

С. В. Шимов (Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект»)

В 1997 г. закончил Уральскую государственную лесотехническую академию по специальности «лесное и лесопарковое хозяйство». С 2009 г. – первый заместитель директора филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект».

Ю. В. Никитина (Филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект»)

В 2000 г. закончила Сибирскую государственную геодезическую академию по специальности «исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами». В настоящее время – руководитель отдела мониторинга лесов филиала ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект». Кандидат технических наук.

Технология мониторинга вырубок леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения

Для обширных лесных территорий России, расположенных в различных лесорастительных зонах и отличающихся большим породным разнообразием, наиболее эффективным является мониторинг с использованием космических снимков. Современные средства космической съемки позволяют получать наиболее оперативную и достоверную информацию о состоянии лесов и хозяйственной деятельности на любой самой удаленной территории, что практически недостижимо при наземных обследованиях.

Огромный ущерб лесам и экономике России причиняется незаконными рубками леса. По официальным данным [1], ущерб, причиненный лесному фонду незаконными рубками (рубками без разрешительных документов), составил в 2009 г. 4,8 млрд руб.

Целью дистанционного мониторинга является оценка соблюдения основных положений лесного законодательства, правил и нормативов организации лесопользования [2].

При этом решаются следующие задачи:

- выявление и определение мест, площадей и объемов незаконных (без разрешительных документов) сплошных рубок леса;
- выявление нарушений действующих правил лесопользования и порядка отвода лесосек под сплошные рубки спелых и перестойных лесных насаждений и сплошные санитарные рубки.

Многие незаконные сплошные рубки могут быть выявлены при сравнении материалов отводов с данными космической съемки, сделанной за год до рубки и к моменту проверки. При этом для выявления большинства рубок и оценки их площади эффективно использовать космические снимки высокого разрешения от 1 до 10 м (SPOT, ALOS, WorldView-1,2, QuickBird, RapidEye, CARTOSAT, FORMOSAT-2). Таким образом, оперативная информация, получаемая со спутников, позволяет вовремя выявить случаи нарушений без привлечения дорогостоящих авиаоблетов.

В филиале ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» мониторинг лесов и использования земель лесного фонда с применением космических снимков проводится последние несколько лет [3]. Объектами дистанционного мониторинга являются лесничества Алтайского края, Республики Алтай, Кемеровской, Новосибирской, Омской, Свердловской, Томской, Тюменской областей, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Ямало-Ненецкого автономного округа. Площадь территории, на которой проводились работы по дистанционному мониторингу лесов с 2008 по 2011 гг., приведена в табл. 1.

В настоящее время в филиале ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект» применяется следующая технологическая схема проведения дистанционного мониторинга незаконных рубок леса и использования земель лесного фонда (рис. 1).

Таблица 1

Площадь территории, охваченной дистанционным мониторингом в 2008–2011 гг.

	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
Площадь территории, охваченной дистанционным мониторингом, тыс. га	33 521,6	37 968,7	14 370,2	16 338,4

На **первом этапе** проводятся подготовительные работы по приему первичных материалов от департаментов лесного хозяйства по федеральным округам: копии лесных деклараций, копии договоров купли-продажи лесных насаждений, ведомости материально-денежной оценки лесосек, копии технологических карт разработки лесосек, данные государственного лесного реестра и статистической отчетности. Проводится анализ первичных материалов, полнота и качество оформления предоставленных материалов, при необходимости составляются перечни замечаний, которые направляются в департаменты лесного хозяйства по федеральным округам с целью надлежащего оформления материалов субъектами РФ.

Затем выполняется создание векторного слоя границ лесных участков, используемых в соответствии со статьями 29, 43–46 Лесного кодекса Российской Федерации [4], по данным лесных деклараций и материалов отводов с заполнением атрибутивной информации, которая включает данные о лесничестве, квартале, выделе, виде использования лесов, площади лесосеки, ликвидном запасе на площади лесосеки, разрешительном документе на проведение рубки, арендаторе (лесопользователе), способе рубки.

На **втором этапе** приобретаются материалы космической съемки в панхроматическом или многозональном режиме с пространственным разрешением не хуже 5 м со спутников SPOT-5, ALOS (PRISM),

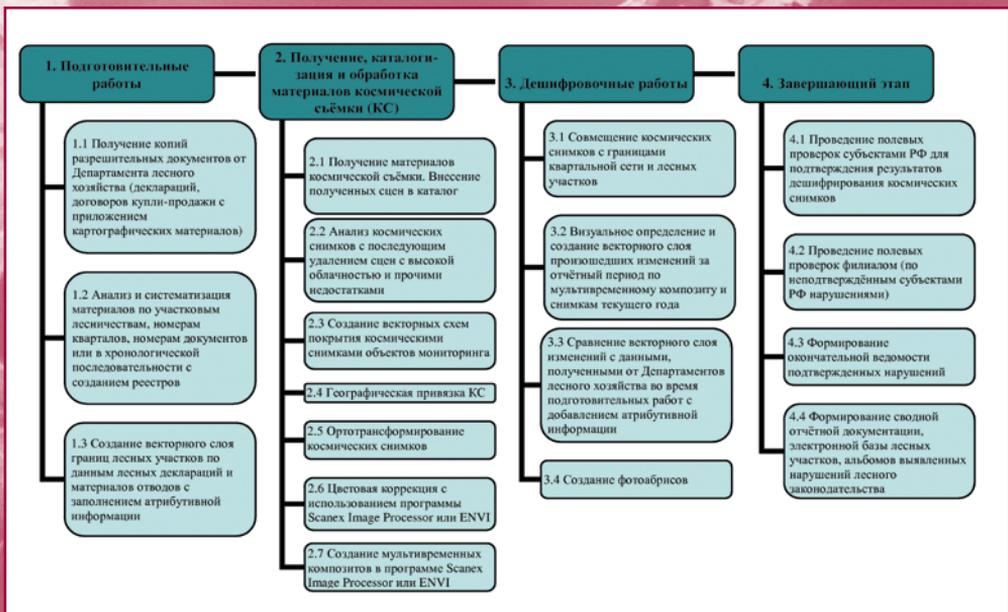


Рис. 1.

Технологическая схема проведения дистанционного мониторинга незаконной рубки леса и использования земель лесного фонда

WorldView-1,2, QuickBird, RapidEye, выполняется создание каталогов полученных космических снимков. Далее проводится анализ космических снимков с последующим удалением сцен с высокой облачностью и прочими недостатками. Создаются векторные схемы покрытия космическими снимками объектов мониторинга (рис. 2).

При необходимости проводится цветовая коррекция, географическая привязка и ортотрансформирование космических снимков, создание мозаик в программном комплексе ENVI. Для выявления изменений на территориях лесного фонда эффективно создание синтезированных изображений (мультивременных композитов), получаемых путем слияния спектральных каналов разновременных космических снимков с интервалом в 1 год.

Космическая съемка для обеспечения задач мониторинга лесов должна проводиться в весенний, летний или осенний сезоны, преимущественно в вегетационный период. Зимняя съемка при наличии снежного покрова может применяться как исключение в качестве дополнения к съемкам в бесснежный период для подчеркивания контраста некоторых объектов.

Лесной фонд России расположен в пределах от 42 до 72° с.ш., поэтому орбиты космических аппаратов, с которых производится съемка в интересах лесного хозяйства и лесоведения, должны быть близки к субполярным. Штатным режимом съемки должна быть съемка в надири. В отдельных случаях возможна съемка с наклоном оптической оси до 18–25°. В горных условиях угол наклона оптической оси съемочной системы не должен быть больше 10°.

Поскольку на структуру изображения лесов и его яркостные характеристики существенное влияние оказывают тени деревьев, то изображения, полученные при съемке в ранние утренние и поздние вечерние часы при низкой высоте Солнца, существенно уступают по своим дешифровочным характеристикам изображениям, полученным при более высоких углах солнечных лучей. Поэтому высота Солнца при съемке, особенно это относится к горным лесам, должна быть не менее 20–25°.

Съемка из космоса должна проводиться преимущественно в безоблачную погоду или при наличии облачности не более 15%.

Наличие сплошной облачности на территории объектов мониторинга в течение длительного времени вынуждает снижать требования к космическим снимкам в

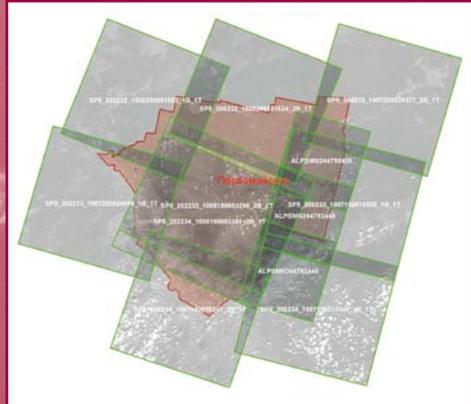


Рис. 2.
Схема покрытия космическими снимками SPOT-5, ALOS (PRISM) Первомайского лесничества Томской области в 2010 г.

отношении допустимого процента облачности на снимках и к углам наклона оптической оси. Так, в 2010 г. в течение трех летних месяцев не удавалось получить малооблачные снимки некоторых территорий Томской, Новосибирской областей, Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

При выборе типов космических снимков для проведения работ по дистанционному мониторингу необходимо учитывать размер сцены. С увеличением размеров сцены повышается производительность выполнения работ по созданию мозаик и мультивременных композитов. В этом отношении оптимальны снимки, получаемые со спутника SPOT-5 в режиме supermode.

На **третьем этапе** выполняется совмещение подготовленных космических снимков с границами квартальной сети, лесных выделов и созданным векторным слоем лесных участков (вырубок и лесных участков, используемых в соответствии со статьями 43-46 ЛК РФ [4]). Проводится контурное дешифрирование используемых лесных участков по мультивременному композиту и космическим снимкам текущего года. В процессе дешифрирования данных космической съемки производится вычисление площадей вырубок и лесных участков, используемых в отчетном году, оценивается соблюдение требований лесного законодательства при использовании лесов по их видам, выявляются и анализируются участки неза-

конных рубок, недорубов, участки с незаконным использованием земель лесного фонда (рис. 3). При оценке состояния мест рубок устанавливается соответствие их параметров нормативным требованиям: Правилам заготовки древесины, лесной декларации.

Точность определения площади вырубок на космическом снимке зависит от размеров вырубки, ее формы и пространственного разрешения космического снимка. Для расчета точности определения площади вырубок можно использовать следующую формулу:

$$m_s = m_{XY} \frac{P}{\sqrt{(1 \div 2)n}} = m_{XY} \frac{\sqrt{4\pi S/k_f}}{\sqrt{(1 \div 2)n}} \quad (1)$$

где m_s – среднеквадратическая ошибка определения площади вырубки;

m_{XY} – среднеквадратическая ошибка измерения координат точек местности, зависит от пространственного разрешения космического снимка;

P – периметр вырубки;

S – площадь вырубки;

k_f – коэффициент $\in (0;1]$, характеризующий форму вырубки, для круга – 1, для квадрата – $\pi/4$, для длинного узкого участка – ≈ 0 ;

n – количество точек в контуре;

$(1 \div 2)$ – параметр, зависящий от расположения точек, например, 1 – если точки расположены только в местах изменения направления контура вырубки, 2 – если точки расположены последовательно вдоль прямолинейного участка контура.

На четвертом этапе проводятся выборочные натурные обследования вырубок с выявленными нарушениями лесного законодательства (не менее 3% от количества выявленных нарушений). Проверка площади используемых лесных участков осуществлялась путем геодезической съемки их границ в соответствии с требованиями, установленными Правилами заготовки древесины [2].

Сводная таблица нарушений правил заготовки древесины в 2009 г., выявленных по

Субъект	Общая обследованная площадь лесосек	Количество обследованных лесосек		Ориентировочная сумма ущерба
		всего	в т.ч. с обнаруженными нарушениями	
Ед. измерения	га	шт.	шт.	тыс. руб.
ВСЕГО по объектам мониторинга:	38 682,3	4381	426	828 726,9
Республика Алтай	1399,8	301	9	124 734,8
Новосибирская область	296,5	18	1	3212,6
Томская область	14 886,8	1128	111	163 258,4
Тюменская область	1200,2	388	23	18 701,22
Ханты-Мансийский автономный округ – Югра	5596,8	473	88	118 093,6
Свердловская область	15 302,2	2073	194	400 726,3

По выявленным нарушениям использования лесов выполняется расчет ориентировочного ущерба на основании такс и методик исчисления размера ущерба (вреда) в порядке, предусмотренном постановлением Правительства РФ от 08.05.2007 № 273 (с изменениями от 26.11.2007 № 806), – 50-кратная стоимость незаконно вырубленной древесины, исходя из ставок платы за единицу объема лесных ресурсов, утвержденных постановлением Правительства РФ от 22.05.2007 № 310, с учетом повышающих коэффициентов, утвержденных Федеральным законом о федеральном бюджете на плановый период [5, 6].

Результаты выборочных натурных обследований вырубок с выявленными нарушениями лесного законодательства подтверждают результаты дешифрирования нарушений с использованием космических снимков в 90% случаев.

На основе данных дешифрирования лесных участков с использованием космических снимков и результатов выборочного натурного обследования выполняется

окончательное формирование электронной базы данных лесных участков с указанием видов и площадей нарушений, запасов на площади незаконной рубки, ориентировочного ущерба, результатов натурной проверки, а также сведений о используемых материалах космической съемки текущего и предыдущего года. По результатам выполненных работ создаются альбомы выявленных нарушений лесного законодательства, производится оформление отчетов по дистанционному мониторингу лесов по субъекту Российской Федерации в разрезе лесничеств.

В табл. 2 приведены сводные данные о выявленных нарушениях Правил заготовки древесины в 2009 г. по результатам анализа материалов космической съемки 2009–2010 гг.

Результат проведенных работ показал, что существующая технология успешно применяется при мониторинге организации и состояния лесопользования с целью сокращения нарушений при незаконном использовании земель лесного фонда.

Таблица 2

результатам анализа материалов дистанционного зондирования Земли 2009–2010 гг.

Нарушения при проведении работ по заготовке древесины										Общее количество случаев по видам нарушений
Несоблюдение предельных параметров основных организационно-технических элементов рубок спелых, перестойных лесных насаждений	Оставление компактных недорубов, площадью менее 10% площади деланки		Незаконная рубка							
			Итого		в том числе:					
					рубка без правоустанавливающих документов, рубка за пределами отвода лесосек		отвод и/или рубка леса в защитных участках леса и ООПТ, где рубки с целью заготовки древесины запрещены или ограничены			
кол-во случаев	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га	кол-во случаев	га
18	28	27,5	393	1293,2	372	1242,3	21	50,9	439	
			11	61,8	8	29,3	3	32,5	11	
			1	11	1	11			1	
			111	285,6	96	268,9	15	16,7	111	
			23	28,3	20	26,6	3	1,7	23	
	28	27,5	69	145,2	69	145,2			97	
18			178	761,3	178	761,3			196	

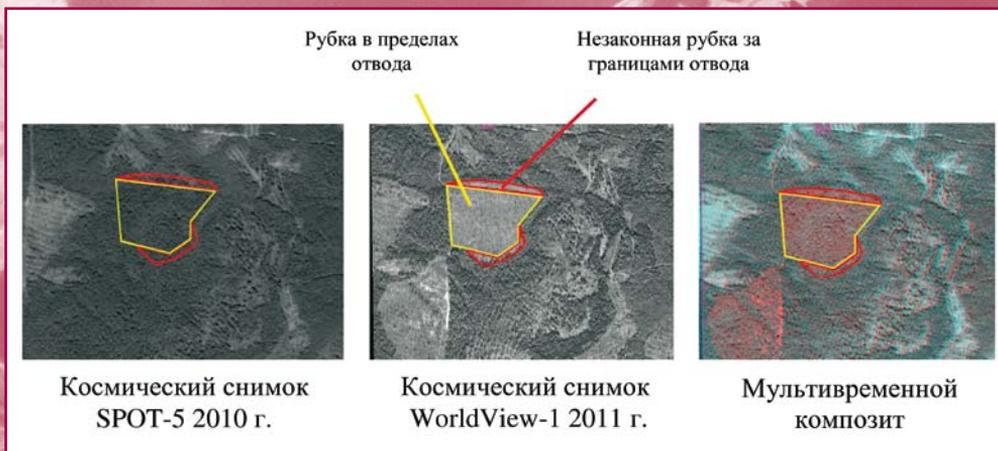


Рис. 3. Фрагмент космических снимков с нанесенными контурами лесосеки и выявленной незаконной рубки

Существует и ряд проблем, требующих дальнейшего решения:

- Отсутствие методики проведения дистанционного мониторинга выборочных рубок.
- Отсутствие отдельных материалов лесоустройства в электронном виде в связи с давностью лесоустройства.
- Нередкие случаи предоставления лесничествами материалов отводов низкого качества (небрежное оформление абрисов отводов, несоответствие площадей в лесных декларациях / договорах купли-продажи площадям на абрисах отводов, нечеткость выделения контуров неэксплуатационных участков и т.д.).
- Низкая оперативность обмена информацией с органами исполнительной власти субъектов РФ, уполномоченных в области лесных отношений, о выявленных в результате дистанционного мониторинга нарушениях лесного законодательства.
- Несвоевременная поставка материалов космической съемки, что чрезвычайно затрудняет оперативность и качество выполнения работ по дистанционному мониторингу.
- Отсутствие методики обработки материалов радарной космической съемки для дешифрирования лесных участков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги дистанционного мониторинга незаконных рубок и использования земель лесного фонда в 2009 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/news/313>.
2. Правила заготовки древесины, утвержденные приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16.07.2007 г. № 184.
3. Приказ Рослесхоза от 06.06.11 № 207 г. Москва «Об утверждении Порядка проведения государственной инвентаризации лесов» (зарегистрировано в Минюсте РФ 22.07.2011 № 21452).
4. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.
5. Постановление Правительства РФ от 08.05.2007 № 273 (с изменениями от 26.11.2007 № 806) «Об исчислении размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства».
6. Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности».