

Модель информационного обеспечения системы лесоправления на базе радиочастотного мониторинга лесного фонда

С.П. Санников^a, В.В. Побединский^b, И.В. Бородулин^c, А.А. Побединский^d

Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт 37, Екатеринбург, Россия

^assp-54@mail.ru, ^bpobed@el.ru, ^cugadn66@bk.ru, ^dssp-2@mail.ru

Статья поступила 28.02.2017, принята 19.03.2017

В работе рассмотрена проблема создания единой базы данных системы лесоправления РФ и мониторинга лесного фонда. Значительное внимание уделяется возможностям современных информационных технологий для наполнения базы данных и программному обеспечению радиочастотного мониторинга лесного фонда с учетом государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ. Таким образом, целью исследования является разработка модели информационного обеспечения системы лесоправления, отвечающей современным требованиям законодательных актов и проблемам лесной отрасли. Для достижения заявленной цели решались следующие задачи: 1) разработка общей модели информационного обеспечения системы лесоправления; 2) определение типа и технического исполнения системы мониторинга лесного фонда на основе анализа существующих систем; 3) определение метода и основных технических средств обмена информацией в сети мониторинга; 4) определение требований к каналам связи и информации для базы данных; 5) теоретическое и экспериментальное обоснование основных параметров системы. В результате разработана модель информационного обеспечения базы данных на основе сети наземных беспроводных устройств радиочастотного мониторинга лесного фонда. Проанализированы этапы разработки системы, включая обоснование ее типа и технического исполнения, а также требований к каналам связи и информации для базы данных. Выполнено теоретическое и экспериментальное обоснование основных параметров системы. Таким образом, создание модели информационного обеспечения системы управления лесным фондом позволяет обеспечить качество и оперативность информации для решения фундаментальной проблемы лесоправления, связанной с потерями лесоматериалов от незаконных рубок и лесных пожаров.

Ключевые слова: радиочастотный мониторинг лесного фонда; модель информационного обеспечения системы лесоправления; параметры системы радиочастотного мониторинга лесного фонда.

Model of information support of the forest management system on the basis of radio frequency monitoring of the forest fund

S.P. Sannikov^a, V.V. Pobedinsky^b, I.V. Borodulin^c, A.A. Pobedinsky^d

Ural State Forest Engineering University; 37, Siberian Tract St., Ekaterinburg, Russia

^assp-54@mail.ru, ^bpobed@el.ru, ^cugadn66@bk.ru, ^dssp-2@mail.ru

Received 28.02.2017, accepted 19.03.2017

The paper considers the problem of creating a single database of the forest management system of the Russian Federation and monitoring of the forest fund. Considerable attention is paid to the possibilities of modern information technologies for filling the database and software for radio-frequency monitoring of the forest fund, taking into account the state policy in the sphere of use, safety, protection and reproduction of forests in the Russian Federation. Thus, the aim of the study is to develop a model of information support for the forest management system that meets the modern requirements of legislative acts and problems of the forestry sector. To achieve the stated goal, the following tasks were accomplished: 1) development of a common model of information support for the forest management system; 2) determination of the type and technical performance of the forest fund monitoring system based on the analysis of existing systems; 3) determination of the method and basic technical means of information exchange in the monitoring network; 4) determination of the requirements for communication channels and information for the database; 5) theoretical and experimental justification of the main parameters of the system. As a result, a database information support model was developed on the basis of a network of terrestrial wireless devices of radiofrequency monitoring of the forest fund. The stages of development of the system, including the justification of its type and technical performance, as well as the requirements for communication channels and information for the database, are analyzed. The theoretical and experimental justification of the main parameters of the system is fulfilled. Thus, the creation of a model of information support for the management system of the forest fund allows to ensure the quality and efficiency of information for solving the fundamental problem of forest management associated with the loss of timber from illegal logging and forest fires.

Key words: radio frequency monitoring of forest fund; model of information support of forest management system; parameters of radio frequency monitoring system of forest fund.

Введение

Лесная отрасль Российской Федерации имеет богатый исторический опыт в области управления лесами. В ходе прогресса и в связи с коренными изменениями экономических, экологических, социально-политических условий, развития технических средств назрела, можно без преувеличения сказать, глобальная проблема совершенствования или создания принципиальной новой системы лесоуправления, учитывающей современные требования. На это направлены законодательные акты, которые принимаются на государственном уровне, в частности распоряжение «Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года» [1]. В документе приведены требования, задачи и принципы создания информационной системы с целью современного управления лесами и получения достоверной информации с использованием дистанционных методов мониторинга и информационных технологий. Также на создание единой государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней указывает ст. 50.6 Лесного кодекса РФ [2].

Следует отметить, что выполнение стратегических задач, указанных в документах, невозможно без решения еще одной огромной проблемы — создания базы данных для системы автоматизированного лесоуправления и лесопользования.

В качестве одного из первых серьезных шагов в этом направлении Федеральное агентство лесного хозяйства внедрило единую государственную автоматизированную информационную систему учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС) [3]. Она предназначена для учета продаж древесины и перемещения ее по территории России, но этой системой невозможно воспользоваться арендаторам для оперативного управления древостоем, собственникам лесных массивов в рамках предприятия. Анализ показал, что за три года, с 2013 по 2016 гг., выполнены только отдельные элементы вышеуказанного распоряжения правительства РФ № 1724-р [1]. Следовательно, не решена основная правительственная задача, а это главным образом связано с тем, что в ЕГАИС поступают выборочные данные, по которым совершены финансовые сделки, и они используются только для учета продаж лесного сырья и передачи участков леса в аренду. При этом не учитываются такие важнейшие данные, как перемещение сырья, прирост древесины, оперативная информация о лесных пожарах и др.

Таким образом, работы, направленные на создание информационной системы непрерывного мониторинга лесного фонда, являются актуальными.

Целью настоящих исследований была разработка модели информационного обеспечения системы лесоуправления, отвечающей современным требованиям законодательных актов и проблемам лесной отрасли.

Для достижения цели *решались следующие задачи*:

1. Разработка общей модели информационного обеспечения системы лесоуправления.
2. Определение типа и технического исполнения системы мониторинга лесного фонда на основе анализа существующих систем.

3. Определение метода и основных технических средств обмена информацией в сети мониторинга.

4. Определение требований к каналам связи и информации для базы данных.

5. Теоретическое и экспериментальное обоснование основных параметров системы.

Получение информации о лесе, о запасах древесины и других параметров является очень трудоемким процессом. Так, в работах [4; 5] показано, что информационная задача не может выполняться с помощью только бумажных носителей. Необходима новая система более высокого технического уровня с использованием электронных средств, информационных технологий.

В настоящее время основным способом получения информации о лесном фонде является использование постоянных и временных пробных площадей (ППП, ВПП), на которых производятся измерения параметров леса в течение определенного временного периода. Недостатком этого способа являются большие затраты времени, которые исчисляются годами, сезонами, а сбор данных осуществляется экспедициями. Трудоемкость такого способа сбора информации о динамике леса весьма высока, он имеет низкую оперативность, при этом на точности измерения параметров и их статистической обработки сказывается человеческий фактор. Полученные данные об основных параметрах (диаметре и высоте стволов, фитомассе, влажности, температуре и пр.) носят периодический характер и касаются только отдельных участков леса. Затем по этим разрозненным данным, иными словами, по нерепрезентативным выборкам судят о всем массиве леса, где производятся статистические исследования. Существующая система не может быть оперативной и общедоступной, как это требуется в соответствии с основами государственной политики управления лесами РФ [1].

Для решения проблемы в результате настоящих исследований предложена принципиально новая общая модель информационного обеспечения системы лесоуправления. Она представлена на рис. 1 (жирным шрифтом выделены вопросы, требовавшие дополнительных исследований и разработки).

В модели предусмотрено естественно сложившееся в отрасли разделение информации на три основные группы: 1) учет древостоя, лесная таксация; 2) учет древесины при лесозаготовках; 3) логистика, контроль, регистрация древесины. Каждая из групп информации делится по технологическим процессам и должностным инструкциям работников на предприятиях. Проблема заключается в том, как и каким образом в базу данных поступает информация. Из содержимого рисунка видно, что часть информации можно автоматизировать, например, измерение диаметра деревьев и их маркировку. Другая часть информации формируется операторами, например, подготовка документов для аукционов и пр. Но в любом случае необходимо было разработать технические средства и определить протоколы связи для обмена информацией в системе.

Обзор работ по теме показывает, что получение информации о состоянии древостоя можно осуществлять:

- дистанционными и контактными методами;
- летательными аппаратами и наземными системами мониторинга.

Для реализации модели информационного обеспечения была разработана система радиочастотного мониторинга на основе сети наземных беспроводных устройств (RFID-технологий), которая будет дополнять геоинформационную систему (ГИС), объединяя преимущества обеих систем.

В основу предложенной системы положен способ контроля состояния древостоя при помощи RFID-датчиков, расположенных в лесу на стволах деревьев. Эта система позволяет вести контроль за деревьями с

алгоритмом блочного шифрования с длиной ключа 96 и 128 бит (ГОСТ 28147-89 и ГОСТ Р 34.10-2001 [6; 7]) и передавать информацию по радиоканалу с пассивным радиопередатчиком.

Сложной задачей являлось обоснование стандарта передачи информации. Здесь нужно отметить, что имеется не менее 15 отечественных стандартов, регламентирующих применение технических средств для идентификации объектов.

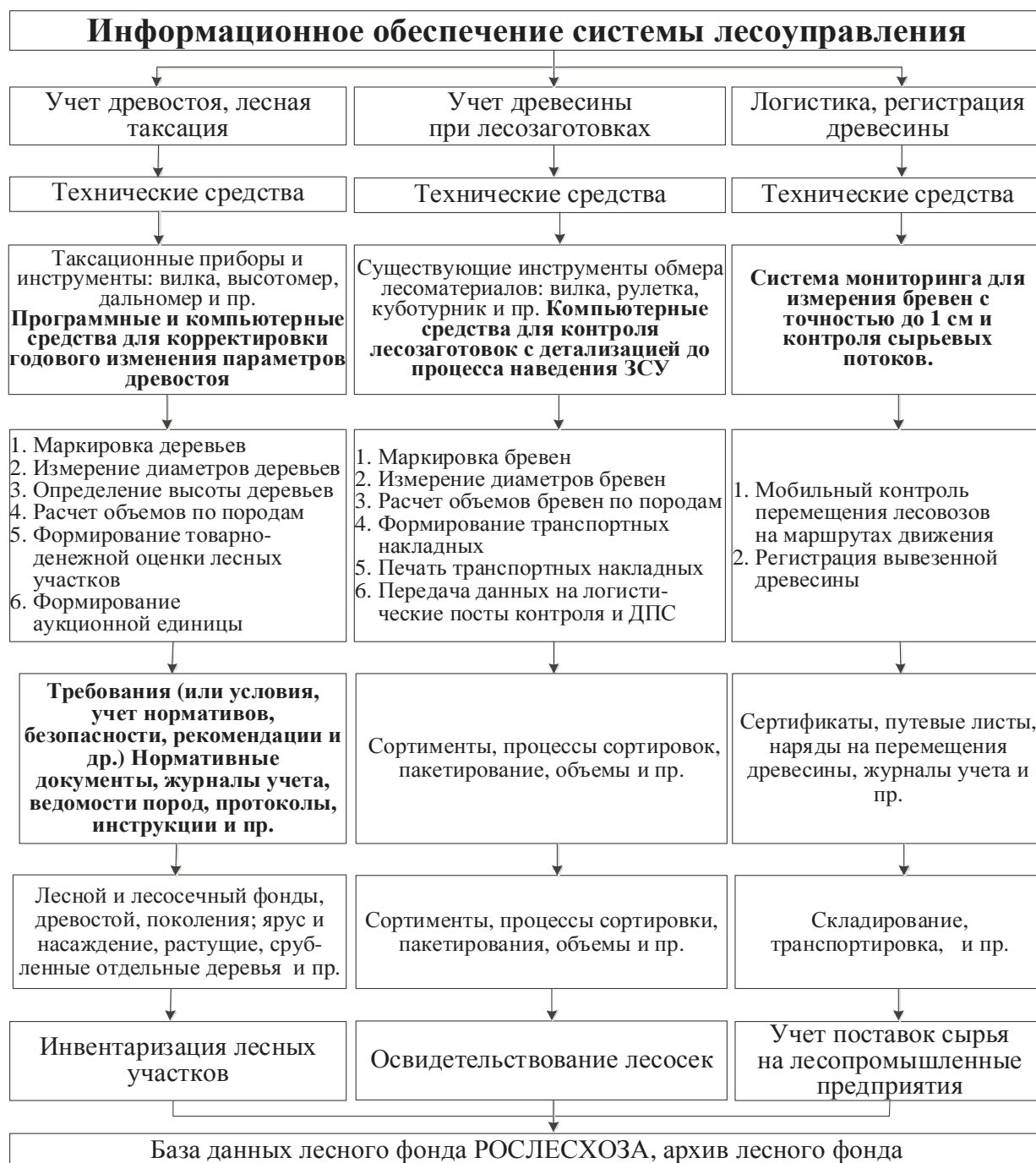


Рис. 1. Модель информационного обеспечения системы лесопромышленного комплекса

В настоящее время отдельные производители выпускают RFID-устройства по стандартам Gen 2, Gen 3 и Gen 4 [8] с длиной кодового ключа 64, 96 и

128 бит. Так, в формате данных по стандарту EPC Type x [9] можно закодировать информацию об объектах количеством не менее 8×10^{28} (точнее,

79228162514264337593543950336) и на 79 резонансных частотах.

Для предложенной системы приняты в качестве датчиков пассивные RFID-устройства, у которых напряжение питания наводится энергией электромагнитных волн передатчика считывателя данных. Таким образом, для информационной модели система радиочастотного мониторинга (рис. 2) состоит из сканирующего устройства — считывателя информации, расположенного в удобном месте, в том числе на летательных аппаратах любых типов (включая спутники) или переносных (на автомобиле или человеком — работником леса) и RFID-датчиков, расположенных на стволах деревьев.

Предлагаемые RFID-устройства, в отличие от существующих охранных, содержат датчики для измерения основных геометрических параметров леса, например датчик дыма лесного пожара (концентрации CO₂). Кроме этого, по месту расположения RFID-датчика в лесу на объекте с ростом дерева определяются его вертикальная и горизонтальная координаты. Вычисляется разность между текущим и предыдущим измерением, а результат вычисления является показателем прироста дерева. Обеспечивается получение информации о любых перемещениях сырья на пути следования транспорта, фиксируя, в том числе незаконные рубки. Полученная информация поступает в соответствующую базу данных с периодичностью, задаваемой администратором базы. Например, показания о приросте дерева следует фиксировать один раз в год, а не раз в пять лет, как общепринято в лесной таксации. Информация об очаге возникновения лесного пожара фиксируется по мере задымления. В случаях выявления также фиксируется информация о незаконных рубках деревьев и несанкционированном перемещении лесоматериалов.

Структурная схема системы радиочастотного мониторинга, предназначенной для сбора данных о лесном фонде, представлена на рис. 2.

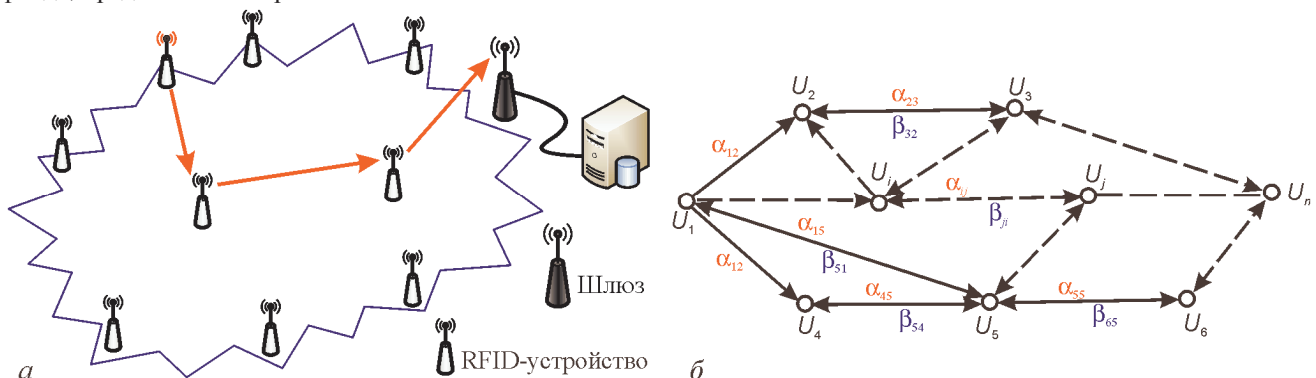


Рис. 3. Схема системы радиочастотного мониторинга: а — сетевая модель системы; б — схема графа информационной сети.

Векторами α_{ij} , β_{ji} обозначены координаты линий связи сети, параметрами которых являются пропускная способность в канале и интенсивность потока информации. Стрелки показывают направления потоков передачи информации в сети

Для математического описания маршрутизации потоков информации в сети через каждый j -й транзитный узел, начиная с узла-источника (УИ), сформирована матрица (таблица) маршрутизации размерностью $(S-1) \times H_j$:



Рис. 2. Реализация системы для сбора данных о лесном фонде на базе радиочастотного мониторинга: I — объект; II — радиочастотное устройство; III — сканирующее устройство; IV — интерфейс связи; V — сервер

В разработанной экспериментальной системе сканирующее устройство может одновременно получать информацию примерно с двухсот RFID-устройств, и это не являлось пределом. Для выявления полной картины проведены исследования потоков информации в системе (рис. 3). В результате получены математические модели пропускной способности системы, а также обоснован наиболее рациональный вариант топологии сети по типу непосредственного (прямого) соединения датчиков.

$$M^{(j)} = \left\| m_{i,v}^{(j)} \right\|_{(S-1), H_j} = \left(\overline{m_1^{(j)}}, \dots, \overline{m_i^{(j)}}, \dots, \overline{m_{j-1}^{(j)}}, \overline{m_{j+1}^{(j)}}, \dots, \overline{m_S^{(j)}} \right); \quad (1)$$

$$\overline{m_i^{(j)}} = \left(m_{i1}^{(j)}, \dots, m_{iv}^{(j)}, \dots, m_{iH_j}^{(j)} \right);$$

$$v = \overline{1, H}; \quad i, j = \overline{1, S}; \quad i \neq j, \quad (2)$$

где S — количество узлов в сети беспроводных RFID-устройств; H_j — количество исходящих радиоканалов из j -го узла сети беспроводных RFID-устройств.

В матрицу (1) заложена информация о выборе канала передачи данных по сети беспроводных RFID-устройств из j -го узла. Выбор предпочтительности канала передачи информации также можно определить по матрице $M^{(j)}$.

Каждым из элементов матрицы $M^{(j)}$ является «вектор-строка» $m_{i1}^{(j)}$, которая указывает источник информации j -го узла (в примере это первый элемент) и узел, куда поступает информация, т. е. получателя информации в маршруте с номером i -го узла. Таким образом, определяется предпочтительная организация маршрута для выбора канала передачи информации от источника информации $m_{i1}^{(j)}$ -го элемента до конечного $m_{iH_j}^{(j)}$ -го элемента с выбором H_j .

Для созданной системы разработаны датчики на основе RFID-чипа (μ -Chip с энергонезависимой памятью типа EEPROM). Некоторыми фирмами производятся RFID-чипы, которые работоспособны в диапазоне температур от -25 до -70 °C. Однако имеющиеся на рынке RFID-чипы с этими параметрами не пригодны для использования в лесу в средних и северных географических широтах России и на Урале. Специальные RFID-чипы для лесной таксации на сегодняшний день промышленностью не выпускаются. В этой связи предложены конструктивные решения специальных RFID-датчиков с учетом более жестких условий эксплуатации: длительный срок службы (обусловленный сроком аренды лесных массивов — 50 лет); работа при низких температурах (нижний диапазон температур расширен до -45 °C) и при повышенной влажности воздуха или наличии свободной влаги, обусловленных погодными условиями; отсутствие сети электропитания и обеспечение возможности генерировать заряд напряжения от энергии излучателя RFID-устройства.

По сути, RFID-устройство является «паспортом» дерева. Такая система позволит обеспечить полный контроль за состоянием лесного фонда, защиту от несанкционированных рубок, выявление лесных пожаров с увеличением концентрации CO_2 и пр.

При использовании радиочастотных устройств в лесной среде возникает проблема работоспособности системы в зависимости от способа и расстояний установки датчиков. Для проектирования таких параметров необходимы данные и функциональные зависимости падения мощности сигнала от различных параметров лесной среды, климатических факторов, конструктивных свойств, ослабления мощности передающего RFID-устройства, а также подобные зависимости диэлектрической проницаемости лесной среды. Этот круг вопросов входил в задачи экспериментальных исследований и выполнения численных экспериментов.

Ослабление мощности передающего RFID-устройства, измеренное в лесной среде, сравнивалось с показателями на открытой площадке. Расстояние от передатчика изменялось с определенным шагом.

Расчет ослабления мощности $PL(d)$ между RFID-устройствами в исследуемой системе выполнен в первом приближении по известной формуле:

$$PL(d) = PL(d) + X_{\sigma} =$$

$$= \overline{PL}(d_0) + 20n \lg \frac{d}{d_0} + X_{\sigma}, \quad (3)$$

где $\overline{PL}(d), \overline{PL}(d_0)$ — средние потери при произвольном и опорном расстоянии между излучателем и приемником (черта показывает среднее из возможных значений потерь для данного расстояния d), дБ ; $d = l_d$ — расстояние между излучателем (Т, *Transmitter*) и приемником (R, *Receiver*) и от излучателя до границы отсчета (до 200 м), м; d_0 — опорное расстояние, равное 1,0 м; n — показатель степени дифракции, показывающий, с какой скоростью возрастают потери передачи в зависимости от расстояния; X_{σ} — случайная величина с нормально-логарифмическим законом распределения со стандартной девиацией, зависящая от проводимости лесной среды σ , дБ .

Поскольку значение $PL(d)$ является случайной величиной с нормальным распределением по шкале дБ от расстояния d , то можно считать, что так же случайно распределена функция ослабления мощности $P_R(d)$. Поэтому мощность в принимаемой антенне определялась по формуле:

$$P_R(d) = P_T(d) - PL(d), \quad (4)$$

где $P_T(d)$ — мощность, излучаемая антенной передатчика с коэффициентом усиления на длине волны излучателя и на расстоянии d на открытом неограниченном пространстве $n = 2$.

Для определения величины рассеивания радиоволн $W(\vec{l}_d)$ на расстоянии $l_d = d$ в лесу теоретически выведена следующая формула:

$$W(\vec{l}_d) = \exp \left[ikl_d \left(1 + \frac{G\pi d^2}{4} (\epsilon^* - 1) \right) \right], \quad (5)$$

здесь d — диаметр антенны (луча электромагнитных волн); ϵ^* — комплексная диэлектрическая проницаемость лесной среды в точке приема сигнала; k — волновое число лесной среды; G — коэффициент пропорциональности, густота деревьев в лесной среде; i — мнимая единица, равная $\sqrt{-1}$.

В первом приближении полученный результат описывается нормальным логарифмическим законом (равномерным по шкале дБ). Величины n и d для расчетов взяты из результатов экспериментальных исследований при $X_{\sigma} = 0$.

На рис. 4 приведены некоторые полученные результаты. Исследования проводились с RFID-устройствами (приемо-передатчиками) на частоте 2,4 ГГц и 986 МГц. Сравнение расчетных данных с результатами экспери-

ментов показало достаточную адекватность теоретических моделей реальным объектам.

Плотность измеренных результатов (рис. 4) зависит от множества природных и погодных факторов: температуры и влажности воздуха, диэлектрической проницаемости среды, плотности деревьев и характера их расположения на местности, включая кусты, овраги и возвышенности.

Учитывая многопараметричность задач, неопределенность и недостаточность данных, были проведены исследования радиочастотного мониторинга лесной среды с применением нечеткого моделирования. В результате получены функциональные зависимости основных параметров системы радиочастотного мониторинга — падения мощности сигнала и диэлектрической проницаемости лесной среды от различных параметров [10–13].

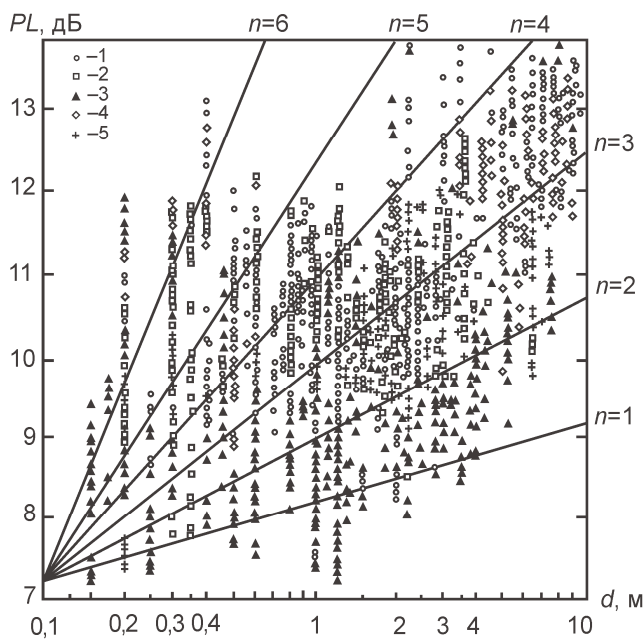


Рис. 4. Результаты экспериментальных исследований ослабления радиоволн на лесных участках с различным древостоем: PL — ослабление мощности в радиоканале; d — расстояние между излучателем и приемником; n — параметр дифракции

Таким образом, результаты исследований, полученные модели, уравнения позволяют выполнять проектирование систем радиочастотного мониторинга лесной среды, предназначенных для информационного обеспечения системы лесопользования лесного фонда страны.

Заключение

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Создание модели информационного обеспечения системы управления лесным фондом позволяет решить фундаментальную проблему лесопользования, обеспечить качество и оперативность информации, избежать потерь лесоматериалов от незаконных рубок и лесных пожаров.

2. Предложенная автоматизированная система по сбору и передаче данных о состоянии древостоя при

мониторинге леса на основе радиочастотного мониторинга повысит достоверность, точность результатов измерений и оперативность предоставления их потребителю.

3. Система информационного обеспечения реализована благодаря предложенным техническим решениям по определению типа и технического исполнения системы наземного мониторинга лесного фонда на основе технологии радиочастотного мониторинга, включающей разработанный метод и технические средства обмена информацией в сети мониторинга. Работоспособность системы и адекватность теоретических моделей, описывающих технологию, подтверждены экспериментальными исследованиями.

4. Для предложенной системы информационного обеспечения разработан перечень учитываемых параметров и требований к каналам связи и информации для базы данных.

5. Как подтверждают результаты натурных и численных экспериментов, предложенные модели, уравнения, функциональные зависимости по исследуемой теме являются достаточно адекватными, что позволяет рекомендовать их для проектирования систем радиочастотного мониторинга лесного фонда.

Литература

1. Основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительство Рос. Федерации от 26 сент. 2013 г. № 1724-р. // Федер. агентство Лесного хозяйства: сайт. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>. (дата обращения: 24.02.2017).
2. О внесении изменений в ст.74 и 81 Лесного кодекса Рос. Федерации [Электронный ресурс]: федер. закон от 21 июля 2014 г. № 250-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
3. Рослесхоз [Электронный ресурс]: портал Ед. гос. автоматизир. информ. системе учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС). URL: <http://www.rosleshoz.ru> (дата обращения: 12.03.2017).
4. Сannikov С.П., Герц Э.Ф. Информационные технологии в управлении лесами // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе САПР, АСНИ, СУБД и системы искусственного интеллекта: материалы 5-й междунар. науч.-технической конф. Вологда: ВоГТУ, 2009. С. 269–271.
5. Сannikov С.П., Герц Э.Ф. Круглогодичный мониторинг углерода в лесных массивах и управление лесами // Леса России в XXI веке: материалы первой междунар. науч.-практической Интернет-конф. Июль 2009 г. СПб., 2009. С. 92–96.
6. ГОСТ 28147-89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. М.: Изд-во стандартов, 1996. 27 с.
7. ГОСТ Р 34.10-2001. Информационная технология [Электронный ресурс]. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи // NAG.ru: сайт. URL: <http://libt.ru/gost/download/gost-r-34.10-2001.html>. (дата обращения: 10.12.2016).
8. RFID-системы стандарта EPC Gen2 [Электронный ресурс] // Хабрахабр: сайт. URL: <https://habrahabr.ru/post/194908/> (дата обращения: 15.12.2016).

9. Electronic Product Code. EPC Type I [Электронный ресурс] // Википедия: сайт. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Electronic_Product_Code (дата обращения: 15.12.2016).

10. Санников С.П., Побединский В.В., Газизов А.М., Бородулин И.В., Черницын М.А., Кузьминов Н.С. Зависимость падения мощности сигнала от параметров лесной среды при радиочастотном мониторинге лесного фонда // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 4. С.181-187.

11. Санников С.П., Побединский В.В., Бородулин И.В., Черницын М.А., Кузьминов Н.С. Зависимость падения мощности сигнала при радиочастотном мониторинге лесного фонда от конструктивных параметров // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. № 3 (17). С. 23-29.

12. Санников С.П., Побединский В.В., Бородулин И.В., Черницын М.А., Кузьминов Н.С. Программа расчета диэлектрической проницаемости лесного фонда в зависимости от параметров лесной среды при радиочастотном мониторинге: программа для ЭВМ. Св. ГР. № 2016662662; зарег. в реестре программ 17.11.16.

13. Санников С.П., Побединский В.В., Бородулин И.В., Черницын М.А., Кузьминов Н.С. Программа расчета диэлектрической проницаемости лесного фонда в зависимости от климатических факторов при радиочастотном мониторинге: программа для ЭВМ. Св. ГР № 2016662522; зарег. в реестре программ 14.11.16.

References

1. Bases state politicians in the field of use, guard, protection and reproduction wood in Russian Federation for a period of before 2030 [Elektronnyi resurs]: rasporyazhenie Pravitel'stvo Ros. Federatsii ot 26 sent. 2013 g. № 1724-р. // Feder. agentstvo Lesnogo khozyaistva: сайт. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>. (data obrashcheniya: 24.02.2017).

2. On Amendments to Article 74 and 81 of the Forest Code Russian Federation [Elektronnyi resurs]: feder. zakon ot 21iyulya 2014 g. № 250-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoi sistemy «Konsul'tant Plyus».

3. Rosleskhoz [Russian Forestry] [Elektronnyi resurs]: portal Ed. gos. avtomatizir. inform. sisteme ucheta drevesiny i sdelok s nei (EGAIS). URL. <http://www.rosleshoz.ru> (data obrashcheniya: 12.03.2017).

4. Sannikov S.P., Gerts E.F. Information technologies in management wood // Informatizatsiya protsessov formirovaniya otkry-

tykh sistem na osnove SAPR, ASNI, SUBD i sistemy iskusstvennogo intellekta: materialy 5-i mezhdunar. nauch.-tekhnicheskoi konf. Vologda: VoGTU, 2009. P. 269-271.

5. Sannikov S.P., Gerts E.F. Year-round monitoring of carbon in timber array and management wood // Lesa Rossii v XXI veke: materialy pervoi mezhdunar. nauch.-prakticheskoi Internet-konf. Iyul' 2009 g. SPb., 2009. P. 92-96.

6. GOST 28147-89. The Systems information handling. Protection cryptographic. The Algorithm of the cryptographic transformation. M.: Izd-vo standartov, 1996. 27 p.

7. GOST R 34.10-2001. Information technology. Cryptographic protection to information. The Processes of the shaping and check electronic digital signature [Elektronnyi resurs] // NAG.ru: сайт. URL. <http://lib.ru/gost/download/gost-r-34.10-2001.html>. (data obrashcheniya: 10.12.2016).

8. RFID-systems of the standard EPC Gen2 [Elektronnyi resurs] // Khabrakhabr: сайт. URL: <https://habrahabr.ru/post/194908/> (data obrashcheniya: 15.12. 2016).

9. Electronic Product Code. EPC Type I [Elektronnyi resurs] // Vikipediya: сайт. URL. https://ru.wikipedia.org/wiki/Electronic_Product_Code (data obrashcheniya: 15.12.2016).

10. Sannikov S.P., Pobedinskii V.V., Gazizov A.M., Borodulin I.V., Chernitsyn M.A., Kuz'minov N.S. The Dependency of the fall to powers of the signal from parameter of the timber ambience at Radio frequency monitoring of the timber fund // Systems. Methods. Technologies. 2016. № 4. P. 181-187.

11. Sannikov S.P., Pobedinskii V.V., Borodulin I.V., Chernitsyn M.A., Kuz'minov N.S. The Dependency of the fall to powers of the signal at radio-frequency monitoring the timber fund from constructive parameter // Measuring. Monitoring. Management. Control. 2016. № 3 (17). P. 23-29.

12. Sannikov S.P., Pobedinskii V.V., Borodulin I.V., Chernitsyn M.A., Kuz'minov N.S. The Program of the calculation dielectric permeability of the timber fund depending on parameter of the timber ambience at radio-frequency monitoring: programma dlya EVM. Sv. GR. № 2016662662; zareg. v reestre programm 17.11.16.

13. Sannikov S.P., Pobedinskii V.V., Borodulin I.V., Chernitsyn M.A., Kuz'minov N.S. The Program of the calculation dielectric permeability of the timber fund depending on climatic factor at radio-frequency monitoring: programma dlya EVM. Sv. GR № 2016662522; zareg. v reestre programm 14.11.16.