу выполняет кафедра лесоустройства БГТУ (www.bstu.unibel.by).

В лабораторном курсе дисциплине «Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве» даются как навыки традиционной, ручной работы с аэрофотоснимками, так и способы решения тех же задач с помощью компьютера с использованием специализированных программных продуктов. Так, студенты осваивают методы работы с растровыми и векторными изображениями, обучаются трансформации аэрофотоснимков, проводят контурное дешифрирование фотоплана с определением таксационной характеристики древостоев.

Проведение лабораторных занятий по дисциплине «Геоинформационные технологии в лесном хозяйстве» базируется на изучении ГИС «Лесные ресурсы». При этом осваиваются все составляющие работы с системой:

- работа с тематическими слоями проекта;
- дополнение проекта по средствам оцифровки новых площадей;
- создание отчетов, как на основании имеющихся шаблонов, так и путем создания новых шаблонов;
- составление тематических карт на основании атрибутивной базы данных;
- внесение текущих изменений в повыдельную базу данных;
- проектирование лесосек через встроенные средства отвода лесосек по материалам буссольного хода;
- подготовка к печати и печать готовых картографических материалов и др.

Приобретение навыков использования ГИС для решения практических задач достигается в рамках написания курсового проектов по лесоустройству, выполняемого в ГИС «Лесные ресурсы». Эта же система используется для проектирования и расчетов в рамках дипломных проектов.

В последние годы на кафедре была открыта специализация «Информационные системы в лесном хозяйстве». Для данной специализации разработаны новые дисциплины: «Управление лесными ресурсами», «Моделирование и оптимизация процессов в лесном хозяйстве», «Системы управления базами данных», «Системы лесохозяйственной информации», «Информационная система управления лесным хозяйством». В ка-

честве целевой установки перед выпускниками специализации ставится не только приобретение навыков работы с определенным набором компьютерных программ, но и способность быстрого освоения новых программных продуктов и технологий, нахождение эффективных путей их применения, что особенно актуально в современном мире.

Литература

1. Атрощенко О.А., Рябов Д.В., Пушкин А.А., Ковалевский С.В. Информационная система управления лесным хозяйством. Учебное пособие. Мн.: БГТУ, 2005.
2. Атрощенко О.А. Концепция и основные положения развития геоинформационных систем в лесном хозяйстве Беларуси. // Сб. Труды БГТУ, серия «Лесное хозяйство», вып. 10. – Мн.: БГТУ, 2002, с.26-30.
3. Атрощенко О.А., Толкач И.В. Дистанционные методы зондирования лесов и геоинформационные системы в лесном хозяйстве. Мн.: БГТУ, 2003.
4. Атрощенко О.А., Торчик Н.И., Кулагин А.П. Станция приема космической информации «Унискан» и ее использование в мониторинге лесов Беларуси. //Сб. «Леса европейского региона: устойчивое управление и развитие». – Мн.: БГТУ, 2003, с.34-37.
5. Атрощенко О.А. и др. Мониторинг сплошных рубок леса по данным тематического дешифрирования разновременных космических снимков высокого разрешения. //Сб. Труды БГТУ, серия «Лесное хозяйство», вып. 14. – Мн.: БГТУ, 2006, с.26-28.

INFORMATIONAL TECHNOLOGIES IN THE BELORUSSIAN FORESTRY

O. Atroshchenko, S. Leshchinsky

Belorussian State Technological University, Minsk

The present situation and recent tendencies in the information systems development in the forest sector of Belarus are considered. Special attention is given to the development of GIS and practical applications of remote sensing methods. Some aspects of teaching of the named subjects at BSTU forest faculty are also provided.

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ

С. А. Барталев[1], А. С.Исаев[2], Д. В. Ершов[2]

[1] Институт космических исследований РАН, Москва

[2] Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

Леса играют огромную экономическую роль в жизни человечества и выполняют важнейшие функции регулятора фундаментальных природных процессов, отвечающих за обмен энергией и веществом, в частности, поддержания глобального баланса углерода на планете.

Вместе с тем, обеспеченность объективной и регулярно обновляемой информацией о состоянии и динамике лесов бореального пояса планеты и, в частности, российских лесов все еще остается недостаточной. Мониторинг изменений лесного покрова под воздействием деструктивных (пожары, вырубки, насекомые, промышленные загрязнения и т.д.) факторов и лесовосстановительных процессов проводится лишь на части этой территории или эпизодически. Современные требования устойчивого управления лесами в условиях происходящих законодательных и институциональных изменений, возрастающая роль международных соглашений в области климата и сохранения биоразнообразия диктуют необходимость существенного снижения пробелов

в обеспечении информацией о лесном покрове не только на национальном, но и на глобальном уровне.

Огромные размеры территории России, особенности природно-географических условий и недостаточность развития инфраструктуры побуждают рассматривать дистанционные, и в особенности спутниковые, наблюдения в качестве приоритетного источника данных о состоянии и динамике лесов. В последнее время отмечаются тенденции существенного усиления роли дистанционных методов для мониторинга лесов, о чем свидетельствуют, в частности, законодательное закрепление в Лесном кодексе РФ рекомендаций использования аэрокосмических методов для инвентаризации лесов, а также включение компоненты дистанционного зондирования в программу работ ФАО по глобальной оценке лесных ресурсов в 2010 году.

Информационная эффективность использования данных дистанционного зондирования со спутников для решения широкого спектра задач мониторинга лесов сейчас уже не вызывает сомнений у большинства ученых и специалистов, работающих в этой области. Тем ни менее, в силу влияния ряда факторов дистанционные методы еще не нашли должного практического применения, адекватного их потенциальным возможностям. К числу сдерживающих факторов до недавнего времени можно было отнести ограниченную доступность данных с современных спутниковых систем, отсутствие соответствующих программно-технических средств, и, наконец, недостаточное развитие методов и технологий тематической обработки спутниковых изображений. Снижение и даже снятие большинства этих ограничений, нарастающее влияние практических достижений в сопряженных научно-технических областях, таких как геоинформатика и телекоммуникации, являются характерными чертами нынешнего этапа развития мониторинга лесов.

Запуск в эксплуатацию новых спутниковых систем дистанционного зондирования Земли, развитие сети станций приема данных уже сейчас делают доступными для оперативного использования изображения со спутников NOAA, SPOT, TERRA, ENVISAT, Landsat и некоторых других. Современный этап развития спутниковых методов наблюдения Земли, характеризуемый наличием не только множества приборов, обеспечивающих измерения в широком диапазоне длин волн и значений пространственного разрешения, но и качественно новым уровнем доступности данных пользователям, открывает не имевшиеся ранее возможности практического построения систем мониторинга на национальном, а в перспективе и на глобальном, уровне.

Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН и Институтом космических исследований РАН в сотрудничестве с рядом российских и зарубежных организаций проводится широкий комплекс исследований по созданию системы спутникового мониторинга бореальных лесов. В частности создан уникальный архив многолетних спутниковых данных низкого и среднего пространственного разрешения (SPOT-Vegetation и Terra-MODIS), охватывающий всю территорию России и ряда сопредельных государств, а также разработаны эффективные методы предварительной обработки указанных данных в интересах мониторинга динамики лесного покрова.

В рамках международного проекта Global Land Cover 2000 на основе оригинальных методологических подходов по данным SPOT-Vegetation создана карта наземных экосистем Северной Евразии с разрешением 1 км, отражающая, пространственное распределение основных типов лесных формаций. В настоящее время ведутся работы по созданию обновленной и более детальной версии карты наземных экосистем по состоянию на 2005 год с использованием данных прибора Terra-MODIS пространственного разрешения 250 м.

Разработаны и введены в эксплуатацию методы использования данных спутниковых наблюдений SPOT-Vegetation и Terra-MODIS для картографирования пройден-

ных огнем площадей и оценки последствий лесных пожаров. В частности созданы и постоянно обновляется многолетняя циркумполярная база данных о пройденных огнем территориях, охватывающая территорию бореального пояса Северной Евразии и Северной Америки.

Разработан и проходит проверку автоматический метод детектирования сплошных концентрированных вырубок на основе использования временных серий данных Terra-MODIS, позволяющий осуществлять оперативное выявление в масштабах России территорий активного лесопользования. Ведутся исследовательские работы по созданию методов выявления по спутниковым данным участков усыхания лесов под воздействием насекомых, промышленных выбросов и других негативных факторов воздействия на леса.

Комбинированное использование результатов выявления по данным SPOT-Vegetation и Terra-MODIS изменений в лесах с выборочными разновременными спутниковыми изображениями высокого пространственного разрешения (Landsat-TM/ETM+, SPOT) позволяет получать более достоверные количественные оценки масштабов воздействия деструктивных факторов (вырубки, пожары, вспышки массового размножения насекомых), развития процессов лесовосстановления и сукцесионной динамики лесов.

Разработана методологическая основа мониторинга биоразнообразия лесов. Она базируется на концептуальном подходе к оценке биоразнообразия лесов с учетом пространственно-временной динамики лесообразовательного процесса и современного состояния лесов. Решен ряд научно-методических задач, обеспечивающих использование имеющихся данных по биоразнообразию лесов в сфере лесной экологии, природопользования и устойчивого управления лесными ресурсами.

Полученные результаты нашли практическое применение в действующих системах мониторинга лесов, а также в качестве информационного обеспечения решения научных и прикладных задач, связанных с выработкой стратегий устойчивого управления лесами, оценкой роли лесных бореальных экосистем в биогеохимических циклах, и в частности циклах углерода, построения моделей динамики растительности.

Созданная информационная система мониторинга бореальных экосистем TerraNorte (http://terranorte.iki.rssi.ru) обеспечивает доступ широкого круга специалистов лесного хозяйства и ученых к объективной и регулярно обновляемой информации о динамике бореальных лесов на различных уровнях пространственной дифференциации территории, включая региональные и глобальные оценки.

CURRENT TASKS, CAPABILITY AND POTENTIAL OF EARTH OBSERVATION METHODS DEVELOPMENT FOR BOREAL FOREST MONITORING

S. Bartalev[1], A. Isaev [2], D. Yershov[2]

[1] Space Research Institute (IKI) RAS, Moscow
[2] Center for Forest Ecology and Productivity, Moscow

The boreal forests play significant role in global environmental and economical processes. The large-scale forest dynamics include changes resulted from fires, forest logging, insects' outbreaks, land abandonment following institutional changes, as well as longer term trends resulting from climate change. In order to facilitate needs of forest recourses management and climate change science a number of products describing status and dynamic of forest cover in boreal zone is developed with use of SPOT-VEGETATION and Terra-MODIS data, along with samples of high-resolution satellite imagery.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ГЛОБАЛЬНОМ И РЕГИОНАЛЬНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

А. А. Бузников

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург

Развитие информационных технологий позволяет уделять все большее внимание применению аэрокосмических методов дистанционного зондирования для глобального и регионального экологического мониторинга. Наибольший объем информации с аэрокосмических носителей о состоянии атмосферы и поверхности Земли в настоящее время получают с помощью фотографической, радиолокационной и многоспектральной сканирующей аппаратуры. Преимуществом аэрокосмических изображений является пространственная и факторная интеграция и связанная с этим возможность комплексного анализа закономерностей пространственно-временной изменчивости разнообразных характеристик природных образований. Однако одних только данных о пространственном распределении поля яркости в какой-либо области электромагнитного спектра, характеризуемом изображением, недостаточно для вполне однозначной индикации наблюдаемых объектов и определения их свойств. Нужны количественные методы измерений. Среди них одними из наиболее информативных являются методы спектрофотометрических измерений.

В развитии количественных спектральных методов исследования природной среды и природных ресурсов развиваются два основных подхода. Первый – это многоканальные сканирующие телевизионные системы, многозональные фотоаппараты и трассовые видеоспектрометры, позволяющие получать комплексы изображений подстилающей поверхности в сравнительно узких спектральных интервалах. Второе – спектральная аппаратура, предназначенная для регистрации полного непрерывного спектра в заданном спектральном диапазоне, исходящего от сравнительно небольшого участка подстилающей поверхности. Первые методы отличаются высоким пространственным разрешением при значительной потере спектральной информации. Вторые – высоким спектральным и сравнительно небольшим пространственным разрешением. Каждый из методов находит свои преимущественные области применения. Их эффективность продемонстрирована в ряде практических применений. Тенденция соединения их преимуществ в одном аппаратурном комплексе нашло свое выражение в создании в настоящее время гиперспектральной аппаратуры, предусматривающей получения множества изображений природных образований в последовательности очень узких спектральных интервалов.

Возможности количественных методов измерений в настоящее время упираются в нахождение корреляционных зависимостей между оптическими характеристиками природных образований и концентрациями различных химических веществ и соединений в исследуемых природных объектах.

Существующие и разрабатываемые космические аппараты и самолеты-лаборатории, как правило, оборудованы комплексами аппаратуры дистанционного зондирования, работающими в широком спектральном диапазоне электромагнитного спектра: от ультрафиолета до радиодиапазона. Поэтому следующей тенденцией является оптимизация их совместного использования для получения наиболее информативных данных о состоянии природных и промышленных объектов, являющихся непосредственными объектами экологического мониторинга.

APPLICATION OF MODERN ELECTRO-OPTICAL SYSTEMS AND DISTANT METHODS TO GLOBAL AND REGIONAL ECOLOGICAL MONITORING

A. Buznikov

St. Petersburg State Eledtotechical University "LETI", St. Petersburg

Opportunities of application of spectral methods of Remote Sensing of Environment by application of continuous spectra in a wide range and sets of the spectral images received in separate spectral intervals are considered. Interrelations of these methods and their mutual addition are studied.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛЕВОЙ ГИС FIELD-MAP В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ УКРАИНЫ

И. Ф.Букша[1], М.Черны[2]

[1]Украинский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н.Высоцкого, г. Харьков, Украина;
[2]Институт исследования лесных экосистем IFER, г. Илове, Чешская Республика

Постоянно растущие требования к качеству и объему информации о состоянии лесов вызывают необходимость постоянно усовершенствовать методы и технологии сбора данных. Стремительное развитие современных измерительных средств и технологий (лазерные дальномеры, электронные высотомеры, электромагнитные компасы, спутниковые навигационные системы, электронные мерные вилки, полевые компьютеры) значительно расширило возможности получения информации о лесных объектах. Их использование может существенным образом повысить эффективность и точность работ по сбору полевой информации о лесах. Для эффективного использования передовых технологий требуются квалифицированные специалисты, поэтому подготовка соответствующих кадров стала чрезвычайно актуальной проблемой.

Вопросы применения передовых методов и технологий в лесном хозяйстве были в центре внимания чешско-украинского проекта «Передача передовых методических и технологических знаний в области инвентаризации и мониторинга лесных экосистем (ТехИнЛес)» (www.techinles.org.ua), который проводился в 2004-2006 гг. согласно Меморандума о взаимопонимании между Государственным комитетом лесного хозяйства Украины (Госкомлесхоз) и Институтом исследования лесных экосистем (IFER, Чешская Республика). В проекте совместно работали ученые Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н.Высоцкого (УкрНИИЛХА) и чешского Института исследования лесных экосистем (IFER). От украинской стороны в проекте также принимали участие производственное объединение «Укргослеспроект», Национальный аграрный университет (г. Киев), Национальный лесотехнический университет Украины (г. Львов), Харьковский национальный аграрный университет, Национальный природный парк (НПП) «Гомильшанские леса» и Хустский лесхоз (как пилотная территория швейцарско-украинского проекта FORZA). Проект осуществлялся в рамках Программы развития международного сотрудничества Чешской республики при поддержке Министерства сельского хозяйства Чешской республики и Госкомлесхоза Украины. Его целью было внедрение передовых технологий для решения актуальных задач, стоящих перед лесным хозяйством Украины, среди которых:

• выборочно-статистическая инвентаризация лесов (производственная и национальная);

• мониторинг лесов;

• технологическая поддержка лесоустройства;

• информационный стандарт для лесного хозяйства и формата обмена данными;

• отвод лесосек, оценка запасов и сортиментация растущих деревьев;

• инвентаризация и картографирование городских зеленых насаждений;

• подготовка квалифицированных специалистов по вопросам применения передовых технологий в лесном, садово-парковом хозяйстве и охране природы.

В качестве базовой технологии в проекте использовалась полевая ГИС Field-Map (www.fieldmap.cz), специально разработанная для сбора и управления данными в полевых условиях с помощью электронных измерительных приборов и полевых компьютеров. Технология предназначена для проведения измерений и картирования в полевых условиях, она объединяет электронные измерительные приборы и полевую ГИС в единый мобильный приборно-технологический комплекс, основу которого составляют: лазерный дальномер-угломер (Forest-Pro), электромагнитный компас (Map-Star), полевой компьютер (Hummerhead) и GPS приемник SX-Blue. Field-Map поддерживает работу с электронными мерными вилками и геодезическими электронными приборами. Эта полевая ГИС представляет собой гибкое программно-инструментальное средство для сбора и управления данными полевых наблюдений. Она позволяет во время полевых работ объединять в едином технологическом процессе формирования атрибутивной и картографической информации о природных объектах, автоматизирует процедуры проведения измерений натурных показателей, обеспечивает контроль полноты и достоверности собранной информации, формирует реляционные базы данных и создает электронные карты в полевом компьютере. В Field-Map данные измерений непосредственно переносятся от измерительных приборов в базу данных полевого компьютера и отображаются в полевой ГИС. Специальные функции Field-Map позволяют автоматически вычислять длины линии, периметры и площади многоугольников; измерять высоты деревьев; картографировать проекции и измерять форму крон деревьев и кустарников, площадь ее поверхности и вычислять объем кроны; измерять диаметры стволов деревьев на любой высоте и автоматически вычислять объемы стволов деревьев; проверять достоверность собранной информации и контролировать полноту баз данных во время полевых работ; визуализировать измеренные объекты в трехмерном графическом пространстве; создавать цифровые модели местности, а также решать в полевых условиях множество других задач, связанных с обработкой баз данных и ГИС.

Результаты пилотных исследований по применению полевой ГИС Field-Map в лесном хозяйстве Украины показали широкие возможности применения этой технологии в лесном хозяйстве и охране природы:

1.Выборочно-статистическая инвентаризация лесов (производственная и национальная): впервые в Украине с помощью полевой географической информационной системы (ГИС) Field-Map на основе выборочно-статистических методов исследований была получена информация о состоянии, производительности, процессах отмирания и возобновления лесных насаждений. В процессе проведения исследований на пилотных территориях была создана сеть постоянных инвентаризационных участков и проведены работы по оценке, измерению и картографированию различных компонентов лесных экосистем, в т.ч. - типов ландшафта, типов леса, древесного яруса, естественного возобновления, не древесной растительности, сухостоя и мертвой древесины. Эта информация составляет основу для проведения мониторинга, а также для планирования хозяйственной деятельности на основе «близких к природе» принципов лесного хозяйства (например – для участково-типологического метода лесоустройства). Инвен-

таризация проводилась для двух пилотных объектов, расположенных на востоке и на западе страны — НПП «Гомильшанские леса» (Харьковская область) и лесничества Нижний Быстрый Хустского лесхоза (пилотная территория проекта FORZA, Закарпатская область). Для проведения национальной инвентаризации лесов (НИЛ) Украины разработаны системные решения, которые технологически охватывают весь цикл НИЛ - принципы построения сети, методику и технологию сбора и обработки информации, логистику и обеспечение работ по НИЛ.

2.Мониторинг лесов: для автоматизации процессов формирования и контроля качества данных мониторинга в Field-Map создана система управления базами данных мониторинга. Программное обеспечение используется во всех экспедициях ПО «Укргослеспроект» и в УкрНИИЛХА. По состоянию на 2006 год для 22 областей Украины, охваченных мониторингом лесов, базы данных формируются с помощью программного обеспечения Field-Map, что позволяет значительно ускорить процесс создания баз данных, обеспечивает контроль качества и полноты информации.

3.Усовершенствование технологий лесоустройства на основе ГИС Field-Map: разработана технология проведения полевых работ на основе ГИС Field-Map, которая интегрирована в существующую в Украине практику лесоустройства и использует существующие электронные карты и базы данных. Применение Field-Map дает таксатору возможность проводить картографирование и актуализацию баз данных во время проведения полевых работ (непосредственно при работе в лесу – в электронном виде, при наличии у таксатора полевого компьютера, или на бумаге, с последующей оцифровкой информации вечером того же дня – при наличии у таксатора ноутбука или настольного компьютера). Field-Map поддерживает возможность использования материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), что позволяет использовать такие материалы в полевых компьютерах непосредственно при работе в лесу. В свою очередь, полевая ГИС дает широкие возможности для ее применения в качестве надежного источника наземной информации, необходимого для проведения дешифрирования материалов ДЗЗ.

На основе Field-Map разработана технология создания ГИС для лесного хозяйства Украины. При этом используются цифровые картографические и атрибутивные материалы в закрытых форматах, имеющиеся в наличии в ПО «Укргослеспроект», которые при конвертации и последующей доработке в Field-Map объединяются в единую базу данных, открытую для использования в современных ГИС. Этим решается проблема перевода лесоустроительной информации из закрытых форматов в форматы, поддерживаемые современными ГИС, значительно облегчается и ускоряется процесс формирования ГИС лесного фонда Украины, а также улучшается качество лесоустроительной информации. Предложенная проектом ТехИнЛес технология используется в настоящее время ПО «Укргослеспроект» для создания лесной ГИС Закарпатской области.

4.Информационный стандарт лесного хозяйства и формат обмена данными: предложен концептуальный подход к созданию информационного стандарта лесного хозяйства и формата обмена данными. Прототип такого стандарта и формата обмена данными разработан на основе языка XML. Применение стандарта и формата обмена данными позволит развивать систему информационного обеспечения лесной отрасли и лесную ГИС независимо от программных продуктов, которыми пользуются поставщики информации.

5.Отвод лесосек, оценка запасов и сортиментации растущих деревьев: предложена технология отвода лесосек, оценки запасов и сортиментации растущих деревьев с помощью Field-Map. Она позволяет оценивать запас древесины на лесосеке с точно-

стью около 1 % и дает возможность определить сортиментно-сортную структуру древостоя без рубки модельных деревьев.

6.Инвентаризация и картографирование городских зеленых насаждений: разработана технология, которая дает возможность создавать цифровые (электронные) карты городских зеленых насаждений. На этих картах отображаются все объекты городской инфраструктуры, малые архитектурные формы и растительность. Информация по результатам инвентаризации и картографирования городских зеленых насаждений (атрибутивные и картографические базы данных) хранится в полевой ГИС Field-Map. Эта информация может анализироваться как помощью средств Field-Map, так и передаваться в другие ГИС для обработки и представления выходной документации в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

7.Подготовка квалифицированных специалистов по вопросам применения передовых технологий в лесном хозяйстве и охране природы: технология Field-Map (программное обеспечение и комплекты приборов) в рамках проекта ТехИнЛес поставлена для лесохозяйственных факультетов Киева, Львова и Харькова. В учебные планы университетов включены вопросы освоения студентами полевой ГИС Field-Map по специальностям «лесное хозяйство», «охотничье хозяйство» и «садово-парковое хозяйство» (дисциплины – лесная таксация, лесоустройство, менеджмент лесных ресурсов и лесное предпринимательство, новые информационные технологии, ГИС в лесном хозяйстве, мониторинг лесных экосистем, компьютерное проектирование). В университетах технология Field-Map используется студентами при подготовке дипломных проектов, а также для проведения научных исследований, что способствует подготовке квалифицированных специалистов для работы в условиях современного производства.

8.Повышение уровня информированности специалистов и общественности по вопросам использования передовых технологий в лесном хозяйстве и охране природы: эта задача решалась при проведении семинаров, тренингов, выставок, публикации результатов проекта ТехИнЛес. Семинары и тренинги, которые проводились в Харькове, Киеве, Львове и Боярке, посетили в общей сложности более 500 специалистов. По результатам применения технологии Field-Map опубликовано 25 публикаций в специализированных научных, технических и профессиональных журналах, создана специализированная веб-страница (www.techinles.org.ua). Специалисты УкрНИИЛХА, где создан офис проекта ТехИнЛес, оказывают консультационную, техническую и экспертную поддержку по вопросам применения передовых технологий в лесном хозяйстве и охране природы Украины.

Проведенные в рамках проекта ТехИнЛес исследования по применению ГИС Field-Map в лесном хозяйстве Украины свидетельствуют о значительных перспективах использования этой технологии. Базы данных, которые в Field-Map создаются непосредственно при работах в лесу и связанные с ними цифровые карты, позволяют формировать систему информационного обеспечения лесного хозяйства на качественно новом уровне. Полученная информация дает возможность оценивать структуру лесных фитоценозов, осуществлять мониторинг видового и ландшафтного биоразнообразия лесов, а также составляет основу для планирования хозяйственных мероприятий в соответствии с современными требованиями к информационному обеспечению. Полевая ГИС Field-Map может использоваться таксаторами, лесоустроителями, специалистами в области охраны природы, землеустроителями, географами, ландшафтными архитекторами и специалистами по дистанционному зондированию Земли.

USAGE OF GIS "FIELD-MAP" IN UKRAINIAN FORESTRY

I. Buksha[1], M. Cerny[2]

[1]Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration,

[2]Institute of Forest Ecosystem Research (IFER, Czech Republic)

In frame of Czech-Ukrainian project TechInLes (www.techinles.org.ua) the opportunities and prospects for usage of advanced technologies in forestry and wildlife management of Ukraine were investigated. Pilot experiments have shown perspectives of application the GIS Field-Map for statistical inventory of forests, monitoring, forest management planning, pre-cutting stand assessment, inventories and mapping of forests.

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ЛЕСОВ

В. В. Быватов, И. О. Веселов, В. М. Кузьмин

ООО Научно-производственное предприятие «Аэросъемка», г. Москва

Лесоустройство, инвентаризация и картографирование лесов в России базируется на использовании аэрокосмических снимков лесов; при этом аэрофотоснимки, в силу лучшего пространственного разрешения на местности, имеют преимущественное применение.

Аэрофотосъемку (АФС) в стране выполняют специализированные предприятия и организации различной, но преимущественно частной формы собственности, в т.ч. и ООО Научно-производственное предприятие «Аэросъемка», Москва, само существование которых зависит от решения узловых проблем организации и проведения аэросъемочных работ.

Одна из них - это формирование объема работ («портфеля заказов»), отвечающего производственным мощностям предприятия в условиях жесткой рыночной конкуренции, когда спрос намного меньше предложений.

Двадцать лет назад годовой объем АФС работ составлял в СССР до 6 млн.км^2 приведенной к масштабу 1:25000 площади, который выполняли 5 специализированных авиапредприятий [1]. В настоящее время в стране более 100 организаций имеют лицензии на проведение АФС и более 50 из них активно работают на рынке аэросъемочных услуг; при этом объемы АФС за последние годы сократились до 900-600 тыс.км^2 в год, что связано не с потребностью, а ограниченным финансированием работ [1,2] . Так в сезоне 2006 г. Роскартография АФС не заказывала, хотя годовая потребность отрасли составляет 210 тыс.км^2 приведенной площади [1], а Рослесхоз в 4 раза по сравнению с 2004 г. сократил объем АФС работ для целей лесоустройства, который составил всего около 200 тыс.км^2 площади.

Неполная загрузка аэросъемочного производства приводит к возрастанию себестоимости продукции, оттоку квалифицированных кадров и в итоге к финансовой несостоятельности предприятия. Решение этой проблемы НПП «Аэросъемка» видит в укреплении партнерских отношений с лесоустроительными предприятиями за счет создания положительного имиджа и репутации, безусловного выполнения договорных обязательств, изготовления продукции высокого качества, уважения интересов Заказчика, взаимной научно-технической помощи. Мы также надеемся, что рано или поздно, но государственное финансирование работ, связанных с использованием аэрокосмических

снимков будет соответствовать потребностям отраслей хозяйства, заявленным в государственных программах.

Другой проблемой является дефицит самолетов Ан-30, предназначенных для АФС и высокие расходы на их эксплуатацию, определяющие стоимость летного часа. По данным [1] 90-95% всех АФС работ выполняется на самолетах Ан-30. Двадцать лет назад в гражданской авиации СССР их было 52 машины, а в настоящее время, подготовленных для выполнения полетов, только 13.

Только 4 организации, выполняющие АФС, имеют собственные самолеты Ан-30, остальные их фрахтуют. Фрахт ограниченного количества воздушных судов (ВС) при избыточном спросе связан с такими обстоятельствами как:

-неопределенность объемов и стоимости предполагаемых (планируемых) АФС работ на момент опережающего заключения договора фрахта ВС;

-опережающий за последние годы рост стоимости летного часа по отношению к стоимости АФС продукции;

-обязанность арендатора по оплате минимального (гарантированного) налета в случае, если по погодным или иным обстоятельствам ВС налетало меньшее количество часов;

-предоплата работ, предполагающая наличие у арендатора значительных оборотных средств;

-наличие у арендатора квалифицированных аэросъемщиков-бортоператоров, штурманов.

Как указывалось выше, авиационную технику фрахтуют более 50 организаций. В соперничестве за право аренды предпочтение отдается тем, кто может предложить большую цену за летный час, больший гарантированный налет и осуществить предоплату, тем, кто имеет объемы работ, обеспечивающие занятость ВС в течение всего съемочного сезона. При этом, конечно, учитываются имидж арендатора и партнерские отношения.

По мнению специалистов ФГУП ГосНИИ гражданской авиации дефицит самолетов для АФС работ может быть преодолен путем модификации сертифицированного самолета Илг 114, созданного ОАО «Ил» [3], а также легкого самолета СМ-92Т «Финист». При равенстве производительностей эксплуатационные расходы обоих ВС будут существенно ниже, чем у Ан-30.

Необходимым условием создания аэросъемочной модификации самолетов Илг 114 и СМ-92Т «Финист» является включение этой работы в план развития гражданской авиации на ближайшие годы.

Ограниченный съемочный сезон и погода также создают проблемы аэрофотосъемочному производству. Подавляющее количество воздушных съемок выполняется в поздневесенний, летний и раннеосенний периоды года. Съемка для целей лесоустройства проводится в период от полного облиствления древостоев до пожелтения листвы, который для средней полосы составляет около 3,5 месяцев, а для северных широт еще меньше.

Съемочный сезон сокращается на время согласований с военными округами, ФСБ и др. ведомствами разрешений Генерального штаба на производство АФС территории, а также на согласование порядка и режима полетов в воздушной зоне, что занимает иногда до 3-х месяцев. Кроме того, зачастую съемочный сезон сокращается из-за позднего заключения договоров на выполнение АФС по результатам конкурсных торгов или финансирования работ, или предоставления исходной картографической документации, необходимой для проектирования.

Однако, не съемочный сезон, а погода является ключевой проблемой, определяющей эффективность использования ВС, которая существенно влияет на экономиче-

ские показатели аэрофотосъемочного производства. Препятствием для АФС, как правило, является наличие облачности. Прогноз погоды по признаку облачности организациями Росгидромета не ведется. Экипажи ВС чаще всего вынуждены ожидать съемочную погоду в районах работ, т.к. перебазирование ВС туда где есть съемочная погода связано с затратами летного времени на перелет, которое составляет от 49 до 60% себестоимости аэросъемочной продукции. Риск простоя ВС от ожидания съемочной погоды всегда велик, и особенно в тех климатических зонах где она бывает несколько дней в сезон, а в некоторые годы и совсем не бывает. Поэтому обойтись без вынужденных холостых перелетов никогда не удается.

Таким образом, для полноценного использования съемочного сезона необходимо заблаговременно в начале года проводить торги и заключать договора на АФС, имея ввиду, что на разрешения и согласования требуется немалое время, безотлагательно открывать финансирование работ для предоплаты фрахта ВС и предоставлять исходные картографические документы для проектирования АФС.

Цена и качество аэросъемочной продукции также стали проблемными В последние 4-5 лет рентабельность АФС стала резко снижаться. Это произошло из-за сокращения объема заказов на АФС со стороны бюджетных организаций и возросшей при этом конкуренции между аэросъемочными организациями, вынужденными на торгах соглашаться с демпинговыми ценами на АФС продукцию. При низких ценах у аэросъемочных предприятий возникла проблема выживания. Сокращение затрат на изготовление продукции шло за счет замораживания заработной платы (ЗП), исключения затрат на модернизацию технических средств и технологий, использования низкосортных, но дешевых фотоматериалов и химикатов, уменьшение масштаба АФС, использования аэрофотоаппаратов (АФА) с углом поля зрения более 90°, съемки в неоптимальную погоду, снижения требований к качеству фотодокументов. В отечественном аэрофотопроизводстве наступил застойный период, который в ближайшие годы может привести к гибели аэросъемочных предприятий.

Сравнительные цены (тарифы) на АФС 1 кв. км лесов в масштабе 1:40000 и на аренду самолета Ан-30, применяемые в 1981-1988 г.г. по приказу МГА № 71 от 31.03.81 г. и действовавшие в 2006 г. приведены в табл. 1. Там же указаны цены на аэрофотопленку и химикаты.

Из данных табл. 1 видно, что цены на аренду самолета на фотоматериалы и химикаты возросли существенно больше, чем стоимость материалов АФС, а эти затраты являются превалирующими в структуре цены на продукцию АФС. В табл. 2 представлена доля основных затрат в структуре среднегодовой цены на АФС, выполненные НПП «Аэросъемка» в 2002 - 2006г.г.

По аналогии со стоимостью аренды самолета Ан-30 цена на материалы спектрозональной АФС лесов в масштабе 1:40000 должна была составлять ~293 руб. за кв. км против действовавшей 220 руб. за кв. км. Даже если к цене 180 руб. за кв. км, действовавшей в 2003 году применять только коэффициенты-дефляторы, устанавливаемые Минэкономразвития, то в 2006 году 1 кв. км. спектрозональной АФС в масштабе 1:40000 должен был стоить 255 руб.

Так как расходы на авиацию являются превалирующими в стоимости АФС, то их доля в структуре цены определяет рентабельность работ. Производство АФС работает с прибылью, позволяющей обновлять основные фонды, если расходы на авиацию составляют 45 – 49%. При затратах 56 – 60% производство АФС, как правило, убыточно.

Низкая цена на продукцию АФС сдерживает и применение серийно выпускаемых цифровых фотокамер. Модели DMC Компании Z/I Imaging и Ultra Cam-D Компании Vexcel Imaging невозможно окупить в реальные сроки из-за их значительной стои-

мости, в 1.5 – 2 раза превышающей лучшие аналоговые камеры. Среднеформатные фотокамеры DSS фирмы Applanix и DiMAC, предназначенные для съемки локальных участков, линейных и точечных объектов, требуют большого количества времени на площадную съемку.

Таблица 1

Сравнительные цены (тарифы) на АФС и аренду самолета.

№ п/п	Наименование	Цены (тарифы) в руб.		Отношение цены 2006 г. к базовой 1981-1988 г.г.
		1981-1988 г.г.	2006 г.	
1.	АФС в масштабе1:40000 за 1 кв. км (приведенная к формату АФА 23х23	2,14		
2.	Увеличение на 20% за съемку на спектрозональную фотопленку	0,43		
3.	Цветная печать снимков на площадь 1 кв. км	0,40		
	Итого:	2,97	220	Увеличилась в 74 раза
4.	Аренда самолета Ан-30 за 1 летный час	710	70000	Увеличилась в 99 раз
5.	Аэрофопленка спектрозональная 19х6000 см за одну катушку тип СН-6м, НПО «Свема» тип 1443 компания «Кодак»	65	29850	Увеличилась в 459 раз
6.	Химикаты на 30 л.	86	28910	Увеличилась в 336 раз

Таблица 2

Основные статьи затрат в структуре цены на АФС

№ п/п	Статьи затрат	Доля в %%
1.	Расходы на авиацию	50 – 55
2.	Расходы на производство,	31 – 34
	из них:	
	- заработная плата	10 – 12
	- фотоматериалы: черно-белые	7
	цветные	10 – 11
	- оплата коммунальных услуг	4 – 6
3.	Налоги	12
	Налогооблагаемая прибыль	0 – 6

Так, при съемке с самолета Ан-30 участка площадью 25 х 40 км с разрешением на местности 0.2 м съемочное время, в случае использования цифровой фотокамеры DSS, будет в 3.17 раза больше, чем при использовании аналоговой RC-30. При этом количество подлетов к съемочному участку и отлетов тоже увеличится. В случае применения фотокамеры DSS вместо RC-30 для съемок небольших лесных участков в рамках мониторинга организации и состояния лесопользования расчетное съемочное время увеличивается в 1,5 – 1,8 раза.

Очевидно, что в таких экономических условиях, когда налогооблагаемая прибыль в аэросъемочном производстве составляет от 0 до 6%, а затраты на авиацию превалируют в себестоимости продукции рассчитывать на развитие аэрометодов, и в ча-

стности, на использование цифровых фотокамер не приходится. Необходимо принять меры по упорядочению цен на продукцию АФС исходя из реально существующих затрат на производство и приемлемой 20-30% прибыли позволяющей аэросъемочному предприятию осуществлять воспроизводство основных фондов, не экономить на качестве продукции и выделять денежные средства на внедрение передовых технологий.

Литература

1. А. Ю. Танкус «Современное состояние рынка аэросъемочных работ», Пространственные данные, 4/2006.
2. Н. Н. Кашпор «Аэрофотосъемка и современное лесоустройство» в Сборнике «Дистанционные методы в лесоустройстве и учете лесов. Приборы и технологии». Красноярск. 2005.
3. Большие проблемы малой авиации, «Авиаглобус», 12(80), М., 2005.

PROBLEMS OF ORGANIZATION AND CARRING OUT OF THE AERIAL PHOTOGRAPHY OF THE FORESTS

V. Byvatov, I. Veselov, V. Kuzmin

Scientific and industrial enterprise “Aerosyomka”, Moscow

In the article is considered modern condition of aerial data production in Russia, outlived period of stagnations because of small profitability of aerial survey. Offered complex of measures on development an aerial survey in Russia.

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МАСШТАБНОЙ СЪЕМКИ РОССИИ ИЗ КОСМОСА В ИНТЕРЕСАХ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В. Е. Гершензон, О. Н. Гершензон, А. А. Маслов, А. А. Кучейко

Инженерно-технологический центр СканЭкс, Москва

Начиная с 2005 года, в России осуществляется масштабная съемка территории страны из космоса в интересах лесного хозяйства. Всего за два года (с декабря 2004 по декабрь 2006) руководством Рослесхоза, ИТЦ СканЭкс и лесоустроительными предприятиями проделана огромная работа по созданию системы дистанционного мониторинга лесов.

Напомним краткую хронику событий.

– Начало 2005 г. – министр Ю.П. Трутнев докладывает проект системы космического мониторинга Президенту РФ В.В. Путину.

– Конец 2005 г. – Рослесхоз издает приказ о начале пилотной фазы проекта; ИТЦ СканЭкс получает заказ на подбор и обработку космической информации.

– Начало 2005 г. – отработка методики выявления лесосек по снимкам высокого разрешения IRS PAN из архива ИТЦ СканЭкс; модельный объект – лесхозы Архангельской области.

– Лето 2005 г.– начало систематической съемки в шести субъектах федерации; основным источником данных являются снимки спутников IRS.

– Конец 2005 года – по итогам сезона отснято более 44 млн. га в зонах интенсивного лесопользования в шести субъектах федерации (Республика Коми, Пермский край, Красноярский край, Иркутская обл., Хабаровский и Приморский край).

– Весна 2006 г. – по договору с французской компанией SPOT Image ИТЦ СканЭкс начинает непрерывную съемку территории России спутниками SPOT 2 и SPOT 4.

– Лето 2006 г. – запущена станция приема космической информации в Магадане – в зону съемки включен весь Дальний Восток.

– Конец 2006 г. – впервые всего за один сезон отснято около 100 млн. га лесного фонда на территории восемнадцати субъектов федерации во всех федеральных округах, кроме Южного. При этом SPOT отснял почти две трети плановых районов интенсивного лесопользования, а остальная часть пришлась на IRS.

– В 2007 году дистанционным космическим мониторингом должна быть охвачена вся экономически доступная зона лесозаготовок (около 300 млн. га).

Таким образом, всего за два года в России впервые создана система масштабной космической съемки в интересах лесного хозяйства со сплошным покрытием лесной территории панхроматической съемкой высокого разрешения (6–10 м) и многозональной съемкой среднего разрешения (20–30 м).

В ходе реализации «лесного проекта» компанией СканЭкс совместно с партнерами решены следующие технические и организационные задачи.

1) Полностью сформирована зона приема данных среднего и высокого разрешения на лесной фонд Российской Федерации, включая площади защитных, эксплуатационных и резервных лесов (рис. 1). Для этого в Магадане, Московской области и Иркутске дополнительно установлены три наземные станции УниСкан, способные принимать информацию со всех действующих и перспективных спутников. Магаданская станция наконец-то закрыла «белые пятна» на Дальнем Востоке, включая Камчатку и Сахалин.

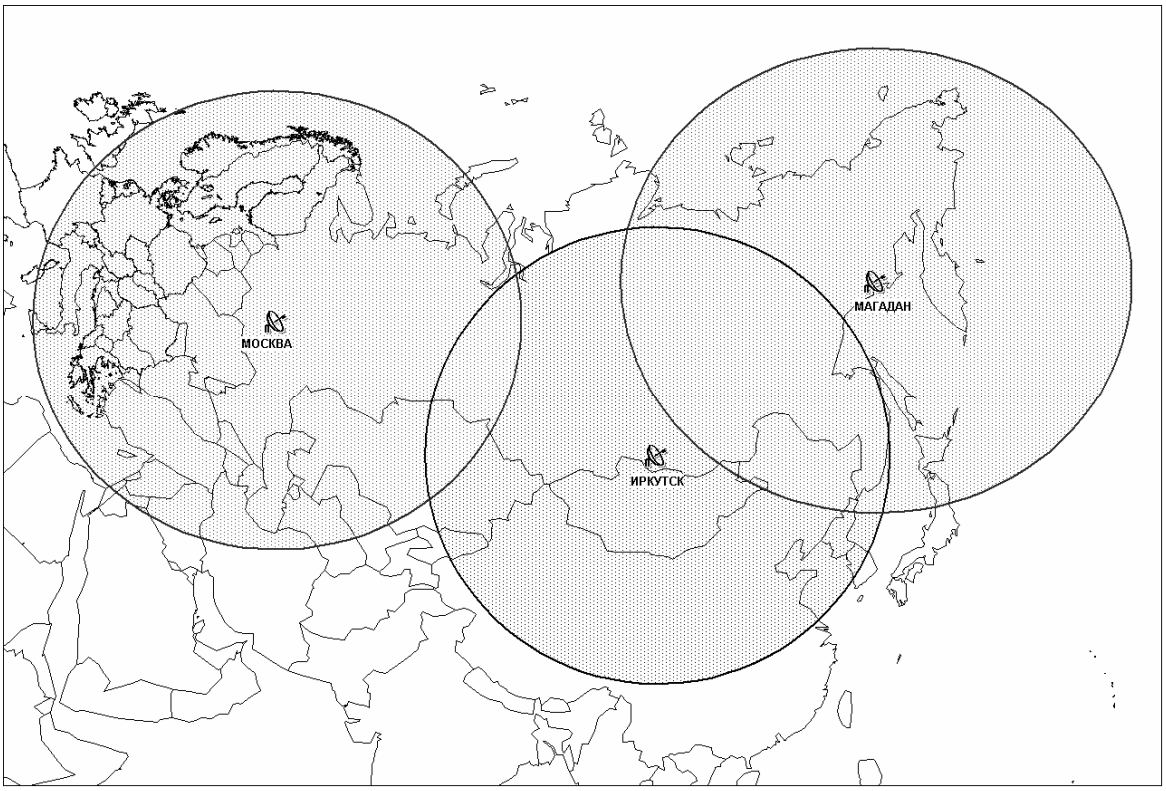


Рис. 1. Зоны радиовидимости трех станций, принимающих данные с космических аппаратов SPOT 2 и SPOT 4.

2) Расширен круг космических аппаратов, осуществляющих съемку лесов России с высоким и средним разрешением, что позволило увеличить суммарный объем получаемых данных. С 2005 года в этой работе участвуют спутники IRS-1C и IRS-1D с пространственным разрешением сканеров 6 м (в панхроматическом режиме) и 23 м (в многозональном режиме). С весны 2006 года к ним добавились спутники SPOT 2 и SPOT 4 с пространственным разрешением сканеров 10 м (в панхроматическом режиме)

и 20 м (в многозональном режиме). С лета 2006 г. ИТЦ СканЭкс начал прием многозональных снимков LANDSAT-5 с разрешением 30 м.

3) Производительность группировки космических аппаратов, задействованных по программе лесного мониторинга, существенно увеличена не только за счет подключения новых сканеров, но и за счет изменения программы съемки. Согласно контракту, заключенному с французской компанией SPOT IMAGE, спутники SPOT 2 и SPOT 4 осуществляют съемку лесов России на каждом витке и независимо от прогноза погоды – то есть фактически ***непрерывно.*** В непрерывном режиме осуществляет съемку и аппарат LANDSAT-5.

4) Отлажены механизмы предварительной обработки, каталогизации, отбора и передачи больших объемов данных в центры лесного мониторинга. В частности, увеличен размер размещаемых в веб-каталоге http://catalog.scanex.ru уменьшенных изображений снимков (квиклуков) для предварительного отбора сцен. Для данных SPOT введен отбор снимков по параметру «облачность». К квиклукам добавлены файлы геопривязки, что позволяет сразу загружать их в ГИС (включая лесные – ТороL, ЛесГИС) и отслеживать процесс мониторинга больших лесных территорий в режиме диалога. В региональные центры мониторинга поставлено 14 рабочих мест программы ScanEx Image Processor, в том числе – одна сетевая версия; проведено обучение сотрудников лесоустроительных предприятий.

Масштабность работы по приему и обработке космической информации в 2006 году можно продемонстрировать на примере спутников SPOT. За год в рамках соглашения с компанией SPOT Image принято 216 тыс. панхроматических и многоспектральных сцен SPOT-2/4, из них 35 тыс. сцен получено в безоблачную и малооблачную погоду. Суммарный объем принятых изображений SPOT-2/4 составил 11.7 Терабайт. Фактически за один вегетационный сезон удалось покрыть безоблачными и малооблачными снимками около 80% территории России (рис. 2).

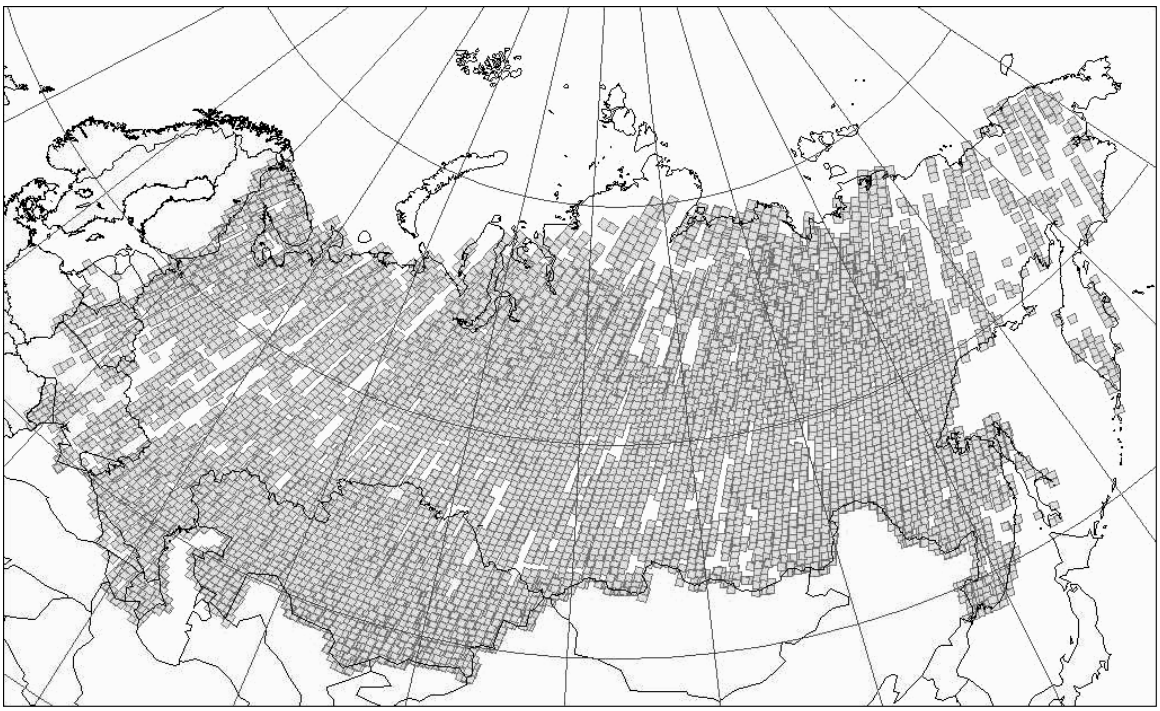


Рис. 2. Покрытие территории России сценами SPOT-2/4
(безоблачными и малооблачными), принятыми в 2006 году

По материалам съемки SPOT-2/4 и LANDSAT-5 возможно обновление лесных карт масштабов 1:100 000 и 1:50 000. Данные IRS-1C/1D с пространственным разреше-

ния 6 м можно использовать для обновления лесных карт масштаба 1:25 000. Для обновления лесных карт сразу в нескольких масштабах оптимальным вариантом может быть заказ съемки индийского спутника IRS-P6 с набором из 3 многоспектральных сканеров разрешением 6, 23 и 56 м. Прием информации с IRS-P6 осуществляется станциями в Москве и Иркутске. Одновременные разномасштабные снимки IRS-P6 наиболее эффективно использовать при проведении государственной инвентаризации лесов регионов согласно статье 90 вступившего в силу «Лесного кодекса РФ».

Наряду с обзорными данными низкого и среднего разрешения (востребованными, в основном, на государственном уровне при проведении мониторинга и инвентаризации лесов) все более высоким спросом в лесном хозяйстве пользуются данные ***высокого*** (1–10 м) и ***сверхвысокого*** разрешения (менее 1 м). Такие данные могут являться (и уже являются) реальной заменой аэрофотосъемки при проведении лесоустройства, сертификации лесов, детальном контроле порядка лесопользования, подборе и мониторинге арендных участков. Востребованность данных сверхвысокого разрешения особенно возрастает в связи с отменой режима секретности в отношении данных снимков.

На российском рынке спутники/сканеры высокого и сверхвысокого разрешения представлены IRS/PAN, IRS-P6/LISS-4, SPOT-5, IRS-P5, Formosat-2, EROS-A/B, Ikonos-2, QuickBird-2, Ресурс-ДК и др. Несмотря на высокий спрос, данные детальной съемки до сих пор являются самыми низкооперативными и дорогостоящими. В ИТЦ СканЭкс реализованы технологические решения, позволяющие оперативно заказывать и принимать на станции УниСкан в России снимки высокого и сверхвысокого разрешения программ IRS, EROS-A и EROS-B.

Снимки со спутника EROS-A с пространственным разрешением 2 м уже применялись как дополнение или замена аэрофотосъемки в рамках программы дистанционного мониторинга лесов. В 2005 г. такая работа проводилась в Измайлихинского лесхозе Приморском края. Опыт был признан успешным, и в 2006 г. детальная съемка проводилась уже в 12 лесхозах на территории Тверской, Костромской, Ленинградской области и в Приморском крае.

В 2006 году станция УниСкан впервые приняла данные спутника EROS-B разрешением 0.7 м. Ведутся переговоры о приеме информации спутников FORMOSAT-2 (разрешение 2 метра), KOMPSAT-2 (1 метр), в марте 2007 г. начнется прием стереопар спутника CARTOSAT-1 IRS-P5 (разрешение 2.5 метра).

В связи с передачей (по «Лесному кодексу») значительной части полномочий в области лесных отношений субъектам федерации, в регионах необходимо создавать многофункциональные спутниковые приемные центры ДЗЗ. Оснащенные малогабаритной станцией УниСкан, локальным архивом данных на свой регион и разнообразными средствами для разработки ГИС-приложений региональные центры смогут активно решать задачи по информационному и ГИС-обеспечению лесной отрасли регионов. В качестве базы для формирования региональных центров ДЗЗ можно использовать лесоустроительные предприятия – центры регионального мониторинга, накопившие опыт работы со снимками.

RECENT POSSIBILITIES OF LARGE COVERAGE SATELLITE OBSERVATIONS OF RUSSIA FOR FORESTRY

V.E. Gershenzon, O.N. Gershenzon, A.A. Maslov, A.A. Kucheyko

R&D Center ScanEx, Moscow, Russia

The use of high-resolution satellite data for monitoring of Russian forests is increasing from 44 million ha in 2005 to 100 million ha in 2006. Three new ground stations UniScan

were established in Moscow region, Irkutsk and Magadan in year 2006 to cover all Russian forests area. ScanEx receiving centers provide Rosleskhoz (Federal Forest Agency) enterprises with the high- and middle-resolution space images from a variety of satellites including SPOT-2/4, IRS 1C/1D, LANDSAT-5 and EROS-A. For the first time 100% of the Russian forest area is expected to be covered with high-resolution images during the season-2007.

ОПЫТ ЦЕЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ КА «МОНИТОР-Э» И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ МКА ДЗЗ ГКНПЦ ИМ. М.В. ХРУНИЧЕВА

И. А. Глазкова, А. А. Артамонов

ГКНПЦ им. М.В. Хруничева

1. Краткая история создания КА «Монитор-Э».

В августе 2005г. осуществлен запуск российского КА ДЗЗ нового поколения «Монитор-Э». Головным разработчиком КА является ГКНПЦ им. М.В. Хруничева. КА запущен на солнечно-синхронную орбиту высотой 540 км. КА «Монитор-Э» разработан в негерметичном исполнении, по модульному принципу - модуль унифицированной космической платформы (УКП «Яхта») и модуль целевой аппаратуры. Такое решение позволяет переоснащать КА различной целевой аппаратурой при минимальной модификации служебных бортовых систем. Масса КА –720 кг, размеры 1200x1200x1200 мм. Практически все служебные и целевые системы являются новыми разработками российской космической промышленности.

На КА «Монитор-Э» установлены две камеры: панхроматическая съемочная аппаратура (ПСА) и съемочная аппаратура распределенного доступа (РДСА). Панхроматическая оптико-электронная съемочная аппаратура обеспечивает съемку поверхности Земли в полосе захвата 96 км в диапазоне высот Солнца (10^0-90^0) с разрешением (размер проекции пиксела на местности при съемке в надир)- 8 м.

Многозональная оптико-электронная съемочная аппаратура обеспечивает съемку в полосе захвата 160 км в трех спектральных диапазонах с разрешением (проекция пиксела при съемке в надир) - 20м.

Перенацеливание поля зрения целевой аппаратуры обеспечивается разворотом КА на углы до ± 30°.

КА «Монитор-Э» обеспечивает трассовую (плановую), маршрутную (объектовую) съемку, а также съемку в режиме тангажного отслеживания с возможностью включения ПСА, РДСА или совместно ПСА и РДСА.

2. Ход летных испытаний и их результаты.

Период летных испытаний КА «Монитор-Э» был запланирован на 6 месяцев. В этот период тестировались бортовые системы, проверялись их режимы функционирования, проводились настройки целевой аппаратуры. Первые снимки с КА «Монитор-Э» были получены 26 ноября 2005 г. (РДСА) и 29 ноября 2005 г. (ПСА). В ходе лётных испытаний были получены оценки оперативности, периодичности и производительности съёмки КА. При условии приема видеоинформации только на один пункт средние значения указанных показателей без учёта облачности для территории России составили:

- оперативность - 2,6 суток;
- периодичность - 2 суток;
- производительность за сутки:
- для ПСА - 0,33 млн. км^2;
- для РДСА – 0.20 млн. кв. км^2;

При учёте облачности данные показатели в целом по России ухудшаются ~ в 3-5 раз, в зависимости от сезона наблюдения.

За время ЛИ объем выполненных съемок составил: для ПСА – 2.7 млн. км ^{2}; для РДСА – 5.3 млн. км ^{2}.

3. Объемы выполненных съемок.

За период с ноября 2005 года по август 2006 года аппаратурой ПСА выполнено 36.4 млн. км ^{2} съемок земной поверхности, аппаратурой РДСА – 39.5 млн. км ^{2}.

На картограмме приведены результаты покрытия поверхности Земли материалами съемки с КА «Монитор-Э».

4. Основные проблемы, возникшие в ходе ЛИ и опытной эксплуатации.

Использование на начальном этапе эксплуатации КА «Монитор-Э» неоптимальных значений коэффициентов усиления (КУ) съемочной аппаратуры привело к снижению качества изображений. Наиболее заметно это отразилось на результатах работы РДСА, так как настройка чувствительности РДСА была выполнена для модельного уровня входного сигнала, соответствующему высоте Солнца над местным горизонтом 90° и коэффициенту яркости $\rho \cong 0{,}64$. Все это привело к тому, что полученные изображения поверхности Земли имели малый динамический диапазон, а вклад зеленого и красного диапазонов чувствительности в синтезированное изображение при сравнительно малых углах Солнца и при преобладании на участках съемки зеленой растительности оказался недопустимо мал.

Проведенные в летний период 2006 года работы по подбору оптимальных значений КУ позволил значительно повысить информативность изображений РДСА для южных и средних широт России. Существенное изменение значений КУ привело к разбалансированию их соответствия значениям используемых ранее коэффициентов коррекции чувствительности (КЧ). Внешним проявлением этого несоответствия явилось появление на изображении регулярной вертикальной полосатости. Устранена данная полосатость может быть путем применения широко распространенных в программах обработки изображений статистических фильтров или путем первичной переобработки изображений с использованием скорректированных значений КЧ.

С середины марта 2006 года на видеоизображениях, получаемых панхроматической съемочной аппаратурой КА "Монитор-Э", появились регулярно повторяющиеся горизонтальные полосы, более темные, чем основное изображение. Их устранение или значительное ослабление также возможно при применении статистических фильтров.

Средняя квадратическая погрешность геодезической привязки изображений по орбитальным данным составила 2-3 км. При этом установлено, что преобладающую часть этой погрешности составляет систематический продольный сдвиг изображения. Проведенные исследования позволили установить реальное значение разрешения изображения на местности для съемки в надир: для ПСА – на уровне 10-11 м, для РДСА – на уровне 22 м.

5. Состояние КА в настоящее время.

В настоящее время целевая аппаратура КА находится в работоспособном состоянии. Проведению съемки местности препятствуют неполадки в системе управления космического аппарата. Проводимые работы по преодолению влияния возникших на борту КА неполадок оставляют надежду на восстановление работоспособности спутника.

6. Перспективные разработки ГКНПЦ.

В ГКНПЦ им. М.В. Хруничева и на предприятиях кооперации подготовлено производство для изготовления серийных бортовых систем и КА серии «Монитор». Для сохранения и развития созданного научно-технического и производственного заделов представляется целесообразным изготовление серийных КА «Монитор».

Создание российской группировки КА ДЗЗ на базе КА типа «Монитор» позволит сократить затраты на создание конкурентоспособной космической техники и обеспечить потребителей информацией для решения различных социально-экономических задач с необходимой периодичностью наблюдения земной поверхности.

7. Отзывы потребителей.

К основным достоинствам КА «Монитор-Э», по мнению потребителей, относятся: большая ширина захвата изображения, доступная цена на выходную продукцию.

THE EXPERIENCE OF PRINCIPAL APPLICATION OF SC «MONITOR-E» AND PERSPECTIVE DEVELOPMENT OF SMALL EARTH OBSERVATION SPACECRAFTS IN KHRUNICHEV SPACE CENTER

In. Glazkova

Earth Observation and Telecommunication Space System of Khrunichev State Research and Production Space Centre, Moscow

In the report the experience of principal application of Russian Earth Observation Spacecraft “Monitor-E” is reflected. The history of creation of SC “Monitor-E” is briefly stated in the report, main performance characteristics are resulted. The basic results of flight tests and pre-production operation of space complex are analyzed. Results of covering the Earth surface by panchromatic and multispectral survey instrument are of undoubted interest of the users.

МОНИТОРИНГ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ АЭРОСЪЕМОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

И.М. Данилин[1], Е.М. Медведев[2]

[1]Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск
[2]Компания «ГеоЛидар», г. Москва

Использование методов и технологий лазерной локации открывает принципиально новые возможности дистанционного зондирования лесного покрова и определения лесотаксационных показателей в режиме реального времени и с высокой точностью.

Авиационное лазерное сканирование и цифровая аэросъемка являются составной частью новейших методов и технологий геоинформатики и цифровой фотограмметрии и находят сегодня применение во многих отраслях, а также в решении задач информационного обеспечения землеустройства, агролесомелиорации, экологического мониторинга земель и контроля процессов опустынивания, разрабатываются во многих странах и по показателям точности и экономической эффективности превосходят другие, известные на сегодняшний день, дистанционные методы изучения и измерения параметров земной поверхности.

Современные авиационные лазерно-локационные системы в последние годы интенсивно развиваются и имеют частоту сканирования более 100 тыс. импульсов (измерений) в секунду. Наибольшая плотность точек сканирования при этом составляет 1 точка на 5–7 см поверхности, а точность измерения геометрических параметров наземных объектов и морфоструктурных элементов растительности в плановой и профильной проекциях составляют порядка ±5–10 см. Точность спутникового позиционирова-

ния контуров линий и границ земельных участков, лесных выделов, пробных площадей, отдельных деревьев и морфоструктурных элементов их стволов и крон, в том числе и в подпологовом пространстве, практически не ограничена и определяется техническими характеристиками приемных устройств [1, 4].

В ряде работ, выполненных ранее в России и за рубежом, было показано, что точность оценки запасов и биомассы растительности лесных и сельскохозяйственных земель, в том числе дистанционными методами, можно повысить до 3–5% с использованием морфологической классификации и аллометрических взаимосвязей между признаками [1–3, 5–7, 9].

Наши исследования, проведенные на землях государственного лесного фонда и землях сельскохозяйственного назначения в Красноярском крае показывают, что наиболее достоверно и точно структура земной поверхности, динамика растительного покрова и степень его деградации определяются по характеристикам рядов распределения растительных сообществ по основным морфометрическим признакам – диаметру и высоте, вертикальной и горизонтальной протяженности крон деревьев, которые, в свою очередь, взаимосвязаны и тесно коррелированны во всех случаях [1].

Построение рядов распределения растений по морфометрическим показателям традиционно предполагает выполнение время- и трудоемких наземных биометрических процедур, операций и перечетов (сплошных или выборочных), которые, во многих случаях, требуют значительных финансовых затрат. Вместе с тем, метод наземной и воздушной лазерной локации, интегрированный с цифровой аэро- и космической съемкой среднего, высокого и сверхвысокого (субметрового) разрешения, позволяет выполнять «попиксельную» инструментально-измерительную таксацию на основе прецизионной спутниковой геодезии и детальной топографической съемки, изучать динамику деградации земель и, связанных с ней процессов опустынивания, горизонтальную и вертикальную структуру фитоценозов, реконструировать ряды распределений растительных сообществ по любому морфоструктурному показателю, вычислять искомые морфоструктурные признаки и биомассу в автоматическом режиме с высокой точностью и эффективностью, на достаточно больших площадях и при минимуме затрат времени и средств.

Средствами пространственной и детальной визуализации изображения контуров и рельефа земной поверхности с представленной на ней растительностью и основой для предварительного трассирования маршрутов авиационной лазерной и цифровой аэрофотосъемки и проведения измерений на тестовых участках, пробных площадях и полигонах, могут являться спутниковые изображения, получаемые в системах Ресурс ДК-1, Ikonos, Quick Bird II, OrbView или других систем высокого и сверхвысокого разрешения и дешифрированные по основным параметрам и характеристикам растительного покрова. Структура, объемные показатели растений и их фитомасса определяются по лазерно-локационным данным («лазерным портретам»), интегрированным с цифровыми геотрансформированными ортофотоснимками и видеоизображениями, на основе цифровой модели местности (ЦММ) и поля распределения растительного полога, которые генерируются из исходных данных лазерной локации способом фильтрации импульсов сканера, отраженных от земной поверхности и растительности, путем интерполяции точек земли, с последующей триангуляцией точек растительности в системе дифференциального спутникового позиционирования (GPS, ГЛОНАСС).

При обработке и анализе лазерно-локационных данных и цифровых снимков используются методы математической морфологии, оперирующей понятиями теории множеств и нечетких множеств [8]

Плановая цифровая аэросъемка и цифровая (лазерная) модель земной поверхности и растительности позволяют получать детальные координаты и морфоструктурные

характеристики рельефа местности и фитоценозов средствами трехмерной компьютерной графики и визуализации с использованием программных продуктов Altexis 2.0, ArcView Spatial & 3D Analyst, или другими, известными на сегодняшний день средствами (рисунок).

Следует отметить, что методы построения ЦММ и определения по ним различных показателей на сегодняшний день не унифицированы, различны у разных авторов и отличаются существенным разнообразием подходов, используемого программно-математического аппарата и эффективностью решений [2, 8, 9].

Результаты наших исследований показали, что морфометрические, объемные и весовые характеристики насаждений тесно коррелированны между собой и с параметрами ЦММ. При этом объемные и весовые показатели растений с достаточно высокой точностью аппроксимируются аллометрическими функциями через их морфоструктурные признаки – горизонтальную и вертикальную протяженность крон, диаметры стволов и высоту деревьев.

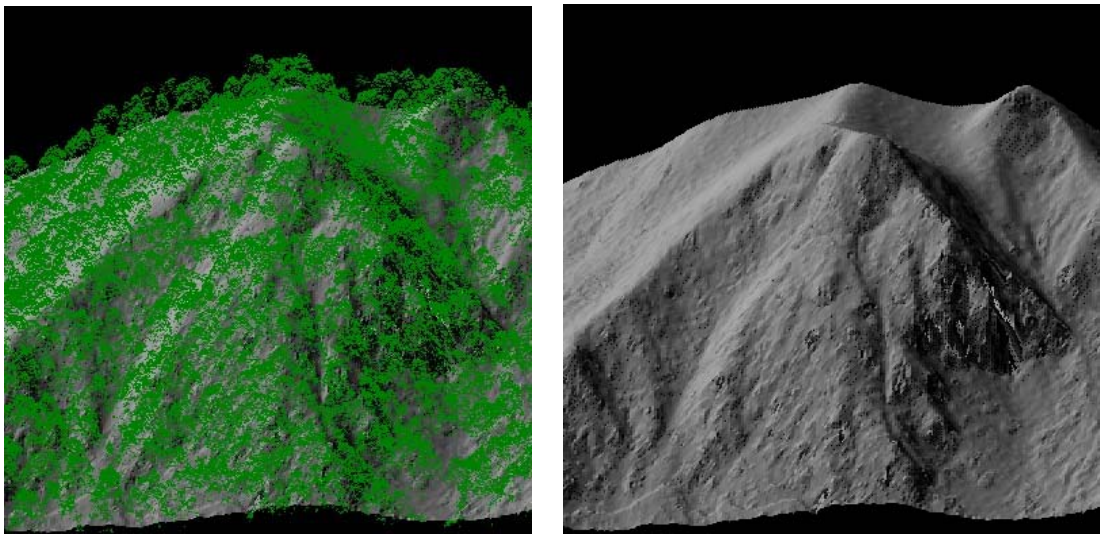


Рисунок. Трехмерная визуализация рельефа местности и лесной растительности по лазерно-локационным данным

При лазерной локации оценка запасов и фитомассы лесных сообществ, в каждом конкретном случае сводится к установлению базовых закономерностей изучаемого объекта и определению соотношений между объемами стволов, фитомассой и их высотой и диаметрами стволов и крон, которые, в свою очередь, составляют 87–99% объясненной изменчивости различных фракций фитомассы (стволов деревьев, скелета крон и хвои).

Результаты практической апробации метода авиационного лазерного сканирования в сочетании с цифровой аэро- и космической съемкой высокого и сверхвысокого разрешения, спутниковой навигацией и геопозиционированием, интегрированных в геоинформационных системах, свидетельствуют о высокой перспективности его использования для целей анализа и моделирования структуры и нарушенности растительного покрова, инвентаризации и оперативного экологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и контроля процессов опустынивания. Метод позволяет выполнять дистанционную оценку состояния и динамики земельных ресурсов, опустынивания и растительности с высокой эффективностью, при минимуме наземных работ и значительной экономии времени и финансовых средств.

Экономическая эффективность метода обеспечивается принципиальным повышением точности результатов измерений и возможности их повторимости (проверки), а также значительным снижением трудоемкости и сложности выполнения работ (как полевых, так и камеральных дешифровочных) за счет высокого уровня автоматизации обработки данных, получаемых при лазерной съемке. Объем полевых работ при этом значительно сокращается и необходим лишь для калибровки результатов лазерного сканирования и поддержки интерактивного дешифрирования (таблица).

Информационное обеспечение управления земельными и лесными ресурсами и контроль процессов деградации земель, таким образом, из рутинной и трудоемкой операции превращается в высокотехнологичный и творческий процесс и становится количественной основой для экологического мониторинга земель.

Таблица

Экономическая эффективность метода лазерной локации по укрупненным показателям (в расчете на 1 млн. га лесоустройства)

Традиционные технологии			Лазерная локация	
Виды работ	Стоимость, тыс. руб.			
	Традиционные методы мониторинга и землеустройства	Наземная таксация с камеральным дешифрированием аэрофотоснимков	Виды работ	Стоимость, тыс. руб.
Аналоговая аэрофотосъемка М 1:25000, с печатью аэрофотоснимков)	3250	3250	Лазерная, цифровая аэро- и видеосъемка с обработкой и представлением данных	1450
Подготовительные	304	304	Подготовительные	304
Полевые	8000	4000	Полевые	250
Камеральные	3200	3200	Камеральные	3000
ИТОГО:	14754	10754	ИТОГО:	5004
В переводе на 1 га, руб.	14.8	10.8	В переводе на 1 га, руб.	5.0
Превышение стоимости по сравнению с лазерной локацией, в переводе на 1 га, руб.	+9.8	+5.8		0

Литература

1. Данилин И.М. Морфологическая структура, продуктивность и дистанционные методы таксации древостоев Сибири: Автореф. дис. докт. с.-х. наук: 06.03.02. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2003. 35 с.
2. Данилин И.М. Структура и биопродуктивность фитоценоза *Betula platyphylla* Sucacz. на южном пределе бореальных лесов Евразии // Геогр и прир. рес., 1992, 3. С. 132–136.
3. Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. Лазерная локация Земли и леса: Учеб. пособие. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. 182 с..
4. Медведев Е.М., Григорьев А.В. С лазерным сканированием на вечные времена // Геопрофи, 2003, 1. С. 5–10.
5. Holmgren J., Nilsson M., Olsson H. Estimation of tree height and stem volume on plots using airborne laser scanning // For. Sci., 2003, 49(3): 419–428.
6. Kraus K., Pfeifer N. Advanced DTM generation from lidar data // Int. Arch. Photogram. Rem. Sens., 2001,Vol. XXXIV-3/W4, pp. 23–30.
7. Maltamo M., Tokola T., Lehikoinen M. Estimating stand characteristics by combining single tree pattern recognition of digital video imagery and a theoretical diameter distribution model // For. Sci., 2003, 49 (1): 98–109.
8. Matheron G. Filters and lattices. Image Analysis and Mathematical Morphology, Vol. 2 / J. Serra ed., Theor. Adv., Chpt. 6., Acad. Press, Inc., 1988.
9. Means J.E., Acker S.A., Fitt B.J. et al. Predicting forest stand characteristics with airborne scanning lidar // Photogram. Eng. & Rem. Sens., 2000, 66 (11): 1367–1371.

MONITORING OF FOREST ECOSYSTEMS WITH THE USE OF HIGH-LEVEL LASER TECHNOLOGIES

I. Danilin[1], E. Medvedev[2]

[1] V. N. Sukachev Institute of forest, Russian Academy of Science, Krasnoyarsk
[2] Company "Geo-lidar", Moscow

The use of airborne laser location methods and technologies provides principally new opportunities for remote sensing of forest cover and detecting forest inventory parameters in real time with high accuracy.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЛЕСУ

В. М. Жирин, А. В. Шаталов, С. В. Князева, С. П. Эйдлина

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

В соответствии с новым Лесным кодексом к полномочиям органов государственной власти Российской Федерации в области лесных отношений отнесено, в частности, установление порядка осуществления, а к полномочиям органов государственной власти субъектов Федерации − непосредственное осуществление контроля и надзора за использованием, охраной, защитой, воспроизводством лесов.

Для информационного обеспечения некоторых видов контрольно-надзорной деятельности Росприроднадзора на территории субъектов Федерации могут быть использованы материалы космических съемок высокого разрешения.

Следует отметить, что спутниковые данные становятся дешевле и разнообразнее. Наблюдается тенденция более свободного доступа к космическим снимкам, привлечения к их использованию новых категорий пользователей, а программное обеспечение обработки данных − более дружественным по отношению к пользователю. Расширяется круг специалистов, способных проводить анализ спутниковых данных с целью оценки состояния окружающей среды и обнаруживать негативные явления в системе управления лесными ресурсами. Таким образом, спутниковые изображения становятся важным инструментом качественной системы лесоуправления.

На основе применения материалов космических съемок нового поколения, современных способов их обработки и геоинформационных систем возможно решение задач по следующим направлениям:

- слежение за рекультивацией земель лесного фонда и иных категорий земель;
- слежение за порядком использования лесов при геологическом изучении недр, а также при строительстве, реконструкции и эксплуатации линейных объектов;
- слежение за осуществлением деятельности, несовместимой с целевым назначением защитных лесов и лесов, расположенных на особо охраняемых природных территориях;
- слежение за соблюдением правил использования лесов для ведения сельского хозяйства и других видов деятельности;
- слежение за соблюдением межевых границ земель лесного фонда, а также земель иных категорий, на которых располагаются леса;
- слежение за правильностью проведения рубок лесных насаждений;
- слежение за состоянием площадей вырубленных, погибших и поврежденных лесов и за успешностью лесовосстановления (лесоразведения) на землях лесного фонда и зем-

лях иных категорий, на которых располагаются леса, в том числе в местах традиционного проживания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Для современной реализации указанных систем слежения необходимо усовершенствование имеющихся технологий и разработки новых методов оценки состояния лесов.

POSSIBILITIES OF APPLYING THE MATERIALS OF SPACE SURVEYS FOR THE INFORMATION SUPPLY OF CONTROLLING ACTIVITY IN THE FORESTS

V. Zhirin, A. Shatalov, S. Knyazeva, S. Eydlina

Centre of forest ecology and productivity problems RAS, Moscow

The possibilities of the space surveys materials for the information supply of controlling activity in the forest are examined.

ЛЕСНЫЕ ЛАНДШАФТЫ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПО ДИСТАНЦИОННЫМ СНИМКАМ

Д. М. Киреев

Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург

Дистанционные изображения Земли различного охвата территории позволяют строить непрерывные масштабные ряды изучения природных территориальных комплексов (ПТК) различных рангов. Результаты дешифрирования снимков обобщаются на ландшафтных картах различных масштабов.

Дистанционные ландшафтные исследования ведутся строго и последовательно на четырёх уровнях: континентальном, региональном, локальном и детальном. На каждом из уровней в логической последовательности, начиная с крупных ПТК, выявляются и картографируются ландшафтные страны, области, районы, ландшафты, местности, урочища и фации. Повторяющиеся ПТК объединяются в типологические категории. Нарушение иерархического порядка всегда приводит к ошибкам интерпретации, снижает точность и производительность исследований.

Дистанционные изображения как источники ландшафтной информации обладают шестью особенностями: 1) обширной площадью наблюдения; 2) возможностью обзора большой территории одновременно, а не по частям; 3) возможностью менять масштаб, детальность и подробность наблюдения; 4) возможностью изучения лесов на стереоскопической трёхмерной модели местности; 5) возможностью видеть объективное изображение подлинного лесного ландшафта без искажений и ошибок, вносимых картами; 6) возможностью повторных без ограничения во времени наблюдения лесов в комфортных условиях.

Наряду и совместно с дистанционными изображениями интерпретируются общегеографические (в том числе гипсометрические и топографические) и тематические (компонентов и элементов ландшафта) карты.

Рассматривая картину, фотографию или дистанционный снимок, наблюдатель различает объекты благодаря **признакам изображения**. Неверно называть их прямыми дешифровочными признаками. Таких признаков изображения шесть: 1- *тон или*

цвет, 2 – *размер*, 3 – *форма*, 4 – р*исунок*, 5 – *размещение*, 6 – *тень*. Признаки изображения воспринимаются глазами наблюдателя. Более объективно их можно оценивать измерительными приборами, шкалами, палетками.

В зависимости от выраженности признаков изображения *все сфотографированные предметы можно подразделить на физиономичные, слабофизиономичные и нефизиономичные при данных условиях дистанционной съёмки*. **У физиономичных объектов** *для опознавания достаточно выражено большинство признаков изображения*. **У слабофизиономичных** – *признаки изображения выражены слабо или достаточно выражены только некоторые из них*. **Нефизиономичные предметы и объекты** *не имеют раздельных признаков и не опознаются на дистанционном изображении*.

На мелкомасштабных и космических снимках нет раздельного изображения деревьев, а тон или цвет изображения интегрируется из тона или цвета освещенных частей крон + затенённых частей крон + освещенных частей поверхности земли + затенённых частей поверхности землú.

Поэтому тон участка леса зависит от соотношения площадей этих фрагментов. По этой причине в северных редкостойных лесах с увеличением густоты изображение становится более плотным и тёмным, так как увеличивается доля участков земли, закрытых тенями, а редины изображаются более светлым тоном. На зимних телевизионных снимках сверхмелкого масштаба тон зависит от соотношения лесопокрытых участков, болот и безлесных пустошей.

Однако при выявлении по аэроснимкам ПТК необходимо иметь в виду, что тон изображения лесных объектов может резко варьироваться в пределах совершенно однородных в природном отношении условий по самым различным причинам. Различный тон, например, имеют травостой и скошенные участки, древостой и вырубка, коренное и производное насаждение.

При изучении лесов по аэроснимкам оцениваются следующие размерные показатели лесов: площади древостоев, природных территориальных комплексов, лесохозяйственных выделов; уклоны поверхностей; высота деревьев и форм рельефа; диаметры и длина крон; сомкнутость полога и проективное покрытие по породам, площадь отдельных крон; производятся подсчеты крон, количества деревьев на единицу площади и на фотопробе; определяется среднее расстояние как подсчетом числа деревьев, так и непосредственным измерением расстояния между центрами крон.

Высота деревьев и древостоев разных пород в насаждении, величина промежутков между кронами, размер крон деревьев, разновысотность и разница в высоте древостоев различных пород указывают на экологические режимы лесных земель. Для ландшафтной оценки важно иметь сведения о высоте речной террасы, ширине ложбины стока, крутизне склона, высотной отметке поверхности. Последние два показателя легко считываются с топокарт.

Форма объектов. При дешифрировании ПТК необходимо иметь представление о формах рельефа, которые вмещают те или иные ПТК. Характерную форму в плане имеют пойменные сегменты, останцы надпойменных террас, участки высокой поймы, гривы поймы, староречья и старицы, водосборные воронки, ложбины, лощины, бровки плакоров, просадочные западины, некоторые болотные фации и т. д. Знание основных скульптурных форм рельефа, встречающихся в изучаемом ландшафте, помогает наиболее правильно подойти к дешифрированию ПТК и их природных рубежей. Форма в плане болотной впадины определяет ход развития болота и его структуру.

Размещение объектов – это определённый порядок, закономерность в распределении по территории элементов ландшафта и ПТК. Закономерные и повторяющиеся системы размещения образуют структуру изображения.

На протяжении ряда лет мы были свидетелями значительного усовершенствования технических средств аэрофотосъемки, а также введения в практику новых приборов для дешифрирования аэроснимков, которые расширили возможности и повысили достоверность изучения лесов аэрометодами. Тем не менее, свойство неполного отражения лесов на дистанционных изображениях осталось до настоящего времени.

Наряду с указанными ограничениями изучения лесов по признакам изображения полога и крон отдельных деревьев, высотная съемка открывает совершенно новые возможности, которые не обеспечивает ни один из наземных методов исследования и которыми не обладали лесоводы прошлого. *Лесовод-дешифровщик имеет практически необъятную широту обзора, может одновременно наблюдать трехмерную модель значительной по площади лесной территории, непосредственно видеть закономерности ее пространственной дифференциации*.

По совокупности признаков и аэрофизиономичных компонентов и элементов ландшафта исследователь способен выявить объективно существующие ПТК с закономерной структурой и сочетанием тесно взаимосвязанных компонентов и параметров леса. Возможности такого анализа структуры природного ландшафта при лесном дешифрировании аэроснимков используются пока недостаточно, хотя здесь и содержится резерв для коренного улучшения и объективизации методов лесного дешифрирования и картографии, получения скрытых от наблюдателя, но тесно сопряженных в комплексе параметров лесов и природных компонентов.

Рассматривая аэроснимки, дешифровщик наблюдает фрагмент природного или окультуренного (освоенного) ландшафта со свойственной ему морфологической структурой. Дешифровщик видит как ПТК в целом, так и их отдельные компоненты: растительность, поверхность земной коры с характерным для нее рельефом, отложениями и коренными горными породами, почвы, воды, атмосферу. Различные компоненты ландшафта видны в различной степени, некоторые из них не видны совсем.

Компоненты ландшафта представлены элементами, которые также обладают различной физиономичностью: деревья, древостой, кустарники, сельскохозяйственные и лесные культуры, возделанные пашни, очаги энтомовредителей, сооружения, здания, пашни, вырубки, обнажения, карьеры, облака, дымка, разливы рек, лужи после дождя и т.д. (таблица).

Таблица

Структура ландшафтного дешифрирования

Этапы	Критерии	Результаты
1. Обнаружение → ↓	Признаки изображения →	Картографирование физиономичных ПТК
2. Опознавание → ↓	Признаки изображения →	Идентификация физиономичных ПТК
3. Интерпретация →	Физиономичные индикаторы, природные взаимосвязи →	Картографирование, идентификация, раскрытие содержания и оценка слабо- и нефизиономичных ПТК

Ландшафтное дешифрирование дистанционных снимков подразделяется на три этапа: обнаружение, опознавание и интерпретация .

На первом этапе *обнаруживаются* и оконтуриваются хорошо физиономичные ПТК.

На втором этапе *идентифицируются* физиономичные, хорошо известные и знакомые ПТК.

На третьем этапе *опознаются слабо физиономичные и нефизиономичные ПТК,* раскрывается их содержание, свойства и характеристики. Физиономичные компоненты, элементы ландшафта и ПТК играют при этом роль ландшафтных индикаторов. Точность и достоверность такой интепретации определяется теснотой взаимосвязей элементов и компонентов ландшафта в пределах ландшафта.

На этапе ландшафтной интерпретации дистанционных снимков приобретается основной объём сведений о лесах, повышается точность качественных и количественных оценок лесов.

При дешифрировании АКС соблюдаются **четыре общих руководящих правила**: *правило множественности признаков, правило сходимости, правило исключения и правило ландшафтных индикаторов*

Правило множественности признаков. При опознавании (идентификации) объекта необходимо использовать максимальное число его признаков. Один признак отвечает довольно широкой группе объектов. С увеличением количества признаков увеличивается достоверность, детальность и точность опознавания.

Правила сходимости (конвергенции) признаков. При использовании большого количества индикаторов важно, чтобы все они указывали на один объект. Только в этом случае можно быть уверенным, что объект установлен правильно.

Так, при дешифрировании ландшафта Канско-Бирюсинской равнины со светлохвойными южнотаежными лесами необходимо установить литологический состав отложений и определить вид фоновой фации сосняков. Известно, что высота террасы по измерениям ее уступа составляет 10—16 м, на ее поверхности преобладают сосновые древостои, имеющие в спелом возрасте среднюю высоту свыше 33 м, среди сосновых древостоев относительно повышенных участков террасы располагаются западины неправильной угловатой формы с осинниками, иногда заболоченные в центре. Наибольшая площадь террасы распахана и занята пропашными культурами (вероятно, кукуруза или подсолнечник). Свежие пашни террасы имеют пятнистый рисунок и общий темный тон. На свежих вырубках просматривается резко выраженный бугристо-западинный рельеф, а на крупномасштабных аэроснимках заметно развитие крупнотравья.

Вся совокупность признаков и каждый признак по отдельности указывают на то, что перед нами лессовые террасы с мощными карбонатными лёссовидными суглинками и высокопроизводительными сосняками на серых и темносерых лесных почвах. Сосняки лессовых террас образуют фон урочища. Характерная пятнистость на пашнях связана с механическим сносом при вспашке гумусового горизонта с вершин бугров в западины и обнажением нижележащего более светлого горизонта. Бугристо-западинный рельеф характерного вида и размерности в пределах ландшафта также встречается лишь на лессовых отложениях. Зéмли террас и чернозёмы являются наиболее высокопроизводительным субстратом из-за высокого богатства при оптимальном постоянном режиме увлажнения.

Таким образом, все без исключения отмеченные признаки приводят нас к наиболее вероятному выводу.

Правило исключения. Для того чтобы узнать, чем является изобразившийся объект, часто выясняют, чем он быть не может. Дешифровщик последовательно на основании противопоставления по различным признакам объектов отбрасывает целые их группы. В результате такого исключения остается лишь искомая группа. В качестве *ландшафтных индикаторов* возможно использование элементов ландшафта, компонентов ландшафта и ПТК с характерной для них структурой.

Изложенные нами основные положения и правила ландшафтного дешифрирования АКС рассмотрены на примерах интерпретации лесов Сибири и Европейской части России.

Применение дистанционных снимков с целью изучения структуры ПТК: 1 – даёт возможность значительно сократить полевые работы по лесоинвентаризации без потери точности работ; 2 – даёт возможность применить более экономичные ландшафтно-статистические методы лесоинвентаризации; 3 – уменьшить масштаб аэрофотосъёмки, шире применять космические снимки и тем самым значительно снизить общие расходы на изучение и учёт лесных ресурсов.

FOREST LANDSCAPES AND THEIR AIR-SPACE DATA INTERPRETATION

D. Kirejev

St. Petersburg State Forest Technical Academy, St. Petersburg

The landscape-morphological forest mapping of Lissyno district was prepared (1:50 000 scale). This map is the natural basis for forest resources inventory, exploitation, monitoring and thematic mapping of Lyssino´s region. The ecological estimation of forest lands for detected natural area complexes (for elementary landscape) is conducted.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Г. Н. Коровин

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

Основным фактором, определяющим состояние и динамику бореальных лесов России, был и остается огонь. По данным лесопатологических обзоров на его долю ежегодно приходится от 35 до 95% площади лесов, погибающих от воздействия деструктивных природных факторов. За последние два десятилетия пожарами разрушено значительно больше лесов, чем другими вместе взятыми природными факторами (70%). Площадь гарей по данным государственных учетов лесов в 5,0-7,5 раз превышает площадь необлесившихся вырубок. Ежегодный ущерб от лесных пожаров оценивается десятками миллиардов рублей и значительно превышает затраты на охрану лесов и общие затраты на ведение лесного хозяйства.

Несмотря на признание огня наиболее разрушительным из всех деструктивных факторов, его воздействие на состояние и динамику лесного фонда до настоящего времени явно недооценивается. Недооцениваются не только масштабы разрушительного воздействия пожаров, но и роль огня как естественного фактора лесных экосистем, полное исключение которого из жизни леса не только невозможно, но и нецелесообразно. Основными причинами такой недооценки являются наличие неохраняемых территорий, где лесные пожары, как правило, не тушатся и не регистрируются, а также отсутствие инструментальных методов оценки пройденных и нарушенных огнем площадей.

Непрерывный рост антропогенных нагрузок на лесные экосистемы и экологических требований к состоянию природной среды, угроза глобальных климатических изменений, обусловливают рост актуальности лесопожарной проблемы в нашей стране. Государство, как собственник лесов, отвечающий за их состояние, и несущее ответственность за выполнение целого ряда принятых международных обязательств по лесам, вынуждено уделять все большее внимание проблеме лесных пожаров и выделять все

больше ресурсов на ее решение. Необходимым условием рационального использования этих ресурсов и эффективной организации охраны лесов является наличие интегрированной системы мониторинга лесных пожаров, обеспечивающей оценку и прогнозирование пожарной опасности в лесах, обнаружение возникающих очагов горения и слежение за их динамикой, оценку последствий лесных пожаров и информационную поддержку управленческих решений по борьбе с огнем.

Роль дистанционных методов в системе лесопожарного мониторинга. Огромные размеры территории лесного фонда Российской Федерации, наличие регионов, где отсутствует инфраструктура, необходимая для эффективного использования наземных и авиационных средств и методов наблюдения, обусловливает исключительно важную роль дистанционного мониторинга лесных пожаров. Спутниковый мониторинг рассматривается при этом не только как важное дополнение к наземным и авиационным средствам и методам наблюдения, но и как единственно возможный вид мониторинга лесных пожаров на территории северных районов Сибири и Дальнего Востока. По этим причинам первой системой мониторинга, введенной в промышленную эксплуатацию, стала информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров (ИСДМ Рослесхоз).

ИСДМ Рослесхоз разрабатывалась и функционирует как система мониторинга лесных пожаров федерального уровня. В рамках этой системы обеспечивается: сбор информации о лесных пожарах и погодных условиях на территории лесного фонда; ее тематическая обработка и формирование информационных продуктов поддержки управленческих решений по предупреждению, обнаружению и тушению пожаров и ликвидации их последствий; доступ федеральных и региональных пользователей этой системы к формируемым в ней информационным продуктам.

Информация о лесных пожарах включает данные спутниковых наблюдений AVHRR/NOAA, MODIS/TERRA и AQUA, SPOT VEGETATION, поступающих с сети российских и зарубежных приемных станций, данные авиационных и наземных наблюдений, получаемых от государственной лесной охраны. Информация о погодных условиях включает данные российской сети наземных метеорологических станций и данные пеленгации молниевых разрядов на охраняемой территории лесного фонда. Сбор и обработка спутниковой информации, метеорологических данных и данных пеленгации гроз осуществляется в автоматическом режиме, по унифицированным алгоритмам, учитывающим особенности региональных природно-климатических условий.

Спутниковые данные используются в ИСДМ Рослесхоз для решения комплекса функциональных задач, включающего: оперативное картографирования облачного покрова, оценку его состояния и динамики; детектирование и картографирование очагов горения, оценку основных характеристик лесных пожаров и контроль динамики их распространения; детектирование и картографирование, пройденных пожарами площадей и оценку степени повреждения огнем лесной растительности. С полным перечнем задач, решаемых с использованием данных спутниковых, авиационных и наземных наблюдений, а также выходными информационными продуктами системы можно ознакомиться на сайте ФГУ «Авиалесоохрана»: http://www.nffc.aviales.ru.

Результаты промышленной эксплуатации системы мониторинга лесных пожаров свидетельствуют о значительном росте вклада спутниковой информации в решение лесопожарной проблемы по мере развития дистанционных средств и методов наблюдения и реструктуризации лесного хозяйства. Этот вклад существенно зависит от зонирования территории лесного фонда по видам пожарного мониторинга и режимов работы структурных подразделений авиационной и наземной охраны лесов в каждой из выделенных зон: космического, авиационно-космического и наземно-космического мониторинга.

В зоне космического мониторинга спутниковые наблюдения остаются главным и единственным источником информации о лесных пожарах, необходимой для учета горимости лесов и текущих изменений в состоянии и динамике лесного покрова северных районов Сибири и Дальнего Востока. В зоне авиационно-космического мониторинга спутниковые данные являются основой для оценки текущей пожарной ситуации, слежения за динамикой распространения крупных лесных пожаров и контроля пройденной огнем лесной площади. Оценки текущей пожарной ситуации используются для назначения режимов работы структурных подразделений авиационной охраны, выбора маршрутов авиационного патрулирования лесов, маневрирования силами и средствами борьбы с огнем. Данные по динамике распространения крупных лесных пожаров используются для оценки потребности в ресурсах для их тушения, а сведения о размерах пройденной огнем площади – для формирования объективной отчетности лесного хозяйства и учета текущих изменений в лесном фонде, вызванных лесными пожарами. В зоне наземно-космического мониторинга данные дистанционного зондирования имеют, как правило, вспомогательное значение. Они используются для оценки пожарной обстановки в засушливые периоды, а также для контроля динамики крупных лесных пожаров, выходящих из под контроля местных сил и средств борьбы с огнем.

Передача субъектам Российской Федерации полномочий и ответственности за охрану лесов от пожаров существенно смещает приоритеты в системе мониторинга лесных пожаров и повышает актуальность задач регионального и локального (местного) уровня. Предотвращение лесных пожаров, их обнаружение и оперативное подавление должно осуществляться на региональном и локальном уровне, а контроль реализации этих функций и оказание помощи регионами в условиях высокой и чрезвычайной пожарной опасности лесов остается за федеральным уровнем. Эффективное выполнение этих функций возможно только при полной совместимости федеральной и региональных систем мониторинга лесных пожаров и четком их взаимодействии. При этом определенную часть функциональных задач, таких как оценка и прогнозирование пожарной опасности в лесах, контроль динамики распространения крупных лесных пожаров, межрегиональное маневрирование ресурсами целесообразно решать как на федеральном, так и региональном уровне по унифицированным методика и алгоритмам.

Использование данных дистанционного мониторинга для решения задач регионального уровня, таких как обнаружение лесных пожаров, информационная поддержка управленческих решений по их оперативному подавлению, учет вызываемых пожарами текущих изменений в лесном фонде, требует привлечения спутниковых изображений более высокого пространственного разрешения и более детальных данных о лесах, содержащихся в материалах лесной инвентаризации. Привлечение такой информации существенно усложняет решение указанных задач и повышает стоимость разработки и функционирования региональных систем мониторинга лесных пожаров.

Очевидным недостатком ИСДМ Рослесхоз является ее базирование на данных зарубежных спутниковых систем низкого и среднего пространственного разрешения, находящихся в открытом доступе и не требующих ощутимых затрат на их получение. Потенциал этих систем уже используется достаточно эффективно, а рассчитывать на появление аналогичных отечественных систем гражданского назначения можно только в более или менее отдаленной перспективе. По этим причинам наиболее ощутимый прогресс в развитии дистанционного мониторинга лесных пожаров можно ожидать от эффективной интеграции данных спутниковых, авиационных и наземных наблюдений и интенсивного привлечения спутниковых данных высокого пространственного разрешения.

Оценка и прогнозирование пожарной опасности и горимости лесов.

Интеграция данных наземных, авиационных и спутниковых наблюдений открывает широкие перспективы для создания эффективной системы оценки и прогнозирования пожарной опасности в лесах, являющейся основой организации противопожарной защиты лесов и регулирования режимов работы лесопожарных служб. До настоящего времени для оценки и прогнозирования пожарной опасности в нашей стране используется комплексный метеорологический показатель, полученный экспериментальным путем в средине прошлого века и характеризующий только влажность напочвенного покрова, являющегося проводником горения при низовых лесных пожарах.

В развитых зарубежных системах используется, как правило, от 5 до 10 компонент и показателей пожарной опасности, характеризующих влагосодержание различных типов лесных горючих материалов, их воспламеняемость от обычных источников огня, потенциальную скорость распространения огня и интенсивность тепловыделения, суровость пожароопасных периодов и сезонов. Они базируются на моделировании процессов увлажнения и высыхания лесных горючих материалов, возникновения и распространения пожаров при тех характеристиках погодных и лесорастительных условий, которые получены по данным спутниковых и наземных наблюдений.

В рамках ИСДМ Рослесхоз предусматривается существенное расширение перечня показателей пожарной опасности, адаптация их к различным лесорастительным и климатическим зонам, разработка методов прогнозирования зон и периодов чрезвычайной пожарной опасности. Наряду с комплексным метеорологическим показателем предусматривается расчет показателей влагосодержания напочвенного покрова и лесной подстилки, более адекватно отражающие физические процессы увлажнения и высыхания этих типов лесных горючих материалов и обеспечивающих возможность корректной оценки поведения низовых пожаров. Показатель влагосодержания лесной подстилки необходим для оценки риска пожаров от молниевых разрядов, вызывающих возникновение очагов горения независимо от влагосодержания напочвенного покрова. Сопряженная обработка данных пеленгации молниевых разрядов и показателей влагосодержания лесной подстилки позволит прогнозировать вероятное количество и координаты пожаров от гроз, групповой характер возникновения которых и удаленность от объектов инфраструктуры делают их особенно опасными.

Для оценки влагосодержания хвои и листьев в кронах деревьев, являющихся проводниками горения при верховых пожарах предлагается использовать индексы «зелености», определяемые по данным спектрометра MODIS и характеризующие степень засушливости пожароопасного периода. Сопряженная обработка данных о породном составе лесов и влагосодержании живых горючих материалов в кронах хвойных и смешанных насаждений позволит оценить риск возникновения разрушительных верховых пожаров, эффективные методы борьбы с которыми до настоящего времени не разработаны.

Необходимым условием оценки и прогнозирования скорости распространения огня, интенсивности тепловыделения и других параметров, определяющих поведение пожаров, является наличие данных о лесных горючих материалах. В развитых системах оценки пожарной опасности для этих целей используются топливные модели, характеризующие запас и структуру горючих материалов в доминирующих типах лесной растительности. Для решения этой задачи в рамках отечественной системы оценки пожарной опасности ведутся работы по картографированию лесных горючих материалов и формированию базы данных с их характеристиками.

Цифровая карта лесных горючих материалов формируется в результате наложения электронной карты лесов, построенной по данным MODIS, на существующую почвенную карту и получения карты типов лесных экосистем, где тип экосистемы определяется преобладающей древесной породой и типом лесорастительных условий

(типом почвы). Каждому выделенному на карте типу лесной экосистемы ставится в соответствие определенный комплекс горючих материалов, включающий лесную подстилку, напочвенный покров и кроны деревьев, являющиеся проводниками горения при почвенных, низовых и верховых пожарах. Для определения характеристик лесных горючих материалов, соответствующих каждому типу экосистемы, используется компьютерная база данных по биологической продуктивности лесных экосистем, содержащая необходимую информацию о структуре и запасах фитомассы лесной растительности, а также компьютерная база данных по почвам, включающая сведения о лесной подстилке и почвенной органике.

Полученная карта лесных экосистем с характеристиками соответствующих им комплексов горючих материалов, предназначена для выбора доминирующей топливной модели в каждой из оцениваемых территорий, и определения параметров модели, требуемых для расчета основных компонент и показателей пожарной опасности в лесах. Она может использоваться для построения карт лесных горючих материалов в районах действия крупных лесных пожаров, однако ее пространственное разрешение недостаточно для моделирования динамики индивидуальных лесных пожаров. Задача прогнозирования динамики распространения конкретных лесных пожаров должна решаться на локальном уровне с использованием крупномасштабных карт лесных горючих материалов, базирующихся на материалах лесоустройства и данных дистанционного зондирования высокого пространственного разрешения.

В зарубежных системах оценки пожарной опасности растущее внимание уделяется прогнозам горимости лесов. Разработан целый ряд показателей и индексов, характеризующих степень засушливости пожароопасных периодов и сезонов, однако надежность прогнозов пожарной опасности, основанных на прогнозах погоды, быстро падает с увеличением длительности прогнозного периода. Кроме того, при одинаковой степени засушливости, уровень горимости лесов существенным образом зависит от природно-климатических условий каждого региона страны, степени хозяйственного освоения территории и уровня противопожарной защиты лесов. Ретроспективный анализ имеющихся в ИСДМ Рослесхоз баз архивных данных о лесных пожарах, погодных и лесорастительных условиях на территории каждого региона страны позволил установить повторяемость засух и катастрофических пожаров, выявить общие закономерности формирования зон и периодов высокой и чрезвычайной горимости лесов. На основе полученных результатов осуществляется разработка методов прогнозирования пожарной опасности и горимости лесов, основанных на прогнозах погоды и закономерностях развития катастрофических пожаров.

Обнаружение пожаров и контроль динамики их распространения. Эффективность функционирования системы охраны леса определяется своевременностью обнаружения и тушения лесных пожаров. Как свидетельствует отечественная и зарубежная статистика более 95% ежегодно охватываемой огнем площади приходится на долю не более 5% лесных пожаров, не ликвидированных в течение ближайших двух суток после их возникновения. Оперативность обнаружения возникающих пожаров определяется двумя основными факторами – периодичностью наблюдения и разрешающей способностью средств наблюдения. Из орбитальных спутников земли наибольшая периодичность наблюдения обеспечивается приборами AVHRR/ NOAA и MODIS/ TERRA(AQUA) низкого и среднего разрешения. Доля обнаруживаемых (а не детектируемых) ими пожаров зависит от эффективности функционирования авиационных и наземных средств и методов обнаружения. Она существенна для районов с низкой кратностью авиационного патрулирования лесов и редкой сетью наземных наблюдательных пунктов.

Работы по повышению оперативности дистанционного обнаружения пожаров в рамках ИСДМ Рослесхоз ведутся по двум основным направлениям: развитию методов атмосферной коррекции спутниковых данных и адаптации алгоритмов детектирования к особенностям лесорастительных условий и их сезонной динамики в различных регионах страны. В рамках первого направления изучена изменчивость двух ключевых характеристик атмосферных искажений спутниковых измерений – температуры подстилающей поверхности и функции пропускания атмосферы. Обоснована схема атмосферной коррекции спутниковых изображений низкого и среднего пространственного разрешения, применимая для инфракрасной и видимой области спектра. Задача следующего этапа работ состоит в переводе алгоритмических и информационных основ атмосферной коррекции в соответствующее программное обеспечение ИСДМ Рослесхоз.

В рамках второго направления изучена зависимость совпадения очагов горения, детектированных по данным прибора MODIS и гарей, детектированных по данным прибора VEGETATION. Анализ полученных зависимостей показал, что их совпадение достаточно высоко при высоких температурах горения и быстро падает в области низких температур из-за наличия в этой области ложных тревог. Это позволяет построить алгоритм детектирования, адаптированный к различным условиям наблюдений, а также модифицировать работу стандартного алгоритма детектирования MOD 14, понизив пороговые значения температуры с одновременной оценкой достоверности детектирования. Предложен метод модификации алгоритма MOD 14 и разработана схема автоматического сбора информации о пожарах, детектированных с пониженным температурным порогом. В текущем пожароопасном сезоне предусматривается опытная эксплуатация модифицированного алгоритма детектирования и оценка эффективности его работы.

Контроль динамики распространения лесных пожаров обеспечивается путем регулярного картографирования крупных лесных пожаров и ведения индивидуальных карточек таких пожаров, содержащих сведения о размерах пройденной огнем площади и ее приросте за период между очередными наблюдениями, состоянии пожара в момент наблюдения и задействованных на его тушении ресурсах. Прогноз динамики распространения крупных лесных пожаров относится к числу приоритетных задач региональных систем дистанционного мониторинга, для решения которой требуется детальная информация о лесорастительных и погодных условиях в районе действия каждого крупного пожара.

Одной из приоритетных задач контроля и прогнозирования динамики крупных лесных пожаров является оценка угрозы населенным пункта и объектам инфраструктуры, находящимся в районе действия этих пожаров. Необходимыми условиями эффективного решения данной задачи является наличие цифровых карт лесов и лесных горючих материалов, обеспечивающих возможность прогнозирования динамики распространения пожаров и расчета ожидаемого времени достижения огнем ближайших населенных пунктов и объектов инфраструктуры. Обновление цифровой карты административно - территориального деления территории с населенными пунктами и объектами инфраструктуры и построение карты лесных горючих материалов рассматривается как важный шаг формирования информационного обеспечения данной задачи.

Оценка последствий лесных пожаров и масштабов их воздействия. Базовыми задачами оценки последствий лесных пожаров и масштабов их воздействия на леса и глобальные биосферные процессы являются картографирование пройденных огнем площадей и оценка степени повреждения лесной растительности. Результаты решения этих задач могут служить исходной информацией для учета текущих изменений в лес-

ном фонде, оценки пирогенных эмиссий углерода и других парниковых газов, оценки результатов функционирования и эффективности системы охраны леса от пожаров.

В рамках ИСДМ Рослесхоз детектирование и картографирование пройденных огнем площадей осуществляется по данным двух спутниковых систем – MODIS/TERRA и SPOT VEGETATION. Технология выделения пройденных огнем площадей, базирующаяся на данных SPOT VEGETATION, обеспечивает возможность оценки горимости лесов различных регионов страны и в масштабах всей Российской Федерации. С использованием этой технологии сформирована многолетняя (2000 – 2006 г.г.) база данных по пройденным пожарами площадям, характеризующая реальные масштабы лесопожарной проблемы в нашей стране. Вместе с тем, указанная технология имеет ряд ограничений, являющихся причиной некоторого занижения площадей, пройденных пожарами низкой интенсивности, пропусков мелких (до 100 га) пожаров, а также относительно низкой (раз в десять дней) периодичности поступления и обработки информации.

Преимуществом данных MODIS является более высокая периодичность поступления информации, большее число спектральных каналов и более высокое пространственное разрешение по сравнению с данными SPOT VEGETATION. Выявление пройденных огнем площадей по данным MODIS базируется на обработке временных серий спутниковых изображений, вычислении межгодовых разностей спектрального вегетационного индекса и пороговом детектировании участков поврежденной растительности. Основанная на данных MODIS технология позволяет детектировать меньшие по площади участки поврежденной огнем растительности, восстанавливать динамику нарастания охватываемой огнем площади и осуществлять оценку повреждений в оперативном режиме.

Принципиальное значение для оценки последствий лесных пожаров и масштабов их воздействия на леса и глобальные биосферные процессы имеет оценка степени повреждения огнем лесной растительности. В основу разработанного метода оценки степени повреждения лесов по данным SPOT VEGETATION положено использование метода декомпозиции спектральных смесей, позволяющего оценивать долю погибших насаждений в каждом пикселе спутникового изображения. В процессе экспериментальной апробации этого метода установлено, что доля погибших от огня насаждений (степень повреждения более 80%) составляет в среднем по стране около 20% пройденной им площади, что примерно соответствует доле площади, пройденной верховыми пожарами.

Для верификации разработанного метода оценки степени повреждения огнем лесной растительности по спутниковым изображениям предложена технология подготовки опорных данных, основанных на визуальном дешифрировании крупномасштабных аэрофотоснимков в среде геоинформационной системы. Верификация и совершенствование методов оценки по данным SPOT VEGETATION и MODIS степени повреждения лесной растительности, относятся к числу приоритетных НИОКР, выполнение которых создаст основу для дистанционного мониторинга негативных воздействий других антропогенных и природных факторов – вредных насекомых и болезней леса, промышленных загрязнений, экстремальных погодных условий и т.д.

Наличие в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров развитых технологий сбора и автоматической обработки спутниковых данных низкого и среднего пространственного разрешения, многолетних архивов спутниковых изображений и компьютерных баз данных, технологий удаленного доступа пользователей, является важной предпосылкой создания на их основе модуля дистанционного лесопатологического мониторинга. Они могут использоваться в системы учета текущих изменений в лесах, вызванных воздействием комплекса природных и антропогенных факторов и

внести существенный вклад в развитие государственной системы лесной инвентаризации, создание национальной системы учета источников и стоков парниковых газов в лесах.

STATE AND PROSPECT OF THE DEVELOPMENT OF FOREST FIRES MONITORING SYSTEM

G. Korovin

Centre of forest ecology and productivity problems RAS, Moscow

The dominating role of fire among all natural destructive factors at forests in Russian Federation and a special role of space means and methods of supervision in system of monitoring of forest fires are shown. General characteristics of branch (Russian Federal Forest Service) forest fires monitoring system are resulted. Perspective directions of development and perfection of this system and an opportunity of use, the technologies created in its frameworks and information supply for the decision of forest pathology monitoring problems, the account of current changes in forest fund under influence of natural and anthropogenesis factors are certain.

РАЗВИТИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В РОССИЙСКОМ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

В. Н. Косицын

Федеральное агентство лесного хозяйства, г. Москва

Интенсивное и планомерное внедрение ГИС-технологий в лесоустройство и лесное хозяйство началось после одобрения Федеральной службой лесного хозяйства России в 1995 году Концепции информатизации лесного хозяйства России, утверждения в 1998 году Программы информатизации лесного хозяйства России на период 1998 - 2001 годы. Наконец, в том же 1998 году была разработана и утверждена Программа внедрения ГИС-технологий в лесном хозяйстве на период 1999-2005 годы, которая предусматривала осуществление процесса внедрения ГИС-технологий на базе государственных лесоустроительных предприятий одновременно с проведением лесоустройства. Появление ГИС-технологий позволило лесоустроительным предприятиям повысить общий производительный уровень работ, кардинально изменить технологические схемы, прежде всего камеральных работ, а лесхозам обеспечить внедрение в лесохозяйственное производство новой организации труда.

В настоящее время все 13 государственных лесоустроительных предприятий полностью перешли на ГИС-технологии при организации проведения лесоустроительных работ. Таким образом, лесоустроительный проект, все прилагаемые к нему документы и планово-картографические материалы на объект лесоустройства составляются лесоустроительными предприятиями с использованием программно-аппаратных средств ГИС-технологий, т.е. с одновременным созданием агрегированных лесотаксационных баз данных, картографических баз данных на единой топографической основе и формированием совмещенных баз данных.

На сегодняшний день лесоустроительные предприятия имеют 879 лицензионных ГИС-продуктов (GeoDraw/GeoGraf, Wingis, Winmap, Mapinfo, Mapedit, Topol, Easy Trace, ArcInfo и др.), которые активно используются в лесоустроительной практике.

Развитие ГИС-технологий в лесоустроительных предприятиях шло параллельно и независимо друг от друга, что позволило наиболее крупным по производственному потенциалу предприятиям разработать собственными силами пакеты отраслевых программ по созданию цифровых и электронных карт и ведению совмещенной таксационной и картографической баз данных на основе лицензионных продуктов. В настоящее время рассмотрены, утверждены приказами Рослесхоза и приняты в промышленную эксплуатацию автоматизированные компьютерные комплексы: «ЛУГИС», разработанный ФГУП «Севзаплеспроект», и «ЛесГис», разработанный ФГУП «Запсиблеспроект». Всего лесоустроительные предприятия располагают 1015 ключами отраслевых (для целей лесного хозяйства) ГИС программных продуктов, в т.ч. «ЛУГИС» 297, модифицированный Topol 227, «ЛесГис» 223, «Лесфонд» 199.

Задачи, решаемые с использованием ГИС-технологий для целей лесоустройства, следующие:

- создание совмещенной базы данных с повыдельной и поквартальной таксационной и картографической информацией;
- анализ состояния лесного фонда;
- автоматизированное изготовление лесных карт;
- лесоустроительное проектирование;
- формирование документации лесоустроительного проекта;
- подготовка документов по запросам лесопользователей;
- вычисление и увязка площадей участков лесного фонда;
- справочно-информационное обслуживание пользователей информацией.

Как показывает практика, при проведении повторного лесоустройства лесхозов, материалы по которым обрабатывались с использованием ГИС-технологий, затраты времени сокращаются на 30%.

В целом, стоимостной эффект камеральных работ с использованием ГИС-технологий по сравнению с обычной технологией для территорий, не затронутых хозяйственной деятельностью, составляет около 40%, для территорий с интенсивным ведением хозяйства – около 20%. Он складывается в основном за счет повышения производительности труда инженерно-технических работников и уменьшения стоимости расходных материалов. При этом, существенно улучшаются условия труда специалистов. Так, в настоящее время в лесоустроительных предприятиях функционирует 882 автоматизированных рабочих мест инженерно-технических работников.

Задачи, решаемые с использованием ГИС-технологий, для лесного хозяйства, включают:

- поддержание совмещенной базы данных с повыдельной таксационной и картографической информацией в актуализированном состоянии, внесение в нее текущих изменений на естественный рост насаждений и хозяйственную деятельность;
- контроль за обновлением информации о лесном фонде;
- получение данных ежегодного учета лесного фонда, по лесному мониторингу;
- формирование государственной и отраслевой статистической отчетности;
- текущее планирование и проектирование лесохозяйственных мероприятий;
- формирование документации по лесосечному фонду и отдельным видам лесопользования, в т.ч. побочному лесопользованию;
- получение различной обновленной информации через систему программных запросов для анализа, принятия решений и планирования ведения лесного хозяйства.

При этом, выявлено следующее снижение затрат времени специалистов лесного хозяйства:

по отводу лесосек под рубки главного и промежуточного пользования лесом на 30-40%;

по внесению текущих изменений в материалы лесоустройства и книги учета лесного фонда в 3-5 раз;

при получении документов материально-денежной оценки лесосек в 4 раза;

при подготовке материалов о передаче участков лесного фонда в аренду в 4-5 раз.

Внедрение ГИС-технологий в лесоустройстве и лесном хозяйстве позволяет снизить остроту обеспеченности материалами лесоустройства за счет оперативного отслеживания изменений, происходящих в лесном фонде, и его актуализации с одновременным усилением контроля за состоянием и использованием лесного фонда, что позволяет говорить о возможности увеличения сроков ревизионного периода.

Лесоустроительными предприятиями совместно с территориальными органами Рослесхоза разрабатываются и выполняются целевые программы внедрения ГИС-технологий, в т.ч. обучения специалистов лесоустройства и лесного хозяйства по использованию ГИС-технологий. В 9 лесоустроительных предприятиях создано 10 учебно-методических центров с общим количеством рабочих мест – 88. На сегодняшний день в них по вопросам эксплуатации ГИС-технологий уже подготовлено 636 специалистов лесоустроительных предприятий и 846 специалистов лесного хозяйства. Учеба работников лесного хозяйства по использованию ГИС-технологий осуществляется на конкретных материалах устроенного лесхоза одновременно с загрузкой в компьютер баз данных.

На сегодняшний день ГИС-технологии силами лесоустроительных предприятий внедрены в 502 лесхозах (29% от их общего количества) 42 территориальных органов Рослесхоза на общей площади 165,2 млн.га. Наиболее активно внедряются ГИС-технологии в Северо-Западном ФО (Архангельская, Новгородская, Псковская, Калининградская области, Республика Коми), Приволжском ФО (Нижегородская, Пензенская области, республики Башкортостан, Татарстан, Чувашская), Уральском ФО (Свердловская область, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО), Сибирском ФО (Новосибирская, Томская области, Алтайский и Красноярский края, Республика Алтай), а так же в Краснодарском крае. Кроме того, внедрение ГИС-технологий осуществляется и по другим объектам, находящимся в ведении иных федеральных органов исполнительной власти и муниципальных образований (опытные лесхозы ВУЗов, военные лесхозы, городские леса, национальные парки, например «Алханай», бывшие «сельские леса», земли госземзапаса).

Общие затраты государственных лесоустроительных предприятий по совершенствованию ГИС-технологий при лесоучетных работах и техническом проектировании составили только в 2005 году 18,8 млн.рублей, из них на техническое оснащение рабочих мест 53,8% от общих расходов, непосредственное внедрение ГИС-технологий 25,5%, на программное обеспечение 14,4%, на подготовку специалистов – 6,3%.

Так как лесоустроительные предприятия работают в различных лицензионных ГИС, то имеется насущная необходимость в стандартизации параметров качества, точности, содержания, внешнего оформления получаемых выходных планово-картографических и таксационных материалов, конвертируемости совмещенных баз данных между основными ГИС. С целью унификации данных цифровых, электронных и компьютерных карт, создаваемых при лесоустройстве, Рослесхозом разработаны и утверждены «Требования к лесным электронным картам, совмещаемым с таксационной базой данных» (1999) и «Методические указания по актуализации (обновлению) картографических материалов» (1999). В проект плана проектно-изыскательских работ Рослесхоза на 2006 год включена разработка унифицированного обменного формата лесотаксационных и картографических баз данных лесоустройства в среде ГИС.

В рамках Пилотного проекта по устойчивому лесопользованию, финансируемого за счет средств займа Международного банка реконструкции и развития, в четыре

лесоустроительных предприятия поставлено программное обеспечение системы обработки аэро- и космических стерео- и моноскопических изображений, которое должно обеспечивать выполнение работ картографического офиса, включая фотограмметрию, тематическое дешифрирование, оцифровку карт, обработку цифровой картографической информации.

Перспективными направлениями развития ГИС-технологий в лесоустроительных предприятиях являются:

активизация использования дистанционных данных о лесном фонде;

применение точных методов трансформирования снимков на основе цифровых моделей рельефа и цифровых стереомоделей;

разработка единой автоматизированной системы обработки лесоустроительной информации (СОЛИ «РОССИЯ»), совмещенной с цифровой картографией;

создание нормативно-правовой базы стандартизации, аттестации и сертификации геоинформационной продукции;

совершенствование программного обеспечения для компьютерной поддержки ведения отдельных направлений лесного хозяйства (лесовосстановление, охрана и защита леса и т.п.), разработка программ по охотоустройству и парколесоустройству;

создание многофункциональных программ обеспечения, позволяющих обеспечить поток агрегированной информации о лесном фонде для нужд административно-управленческих структур различного уровня.

DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES IN FOREST PLANNING OF RUSSIA

V. Kositzyn
Federal agency of forestry, Moscow

The tasks are described which are decided by the forest planning enterprises for the purposes of forest planning and forestry at introduction of geoinformation systems, the results of introduction are shown on the basis of available information base, the intermediate results and perspective directions of development of geoinformation systems and technologies in forest planning and forestry are submitted.

ПОСТРОЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОГО АРХИВА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ПО ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Е. А. Лупян, С. А. Барталев, М. А. Бурцев, В. А. Егоров, А. А. Мазуров, А. А. Прошин

Институт космических исследований РАН, Москва

В последние годы все активнее развиваются методы мониторинга состояния наземных экосистем, в том числе лесов, на основе анализа не только одномоментных спутниковых наблюдений, но и долговременных рядов таких данных. Именно эти методы позволили решить многие задачи, связанные с оценкой состояния растительности, выделение различных типов растительного покрова и анализа изменений, происходящих в экосистемах.

Для развития и использования таких методов требуется создания специальных систем ведения долговременных архивов данных, которые должны обеспечить возможность максимально автоматизированного, сбора, предобработки данных, организа-

ции их удобного хранения и представления для проведения обработки и анализа. В докладе описываются основные возможности такой системы, созданной в ИКИ РАН для работы с долговременными архивами продуктов обработки данных прибора MODIS, установленного на спутнике TERRA [1]. Данная система в основном создавалась для обеспечения работ по проектам, связанным с анализом динамики растительности на территории северной Евразии.

Для обеспечения решения задач, возникающих в этих проектах, к создаваемой системе предъявлялись следующие основные требования:

- возможность проведения полностью автоматизированной предобработки данных для формирования серий устойчивых информационных продуктов;
- возможность максимально автоматизированного наполнения архивов;
- возможность автоматизированного предоставления данных для обработки;
- возможность простого масштабирования;
- гибкая и удобная настройка цепочек обработки;
- возможность хранения данных, как в непосредственном доступе, так и в удалённых хранилищах и на автономных носителях;
- обеспечение удалённого контроля и управления функционированием процессов получения данных, их архивации и обработки.

В качестве исходных для формирования архива используются ежедневные данные TERRA/MODIS уровня обработки Level 2, получаемые из центра LP DAAC [2] (Land Processes Distributed Active Archive Center), входящего в состав USGS (U.S. Geological Survey). Для обеспечения получения оперативной информации в системе реализована процедура автоматической перекачки и усвоения данных из оперативного хранилища данных LP DAAC (ftp://e0dps01u.ecs.nasa.gov/MOLT). Для получения исторических данных используется портал EOS Data Gateway [3], они получаются в основном на магнитных лентах и также в автоматизированном режиме усваиваются в архивах созданной системы.

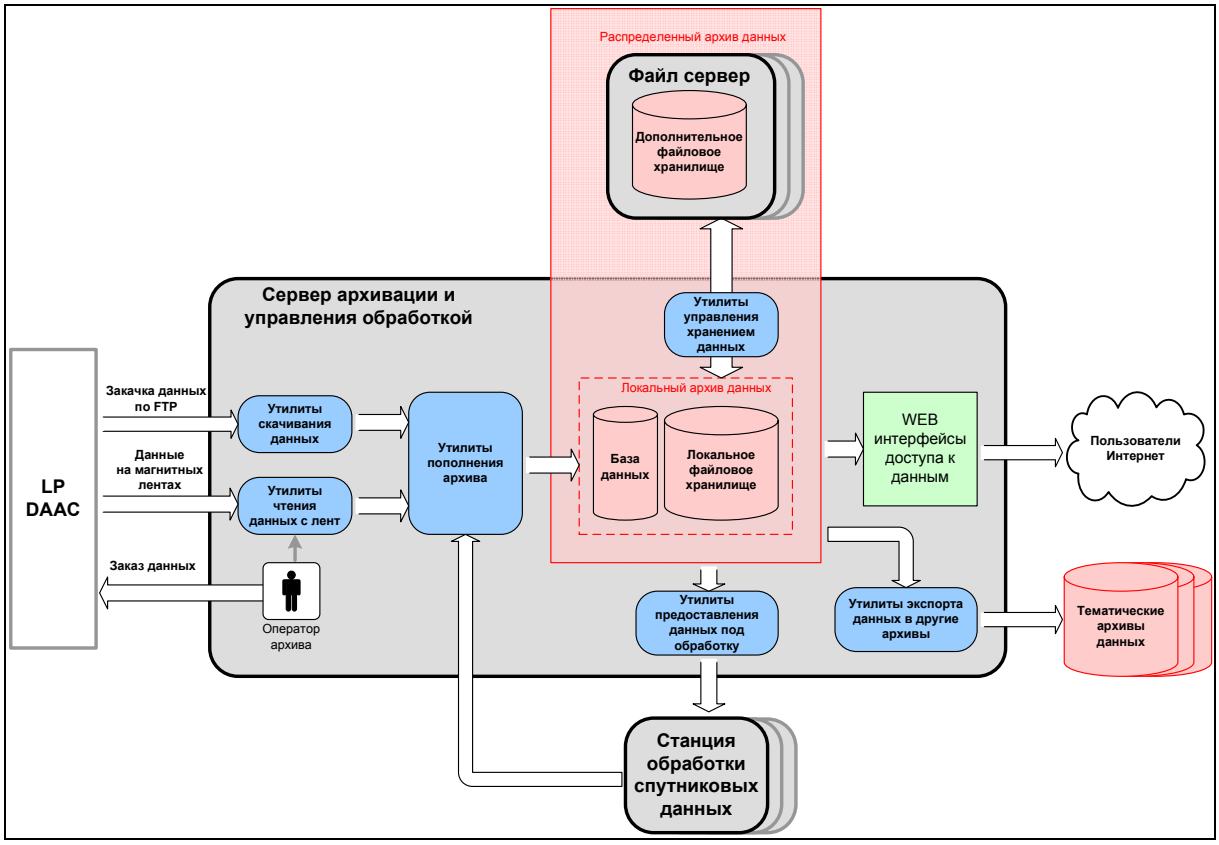
По мере поступления в архив исходные данные автоматически проходят предварительную обработку, которая обеспечивает очистку данных от шумов, фильтрацию данных плохого пространственного разрешения и построение безоблачных многодневных композитов. Используемые при этом алгоритмы построения композитов описаны, в частности, в [4]

Программное обеспечение для ведения архива разработано на основе созданной в ИКИ РАН [5] технологии построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных. Функциональная схема архива представлена на рис. 1. Хранение непосредственно файлов в архиве организовано с использованием программного пакета FDB, позволяющего осуществлять различные операции с файлами данных в архиве в соответствии с изменениями БД. Поступающие данные перемещаются в выделенное локальное файловое хранилище на сервере архивации и управления обработкой, информация о них заносится в БД. Из локального хранилища данные могут быть представлены под обработку посредством специальных утилит, предоставлены пользователям через специализированные Web-интерфейсы, а также перемещены в дополнительное файловое хранилище. В качестве дополнительных файловых хранилищ используются специализированные файловые сервера, оборудованные комплектом сменных жёстких дисков. Состав комплектов дисков зависит от текущих задач обработки и предоставления данных. Данные, находящиеся в дополнительных хранилищах, также остаются доступными для пользователя. Таким образом, архитектура системы позволяет легко наращивать мощности по хранению данных в непосредственном доступе при возникновении такой необходимости. На данный момент используется четыре сервера

хранения данных, суммарный объём данных, находящихся в непосредственном доступе составляет около 6,4 терабайта. Общий объём архива превышает 17,5 терабайт.

Для предоставления данных из архива под обработку была разработана специализированная система выборки данных. В силу специфики обрабатываемых данных, основным требованием к этой системе стала гибкость и лёгкость настроек. Система позволяет формировать несколько очередей обработки различных продуктов за разные интервалы времени. Их число ограничено только пропускной способностью локальной сети и производительностью дисковой системы сервера управления. На настоящее время в системе используется около десяти параллельно функционирующих обработчиков.

Для доступа к данным архива в системе разработан набор специализированных web-интерфейсов. При создании интерфейсов использовалась технология, разработанная в ИКИ РАН [6]. Функциональность основного интерфейса (http://193.232.9.113/modis_products/) включает в себя возможность фильтрации данных по типу, территориальному покрытию, версии продукта и времени создания продукта. Для работы с многодневными композитами данных в настоящее время создан целый ряд интерфейсов, позволяющих производить динамический выбор и анализ информации (см., например, интерфейс показа карт снежного покрова (http://agrocosmos.gvc.ru/snow_comp/agro_snow.sht), интерфейс мониторинга регионов России (http://agrocosmos.gvc.ru/cgi-bin/ndvi_regions.pl?target=oper.sht&res=250m), интерфейс прогноза урожайности культур по году-аналогу (http://agrocosmos.gvc.ru/satdata/adm_index/agro/predict_harvest.pl)). Для доступа к данным NDVI в широтно-долготной проекции реализован интерфейс с возможностью просмотра произвольной географической области изображения (http://193.232.9.72/geocover/cgi/geocover_proj.pl).



В настоящее время в архиве имеются следующие продукты обработки спутниковых данных:

- Ежедневные продукты разрешения 250, 500 и 1000 м в синусоидальной проекции с информацией по азимутальному и зенитному углам для солнца и спутника для разрешения 1000м;
- Ежедневные облачности разрешения 250, 500 и 1000 м. в синусоидальной проекции;
- 7-дневные композиты разрешения 250 и 500 м в синусоидальной проекции;
- 7-дневные композиты NDVI разрешения 250 м в широтно-долготной проекции.

На данный момент архив обеспечивает покрытие данными 90% территории России с 2002 по 2006 год. Около 50% территории России имеют покрытие с 2001 г. по текущий момент времени. Также архив обеспечивает покрытие всей территории северной Евразии за 2005 год. На настоящее время ведутся работы по заполнению архива историческими данными по территории северной Евразии.

Литература

1. MODIS Technical Specifications http://modis.gsfc.nasa.gov/news
2. LP DAAC Home Page - http://lpdaac.usgs.gov/
3. Earth Observing System Data Gateway, http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/plain.html
4. *Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V.* Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data // Remote Sensing of Environment, 1995, №54, P.127-140.
5. *Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Технология построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей Москва Полиграф сервис, 2004 с 437-443.
6. *Андреев М.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Наглин Ю.Ф., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Построение интерфейсов для организации работы с архивами спутниковых данных удаленных пользователей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей Москва Полиграф сервис, 2004 с 514-520.

BUILDING A LONG-TERM ARCHIVE OF SATELLITE DATA FOR TERRITORY OF RUSSIA FOR EVALUATION OF STATE AND DYNAMICS OF LAND ECOSYSTEMS

E. Loupian, S. Bartalev, M. Burtsev, V. Egorov, A. Mazurov, A. Proshin

Space Research Institute (IKI) RAS, Moscow

Discussed in the report are the problems of building archives of satellite data for analysis of long-term temporal series of observations. The discussion of capabilities and specifics of building such archives is based on MODIS instrument data archive. Data accumulated in this archive by current time, cover North Eurasia for the period 2001 – 2006. The report presents the archive architecture, main program components developed for archive maintenance, and capabilities of its use for different tasks of evaluation of state and dynamics of land ecosystems.

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА ЛЕСНОГО ФОНДА И СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ РОСЛЕСХОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ БАЗ ДАННЫХ

Н. В. Малышева

ВНИИЛМ, г. Пушкино, Московская обл.

Картографическое обеспечение является важнейшим компонентом информационного обеспечения управления лесным хозяйством. ГИС-технологии - современный инструментарий, который широко используется для управления различными видами

деятельности во всем мире. Эти технологии все больше интегрируются в системы планирования и поддержки принятия решений, в структуру рабочих процессов во многих организациях [2].

Вопрос создания лесных карт программными средствами ГИС, позволяющих составить целостное представление о системе ведения лесного хозяйства в стране и по отдельным регионам, характеристиках ресурсного и экологического потенциала лесов многократно поднимался и обсуждался в монографиях и периодических изданиях по лесохозяйственной тематике [1,5]. В настоящем, вместе с широким использованием и повсеместным внедрением ГИС в лесоустройство [4], этот вопрос можно решить на новом техническом и методическом уровне, а подготовку карт сделать доступной пользователям аппарата управления Рослесхоза.

Как известно, в связи с введением в действие Лесного кодекса и закона №199 от 31.12.2005, перераспределены ответственность и полномочия между федеральным и региональными органами управления лесным хозяйством. Исполнение ФЗ №199 предполагает существенное реформирование управления лесным хозяйством всей страны. В этой связи возрастает значение стратегического планирования и оперативного управления, существует насущная потребность внедрения ГИС-технологий в работу федерального звена управления лесным хозяйством. Благодаря практическому использованию и визуализации в среде ГИС данных государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) и статистической отчетности в виде электронных карт можно рассчитывать на выработку более обоснованных и взвешенных решений по управлению лесным хозяйством.

Под патронажем Управления лесопользования и лесоустройства Рослесхоза выполнены работы по созданию картографической базы данных, содержащей основные элементы обзорно-топографических карт на территорию России и границы единиц административно-территориального и хозяйственного деления (лесхозы) по состоянию на 01.01.2006 г. Посредством реализации запросов к базам данных учета лесного фонда составлены образцы электронных карт.

Электронные карты предназначены для пространственного анализа статистических данных о лесном фонде, т. е. они нацелены на решение информационно-справочных задач. Задачам такого типа отвечает отображение агрегированных по административным и хозяйственным единицам данных, а границы покрытых лесом земель (собственно лесов) на таких картах не показывают.

Данные являются важнейшей составляющей для картографирования в среде ГИС. В основу методологии создания лесных карт в среде ГИС положен принцип преемственности. Принимая во внимание сложившиеся в отрасли традиции, когда для хранения лесотаксационной информации уже созданы базы данных, ведение и поддержание тематических баз данных, формирование запросов к отраслевой лесотаксационной информации останется за действующими СУБД, а картографические базы данных будут создаваться программными средствами ГИС.

Учетные данные по лесному фонду страны, которые необходимы для составления электронных карт, собирают и обобщают в Рослесинфорг МПР РФ. Для обработки этой информации уже более 20 лет пользуются профессиональными системами управления базами данных (СУБД). СУБД FOXPRO, которая в настоящее время используется Рослесинфорг, позволяет реализовать запросы к статистическим данным ГУЛФ и выводить формы отраслевой отчетности. Эта тематическая информация из базы данных ГУЛФ в обменном формате DBF может быть непосредственно экспортирована в ГИС.

Необходимый источник пространственной информации - картографические материалы. Картографическая база данных, с которой увязываются тематические данные,

должна содержать как общегеографические элементы основы, так и границы административно-хозяйственного деления.

Наиболее важный элемент содержания - границы административно-хозяйственного деления. Они динамичны и меняются от учета к учету. Вопрос отслеживания изменений границ неоднократно обсуждался, но требует определенных организационных мероприятий. На сегодня нет организации или персонально ответственных профессионалов, которые бы периодически осуществляли дежурство и обновляли границы административно-хозяйственного деления согласно приказам территориальных и федерального органов управления лесным хозяйством. Поэтому от учета к учету требуется ввод и корректировка границ лесхозов территориальных образований и, как следствие, обновление картографической базы данных. Создавая картографическую базу данных по состоянию на 01.01.2006 г., мы преодолели определенный рубеж в осуществлении упомянутого дежурства. По мере поступления данных ГУЛФ и сопроводительных материалов, обновление картографической базы данных целесообразно проводить ежегодно. Согласно нормативным документам [3] региональные органы управления лесным хозяйством направляют в Рослесинфорг, помимо статистических данных, информацию о местоположении находящихся в их ведении административно-хозяйственных единиц. Эта информация очень разнородна. Нет единообразия в представлении материалов региональными органами управления. Границы лесхозов могут быть просто нанесены от руки на карты административно-территориального деления субъекта федерации, порой, довольно грубо. Иногда предоставленная региональными органами информация передается на машинных носителях в виде файлов, записанных в каком-либо растровом или векторном (чаще MIF/MID-MapInfo) формате.

Тематическая информация на справочных картах лесов не имеет точной координатной привязки к линейным или точечным объектам базы данных ГИС. Она привязана к площади административно-хозяйственных единиц. Поэтому для изображения данных ГУЛФ и статистической отчетности Рослесхоза пригодна разгруженная (упрощенная) картографическая основа, содержащая крупные населенные пункты, речную сеть, транспортную сеть, границы. Данные привязываются к центральной точке административно-территориальных образований или лесхозов, координаты которой вычисляются программно или задаются оператором при составлении.

Для подготовки планово-картографических материалов сегодня в лесоустройстве применяют различные программные средства. В лесоустроительных предприятиях и организациях отрасли используются WinGIS, MapInfo, TopoL, Geograf/Geodraw, ARC/INFO-Arc/View. Каждая из этих систем имеет свои достоинства и ограничения. Для создания картографической базы данных и подготовки справочных карт мы использовали программные пакеты TopoL и ArcMap (ArcView версии 8.1. и 9.1).

Методика составления карт, разработанная нами, имеет ряд особенностей, отличающих ее от той, которая используется в лесоустройстве. Создание карт подразделяется на следующие этапы:

- Сбор, систематизация и предварительная обработка источников данных.
- Ввод данных в компьютер, привязка графической информации к картографической основе, редактирование картографической и атрибутивной информации, построение корректной топологии, проверка идентичности кодов (идентификаторов) в картографической базе данных и ГУЛФ.
- Соединение/связь картографической базы и данных ГУЛФ.
- Формирование запросов к базам данных, визуализация запросов, оформление и печать карт.

Для создания картографической базы данных источники картографической информации требуется представить в цифровой форме. Графические данные могут посту-

пать из субъектов РФ в различных видах – на бумажных носителях (картах, схемах, рукописных материалах) или в цифровой форме. Записанные в цифровой форме данные конвертируются в ArcView. Информация с бумажных носителей преобразуется в цифровую форму посредством сканирования и/или цифрования.

Оцифровка границ лесхозов, государственных заповедников и национальных парков проведена программными средствами ArcView 8.1. Оцифрованные данные конвертированы в программную среду TopoL, в которой произведено построение топологии, редактирование и исправление ошибок (проверка полигонов на замкнутость) и после редактирования сформированы полигональные покрытия. После ввода и построения топологии данные конвертированы в форматы той программной среды, в которой будут создаваться карты. Рабочие блоки TopoL экспортированы в форматы *.shp для работы в среде ArcView.

Цифровая картографическая база данных дополнена слоем с границами государственных природных заповедников и национальных парков по субъектам РФ. Информационными источниками для дополнения цифровой картографической базы служили карты, размещенные на Интернет-сайтах природоохранных организаций, и изданная карта «Заповедники, национальные парки и заказники федерального значения России» масштаба 1:7000000.

Привязка графической информации (границ лесхозов, заповедников и национальных парков) в среде ГИС осуществлялась к цифровой картографической основе. Для выполнения наших работ отдельные слои картографической основы масштаба 1:1000000 были приобретены у ООО Дата+.

Основообразующим принципом картографирования в среде ГИС является возможность совмещения картографической и атрибутивной (тематической) баз данных. При создании справочных карт в среде ГИС присоединение данных ГУЛФ к картографической базе производилось по общему полю – уникальному коду, в состав которого входит номер административно-территориального образования РФ и номер лесхоза. Этот уникальный код соответствует коду лесхозов, заповедников, национальных парков в ГУЛФ. Кодировка лесхозов всех субъектов Федерации в картографической базе данных откорректирована по состоянию на 01.01. 2006 г.

Этап совмещения картографической и тематической баз данных, по сути, завершает техническую сторону подготовки цифровых данных в среде ГИС. Дальнейшая организация введенных данных нацелена на формирование картографического изображения, реализацию запросов пользователя, визуализацию карт и их вывод на печатные устройства.

В результате выполненных нами работ создана картографическая база данных с границами административно - хозяйственного деления по состоянию на 01.01.2006 г. для представления данных учета лесного фонда и статистической отчетности Рослесхоза. Разработана и опробована методика составления справочных карт в программной среде ГИС. Отработаны приемы реализации запросов к совмещенным базам данных в среде ArcMap (ArcView 8.1.и 9.1.) и визуализации их в картографической форме. Такой подход к составлению справочных лесных карт с использованием ГИС отвечает современному уровню и общемировым тенденциям в картосоставлении.

В настоящее время лицензионное программное обеспечение ArcView 9.1. инсталлировано в Управлении лесопользования и лесоустройства. Загружена созданная нами картографическая база данных. Производится обучение специалистов Рослесхоза работе с базами данных, формированию запросов, воспроизведению электронных карт по имеющимся данным в среде ГИС.

Литература

1. Аэрокосмический мониторинг лесов/Исаев. А.С., Сухих В.И., Калашников Е.Н. и др.. М.: Наука.1991. 240 с.

2. Данджермонд Д. ГИС помогает управлять нашим миром //ArcReview. Современные информационные технологии. №1.2006 с.1-2
3. Инструкция о порядке ведения государственного учета лесного фонда. М.: ВНИИЦлесресурс.1997. 80 с.
4. Кашпор Н.Н. Аэрофотосъемка и современное лесоустройство // Дистанционные методы в лесоустройстве и учете лесов. Приборы и технологии. Материалы Всероссийского совещания-семинара с международным участием. Красноярск, 2005, с.6-9
5. Малышева Н.В Проектирование справочных лесных карт//Лесное хозяйство №2-3, 1992, с.45-47

CARTOGRAPHIC MAINTENANCE OF FOREST STATE ACCOUNT AND ROSLESKHOZ ACCOUNTING BASED ON DIGITAL DATABASE

N. Malysheva

All-Russian Research Institute of Silviculture and Forestry Mechanization,

Pushkino, Moscow region

Cartographic database with boundaries of administrative and management units for representation of forest state account and statistical accounting of Rosleskhoz was developed. Reference forest maps were compiled by ArcMap (ArcView 8.1.and 9.1). This study illustrates how GIS can be utilized to enhance the forest management at federal level.

ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ SCANEX IMAGE PROCESSOR И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЛЕСОУСТОЙСТВЕ И МОНИТОРИНГЕ

А. А. Маслов [1, 2], А. В. Сонюшкин [1]

[1] Инженерно-технологический центр СканЭкс, Москва
[2] Институт лесоведения РАН, Успенское Московской обл.

В последние годы масштабы использования материалов космической съемки в лесоустройстве и лесном мониторинге быстро возрастают. Во многом это связано с внедрением новых стандартов сертификации, переходом лесоустройства на безбумажные ГИС-технологии. Беспрецедентным является увеличение масштабов съемки лесного фонда России со средним и высоким пространственным разрешением в рамках программы Рослесхоза по дистанционному мониторингу порядка лесопользования. Только в 2006 году суммарная площадь поставленной лесоустроительным предприятиям космической съемки высокого разрешения (6–10 м) превысила 100 млн. га (см. статью *В.Е. Гершензона с соавторами* в настоящем сборнике).

Несмотря на быстрый рост применения космических снимков в лесоустроительных, научных и учебных лесных организациях, для обработки получаемой информации до сих пор нередко используют несоответствующее данным программное обеспечение (ПО). Загрузку и обработку получаемых снимков проводят в обычных растровых редакторах (Adobe Photoshop, Corel Photo-Paint) и ГИС-пакетах общего назначения, что приводит (иногда – неосознанно) к усечению поканальных гистограмм яркости, сильному искажению исходной пиксельной структуры изображений и другим потерям информации.

По мнению В.В. Куртеева (Российский центр защиты леса), опубликованному на сайте ГИС-Ассоциации 20.07.2006 года, отсутствие на российском рынке отечественного ПО для обработки данных космической съемки является одним из существенных тормозов в развитии рынка ДЗЗ в целом. Зарубежные же пакеты (типа ERDAS), как правило, слишком дóроги для российских пользователей.

Разработанный в ИТЦ СканЭкс программный пакет Scanex Image Processor 2.0 представляет собой софтверный продукт, предназначенный для предварительной и тематической обработки спутниковых снимков, создания конечных продуктов – карт, фи-

зических индексов, моделей, а также для экспорта данных в ГИС и системы обработки изображений. При невысокой стоимости и сравнительно низкой требовательности к ресурсам компьютера данный продукт отвечает базовым требованиям к специализированным пакетам по обработке космических снимков со многих спутников.

В настоящее время пакет Scanex Image Processor используется в 25 российских и зарубежных организациях, включая научные (Институт лесоведения РАН, ЦЭПЛ РАН), учебные и крупные производственные – такие как Центрлеспроект, Северо-Западное лесоустроительное предприятие и другие. В региональные центры мониторинга в 2005–2006 годах поставлено 14 рабочих мест, в том числе – две сетевые версии; весной 2006 г. проведено обучение сотрудников лесоустроительных предприятий. За рубежом пакет закуплен организациями из США, Турции, Индонезии, Казахстана и Белоруссии. Важной особенностью пакета является его модульная организация, что позволяет «наращивать» функции по мере необходимости. К числу дополнительных модулей относятся: 3D моделирование (с возможностью записи видеороликов), классификация и тематическая интерпретация многозональной съемки, средства разработчика и другие.

Рассмотрим некоторые важные свойства пакета ScanEx Image Processor на примере базового модуля.

Низкие требования к ресурсам компьютера. Пакет способен работать на машинах с процессором Intel Pentium IV, ОЗУ 512Мб и 40 Гб свободного места на жестком диске, не предъявляя специальных требований к видеокарте. При этом за счет подкачки данных (из заранее создаваемых самой программой пирамидальных слоев на жестком диске) пользователь может эффективно и быстро (в режиме реального времени) работать со снимками размером в нескольких гигабайт.

Поддержка всех основных систем координат. Пакет поддерживает 26 типов картографических проекций и 60 систем координат, используемых как в России, так и за рубежом. Проекции вновь открываемых файлов преобразуются в изначально заданную проекцию проекта. При этом трансформация и растров, и векторных данных, осуществляется «на лету» без изменения (перезаписи) самих исходных файлов.

Алгоритмы трансформации растров. Трансформация растров (при изменении проекции, совместной обработке снимков с разных сканеров) производится максимально «бережно» по отношению к исходной пиксельной структуре и исходным яркостям пикселей, что обеспечивается использованием современных фильтров ресемплинга.

Перечислим несколько стандартных операций с космоснимками, выполнение которых целесообразно и наиболее эффективно проводить в базовом модуле Scanex Image Processor ***до*** экспорта данных в лесные ГИС типа TopoL или ЛесГИС.

Просмотр и визуальная коррекция снимков с различных спутников и сканеров. В пакете можно просматривать и обрабатывать данные SPOT-2/4, IRS-1C/1D, IRS P6, EROS-A/B, ASTER, MODIS, Ресурс, Океан; при этом данные загружаются как в «сыром», так и в обработанном виде. В диалоговом режиме удобно настраивать «под себя» параметры гистограмм яркости по каждому из каналов, быстро осуществлять RGB синтез разных каналов, менять масштаб отображения – вплоть до 200–300% с возможностью сглаживания и проведения оцифровки объектов с экрана.

Геометрическая коррекция изображений. Трансформация (геометрическая коррекция) изображений может осуществляться в Image Processor с использованием данных телеметрии спутника. При наличии нескольких точек наземной привязки результаты такой коррекции содержат наименьшие искажения. Альтернативный (стандартный) вариант коррекции снимков – использование опорных точек, снятых с помощью GPS или с топографических карт (с вариантами «растр к векторному слою» или «растр к растру»). Следует подчеркнуть, что для коррекции и привязки снимков к «бумажным» картам, первоначально осуществляется трансформация карт в этом же моду-

ле Image Processor. Для горных районов геометрическая коррекция проводится по опорным точкам цифровой модели рельефа.

Трансформация и привязка снимков в автоматическом режиме. При наличии одного «мастер-слоя» из снимков с точной привязкой и высокими геометрическими характеристиками в пакете можно привязывать и трансформировать любые новые космо- и аэроснимки без участия оператора. Так называемый метод корегистрации основан на поиске (самой программой) нескольких тысяч опорных точек с дальнейшей работой коррелятора. При этом масштаб (разрешение) мастер-слоя и привязываемых к нему снимков совсем не обязаны быть одинаковым.

Увеличение пространственного разрешения. Заметно улучшить качество дешифрирования объектов при лесном мониторинге можно путем слияния панхроматического изображения (с высоким пространственным разрешением) и многоспектрального изображения (с низким пространственным разрешением). При этом панхроматический и «цветной» снимки могут быть взяты с разных спутников (сканеров). В пакете Scanex Image Processor данная опция названа Image Fusion.

Создание мозаик. Границы снимков нередко пересекают границы лесхозов и областей, поэтому сшивка соседних кадров в единый растр существенно облегчает дальнейшую оцифровку объектов. Кроме создания «бесшовных» растров из рядом лежащих снимков, в пакете реализован процесс «запечатывания» дефектных участков на снимке фрагментами из другого кадра.

Конечно, здесь перечислена малая часть всех возможностей Scanex Image Processor. Так, не рассказано об анализе изменений на местности по серии снимков за разные годы (change detection), о процессах автоматической векторизации и о функциях обработки рельефа. Мы попытались назвать лишь те задачи, которые возникают и решаются, по сути, в каждом проекте по ДЗЗ. Откорректированный и трансформированный бесшовный geotiff файл с улучшенным разрешением, подготовленный в Scanex Image Processor, уже готов для загрузки в лесную ГИС с сохраненными файлами внешней привязки в форматах MapInfo tab или ArcInfo World File.

На конец 2007 года запланирован выход третьей версии Scanex Image Processor. В новую версию (среди других важнейших функций) включен сегментатор многозональных изображений с учетом текстуры выделяемых контуров, а также модуль классификации на основе нейронных сетей.

Совместное применение Scanex Image Processor и ГИС в лесном хозяйстве способствует переходу на полностью электронную технологию с существенным повышением качества данных лесоустройства и мониторинга. Полное описание свойств и возможностей Scanex Image Processor приводится на веб-сайте компании СканЭкс – http://www.scanex.ru/ru/software/.

APPLICATION OF SCANEX IMAGE PROCESSOR SOFTWARE IN FOREST INVENTORY AND MONITORING

A. Maslov [1, 2], A. Sonyushkin [1]

[1]R&D Center ScanEx, Moscow
[2]Institute of Forest Science RAS, Moscow

Scanex Image Processor is a first Russian powerful modular software package with a full set of the raster data processing means. The most important in forest inventory and monitoring features include: import and export of many RS data formats, raster data visualization, raster registration and transformation, reprojection to any cartographic projection. Original

automatic image co-registration technology is capable to align images of different resolutions and from different sensors. Pan sharpening and image mosaic building improve results of satellite image interpretation as well. The coming (December 2007) new version will include multispectral images segmentation and neural network classification technology.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА РФ КАК ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ

В. Н. Манович

Федеральное государственное унитарное предприятие «Запсиблеспроект»,
г. Новосибирск

Лесные экосистемы являются основным компонентом природной среды и обеспечивают естественное регулирование большинства протекающих в экологической системе Земли процессов. В этой связи невозможно реальное прогнозирование глобальных изменений природной среды без учета экологических проблем, структуры и динамики изменения состава лесов России, а также без анализа природных и антропогенных процессов, происходящих в лесах.

Концепция развития лесного хозяйства Российской Федерации на 2003-2010 годы для обеспечения устойчивого развития лесного хозяйства и решения экологических проблем в числе приоритетных мер предусматривает:

- сохранение биологического разнообразия и экологических функций лесов путем выделения категорий лесов природоохранного назначения и обеспечение режима их сохранности;
- разработку системы сохранения биоразнообразия в лесах, являющихся объектом экономической деятельности, развитие сертификации;
- обеспечение качественного воспроизводства лесных ресурсов как обязательного элемента лесопользования, сохранение почвенных и водных ресурсов при лесопользовании;
- осуществление планомерного развития лесного хозяйства на основе внедрения достижений науки и техники, широкого использования геоинформационных систем и технологий (ГИС-технологий) для обеспечения интенсивного, комплексного использования лесных ресурсов при сохранении экологического и генетического потенциала лесов России;
- совершенствование программно-методического обеспечения мониторинга лесов и лесного хозяйства (разработка высокоэффективных технологий получения достоверной и оперативной информации о лесах, использование ГИС-технологий и т.п.).

С принятием нового лесного кодекса приоритетами по обеспечению устойчивого лесопользования Федерального агентства лесного хозяйства Российской Федерации в новых условиях, указанными в докладе руководителя Рослесхоза В.П. Рощупкина на Лесной коллегии МПР России 27 февраля 2007 г., являются:

1. Государственная инвентаризация и оценка состояния лесов, основанная на сочетании наземных статистических методов, то есть обследования регулярной сети временных или постоянных пробных площадей, а также дистанционных аэрокосмических методов. При этом предполагается формировать оценку состояния лесов по макропоказателям устойчивости, в том числе международно-признанным критериям и индикаторам;

2. Развитие методов оценки устойчивости лесоуправления на региональном уровне. Инструментом оценки станут уже наработанные методы аэрокосмического мониторинга с ориентацией на выявление негативных тенденций регионального уровня, а не на отдельные нарушения;

3. Развитие сети модельных лесов. Такие леса станут эффективным каналом проникновения передового российского и зарубежного опыта в практику управления лесами конкретных регионов, а также полигоном для реализации международных проектов.

4. Восстановление системы защитного лесоразведения в малолесных регионах России. Это задача природоохранного, некоммерческого плана вновь, как и в прошлые годы, становится важным государственным приоритетом;

5. Стимулирование лесопользования на экологических принципах и взаимодействие с неправительственными организациями, а также с бизнес - ассоциациями; Главный предмет этого взаимодействия – всемерная поддержка развития механизмов:

- независимого мониторинга и аудита лесопользования;
- экологического рейтингирования;
- добровольной сертификации;
- добровольных кодексов профессиональной этики и стандартов экологической и социальной ответственности бизнеса.

Ускоренное развитие получат информационные системы общего доступа, включая лесной реестр и кадастр лесных участков, данные дистанционного (аэрокосмического) зондирования, средства лесной картографии.

Еще одним подтверждением сохранения за государством контроля за состоянием лесов, их количественных и качественных характеристик, является функция государственной инвентаризации лесов (статья 90 Лесного кодекса), главными задачами которой являются:

• своевременное выявление и прогнозирование развитие процессов, оказывающих негативное воздействие на лес;

• оценка эффективности мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов.

Исходя из вышеуказанных задач, лесной мониторинг является необходимой информационной системой для обеспечения государственных интересов в области управления лесами, включая охрану лесов и рациональное использование лесных ресурсов. Такая информационная система должна создать возможность оперативного слежения за изменениями состояния лесов, вызванных лесопользованием, природными и техногенными воздействиями, а также регистрации и анализа поступающей информации с целью получения прогнозов и информационной поддержки принятия оперативных решений по управлению лесами. Таким образом, основой государственной инвентаризации становится мониторинг состояния лесов.

Организация лесного мониторинга на наш взгляд является одной из главных функциональных задач органов управления лесами. При этом объектом такого мониторинга должен являться весь лесной фонд России, независимо от форм собственности на землю и лес.

Целями проведения лесного мониторинга, как составной части Единой государственной системы экологического мониторинга в Российской Федерации являются:

- оперативное отслеживание и регистрация текущих изменений в состоянии земель лесного фонда, лесопатологического (санитарного и экологического) состояния лесов, анализ динамики основных характеристик, отображающих изменения в состоянии земель лесного фонда, составление прогнозов изменения состояния, вызванных хозяйственной деятельностью и стихийными факторами;
- информационная поддержка для принятия управленческих решений по управлению лесным комплексом и охране природы для всех уровней управления;

- выполнение обязательств Российской Федерации по мониторингу состояния лесов, сохранению биологического разнообразия и устойчивому развитию лесного хозяйства.

В свою очередь лесной мониторинг в соответствии с решаемыми задачами и функциональным разделением ведомственных структур подразделяется на следующие виды:

- мониторинг лесных ресурсов и земель лесного фонда;
- лесопатологический мониторинг;
- лесопожарный мониторинг;
- специальные виды лесного мониторинга (в том числе мониторинг состояния лесов в зонах промышленных выбросов, радиационного загрязнения и других факторов;
- мониторинг малоосвоенных лесов (ведется методами ДЗЗ);
- мониторинг лесов в рамках выполнения международных программ и соглашений.

Однако прежде чем создавать Методики осуществления мониторинга по их видам, необходимо определить концепцию организации мониторинга земель лесного фонда или лесного мониторинга.

Одним из главных критериев создаваемой системы лесного мониторинга должна быть его ***комплексность***, т.е. при проведении мониторинга решаются все вышеперечисленные задачи, с анализом всего спектра изменений состояния земель лесного фонда, вызванных как хозяйственной деятельностью, так и природными факторами (стихийные бедствия, вредители и болезни и т.д.). Это позволит использовать по максимуму возможности космических снимков и аэрофотоснимков, одновременно решать множество задач, а главное значительно сэкономить средства, которые необходимо выделять на осуществление мониторинга.

Далее, мониторинг должен быть ***системным***, т.е. это не должна быть разовая работа, а работа, для которой определены задачи, сроки и периодичность их выполнения, структуры, ответственные за выполнение работ.

Безусловным на наш взгляд должно быть и то, что ***организация мониторинга должна быть поэтапной***, а именно:

1. Территория России должна быть разделена на зоны (районы) мониторинга с учетом интенсивности ведения лесного хозяйства, использования земель лесного фонда. Таким образом, для каждой зоны можно будет выделить основные виды мониторинга, например, для зоны малоосвоенных северных лесов необходимо осуществлять, прежде всего, лесопожарный мониторинг и мониторинг состояния лесного покрова, для зоны лесов лесостепи и степных лесов – лесопожарный и лесопатологический мониторинги. Для каждой зоны должна быть установлена периодичность мониторинга, в соответствии с задачами, определенными для зон.
2. Сегодня Рослесхоз создает Центр государственной инвентаризации и оценки состояния лесов, сеть филиалов которого и будет осуществлять работы по мониторингу лесов. За каждым филиалом предполагается закрепление зоны (района) мониторинга.
3. Для ведения мониторинга изначально должна быть создана основа, на которой будет базироваться вся система мониторинга. Наиболее приемлемой основой являются лесные цифровые карты, созданные с использованием ГИС-технологий на основе материалов аэрофотосъемки или космической съемки. Однако в связи с тем, что сегодня такие карты созданы лишь на небольшую часть территории РФ (около 30%), необходимо создать на основе космической съемки карты лесов РФ в растровом формате, на которые нужно с использованием материалов лесоустройства нанести границы земель лесного фонда и квартальную сеть. Должен быть определен год начала мониторинга той или иной зоны (района), зависящий от года съемки и создания карты лесов на эту зону (район).

4. В филиалы Центра государственной инвентаризации и оценки состояния лесов должны поступать сведения о всех изменениях в состоянии земель лесного фонда, в том числе: о выполненных работах по охране, защите и воспроизводству лесов и местах их проведения, о действующих очагах вредителей и болезней, о естественном заращивании не покрытых лесом земель и переводе их в покрытые лесом земли с момента проведения последнего лесоустройства, об использовании земель в целях, не связанных с ведением лесного хозяйства. Поступившие данные будут вноситься на созданную основу лесного мониторинга с редактирование как картографических, так и атрибутивных (таксационных) баз данных с последующим анализом и выработкой предложений для органов управления лесным хозяйством всех уровней (локального, субъекта РФ, федерального).

5. По мере создания лесных цифровых карт по зонам (районам) мониторинга растровые форматы основы мониторинга будут заменяться на векторные форматы (картографические и атрибутивные базы данных).

В соответствии с Постановлением коллегии Рослесхоза от 19 октября 1993 г. «Лесной мониторинг в России», не реализованным до настоящего времени, необходимо пересмотреть предлагаемые в постановлении три метода ведения мониторинга, исходя из реалий сегодняшнего дня (наличия средств, политической воли, международный фактор и т.п.).

Рассмотрим предлагаемые постановлением методы:

1. Экологический мониторинг с размещением сети пунктов постоянного наблюдения по узлам регулярной сети (по методике ЕЭК ООН). Ведется на землях лесного фонда России, попадающих в 500 км полосу вдоль западной границы бывшего СССР в соответствии с принятыми ранее обязательствами (такой мониторинг ведется, например, в Белоруссии). Требует значительных денежных средств, так как является, по сути, наземным методом. Необходимость организации такого мониторинга не вызывает сомнения.

2. Комплексный мониторинг состояния лесного фонда с применением дистанционных методов наблюдения по всей площади и системы наземного контроля с выборочным размещением пунктов постоянного наблюдения с учетом природных условий, факторов влияния, экологического и хозяйственного значения лесов. Применяется в зоне интенсивного лесопользования и ведения лесного хозяйства, особо ценных и охраняемых лесах, насаждениях, подверженных неблагоприятным воздействиям в Европейской части России, юге Сибири и Дальнего Востока. На наш взгляд, наиболее реально возможный метод с учетом возможности и необходимости применения космических снимков.

3. Фоновый мониторинг состояния лесного фонда на эталонных участках, выбранных на основе ландшафтного подхода, с экстраполяцией полученных данных с помощью материалов космической съемки. Должен применяться в зоне резервных и притундровых лесов на Севере Европейской части, Сибири и Дальнего Востока. Выбор элементарной единицы наблюдения зависит от уровня агрегации информации, уровня затрат и возможностей технического обеспечения. Такой вид мониторинга обязательно нужно использовать с учетом обширности территорий и необходимости минимизации затрат на ведение мониторинга.

Все вышеперечисленные методы необходимо применять - для этого наступили как экономические, так и политические предпосылки.

Необходимо разработать и законодательно утвердить Положение о системе мониторинга, Методику проведения мониторинга состояния земель лесного фонда, порядок финансирования работ и предприятия (структуры), на которых будут возложены задачи по организации и проведению мониторинга.

Литература

1. Лесной кодекс Российской Федерации.

2. Постановление коллегии Рослесхоза от 19 октября 1993 г. «Лесной мониторинг в России».
3. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. М., Финансы и статистика, 1999.
4. Креснов В.Г., Манович В.Н., Махонин А.С. Лесорастительное районирование. Журнал «Лесное хозяйство», №5, 2004, стр.44.
5. Креснов В.Г. Применение ГИС в лесоустройстве и лесном хозяйстве, Сборник материалов научного конгресса «Гео-Сибирь-2005», т.3, ч.1, стр.10.
6. Седых В.Н. Аэрокосмический мониторинг лесного покрова, Новосибирск, Наука, Сиб.отд-ние, 1991.
7. Сухих В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: Учебник. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005.

CONCEPTUAL APPROACH TO DEVELOPMENT OF THE MONITORING SYSTEM OF RUSSIAN FOREST FUND'S CONDITION AS THE BASE OF STATE FOREST INVENTORY

V. Manovitch.

Federal state unitary enterprise "Zapsiblesproekt", Novosibirsk

Proposals to conceptual base of organization of Russian State forest inventory are under consideration. The regional differentiate approach to receiving information on the base of integrated use of space information, different forest inventories data and field observation network is suggested.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДЗЗ ДЕТАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Л. И. Пермитина, Т. Г. Куревлева, К. С. Емельянов, А. П. Коршунов

Научно-технологический центр космического мониторинга Земли (НТЦ КМЗ),

филиал ФГУП РНИИКП, г. Москва

Мониторинг лесов, их инвентаризация, оценка состояния растительности и картирование являются основой процесса управления лесами. Использование данных дистанционного зондирования Земли существенно повышает возможности информационных методов лесного мониторинга.

Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ), ныне подразделение НТЦ КМЗ, участвовал в 2004 г. в проекте «GSE Forest Monitoring (GSE FM)» по европейской программе Global Monitoring Environment and Security (GMES) – Глобальный мониторинг окружающей среды и безопасность Информацию об этом проекте можно найти по адресу http://earth.esa.int/gmes/.

НЦ ОМЗ выполнял часть проекта, которая называлась "Forest Monitoring in Russia" («Мониторинг лесов в России»). В рамках проекта выполнялись подготовительные исследования по расширению и согласованию методов лесного мониторинга с использованием спутниковых данных, разрабатываемых в Европе, с методами лесного мониторинга в России.

Были предложены меры для интеграции усилий, стандартизации выходных продуктов, обмена информацией, совершенствования методов усвоения спутниковой информации. В проекте рассматривались различные географические и временные аспекты: глобальный мониторинг лесов, континентальный, региональный, национальный, локальный, были представлены группы задач и интервал обновления данных по каждой задаче. Большое внимание в проекте было уделено вопросам анализа требований потребителей, соответствия выходных результатов этим требованиям, согласования

видов и форматов выходных продуктов между обработчиками и конечными пользователями.

В мировой практике для службы мониторинга лесов широко используются спутниковые данные низкого, среднего и высокого разрешения. Как правило, в качестве исходных данных для работы лесные службы включают: снимки с зарубежных КА TERRA, Landsat (ETM), SPOT, IRS, ERS (SAR), ENVISAT (ASAR), снимки с российских КА «Ресурс-01», «Метеор-3М», «Монитор-Э», а также опорные наземные данные и цифровые модели рельефа (Digital Elevation Model – DEM). В настоящее время все более широко используются лесными службами данные детального разрешения зарубежных КА IKONOS, Quick-Bird, ALOS, российские потребители начали работы с данными КА «Ресурс-ДК» . Помимо оптических данных для районов, покрытых облачностью большую часть года, используются данные SAR.

Данные ДЗЗ детального разрешения необходимы для служб организации лесопользования, для которых характерны два направления: первое - картирование и мониторинг повреждений леса (вырубки, лесные пожары, другие повреждения), второе – обновление национальных баз данных и геоинформационных систем по лесам и лесному хозяйству. Выходные продукты этих служб представляются в виде карт вырубок и карт лесовосстановления, карт лесного покрова в целом, карт типов леса, карт возраста леса.

Использование данных ДЗЗ детального разрешения в службе экологических приложений и охраны природы необходимо для решения задач землепользования и определения индикаторов состояния лесов. Значения последних исследуются для районов, заданных пользователем, и являются входными параметрами в системы экологического мониторинга и экологического моделирования. Это определяется важной ролью, которую играют леса в таких проблемах, как загрязнения воздуха, стрессовые нагрузки на экосистему, состояние почвы и водных ресурсов.

В докладе приведены примеры изучения по космическим снимкам процессов возникновения и обнаружения лесных пожаров, выявления гарей, вырубок (в т.ч. несанкционированных), путей вывоза лесной продукции, классификаций лесных угодий по породам, типам, возрасту.

Продемонстрированные материалы позволяют нынешним и будущим пользователям понять преимущества и необходимость использования данных ДЗЗ детального разрешения, в т.ч. данных КА «Ресурс-ДК1», для оперативных работ службы лесов при организации лесного мониторинга.

OUTLOOK OF USING REMOTE SENSING DATA OF SUPER-HIGH RESOLUTION FOR FORESTRY

L Permitina, T. Kurevleva, K. Emelyanov, A. Korshunov

Scientific and Technological Center for Earth Space Monitoring
(NTTs KMZ), branch of FSUE “RISDE”, Moscow

Forest monitoring, forest inventory, forest vegetation state and forest mapping are the base for forest control. Remote Sensing data role for forest monitoring is described. Most essential for forest monitoring kinds of RS data are listed. The special consideration is given for super-high resolution RS data that is very necessary for forest land tenure and other forestry tasks. Several examples of RS data using for forestry are demonstrated.

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ – СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В. И. Сухих

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

За последнее пятилетие, прошедшее после третьей конференции «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйств», в Мире произошли определенные позитивные изменения в технической и научно-методической базе дистанционного зондирования Земли, в том числе и лесов. Получили развитие зарубежные и отечественные космические многоцелевые системы гражданского назначения, работающие как в оптическом, так и радио диапазонах, ориентированные на изучение природных ресурсов Земли. По своему пространственному разрешению некоторые из них практически сравнялись с материалами традиционной крупномасштабной аэросъемкой. Все большее применение в лесном хозяйстве зарубежных стран находит применение цифровая аэросъемка, которая вытесняет традиционную аэрофотосъемку. В ряде стран активизировались работы по внедрению в таксацию леса лазерных аэросъемок. Первые опыты применения цифровой и современной лазерной аэросъемки при изучении лесов и оценке их состояния проведены и в России [1]. Развиваются методы обработки аэрокосмической информации в среде геоинформационных систем, создаются новые более совершенные программные продукты [2].

Произошли определенные положительные сдвиги в практическом применении материалов аэрокосмических съемок и ГИС-технологий при решении задач лесного хозяйства [3]. Получили дальнейшее развитие аэрокосмические методы в охране лесов от пожаров, базирующиеся на применении ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования, получаемых с ИСЗ NOAA и Modis [4]. Разработана и начинает находить практическое применение система дистанционного лесопатологического мониторинга, основывающегося также на преимущественном применении материалов, получаемых с ИСЗ Modis [5].

В 2005 г. разработаны и одобрены Советом Федерального агентства лесного хозяйства «Методические рекомендации по дистанционному мониторингу организации и состояния лесопользования в лесном фонде Российской Федерации» [6]. На основе их развернуты в зоне основных промышленных лесозаготовок широкомасштабные работы по контролю за соблюдением правил рубок леса и выявлению незаконных рубок, которые получили в последние 10-15 лет значительное распространение.

В основу мониторинга положено использование материалов разновременных космических съемок среднего (100-250 м), высокого (6-10 м) и сверх высокого пространственного разрешения (1 м и лучше) или сверхмелкомасштабных аэроснимков с разрешением соответственно 2-5 м. В дополнение к ним предусмотрено использовать там, где необходимо получать детальную информацию, крупномасштабные аэроснимки с разрешением 10-20 см. Совместно с материалами дистанционных съемок используются в среде геоинформационных систем картографические и таксационные базы данных лесоустройства и фондовые материалы лесничеств по лесопользованию (планы рубок, лесорубочные билеты и др.).

В 2005 г. работы по контролю за порядком лесопользования проведены на площади около 50 млн. га, в 2006 г. – на 100 млн. га, в 2007 г. планируется провести мониторинг на площади около 200 млн. га, охватив полностью зону промышленных лесозаготовок. Двухлетний опыт работ подтвердил надежность и эффективность метода. В процессе проведения мониторинга выявлены многочисленные случаи нарушений лесного законодательства и правил организации и осуществления лесопользования, в т.ч. факты рубок без разрешительных документов и в местах, где по экологическим сооб-

ражениям промышленные рубки запрещены. Нарушения допускают как лесопользователи, так и работники лесного хозяйства.

Одной из приоритетных задач лесного хозяйства является слежение за своевременным и качественным восстановлением леса на вырубках, гарях и других не покрытых лесом и нелесных землях. Для решения этой задачи в 2006 г. были разработаны рекомендации по организационно-функциональной структуре системы дистанционного мониторинга лесовосстановления. Методология решения ее базируется на дешифрировании многозональных разновременных (в том числе и зимних) космических снимков разного пространственного разрешения (от 100-150 м до 1 м), а также крупномасштабных аэрофотоснимков [7]. Необходимо ее производственное апробирование и внедрение в практику.

Важной и сложной проблемой современного лесного хозяйства является обеспечение своевременного обновления материалов лесоинвентаризации (таксации лесоустройства). В 60 – 80-х гг. прошлого столетия успешно применялась сформировавшаяся в те годы система лесоинвентаризационных работ, базировавшаяся на сочетании в интенсивной зоне лесного хозяйства и лесопользования наземных работ и полевого дешифрирования материалов среднемасштабных и крупномасштабных цветных спектрозональных аэрофотоснимков с камеральным аналитическими или аналитико-измерительными методами дешифрирования, а в экстенсивной зоне лесного хозяйства и лесопользования (в резервных лесах) - на дешифрировании космических снимков с разрешением 7-10 м. Однако, развал экономики страны и ее составляющей – лесного сектора коснулся и безупречно функционировавшей ранее системы лесоустройства. Существенно уменьшился состав инженерно-технического персонала лесоустроительных предприятий. Снизился объем финансирования. В связи с этим лесоустроители были вынуждены идти по пути резкого сокращения затрат прежде всего более трудоемких полевых работ и заменять их дешифрированием. Однако из-за недостатка финансирования они пошли по пути замены крупно- и среднемасштабной аэрофотосьемки мелкомасштабной более низкого пространственного разрешения, что, конечно, делать было нельзя. Потери в связи с применением хотя и увеличенных снимков, Но с худшей разрешающей способностью безусловно ведут к снижению их информативности. В результате применения снимков худшего технологического качества, существенного сокращения доли полевых работ и привлечение к тому же к работам специалистов, не достаточно владеющих методами дешифрирования аэро- и космических снимков, привело к тому, что качество лесотаксационных работ снизилось.

Учитывая недопустимость такого положения в условиях развития лесопользования на арендных отношениях, Федеральным агентством лесного хозяйства в 2006 г. была поставлена задача по разработке усовершенствованной системы инвентаризации лесов при повторном лесоустройстве с учетом структуры лесов, интенсивности лесного хозяйства и лесопользования. В 2006 г. были разработаны методические рекомендации, предусматривающие деление территории лесного фонда страны на две зоны: а) лесоустройства, к которой отнесены леса ранее устроенные наземными методами с интенсивным лесным хозяйством и интенсивным и перспективным лесопользованием и б) лесоинвентаризации – территории резервных и низкопродуктивных лесов северо-восточной части страны, изученных ранее на основе дешифрирования космических снимков. Зона лесоустройства в свою очередь подразделяется на три подзоны: а) интенсивного лесного хозяйства, б) интенсивного и перспективного лесопользования и в) экстенсивного лесного хозяйства и лесопользования.

Применительно к зонам и подзонам определены требования по пространственному, спектральному, временному разрешению материалов дистанционных съемок и масштабу аэроснимков, используемых в полевых условиях, а также предложены диф-

ференцированные с учетом структуры лесов и уровней интенсивности лесного хозяйства и лесопользования технологии лесоинвентаризационных работ. Все они ориентированы на комплексное квалифицированное использование имеющейся лесотаксационной информации, полученной при предыдущих лесоинвентаризационных работах и в процессе проведения различных видов мониторинга лесов (лесопожарного, лесопатологического, организации и состояния лесопользования), моделей хода роста и развития лесных экосистем, максимально возможное получение при камеральном дешифрировании информации, содержащейся в используемых материалах аэрокосмических съемок, дополняемое там, где это необходимо, полевым дешифрированием в сочетании с наземной таксацией. Предусматривается получение наиболее точной и полной информации в тех объектах лесоустройства (лесоинвентаризации) или их частях, где ведется или намечается интенсивная лесохозяйственная деятельность и интенсивное лесопользовние.

Наряду с традиционными проблемами, над которыми ученые и специалисты работают уже длительное время, необходимо дальнейшее развитие сферы применения аэрокосмических методов и технологий в лесном хозяйстве. Одной из новых отраслевых задач первостепенной важности является разработка методических основ ***государственной инвентаризации лесов.*** Лесным кодексом определено, что «государственная инвентаризация лесов представляет собой мероприятия по проверке состояния лесов, их количественных и качественных характеристик» [8]. Она должна проводиться в целях: а) своевременного выявления и прогнозирования развития процессов, вызывающих негативные воздействия на лес; б) оценки эффективности мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов и в) информационного обеспечения управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, а также в области государственного лесного контроля и надзора. Она должна проводиться в отношении лесов, расположенных на землях лесного фонда и землях иных категорий, наземными и аэрокосмическими способами. При этом, несомненно, исходя из площади лесов и их труднодоступности, приоритетными средствами и методами должны стать аэрокосмические. В мировой практике накоплен определенный опыт применения в этих целях аэрокосмической информации. Поэтому следует тщательно проанализировать этот опыт и на основе его разработать методологию государственной инвентаризации применительно к специфике российских лесов и уровню управления лесным хозяйством.

Леса и земли других категорий лесного фонда подвергаются крупным негативным воздействиям в результате размещения на них различных нефтегазовых инфраструктур, деятельности золотодобывающей промышленности, проведения горных разработок, строительства линий электропередач, дорог и пр. Ярким примером этому может служить ситуация, сложившаяся на о. Сахалине. В 80-х годах прошлого столетия были разработаны методы использования материалов аэрокосмических съемок в целях мониторинга за данной группой воздействий на лесной фонд, но они в связи с началом перестройки и последующим развалом экономики и структуры управления не были внедрены в практику. Полагаем, что сейчас необходимо на основе этих разработок подготовить современную систему методов, базирующихся на материалах аэрокосмических съемок нового поколения и ГИС-технологиях и обеспечить проведение постоянного мониторинга за деятельностью всех организаций на территории лесного фонда.

Необходимо дальнейшее развитие методологии применения аэрокосмических методов при инвентаризации и картографировании лесов. Прежде всего, следует изменить отношение к использованию материалов аэрокосмических съемок со стороны руководителей лесоустроительных организаций, начальников партий, таксаторов, и в полной мере использовать их информационные возможности., а не так, как это имеет место во многих случаях сейчас, когда снимки используются в качестве подсобного ма-

териала для визуального контурного и упрощенного тасационного дешифрирования. При этом исполнители нередко работают, как уже отмечалось, с некачественными ксерокопиями снимков. При работах, как в полевых, так и камеральных условиях должны использоваться лишь снимки высокого технологического качества соответствующего пространственного, спектрального и временного разрешения. В максимальной степени должны использоваться при дешифрировании измерительные (автоматические, интерактивные) методы с использованием соответствующих современных измерительных приборов и средств компьютерной техники. В условиях сокращения финансирования на лесоустроительные работы, снижения престижности у молодого поколения полевых лесоустроительных работ и в связи с резким уменьшением в стране числа таксаторов, выезжающих на полевые работы, при одновременном повышении требований к точности таксации со стороны лесопользователей альтернативы этому нет.

Следует провести серию экспериментальных и опытно-производственных работ по выбору оптимальных технических средств для аэросъемки с целью определения целесообразности перехода на цифровую аэросъемку, определения места при инвентаризации лесов лазерного сканирования, определения сферы и режима применения материалов космических съемок при проведении повторного лесоустройства, проводимого по различным разрядам точности.

Важной задачей является совершенствование методов дешифрирования материалов аэрокосмических съемок. В настоящее время в производственных условиях при дешифрировании как аэро-, так и космических изображений применяют в основном традиционные визуальные методы, в редких случаях дополняемые измерением разностей продольных параллаксов на простейших приборах. Необходимо переходить на компьютерные методы дешифрирования, как автоматические, так и автоматизированные (интерактивные) с использованием ГИС-технологий. Компьютерные технологии позволят в значительно большей мере использовать как спектральные, так и текстурные признаки, измерять параметры крон осуществлять подсчет деревьев, определять сомкнутость полога, в полной мере задействовать при определении таксационных показателей множественные связи их с дешифровочными показателями, т.е. более полно использовать теоретические положения лесного дешифрирования, основы которого были разработаны Г.Г. Самойловичем еще в середине прошлого столетия [9].

В последние 10-15 лет в лесоустройстве в связи с разрушением системы В,О. «Леспроект» практически прекратилось проведение опытно-производственных работ. Видимо, целесообразно возродить их под эгидой ведущих лесоустроительных предприятий, в которых следовало бы сформировать специализированные группы из ученых и таксаторов, основной задачей которых должно быть совершенствование аэрокосмических методов и технологий в лесоустройстве и лесном хозяйстве.

Необходимо дальнейшее совершенствование методов и технологий применения данных дистанционного зондирования при охране лесов от пожаров и защите их от насекомых-вредителей и других неблагоприятных природных и антропогенных воздействий. Полагаем, что тематика по данным проблемам должна находиться постоянно в поле зрения отраслевой науки и специализированных производственных подразделений.

Настала пора перейти от решения отдельных задач к созданию комплексного аэрокосмического мониторинга лесов, теоретические основы и функциональная структура космического сегмента которого разработана еще в 80-х гг. п. прошлого столетия [10] и развита в последнее десятилетие [11].

Литература

1. Данилин И.М., Медведев Е.М., Мельников С.Р. Лазерная локация земли и лесов. ИЛ СЩ РАН. 2005. – 182 с.

2. Лурье А.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. Мю: Научный мир. 2003. – 176 с.

3. Сухих В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: Учебник - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005.-392 с.
4. Беляев А.И., Коровин Г.Н., Лупян Е.А. Состояние и перспективы развития Российской системы мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, т. I. М.: - ИКИ РАН. 2006. – с. 341-350.
5. Исаев А.С., Коровин Г.Н. Крупномасштабные изменения в бореальных лесах Евразии и методы их оценки с использованием космической информации// ж.Лесоведение, №2, 2003. с.3-9.
6. Методические рекомендации по дистанционному мониторингу организации и состояния лесопользования в лесном фонде Российской Федерации.М.:- Федеральное Агентство лесного хозяйства. 2006.- 23 с.
7. Рекомендации по организационно-функциональной структуре системы дистанционного мониторинга лесовосстановления. Федеральное Агентство лесного хозяйства. М.:- 2006.- 16 с.
8. Лесной кодекс Российской Федерации. М.: 2006.- 94 с.
9. Самойлович Г.Г. Применение аэрофотосъемки и авиации в лесном хозяйстве. – М.: Лесная промышленность, 1964. – 486 с.
10. Исаев А.С., Сухих В.И., Калашников Е.Н. и др. Аэрокосмический мониторинг лесов. М.: Наука, 1993.-241 с.
11. Сухих В.И.Функциональная структура космического сегмента мониторинга лесов России// Исследование Земли из космоса. 2001. №3.- с. 61-76.

AEROSPACE METHODS IN FORESTRY - STATE AND PROSPECTS

V. Sukhikh

Center of forest ecology and productivity problems Russian Academy of Science, Moscow

It is examined the modern state of the application of remote methods in forestry for the forest management, forest protection, control of the forest use order and forestretion on the not covered forest areas. Attention to the existing deficiencies is paid and the effectivenesses of aerospace methods use in forestry are proposed to the way of increase.

МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСНОМ ПОКРОВЕ БОРЕАЛЬНЫХ РЕГИОНОВ НА ОСНОВЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДАННЫХ РАДИОМЕТРА MODIS

М. Хансен, П. В. Потапов

Центр географических информационных систем, Университет шт. Южная Дакота, США

Анализ изменения площади лесов является необходимой частью глобальной количественной оценки лесных ресурсов (FAO, 2005). Данные о динамике лесопокрытых площадей служат основой для глобального моделирования биогеохимических циклов и климата. В настоящее время задача картирования и мониторинга лесов имеет большое значение, в том числе, на политической арене, так как позволяет количественно оценивать роль лесов страны в выбросах и поглощении углерода из атмосферы (IGBP, 1998). Данные дистанционного зондирования, прежде всего, материалы космической сканерной съемки, представляют собой уникальный источник обзорной независимой информации о состоянии лесов мира.

Представляемый в нашем докладе анализ изменений бореальных лесов является частью проекта организации глобального мониторинга лесов, финансируемого NASA (Hansen, 2006). Цель проекта – разработка алгоритма операционного мониторинга лесов, результаты которого могут быть использованы для количественного и пространственного анализа изменений на уровне биома и отдельных стран.

Процесс анализа изменений в лесном покрове включает два этапа:

1) Анализ временных рядов космических снимков среднего разрешения с использованием современных алгоритмов сбора и классификации данных для составления индикаторной карты сокращения лесопокрытой площади, которая используется для

стратификации площади биома по интенсивности изменений (Hansen et al, 2003; Hansen et al, 2004).

2) Результаты стратификации используются для построения системы модельных участков, анализируемых на основе данных высокого пространственного разрешения, что позволяет точно определить площади изменений (Loveland et al. 2002; Stehman et al. 2003).

Космические снимки среднего разрешения, такие как данные радиометра MODIS, имеют пространственное, спектральное и временное разрешение достаточное для проведения оперативного мониторинга изменений растительности. Однако относительно низкое пространственное разрешение не позволяет использовать эти данные для точного измерения площадей изменений. Индикаторные карты изменений, построенные на основе данных MODIS, могут использоваться для организации сети модельных участков, анализируемых на основе снимков высокого пространственного разрешения, в частности, снимков Landsat TM/ETM+. Совместное использование снимков высокого и среднего разрешения необходимо для точной оценки площадей изменений. С одной стороны, использование индикаторных карт изменений, построенных по снимкам среднего разрешения, позволяет организовать выборочное обследование территории с использованием снимков высокого разрешения, избегая трудоемкого и дорогого экстенсивного анализа с использованием регулярных сетей модельных полигонов. С другой стороны, результаты анализа снимков высокого разрешения на модельных участках позволяют уточнить индикаторные карты изменений, что необходимо для точной пространственной оценки динамики лесного покрова.

В нашем докладе мы остановимся только на результатах первого этапа проекта: создании индикаторных карт изменений по результатам анализа временных рядов данных МОДИС. Данных этап работы включает в себя: создание классификационной модели для выявления изменений на основе анализа временных рядов данных и применение созданной модели для составления ежегодных и многолетних карт изменений с 2000 по 2006 год. Второй этап работы, включающий в себя стратификацию территории по интенсивности изменений, анализ снимков высокого разрешения на модельные участки и калибровка полученных карт и площадей изменений, будет завершен нами для бореальных лесов в течение лета 2007 года. Поскольку цель проекта – создание системы оперативного мониторинга, разработанная модель анализа данных будет применяться для составления и анализа карт изменений на ежегодной основе.

Алгоритм создания индикаторных карт изменений лесного покрова по данным MODIS

1. Создание обучающей выборки.

Анализ данных MODIS основан на модели классификации «с обучением» с использованием метода «деревьев регрессий» (regression tree). Для создания образцов для обучения классификационной модели был проведен анализ изменений по снимкам MODIS зимнего сезона (с февраля по середину марта) 2001 и 2005 года на модельные участки. Анализ изменений проводился методом классификации «с обучением» с использованием алгоритма «дерева решений» на основе БИК каналов MODIS с разрешением 250 м/пиксель. Результат классификации – маска измененных территорий лесного покрова – использовался для определения доли изменений в пределах пикселей растровых мозаик снимков MODIS с разрешением 500 м/пиксель, что позволило создать базу образцов, охватывающую весь градиент субпиксельных изменений.

2. Временные ряды данных и годовые метрики, использованные для классификации.

Годовые метрики, построенные путем ранжирования значений, являются более предпочтительными для проведения глобального и макрорегионального анализа, по сравнению с ежедневными и месячными композитами (Hansen et al., 2002). В отличие

от месячных композитов, годовые метрики не чувствительны к флуктуациям продолжительности фенологических фаз и позволяют исключить влияние атмосферы.

Для анализа изменений лесного покрова в нашем проекте были использованы наборы годовых метрик для 2000-2006 годов, построенные на основе месячных композитов. Месячные композиты (32 дня наблюдений, всего 11 месячных композитов в год) создавались на основе ежедневных продуктов L1G, путем фильтрации облачности и ранжирования значений яркости. Месячные композиты включают значения яркости отраженного света в 7 спектральных каналах, значения нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и температуру поверхности. Месячные композиты были трансформированы в наборы годовых метрик путем ранжирования значений яркости, ранжирования значений яркости на основе величин NDVI и температуры поверхности, а также путем усреднения 3, 6 и 9 наивысших значений. Подробно алгоритм построения годовых метрик описан в Hansen et al., 2002.

3. Анализ изменений с использованием алгоритма «дерева регрессий»

Алгоритм «дерева регрессий» является нелинейной, гибкой моделью классификации, удачно подходящей для оценки изменений с учетом вариабельности процессов динамики лесного покрова. По сравнению с другими алгоритмами субпиксельного анализа, «дерево решений» может быть откалибровано на основе образцов, представляющих собой весь градиент субпиксельных изменений, избегая ошибок алгоритмов, основанных на использовании «чистых» образцов (Hansen and DeFries, 2004). Для построения «деревьев регрессии» мы использовали весь набор образцов (5,7 млн. пикселей), характеризующих изменения лесного покрова в интервале 2001-2005 гг., и ежегодные метрики за 2000 и 2004 гг.

Для облегчения генерализации результатов и снижения влияния шума, был использован вариант анализа с построением большого количества «деревьев» и последующей генерализацией результатов (bagging approach, Breiman 1996). Для построения каждого «дерева» использовалась случайная выборка 5% от общего объема обучающих образцов. Всего было построено и использовано для классификации 30 «деревьев». Результаты классификации для каждого пикселя были ранжированы, и медиана набора значений использовалась для построения индикаторной карты изменений.

4. Предварительные результаты анализа изменений.

Общая площадь бореального биома, использованная в данном анализе, составляет 2530 млн. га. Площадь лесов в границах биома, рассчитанная на основе продукта Vegetation Continuous Fields, составляет 1438 млн. га. Общая площадь изменений, рассчитанная с учетом доли субпиксельных значений, - 9,4 млн. га, что составляет 0,65% общей площади лесов в пределах биома. Оценка площади изменений является предварительной, и будет уточнена после проведения верификации карты на основе данных высокого разрешения. Изменения неравномерно распределены в пределах биома. Наибольшие изменения связаны с регионами интенсивных лесозаготовок (южные районы канадских провинций Квебек, Онтарио и Британская Колумбия) и с регионами с высокой пожарной активностью (Север Канады и Аляски, Восточная Сибирь и Дальний Восток России) (таблица).

Точность предварительных результатов оценки изменений была проверена на основе всего набора обучающих образцов и показала достаточно высокие результаты. Средняя ошибка определения доли изменений по сравнению с обучающей выборкой составила 1,3% (стандартное отклонение 7%). Полученные результаты показывают некоторую недооценку доли изменений для пикселей, характеризующихся долей изменения менее 50%, что, по-видимому, связано с трудностями в разделении изменения спектральной яркости и шума, присутствующего в исходных данных. Эта недооценка может существенно занижать общую площадь изменений и может быть скорректиро-

вана при калибровке полученной индикаторной карты изменений по результатам анализа снимков высокого разрешения.

Таблица

Распределение территории изменений лесного покрова в пределах бореального биома по странам

Страна	Доля изменения от общей площади лесов бореального пояса в пределах страны, %	Доля изменений в пределах страны от общей площади изменений в пределах биома, %
Казахстан	0.3	0.1
Канада	1.1	55.4
Китай	0.7	2.0
Монголия	1.0	0.8
Норвегия	0.3	0.4
Россия	0.3	26.1
США	1.6	14.2
Финляндия	0.1	0.3
Швеция	0.3	0.7

Выборочный анализ данных высокого разрешения для верификации и калибровки индикаторных карт изменений.

Алгоритм проведения выборочного анализа данных высокого разрешения разработан для решения следующих задач: оценки площади изменений в пределах биома, верификации созданных индикаторных карт изменений среднего разрешения и калибровки карт изменений. Процедура стратификации территории по интенсивности изменений на основе индикаторных карт используется для повышения эффективности и точности выборочного анализа, поскольку позволяла предпочтительно разместить тестовые участки в областях с разной интенсивностью нарушений. Для анализа модельных участков будут использованы снимки высокого разрешения Landsat TM/ETM+ за ~2000 и ~2005 гг. Анализ изменений будет проведен в пределах тестовых участков размером 20x20 км, с использованием классификации «с обучением». Полученные карты изменений на модельные участки будут использованы для калибровки индикаторных карт изменений.

В настоящее время, полный цикл анализа изменений, включая анализ модельных участков по высокому разрешению, выполнен только в пределах биома влажных тропических лесов. Для лесов бореального биома анализ будет закончен летом 2007 г.

Использование предлагаемого алгоритма анализа при организации систем оперативного мониторинга.

Результаты анализа изменений в тропических лесах и предварительные результаты анализа лесов бореального биома показывают, что алгоритм анализа изменений с использованием индикаторных карт нарушений является недорогой и эффективной альтернативой подходам, основанным на регулярных сетях модельных участков или на региональном анализе изменений на основе данных высокого разрешения. Предварительные индикаторные карты изменений могут быть использованы для организации эффективного мониторинга модельных участков с использованием данных высокого разрешения. Полный цикл анализа и калибровка карт изменений, построенных по данным MODIS, позволяет организовать региональный мониторинг лесов на постоянной основе. Изменение интервала анализа изменений (в настоящее время составляющего 1 год) так же возможно.

Последующий анализ индикаторных карт изменений с использованием дополнительных материалов может быть использован для оценки роли различных факторов в динамике лесопокрытой площади. В настоящее время мы разрабатываем методику разделения общей площади изменений по преобладающим факторам нарушений (пожары, лесозаготовки, повреждение насекомыми). Использование карт нарушений совместно с

информацией о возрасте и запасе древостоев может служить источником данных для моделирования потока углерода. Карты изменений могут быть также использованы при анализе нарушений в пределах особо охраняемых природных территорий и малонарушенных лесных ландшафтов.

Предлагаемый новый алгоритм анализа данных MODIS с использованием годовых метрик и «дерева регрессий» может быть использован в качестве эффективного средства для организации национальной системы мониторинга изменения лесного покрова. Использование предлагаемого алгоритма требует создания базы образцов для обучения классификационной модели, которая в последующем может быть использована для анализа временных рядов данных. При наличии станции приема данных MODIS, все этапы анализа изменений с помощью предлагаемого метода могут быть реализованы целиком в рамках национального центра мониторинга лесов.

MONITORING CHANGES IN THE FOREST COVER OF BOREAL REGIONS ON THE BASIS OF THE TEMPORARY DATA SEQUENCES OF RADIOMETER MODIS

M. Hansen, Peter Potapov

Geographic Information Science Center of Excellence, South Dakota State University, USA

Boreal forest change analysis is a part of NASA-sponsored research project on global forest cover dynamic. This project combines modern algorithms of forest canopy mapping and change detection with medium spatial resolution remotely sensed data sets. Our presentation is focused on the first stage of the project: deriving change indicator maps using MODIS data. Results to date indicate the suitability of the approach for change hot spot identification. Given a MODIS receiving station, the method can be ported to provide and end-to-end capability for any national agency responsible for forest monitoring.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

В. А Хамедов[1], В. Н. Копылов[1], Ю. М. Полищук[1], С. В. Шимов[2]

[1]Югорский НИИ информационных технологий, г. Ханты-Мансийск
[2]Агентство лесного хозяйства по ХМАО-Югре, г. .Ханты-Мансийск

Несмотря на предпринимаемые меры по охране лесов и своевременной подготовке к пожароопасному сезону, ущербы, наносимые лесными пожарами, с каждым годом растут. По данным агентства лесного хозяйства Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), в пожароопасный период 2005 года в округе было зарегистрировано 896 лесных пожаров общей площадью более 96,3 тыс. га. При этом суммарный ущерб от лесных пожаров на территории Югры составил 2,8 млрд. рублей. Отсутствие эффективных технологий управления деятельностью лесоохраны с использованием оперативной оценки риска лесных пожаров не позволяет создать действенную систему поддержки принятия решений при возникновении возгораний в лесном комплексе. Для оперативного мониторинга лесов и оценки риска лесных пожаров необходимо использовать материалы космической съемки.

Использование данных дистанционного зондирования для контроля целевого использования земель лесного фонда также является одной из перспективных задач космического мониторинга лесов. Объясняется это высокой степенью достоверности и

объективности получаемых данных и возможностью оперативного получения информации на обширных труднодоступных лесных территориях Западной Сибири.

В связи с этим целью данной работы является изложение методических и практических вопросов использования геоинформационных систем и космических снимков различного пространственного разрешения, принимаемых как в оптическом и инфракрасном, так и в радиоволновом диапазонах волн в задачах лесной отрасли на примере ХМАО. Использование информации радиолокационной съемки с космического аппарата ERS-2, принимаемой Центром дистанционного зондирования Югорского научно-исследовательского института информационных технологий (г. Ханты-Мансийск), позволяет проводить контроль за объектами даже при закрытии подстилающей поверхности облачностью.

Обнаружение мест вероятного возгорания лесов осуществляется алгоритмом MOD14 (разработка NASA) на основе обработки космоснимков ИК-диапазона (датчик MODIS космического аппарата TERRA). Определение площадей выгоревших участков леса проводится с использованием информации более высокого пространственного разрешения в оптическом диапазоне (Landsat) либо при наличии облачности с помощью снимков радарного спутника ERS-2 Европейского космического агентства. Методика эколого-экономической оценки последствий пожаров основана на оперативном картировании выгоревших и прогнозируемых участков и реализуется путем «наложения» контуров очагов возгорания на карту пространственного распределения породного состава лесов с использованием средств геоинформационных систем (ГИС).

Информационно-программный комплекс для реализации предлагаемой методологии, сформированный в Ханты-Мансийском Центре дистанционного зондирования Земли, включает следующие основные компоненты: программные средства ГИС (ERDAS IMAGINE, ArcGis), цифровые карты породного состава лесов, прикладные программы оценки последствий лесных пожаров. В Центре осуществляется регулярный прием космоснимков со всех упомянутых выше космических аппаратов. В докладе излагаются результаты оперативной оценки последствий лесных пожаров на основе использования космических снимков территории Ханты-Мансийского района в пожароопасные сезоны 2004 и 2005 гг., подтверждающие возможность практического применения разработанной методологии оперативной оценки последствий лесных пожаров.

Использование ГИС-технологий дает новые возможности в управлении лесохозяйственной деятельностью по контролю за целевым использованием лесного фонда. Разрабатываемый в настоящее время информационно-программный комплекс позволяет работать с несколькими геопространственными слоями данных - от карт лесонасаждений до космических снимков на интересующие участки, что позволяет оперативно контролировать текущее состояние лесного фонда и упрощает принятие решения о возможности ведения работ на выбранных участках. В результате повышается контроль за целевым использованием земель лесного фонда.

В представленной работе показаны результаты создания геопространственных тематических слоев, созданных на основе космических снимков высокого пространственного разрешения, представлены методические вопросы выявления нецелевого использования земель лесного фонда. Особое внимание уделяется вопросам актуализации информации. На примере Красноленинского лесхоза ХМАО показан вариант реализации технологии выявления нецелевого использования земель лесного фонда по космическим снимкам разного пространственного разрешения. Демонстрируются возможности использования снимков радиолокационной съемки со спутника ERS-2.

APPLICATION OF INFORMATION-SPACE TECKNOLOGIES FOR ASSESSMENT OF FOREST FIRES CONSEQUENCES AND CONTROL OF END USING FORESTS

V. Khamedov[1], V. Kopylov[1], Yu. Polishchuk[1] and S. Shimov[2]

[1]Yugorskiy Scientific Research Institute of information technologies, Khanty Mansiysk
[2]Agency of forestry on KhMAO-Yugre, Khanty Mansiysk

Problems of development of geoinformation technology for evaluating forest fire consequences and checking forest use on the base of space images are considered. Methodical questions of evaluation of ecological and economical damages as a result of forest fire using Landsat-7 and Meteor-3M space images and digital map of forest cover spatial structure are discussed. Opportunities of radar space images of ERS-2 for all-weather revealing burnt forest are shown.

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ - ОСНОВА НЕПРЕРЫВНОГО КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

В. Л. Черных

Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола

Перспективы развития компьютерных систем лесного хозяйства и лесоустройства прежде всего связаны с развитием геоинформационных технологий.

Сегодня комплексная обработка информации о лесном фонде обусловлена расширением технических возможностей современных информационных технологий. Одним из главных направлений развития лесоустроительных ГИС является расширение использования дистанционных методов и цифровых фотограмметрических систем.

Эффективное и устойчивое управление лесным хозяйством возможно на основе актуальных и достоверных данных о лесных ресурсах, которые можно получить, только используя современные методы и технологии сбора, хранения, моделирования, преобразования и представления требуемой информации. Этим требованиям удовлетворяют современные ГИС.

В этой связи к специалистам лесного хозяйства предъявляются высокие требования в области владения современными информационными технологиями, их эффективного применения и в научно-исследовательской, и в практической деятельности.

Для подготовки специалиста, свободно владеющего информационными технологиями, необходимо, чтобы студент во время обучения постоянно сталкивался с потребностью использовать их. Реализация этой задачи возможна при внедрении в учебный процесс компьютерных и ГИС-технологий.

С 2004 года в МарГТУ в учебный процесс по специальности «Лесное хозяйство» внедрена дисциплина «Геоинформационные системы в лесном хозяйстве» - новое направление в компьютерной подготовке специалистов как составная часть регионального компонента программы подготовки инженеров.

Освоение ГИС-технологий позволит впоследствии будущим профессионалам – инженерам-таксаторам лесоустроительных экспедиций, лесничим, всем специалистам лесного комплекса принимать наиболее обоснованные решения при управлении природными ресурсами.

По нашему мнению, простое изучение дисциплины «Геоинформационные системы в лесном хозяйстве» не даст желаемого эффекта в повышении качества подготовки

специалиста, если не будет обязательной потребности применять ГИС-технологии и при изучении других дисциплин на протяжении всех лет обучения. Реализация этой идеи возможна с применением технологии сквозного курсового проектирования. Под сквозным курсовым проектированием следует понимать то, что студент выполняет на протяжении всего времени обучения все курсовые работы и проекты на одном и том же объекте хозяйствования – лесничестве. Реализация такого подхода обучения студентов возможна при наличии геоинформационной системы конечного пользователя, знаний и умений работать в среде ГИС. Следовательно, нужно выстроить последовательность изучения дисциплин таким образом, чтобы знания и умения студентов в области ГИС-технологий имелись уже на втором курсе.

В процессе изучения на кафедре лесной таксации и лесоустройства МарГТУ дисциплины «Геоинформационные системы в лесном хозяйстве» студенты второго курса получают теоретические знания и практические умения создавать ГИС-проекты в среде MapInfo и работать с ГИС «ЛесФонд».

Геоинформационная система «ЛесФонд» предназначена для ведения картографической и повыдельной баз данных по иерархии: лесничество → лесхоз → агентство лесного хозяйства по субъекту федерации. Базы данных ГИС «Лесфонд» для конкретного объекта создаются по материалам лесоустройства. Разработку, распространение и поддержку ГИС выполняет с 1989 года ООО Научно-внедренческая фирма «ЛабМастер».

Основное назначение системы:

- ведение баз данных по текущим изменениям в лесном фонде;
- подготовка данных для текущего планирования по лесопользованию;
- тематическое картографирование;
- документационное обеспечение;
- переход лесоустройства на непрерывный цикл инвентаризационных работ;
- эффективный инструмент для управления лесными ресурсами и т.д

Изучение среды MapInfo дает студенту опыт создавать самостоятельно ГИС-проекты, а знание ГИС «ЛесФонд» дает информационную базу реального объекта хозяйствования. Следует отметить, что за каждым студентом на втором курсе обучения по специальности «Лесное хозяйство» закрепляется определенное лесничество на весь срок обучения с доступом полномочий пользователя к ГИС «Лесфонд».

В процессе освоения дисциплины ГИС студенты выполняют следующие темы лабораторных работ с описанием цели заданий:

Задание 1. Составление фотоплана на основе контурного и таксационного дешифрирования АФС.

Цель работы - закрепить знания по дешифрированию аэрофотоснимков (АФС) для создания баз данных атрибутивной и пространственной (картографической) информации объекта исследования (территория квартала или группы кварталов лесничества).

Задание 2. Обзор инструментальных средств ГИС.

Цель работы - изучить возможности и назначения ГИС на примере Topol, Geograph for Windows. WinGis, MapInfo и др.

Задание 3. Создание растрового изображения квартальной сети объекта.

Цель работы - получить практические навыки работы по созданию растрового изображения с использованием сканера на примере создания растра фотоабриса квартальной сети.

Задание 4. Создание проекта электронной карты в среде MapInfo на основе преобразования растрового изображения, изучение свойств графических объектов.

Цель работы - получить практические навыки по созданию проекта электронной

карты, преобразованию растра и графических объектов при создании электронной карты.

Задание 5. Разработка и ведение базы данных лесного фонда объекта картографирования.

Цель работы - изучить возможности системы управления базами данных и получить практические навыки создания базы данных атрибутивной информации.

Задание 6. Создание тематических слоев карты.

Цель работы - получить практические навыки по созданию тематических слоев карты.

Задание 7. Создание отчета и печать карты.

Цель работы - получить практические навыки по созданию и оформлению отчета, тематических карт в среде ГИС.

Задание 9. Изучение функций и интерфейса ГИС «Лесфонд».

Цель работы - получить практические навыки работы в среде ГИС «Лесфонд».

Задание 10. Информационное обеспечение и сопровождение выполнения курсового проекта (работы) по дисциплине «Энтомология» и «Фитопатология» с использованием ГИС - «Лесфонд».

Задание 11. Информационное обеспечение и сопровождение выполнения курсового проекта по дисциплине «Лесные культуры» с использованием ГИС «Лесфонд»

Задание 12. Информационное обеспечение и сопровождение выполнения курсового проекта по дисциплинам «Лесоводство» и «Лесная пирология» с использованием ГИС «Лесфонд»

Задание 13. Информационное обеспечение и сопровождение выполнения курсового проекта по дисциплине «Селекция растений» с использованием ГИС «Лесфонд»

Задание 14. Информационное обеспечение и сопровождение выполнения курсового проекта по дисциплине «Недревесной продукции леса» с использованием ГИС «Лесфонд»

Для заданий 10-14 цель работ заключается в изучении состава, структуры и форм представления исходных данных, необходимых для выполнения курсовых проектов по названным дисциплинам.

Контролем выполнения лабораторных работ по дисциплине служат результаты расчетов на ПК в среде ГИС по конкретным темам с предоставлением анализа полученных результатов, выводов в форме письменного отчета.

Предложенный подход повышает эффективность учебного процесса в следующем:

- наличие учебной ГИС позволяет преподавателю, для любой дисциплины, формировать многовариантные задания по курсовому проектированию;
- единая информационная база по «объекту хозяйствования» на все время обучения повышает ответственность студента;
- экономия учебного времени на подготовку и изучение характеристики лесного фонда, природных и экономических условий территории лесничества;
- оперативность получения требуемой информации в процессе проектирования;
- потребность в знаниях и умениях у студента в области информационных технологий резко возрастает;
- повышается качество курсового проектирования и документационного представления проектных решений;
- по окончанию курса обучения студент создает полный проект «Организации и ведения лесного хозяйства … лесничества», а полученные знания по лесному хозяйству приводятся в систему.

Внедрение в учебный процесс ГИС-технологий требует наличие ГИС «конечного

пользователя», желательно по региону распределения выпускников вуза.

В качестве основной причины, сдерживающей внедрение сквозного проектирования по специальности «Лесное хозяйство» является отсутствие навыков работы с ГИС у большинства преподавателей, ведущих курсовое проектирование.

Литература

1. Черных В.Л. Сысуев В.В. Информационные технологии в лесном хозяйстве: Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 378 с.
2. Черных В.Л. Геоинформационные системы в лесном хозяйстве: Учебное пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 204 с.

GIS-TECHNOLOGIES - BASIS FOR CONTINUING COURSE DESIGN ON "FORESTRY" SPECIALITY

V. Chernyh

Mari state technical university, Ioshkar-Ola

Experience of the use of GIS "Mapinfo" and "Lesfond" in educational process on a speciality "Forestry" has been described. Presented the sequence of laboratory works implementation for studying the subject "GIS in forestry".