

УДК 656

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.3.109

МЕТОДОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ДРЕВОСТОЕВ И ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ДРЕВЕСИНЫ

С.П. Санников, канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.

Э.Ф. Герц, д-р техн. наук, проф.

А.А. Дьячкова, асп.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, д. 37,
г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: SSP-54@mail.ru, gerz.e@mail.ru,
krasnowaanna@mail.ru

Предложена система дистанционного мониторинга, основанная на радиочастотной идентификации с использованием Radio Frequency Identification (RFID) меток. При мониторинге древостоев и перемещении древесины применяют информационные технологии сбора и переработки данных о состоянии древостоя и происхождении древесины. Цель работы – показать возможность использования радиочастотной технологии мониторинга древостоев и перемещения древесины по дорогам федерального и регионального значения. Основной задачей является установление технических возможностей радиочастотной идентификации в технологии лесопользования, а также определение основных критериев дистанционного контроля для оперативного управления лесным хозяйством и лесозаготовками в рамках устойчивого лесопользования. В работе использованы методы математического моделирования распространения радиоволны в лесу, которые содержат инструмент для практической реализации данной концепции. Нами исследованы и оценены возможные особенности и варианты применения RFID устройств при дистанционном мониторинге древостоев и перемещении круглых лесоматериалов. Результаты, поясняющие методологию контроля перемещения лесоматериалов, представлены в виде графиков и формул. Рассмотрен ряд возможных направлений по применению RFID меток: автоматизированный контроль в целях предотвращения незаконной рубки отдельных лесных массивов, имеющих значительную коммерческую ценность; информационное обеспечение поставок и сохранности лесоматериалов с одновременным контролем законности их происхождения; раннее предупреждение пожаров; закладка постоянных пробных площадей с формированием «персонифицированной» базы данных таксационных характеристик; автоматизированный учет и таксация ресурсов древесины на локализованных участках леса; навигация в системах управления технологическими машинами при реализации рубок, в том числе выборочных. Предлагаемый контроль древостоев на корню использует информационные технологии сбора и переработки данных о их состоянии, а также данные о происхождении перемещаемых лесоматериалов.

Ключевые слова: незаконная рубка, мониторинг древостоя, контроль законности происхождения, перемещение древесины, RFID метки, радиочастотная идентификация.

Незаконные рубки в реалиях современной России достигли невиданных ранее масштабов. Фактический ущерб, наносимый стране, огромен и составляет в настоящее время 27 % от объема рубок [4]. Это свидетельствует о

необходимости дополнительных мер, направленных на их радикальное снижение в кратчайшие сроки.

Анализ существующих современных способов и методов мониторинга лесов (таких как аэрокосмический контроль, видеонаблюдение и патрулирование лесов) показал их недостаточность для предотвращения незаконных рубок. В большинстве случаев факты незаконной рубки устанавливаются по истечении времени, причем даже в случаях переруба, как это показано на рис. 1. Процедура установления исполнителя и времени незаконной рубки достаточно сложна. Фиксация переруба лесосеки с использованием аэрокосмических снимков вызывает затруднения. Причина в том, что большинство из них имеют разрешение 5,0...10,0 м и служат в качестве индикатора состояния участка (есть изменения или нет), другая часть снимков имеет чуть большее разрешение – 2,0...5,0 м, снимков с необходимым разрешением 0,5...1,0 м мало из-за их высокой стоимости.



Рис. 1. Фрагмент аэрокосмической съемки лесного фонда

В работе [7] предложена методика расчета площади и границ вырубок по материалам съемки в целях установления недорубов или перерубов. Методикой предусмотрен параметр, зависящий от площади вырубок, а также коэффициент, зависящий от формы вырубки (круг, квадрат, длинный узкий участок). Так, для расчета ошибки площади узких полос вырубок эта формула становится бессмысленной в силу того, что числитель во всех случаях обращается в ноль, т. е. ошибка всегда равна нулю. Таким образом, с помощью аэрокосмического мониторинга рубок в этом случае невозможно получить достоверные результаты.

Дополнительным инструментом, позволяющим контролировать происхождение древесины и ее законность, может быть контроль перемещения

круглых лесоматериалов с использованием технических средств. Такими средствами могут служить устройства, сконструированные с использованием RFID (Radio Frequency Identification) метки с расширенными функциональными возможностями.

Использование RFID меток в мониторинге и хозяйственном освоении лесов имеет широкие перспективы. Наиболее востребованными в лесном комплексе являются следующие функции информационных систем на основе RFID меток (рис. 2):

автоматизированный контроль в целях предотвращения незаконной рубки отдельных лесных массивов, имеющих значительную коммерческую ценность;

информационное обеспечение поставок и сохранности лесоматериалов с одновременным контролем законности их происхождения [5];

раннее предупреждение пожаров [2, 3];

закладка постоянных пробных площадей с формированием «персонафицированной» базы данных таксационных характеристик;

автоматизированный учет и таксация ресурсов древесины на локализованных участках леса;

навигация в системах управления технологическими машинами при реализации рубок, в том числе выборочных [1].

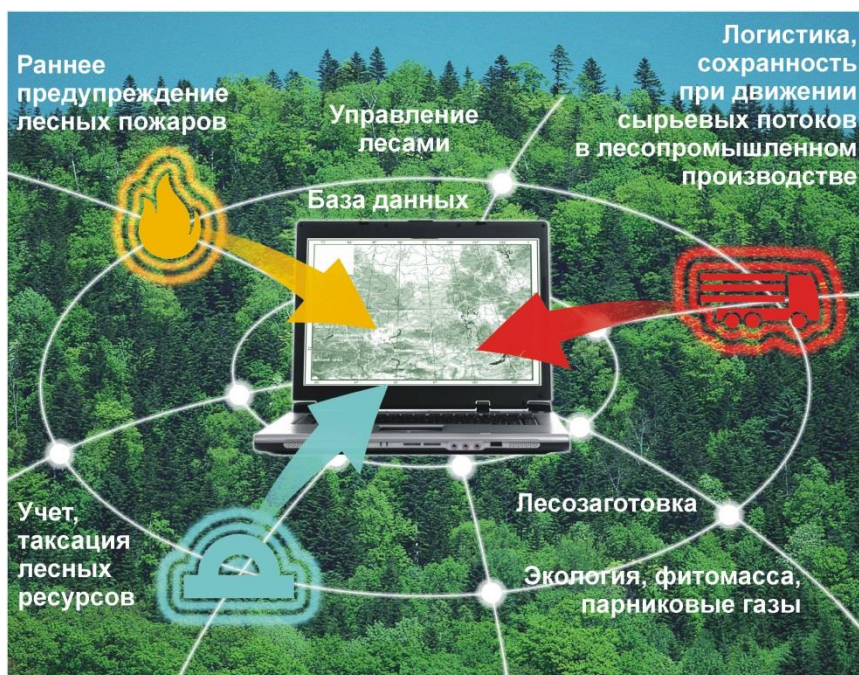


Рис. 2. Основные функции информационной системы мониторинга в лесном комплексе на основе RFID меток

Реализация каждой из перечисленных функций может осуществляться в рамках локальных территориальных и функциональных систем, для которых необходимы, прежде всего, подсистемы фиксации контролируемых параметров, их передачи, систематизации и хранения.

Задача фиксации, а значит, и предотвращения незаконных рубок реализуется как первой, так и второй из перечисленных выше функций системы мониторинга. Каждое из направлений заслуживает отдельного внимания и исследования. Экологические и таксационные исследования, а также раннее предупреждение о лесных пожарах не являются темой настоящей работы. Поэтому рассмотрим методологию мониторинга заготовки и перемещения лесоматериалов с использованием RFID технологии.

Для этого предлагается новый методологический подход решения проблемы незаконных рубок и перемещений круглых лесоматериалов с использованием автоматизированного контроля отдельных лесных массивов, имеющих значительную коммерческую ценность, и информационного обеспечения поставок и сохранности лесоматериалов с одновременным контролем законности их происхождения с применением RFID меток.

Такой подход к мониторингу рубки леса с дальнейшим контролем перемещения заготовленной древесины при использовании RFID меток предполагает их скрытную установку на стволах деревьев [2]. Такой способ мониторинга лесоматериалов можно назвать «персонализированным». Рассматриваются несколько вариантов и способов установки RFID меток и устройств для считывания их сигналов.

Первый способ предполагает скрытную установку RFID устройств на деревья, подлежащие и не подлежащие рубке, например при проведении выборочных рубок по отпускному диаметру, когда метка содержит информацию о диаметре дерева и отпускном диаметре. После рубки при транспортировке считывающие устройства фиксируют код метки, который сравнивается с базой данных. Считывающее устройство способно одновременно считать несколько десятков (20...30 шт.) RFID меток при скорости движения транспортного средства 40...60 км/ч. Если код в базе данных помечен в рубку, то дальнейшая транспортировка разрешена, если информация со считывателя не подтверждается, то необходимы соответствующие меры для пресечения транспортировки груза.

При наличии взвешивания автопоезда с грузом можно в общей массе перемещаемой древесины установить долю круглых лесоматериалов, не имеющих RFID меток:

$$m_{\text{общ}} = -[m_a + m_r] = -\left[m_a + \sum_{i=1}^n (V_i \rho_d) \right],$$

где $m_{\text{общ}}$, m_a , m_r – соответственно общая масса автопоезда с грузом, масса автопоезда и масса транспортируемой древесины;
 V_i – объем i -го хлыста в транспортном пакете;
 n – общее количество хлыстов в транспортном пакете;
 ρ_d – средняя плотность древесины по породам и времени года.

Знак минус в формуле указывает на возможность использования в расчетах метода балансов. При идеальных условиях результат должен быть равен нулю. Величину допустимой погрешности еще предстоит определить по завершению экспериментальных исследований.

Второй способ предполагает мониторинг древостоя за пределами участка (выдела), отведенного в рубку, с применением RFID меток, код которых несет информацию о их статусе: «не отведено в рубку». В этом случае считыватели будут фиксировать наличие круглых лесоматериалов, не входящих в базу данных, подлежащих рубке. Таким образом, при перемещении круглых лесоматериалов транспортным средством выявится факт их незаконной заготовки, а в случае установки меток на всех деревьях может быть рассчитан их объем:

$$n_{\text{нс}} = n - n_{\text{зс}},$$

где $n_{\text{нс}}$, $n_{\text{зс}}$, – количество сортиментов, спиленных незаконно и законно.

Рассмотренные способы предполагают наличие на дорогах постов, оборудованных сканерами для сканирования в непрерывном режиме и передачи сигнала о перевозке незаконных грузов (древесины) службам дорожно-постовой и лесной охраны.

Третий способ основан на методе радиочастотного томографического исследования участка леса активными RFID устройствами [6]. Одни точечные активные RFID устройства образуют сеть беспроводных датчиков, устанавливаемых по периметру лесосеки или за ее границами, и инициализируется по определенному алгоритму (в определенном порядке), другие принимают сигнал. На величину полученного сигнала оказывает влияние структура древостоя. Накладывая все полученные сигналы на координатную сетку, получаем картину, характеризующую данный участок лесного массива. Таким образом, будем иметь уникальную картину электромагнитной плотности, принадлежащей только данному участку. Модель, иллюстрирующая принцип действия радиочастотного томографического исследования участка леса активными RFID устройствами, приведена на рис. 3. Радиочастотный сигнал, ослабленный деревом, поступает на радиоприемники с номерами 1–8 и n , работающие на частоте RFID устройств.

Величина радиочастотного сигнала соответствует электромагнитной плотности в точке, где установлен RFID приемник. Сигнал на приемниках с номерами 1, 2, 3, 7, 8 и n принимается без ослабления, приемники с номерами 4–6 принимают RFID сигнал, ослабленный деревом, так как дерево рассеивает электромагнитную составляющую радиосигнала RFID устройств. Величина ослабления радиосигнала зависит от длины волны, размеров дерева, характеристик поверхности ствола дерева и внешних природных условий.

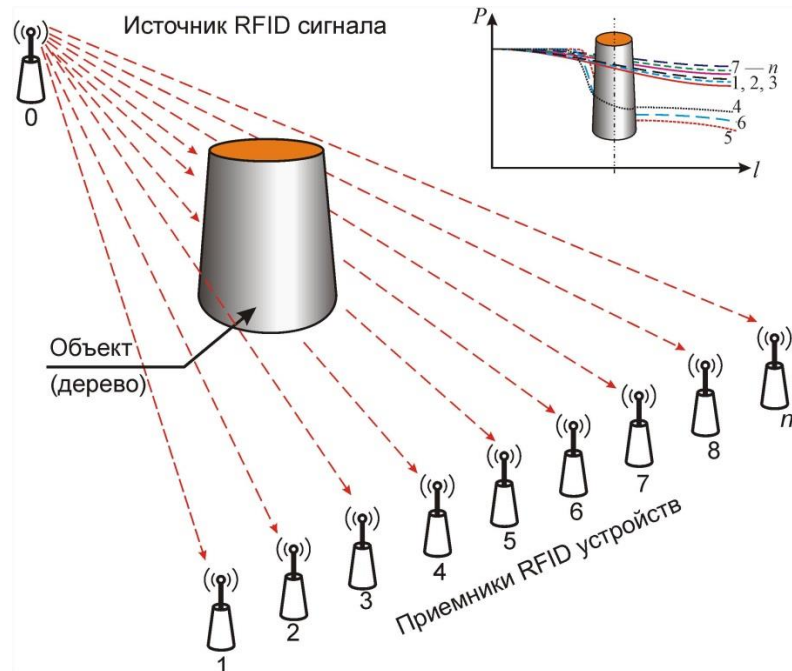


Рис. 3. Принцип действия радиочастотного томографического исследования участка леса активными RFID устройствами

Деревья с гладкой корой будут отражать радиосигнал, а деревья с рыхлой корой – в той или иной мере поглощают его. Степень поглощения или отражения энергии электромагнитных волн зависит от диэлектрической проницаемости древесного материала, влажности и температуры окружающей среды. Внешняя среда одинаково влияет на все RFID устройства, поэтому корректировку данных можно производить, вводя в алгоритм расчета коэффициент, предварительно его измеряя. Этот способ мониторинга позволяет фиксировать изменение сигнала, а значит и факт рубок, при периодическом сканировании участка органами лесной охраны. Временной отрезок между циклами томографического обследования участка с показателями, свидетельствующими о возможности несанкционированной рубки, определяет точность установления времени рубки, а сам факт предполагает необходимость визуального осмотра участка для принятия решения о последующих шагах.

Таким образом, приведенные направления в методологии дистанционного мониторинга леса для предотвращения незаконной рубки позволяют не только контролировать участки древостоя, подверженные риску незаконной рубки, в режиме реального времени, но и автоматизировать процессы сбора и обработки информации о древостоях и перемещаемых лесоматериалах, используя современные сетевые технологии, а также контролировать перемещение и законность происхождения древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герц Э.Ф., Мехренцев А.В., Санников С.П. Автоматизированная система наведения манипулятора на дерево// Природные ресурсы и экология Дальневосточного региона: материалы Междунар. науч.-практ. форума, 25-26 окт. 2012 г., г. Хабаровск. Хабаровск, 2013. С. 67–70.
2. Лисиенко В.Г., Герц Э.Ф., Шлеймович Е.М., Санников С.П., Шупилов В.В., Сулова С.С., Сулов Д.Г. Система раннего предупреждения пожаров на основе мониторинга лесов// Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2013. № 6. С. 127–130.
3. Лисиенко В.Г., Санников С.П. Система обнаружения лесного пожара: пат. РФ № 2492891. 2013. Бюл. № 26.
4. Масляков В.Н. Основные итоги работы лесного хозяйства Российской Федерации в 2010 году и задачи на 2011 год. Режим доступа URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/57/> Maslyakov_V.N._Sankt-Peterburg.pdf (дата обращения: 15.11.2014).
5. Санников С.П., Герц Э.Ф., Шупилов В.В., Серков П.А. Моделирование системы мониторинга перемещения лесосырьевых потоков и пожаров на основе синергетической сети RFID датчиков// Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2014. № S2. С. 104–110.
6. Санников С.П., Серебренников М.Ю., Серков П.А. Влияние анизотропных характеристик леса на распространение радиочастотного сигнала RFID метки// Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. Режим доступа URL: www.science-education.ru/108-8623 (дата обращения: 19.03.2013).
7. Шимов С.В., Никитина Ю.В. Технология мониторинга вырубок леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения// Гео-матика. 2011. № 3. С. 47–52.

Поступила 09.12.15

UDC 656

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.3.109

Methodology of Remote Monitoring of Forest Stands and Transport Wood Flows

*S.P. Sannikov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Senior Research Scientist*

E.F. Gerts, Doctor of Engineering Sciences, Professor

A.A. D'yachkova, Postgraduate Student

Ural State Forest Engineering University, Sibirsky tract, 37, Yekaterinburg, 620100,
Russian Federation; e-mail: SSP-54@mail.ru, gerz.e@mail.ru, krasnowaanna@mail.ru

The paper presents a remote monitoring system based on the radio-frequency identification with the use of the Radio Frequency Identification (RFID) tags. When stand monitoring and timber transfer we use the information technology of data acquisition and processing about the state of a stand and wood origin. The purpose of the work is the use of the RFID technology for forest stands monitoring and timber transfer by the federal and regional roads. The main objective is to establish the technical capabilities of the RFID technology in the forest management, as well as the identification of the main criteria of remote monitoring for the operational forest management and logging in the framework of sustainable forest management. We use the methods of mathematical modeling of the radio waves in a forest, which contain a tool for the practical implementation of this concept. We have investigated and evaluated the possible features and applications of the RFID devices for remote moni-

toring of the forest stands and round wood. The results explaining the methodology of the timber transfer control are presented in the form of graphs and formulas. The paper considers a number of feasible directions in the use of the RFID tags: an automated control to prevent the illegal felling of certain forest areas of significant commercial value; informational provision and supply of safety of wood with a simultaneous legality checking of origin; early fire prevention; establishment of the permanent samples with the formation of a “personified” database of the survivor characteristics; automated accounting and valuation of wood resources in the localized areas of a forest; navigation in the control systems of production machines in felling, including selective cutting. The proposed control of the standing crops uses the informational technologies of data acquisition and processing about their condition, as well as data of the transported timber origin.

Keywords: illegal felling, stand monitoring, legality checking of origin, timber transfer, RFID tag, radio frequency identification.

REFERENCES

1. Gerts E.F., Mekhrentsev A.V., Sannikov S.P. Avtomatizirovannaya sistema navedeniya manipulyatora na derevo [The Loader Automated Guidance System at a Tree]. *Prirodnye resursy i ekologiya Dal'nevostochnogo regiona: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma, 25-26 okt. 2012 g., Khabarovsk* [Natural Resources and Ecology of the Far East Region: Proc. Int. Sci. Prac. Forum, October 25–26, 2012, Khabarovsk]. Khabarovsk, 2013, pp. 67–70.
2. Lisienko V.G., Gerts E.F., Shleymovich E.M., Sannikov S.P., Shipilov V.V., Suslova S.S., Suslov D.G. Sistema rannego preduprezhdeniya pozharov na osnove monitoringa lesov [The System of Early Fire Prevention Based on the Forest Monitoring]. *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov*, 2013, no. 6, pp. 127–130.
3. Lisienko V.G., Sannikov S.P. *Sistema obnaruzheniya lesnogo pozhara* [Forest Fire Detection System]. Patent RF, no. 2492891, 2013.
4. Maslyakov V.N. *Osnovnye itogi raboty lesnogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii v 2010 godu i zadachi na 2011 god* [The Highlights of the Forestry of the Russian Federation in 2010 and the Tasks for 2011]. Available at: http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/57/Maslyakov_V.N._Sankt-Peterburg.pdf (accessed 15.11.2014).
5. Sannikov S.P., Gerts E.F., Shipilov V.V., Serkov P.A. Modelirovanie sistemy monitoringa peremeshcheniya lesosyr'evykh potokov i pozharov na osnove sinergeticheskoy seti RFID datchikov [Monitoring System Simulation of Timber Flows and Fires on the Basis of a Synergistic Network of the RFID Sensors]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy Vestnik], 2014, no. S2, pp. 104–110.
6. Sannikov S.P., Serebrennikov M.Yu., Serkov P.A. Vliyanie anizotropnykh kharakteristik lesa na rasprostraneniye radiochastotnogo signala RFID metki [Influence of the Forest Anisotropic Characteristics on the Distribution of the RFID Tag Radio-Frequency Signal]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2013, no. 2. Available at: www.science-education.ru/108-8623 (accessed 03.19.2013).
7. Shimov S.V., Nikitina Yu.V. Tekhnologiya monitoringa vyrubok lesa s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov vysokogo prostranstvennogo razresheniya [Deforestation Monitoring Technology with the Use of the High Spatial Resolution Satellite Images]. *Geomatika* [Geomatics], 2011, no. 3, pp. 47–52.

Received on December 09, 2015