

Информационная система поддержки мониторинга состояния крон деревьев международного экологического мониторинга ICP Forests на территории России.

© М.П. Шашков

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
лаборатория моделирования экосистем,
г. Пущино.
max.carabus@gmail.com

Аннотация

В статье описывается опыт разработки информационной системы для сопровождения мониторинга состояния крон деревьев в системе международного экологического мониторинга ICP Forests на территории России. Система основана на открытой СУБД PostgreSQL. Применяется для систематизации многолетних данных по мониторингу, является источником информации для составления отчетов, ГИС и моделирования экосистем.

1. Введение

Начало процессов, приведших к организации международного экологического мониторинга ICP Forests, было положено в 70-80х годах XX века, когда в европейских странах сообщалось о повреждениях лесов, проявляющихся независимо от видов деревьев, вызванных неизвестными причинами. Среди гипотез, объясняющих это быстро и широко распространившееся явление, наиболее подтвержденными оказались предположения о повреждении биоты воздушными загрязнителями, даже в районах, удаленных от источников промышленного загрязнения [1].

В 1985 году было проведено первое совещание рабочей группы ICP Forests по организации мониторинга. Главной целью проекта стало наблюдение за влиянием загрязнений воздуха на леса. Постепенно были поставлены разнообразные задачи разного уровня сложности. Первая из них, собственно основа мониторинга – приобретение знаний о пространственной и временной изменчивости состояния лесов. Так как все экосистемные процессы отследить чрезвычайно трудоёмко, мониторинг был разделен на три уровня:

экстенсивный, интенсивный и интегрированный мониторинг.

1.1 Организация мониторинга

Мониторинг охватывает разные компоненты лесных экосистем и факторы среды: состояние крон деревьев, скорость прироста и продуктивность древостоев, химический состав листвы и хвои, напочвенный растительный покров, химию почв, фенологические явления, метеорологические параметры. На разных уровнях мониторинга наблюдение идёт за разным набором компонентов и с разной периодичностью. На первом уровне мониторинга ежегодно отслеживаются наиболее важные параметры, на втором больший набор параметров несколько раз в год, а на третьем уровне может быть непрерывное слежение с использованием электронных регистраторов и видеокамер.

Первый уровень – *экстенсивный мониторинг*: широкомасштабное наблюдение за первичными параметрами разных компонентов леса: состоянием крон деревьев, содержанием химических элементов в листве и хвое, химией почвы. Наблюдения проводятся на основе регулярной транснациональной сети *постоянных пунктов наблюдений* (ППН) с шагом 16x16 км (32x32 км для бореальных лесов). Сеть мониторинга охватывает территорию более тридцати европейских стран и включает в себя более 7500 ППН. Основа мониторинга первого уровня - наблюдение за процентом преждевременного опадения листвы (дефолиация) и преждевременного пожелтения (дехромация). Кроме того, в российском национальном мониторинге оценивают категорию санитарного состояния дерева (КСС). Периодичность мониторинга: состояние крон оценивается ежегодно, описание растительного покрова и анализ содержания химических элементов в хвое, листве и почве проводятся раз в 5 лет.

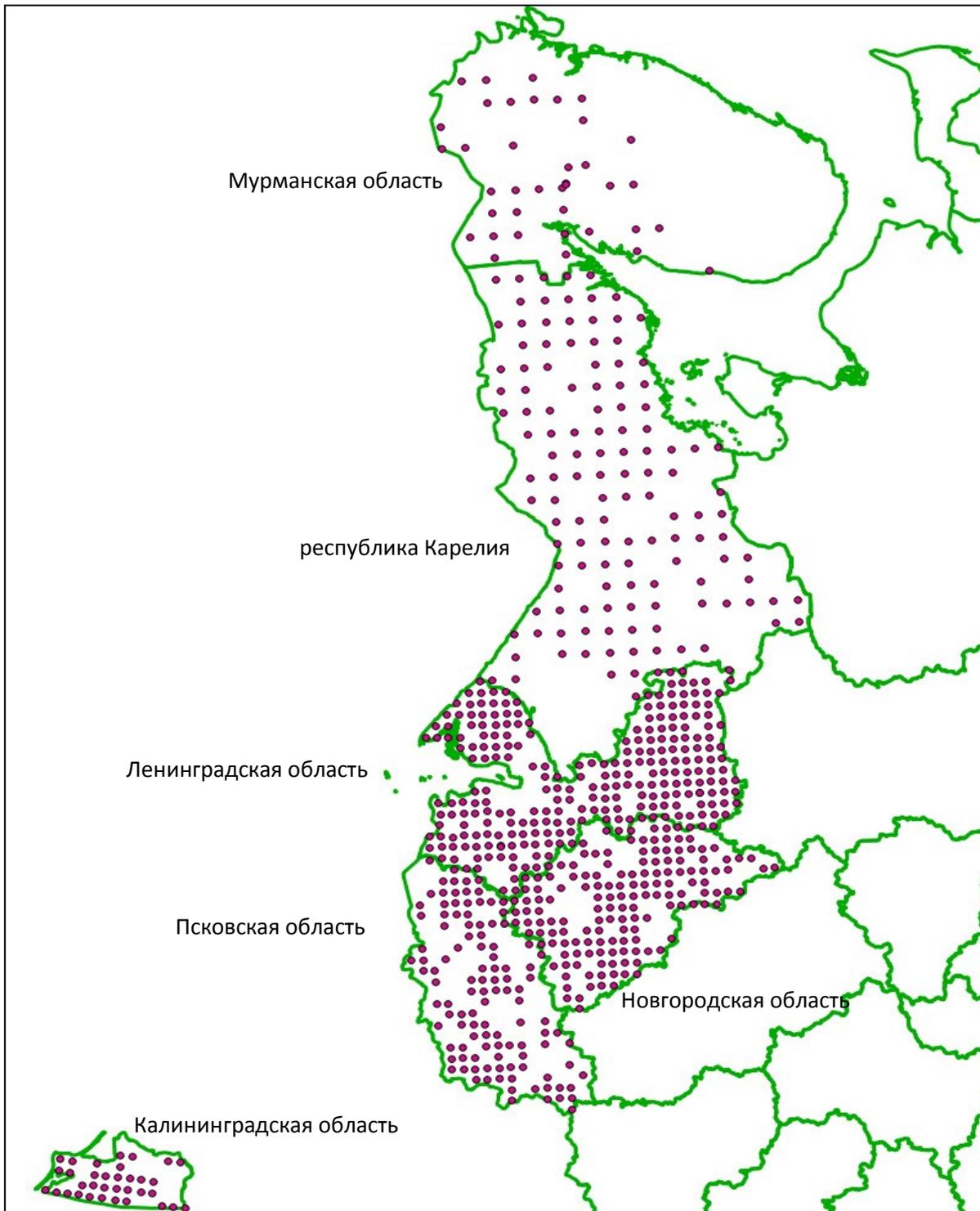


Рис. 1 Схема сети пробных площадей на территории России

Второй уровень – **интенсивный мониторинг**: проводится на меньшем числе ППН, но при этом оценивается большее число параметров, с большей частотой (несколько раз в год).

Третий уровень – **интегрированный мониторинг**: анализ лесных экосистем с целью более глубокого понимания взаимодействия их компонентов (проводится на небольшом числе участков).

Несмотря на то, что правительством СССР в 1988 году было подписано соглашение о расширении сети мониторинга на территорию Советского Союза в 500-километровой полосе вдоль западной границы, реальные работы по организации сети были начаты только в 1997 году.

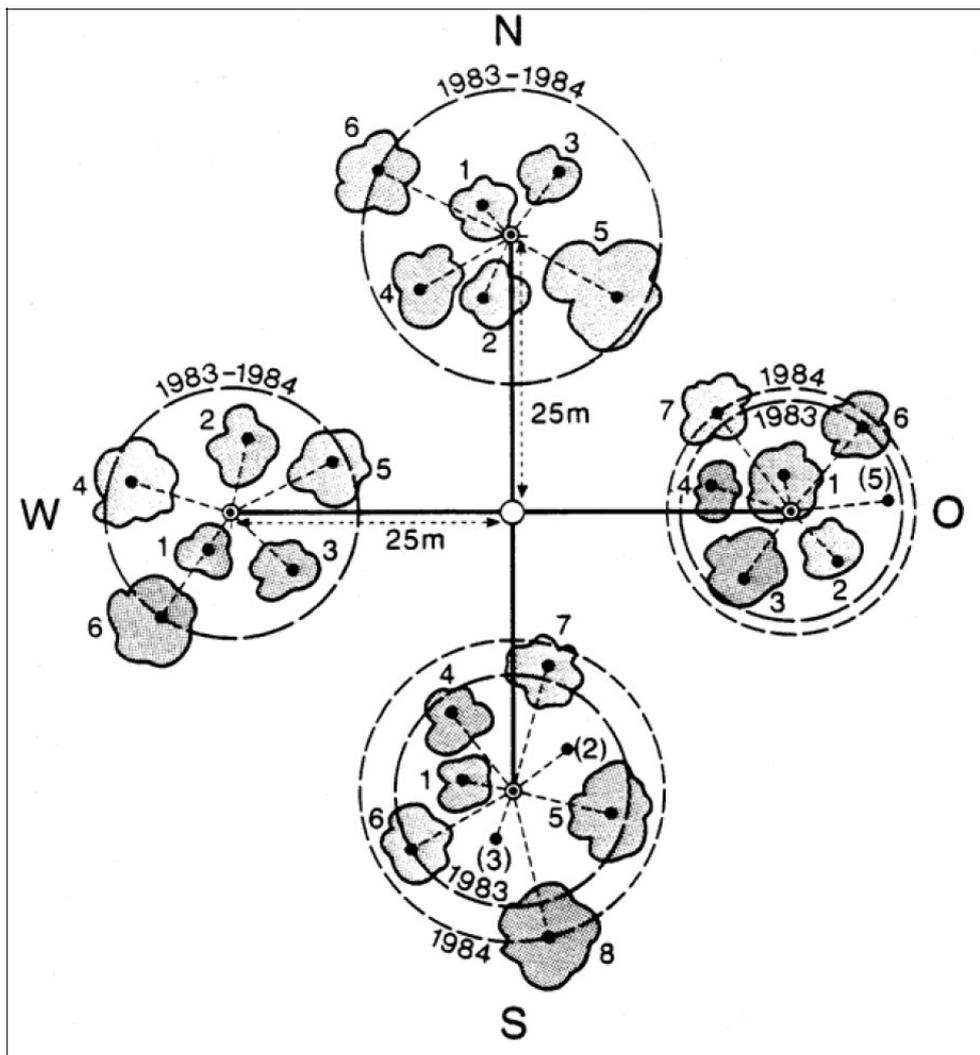


Рис. 2 Схема Организации ППН (no Manual Visual Assessment of Crown Condition [5])

В России первые работы по мониторингу были проведены на территории Ленинградской области в 1997 и 2003 годах. В оба сезона мониторинг одновременно не охватывал всю территорию области и ни на одной ППН в этот период не было повторных описаний. С 2007 года начался новый этап развития мониторинга на территории России – организация полноценной регулярной мониторинговой сети. В течение 2007-2009 годов были восстановлены (в Ленинградской области) и заново заложены более 700 ППН. В настоящее время в России мониторинг ICP Forests ведётся на территории шести субъектов: Ленинградской, Новгородской, Псковской, Калининградской, Мурманской областей и республики Карелия. На территории республики Карелия и Мурманской области ППН были заложены по квадратной расчетной сети 32x32 км, в остальных субъектах – 16x16 км. Схема сети ППН на территории Российской Федерации представлена на рис. 1. Каждая ППН представляет собой кластер из 4х

точек учета (ТУ), на каждой из которых описано и промаркировано как минимум 24 модельных дерева. Схема организации ППН представлена на рис. 2.

Для каждого модельного дерева при закладке ППН измеряется периметр ствола на «уровне груди» (130 см от комля) и определяется происхождение (семенное или порослевое), а оценка параметров состояния кроны и описание наблюдаемых симптомов и повреждений производятся ежегодно. При этом для описания одного симптома используется набор параметров: положение на дереве (какая часть затронута), симптом, спецификация симптома, степень выраженности и давность возникновения. Для всей ППН производится таксация древостоя. Таксация древостоя и измерение периметров стволов производятся раз в пять лет. В процессе этой работы заполняются бумажные ведомости, которые являются источником первичных данных.

Для систематизации и обработки этих данных с первого года нового этапа мониторинга была начата

разработка специализированной информационной системы.

2. Информационная система

Для упорядочения и обработки первичных данных, собираемых в процессе полевых работ на ППН, потребовалось создание информационной системы (ИС). Данная работа посвящена описанию информационной системы обработки данных первого уровня по состоянию крон деревьев. Рабочее название ICP Crown Condition Data Manager, версия 1.0. База по почвам, растительности и другим данным первого уровня разрабатывается и ведётся сотрудниками ЦЭПЛ РАН.

Задачи, решаемые данной информационной системой:

1. Проверка первичных данных на корректность и связность с ранее введенными данными
2. Систематизация собранных данных.
3. Вычисление расчетных параметров (средние показатели дехромации, дефолиации, категории санитарного состояния, а также параметры таксации древостоя) на разных территориальных уровнях организации мониторинга (ППН, лесничество, субъект).
4. Подготовка к полевым работам: генерация карточек со списками модельных деревьев для внесения данных при обследовании ППН, напоминание о необходимости проведения на ППН тех или иных работ.
5. Предоставление пространственных данных для визуализации в ГИС.
6. Формирование запросов (представлений) для экспорта данных во внешние базы данных.

Разработка данной системы начата с первого полевого сезона регулярного мониторинга в 2007 году в национальном координационном центре (ЦЭПЛ РАН), затем в течение 2008-11 годов продолжалась в Центре защиты леса Ленинградской области (г. Санкт-Петербург), с 2012 года разработка продолжается в Институте физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино).

Для разработки информационной системы была выбрана открытая клиент-серверная СУБД PostgreSQL [3]. Данная СУБД позволяет создавать сложные базы с представлениями, хранимыми процедурами, а также разрабатывать на их основе веб-ориентированные системы.

В настоящее время ИС лесопатологической части мониторинга ICP Forests состоит из двух основных компонентов:

1. Базы данных
2. Пользовательского приложения.

2.1 База данных

База данных состоит из 8 рабочих таблиц и 18 справочников. Справочники организованы согласно Руководству международной методики проведения исследований по проекту ICP Forest [5].

В системе мониторинга выделяют следующие уровни организации:

1. Мониторинговая сеть
2. Постоянный пункт наблюдений (ППН)
3. Точка учета (ТУ)
4. Модельное дерево (МД)

Эта иерархия отображена в структуре базы. В базе имеются рабочие таблицы: расчетной сети, характеристик заложенных ППН, свойств точек учета, характеристик модельных деревьев и значений параметров ежегодного мониторинга. Еще один уровень не имеет собственной рабочей таблицы – повреждаемые части дерева. Однако имеется справочник, коды из которого используются при описании симптомов и повреждений. Таким образом, элементарная единица базы – модельное дерево.

Рабочие таблицы связаны между собой иерархическим ключом, по шаблону РРПППТТДДГГ, где

- РР – код субъекта,
- ППП – номер ППН в данном субъекте,
- ТТ – код точки учёта,
- ДД – номер модельного дерева
- ГГ – две крайние цифры года мониторинга.

В зависимости от таблицы (блока данных) этот ключ имеет ту или иную длину (минимум, идентификатор ППН – первые пять цифр).

Кодировка справочников задана согласно Руководству [5], субъектов - согласно порядковому номеру в первой редакции Конституции (от 25 декабря 1993 года), также часто называемой «кодировкой ГИБДД».

Первичная информация в базе объединена в четыре логических блока:

1. Описание ППН
2. Данные таксации древостоя
3. Оценка состояния крон
4. Описание симптомов и повреждений.

Пример списка параметров, входящих в эти блоки, приведен в таблице 1, схема базы данных представлена на рис. 3.

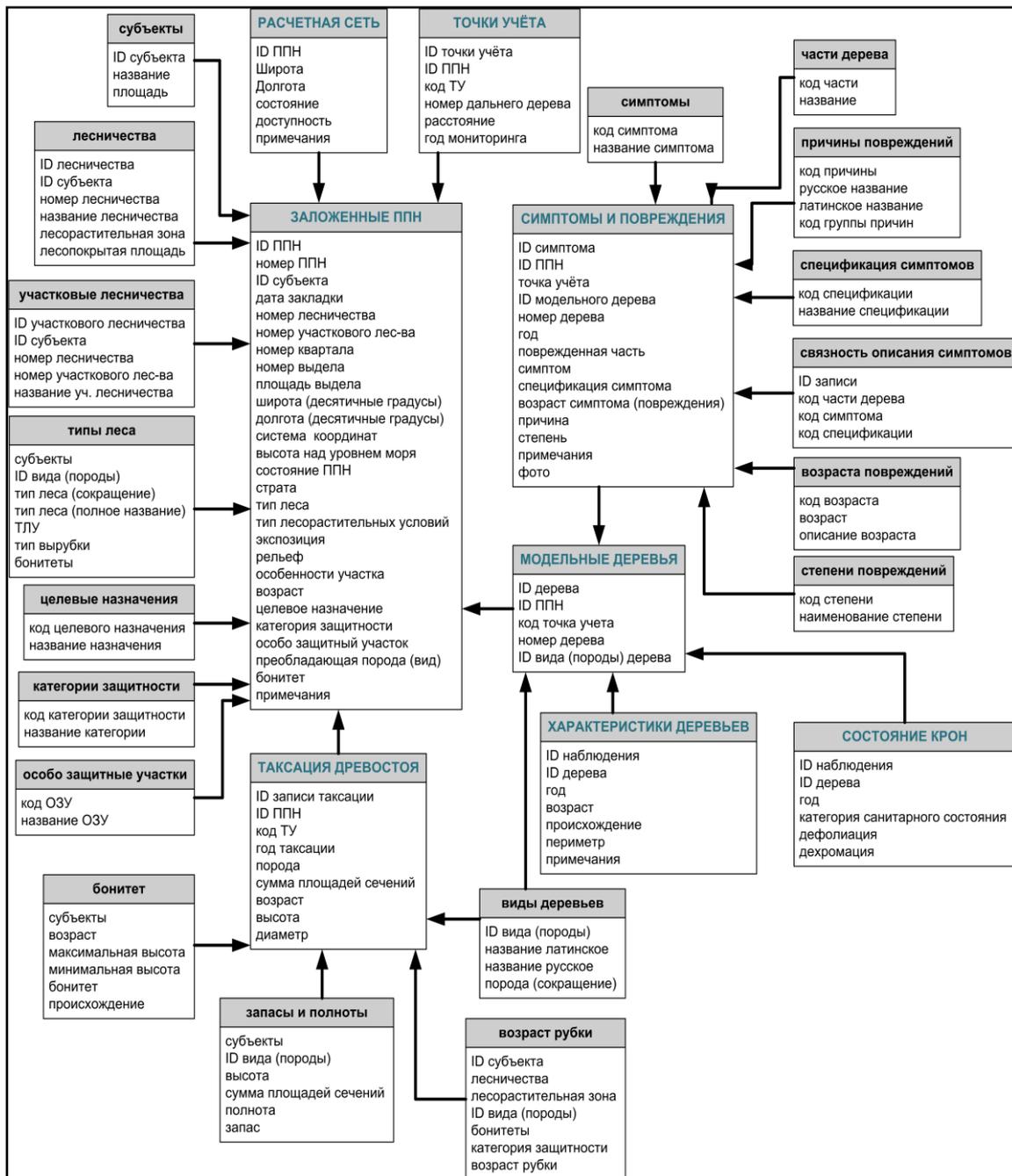


Рис. 3 Информационная структура базы данных состояния кроны деревьев экологического мониторинга ICP Forests

Так как база основана на реляционной модели, в таблицах хранятся только первичные данные, для вычисления расчетных параметров используется система запросов. Только для параметров, расчет которых может занимать много времени, допускается создание временных полей или временных таблиц с рассчитанными параметрами.

Для удобства написания запросов, в базе определен набор пользовательских функций (хранимых процедур). Среди них функции, возвращающее среднее значение дефолиации по номеру ППН и году мониторинга или, например, актуальной

коду) и прочие. Функции написаны на встроенном процедурном расширении SQL для PostgreSQL – PL/pgSQL.

По данным таксации древостоя рассчитываются формула древостоя, бонитет, полнота и страта. Для этого используются справочники бонитетов, возрастов рубки (для определения группы возраста), типов леса, полнот и запасов. Для расчета страты используется следующий набор функций для вычисления: группы возраста, полноты, бонитета, возраста рубки.

Таблица 1 *Первичные и расчетные параметры, содержащиеся в базе*

Блок данных	Параметры в таблицах (первичные данные)	Расчетные параметры (представления)
Таксация древостоя	высота, возраст, сумма площадей сечений	полнота, бонитет, формула древостоя, запас, страта
Описание ППН	дата закладки, координаты, тип леса, ГЛУ, рельеф, возраст древостоя и проч.	
Модельные деревья и состояние кроны	вид дерева, диаметр, возраст, происхождение, дехромация, дефолиация	средние показатели дехромации и дефолиации на ППН, лесничество, субъект
Симптомы и повреждения	часть дерева, симптом, спецификация симптома, возраст симптома, степень, причина	

2.2 Пользовательское приложение

Графический интерфейс пользователя реализован в интегральной среде разработки (IDE) Turbo Delphi. Приложение содержит несколько форм для проверки, ввода, импорта, просмотра и редактирования данных. Набор форм отображает блоки данных базы: характеристики ППН, состояние кроны, симптомы и повреждения, таксация древостоя.

Вводить данные в базу можно как через визуальную форму, так и путем импорта с карточек, заполненных в виде файлов Excel (аналогичных бумажным ведомостям). Перед импортом производится проверка данных на корректность и соответствие (связность) с данными ранее введенными в базу. Например, для всех ли модельных деревьев была произведена оценка кроны, соответствуют ли вводимые параметры допустимым

диапазонам, нет ли «оживших» деревьев из числа перешедших в состояние сухостоя, выбраны ли новые модельные деревья взамен погибших и т.д.

Для вывода расчетных данных предусмотрена форма работы с запросами. Используя заранее заданный набор запросов, предоставляемый формой, можно вывести необходимые расчетные параметры на выбранные территории (субъект или лесничество). Полученные данные можно сохранить в виде таблицы CSV.

3 Практическое применение и перспективы развития информационной системы

С первого года разработки ИС является источником данных для формирования отчетов по мониторингу ICP Forests на территории России, сначала в ЦЭПЛ РАН, а затем ЦЗЛ Ленинградской области [2]. С 2008 года, данные из ИС импортируются в интегрированную базу данных мониторинга ЦЭПЛ РАН. ИС также является источником данных для верификации модели динамики лесных экосистем EFIMOD [6]. В 2009 году данная разработка была взята за основу для создания федеральной лесопатологической базы, т.к. на большей части субъектов РФ мониторинг также проводится на ППН, но на основе стратификационной сети.

Как видно, применение данной разработки весьма разнообразно и затрагивает деятельность нескольких организаций, поэтому в дальнейшем необходима разработка веб-приложения для авторизованного доступа к данным через Internet. В настоящее время есть два варианта передачи собираемых данных в базу:

1. бумажные носители → пользовательская форма → база
2. бумажные носители → файлы Excel (по шаблону) → база.

В дальнейшем возможно разработка еще двух вариантов:

3. КПК → база
4. ввод данных в базу (с любого носителя) через веб-форму

Пространственная информация, имеющаяся в базе, позволяет использовать её (базу) как источник данных для геоинформационных систем (ГИС). Для визуализации используется открытая ГИС QuantumGIS [4]. Пространственная информация представлена в виде абсолютных данных (географические координаты) и относительных (указания на субъекты и лесничества). В первом случае по данным базы можно строить точечный векторный слой, во втором случае для визуализации надо

использовать уже готовый полигональный слой (административного или лесохозяйственного территориального деления).

В качестве еще одной перспективы развития ИС можно предположить интерактивную карту, на которой будет отображаться состояние сети в тот или иной год, а также изменения по сравнению с предыдущими годами (для открытого доступа).

Можно считать, что ядро ИС к настоящему времени сформировано и успешно функционирует. Дальнейшая разработка должна идти по пути развития интерфейса (для удобства ввода и манипуляций с данными), визуализации результатов (отслеживание динамики на уровне отдельных деревьев, ППН, лесничеств и регионов), формирования отчетов и подробных характеристик ППН (с указанием сводной информации, необходимых работ и т.п.). К двум уже имеющимся компонентам (база и пользовательский интерфейс), для превращения в полноценную систему необходимо добавить компонент ГИС и веб-интерфейс.

Литература

- [1] Руководство по методам и критериям согласованного отбора проб, оценки, мониторинга и анализа влияния загрязнения воздуха на леса. Часть I. Структура и функции ICP Forests. URL: <http://www.icp-forests.org/pdf/Rmanual1.pdf> (дата обращения : 15.05.2012).
- [2] Синкевич А. Е., Костяев М. Г., Глебов Р. Н. Состояние лесов по результатам мониторинга по программе ICP Forests в 2010 году (отчет). URL: http://czlspb.ru/fs/files/289/Otchet_po_monitoring_u_sostoyaniya_lesov_po_programme_ICP_Forests_v_2010_godu.pdf (дата обращения: 02.09.2012)
- [3] PostgreSQL: The world's most advanced open source database. Available from <http://www.postgresql.org> Accessed May 2012.
- [4] Quantum GIS - Open Source Geographic Information System. Available from <http://www.qgis.org> Accessed May 2012
- [5] Manual of methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part II. Visual Assessment of Crown Condition. Updated 06/2006. Available from http://www.icp-forests.org/pdf/Chapt2_compl06.pdf Accessed June 2012.
- [6] Chertov O., Komarov A., Loukianov A., Mikhailov A., Nadporozhskaya M., Zubkova E. The use of forest ecosystem model EFIMOD for research and practical implementation at forest stand, local and regional levels // *Ecological modeling*, 194, 2006. P. 227-232.

The Monitoring Information System for Crown Condition Monitoring Support in International Ecological Monitoring ICP Forests in Russian Federation

Maxim P. Shashkov

The development practices of information system for crown condition monitoring support in system of international ecological monitoring ICP Forests in Russian Federation described in this paper. The system based on object-relational database management system PostgreSQL. This system used for systematization perennial information of monitoring, is data source for reports, GIS and ecosystem modeling.