

На правах рукописи

УДК 528.9:577.4

ПОДОЛЬСКАЯ АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АКТУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ
ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ДЕЛЕНИЯ ЛЕСНОГО ФОНДА ДЛЯ
МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

Специальность 25.00.35 – Геоинформатика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва - 2009

Работа выполнена на кафедре прикладной экологии

Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Малинников Василий Александрович

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Цветков Виктор Яковлевич
доктор технических наук
Захаров Валерий Николаевич

Ведущая организация – ФГУП «Государственный научно-исследовательский и
производственный центр «Природа» (ФГУП «Госцентр «Природа»)

Защита диссертации состоится «4» июня 2009 года в 10 часов
на заседании диссертационного Совета Д.212.143.03 при Московском государственном
университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., 4,
зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного уни-
верситета геодезии и картографии.

Автореферат разослан «28» апреля 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета

Климков Ю.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Накопленный опыт современных технологий сбора и обработки данных о горимости лесов, состоянии грозовых разрядов и метеорологической информации позволил разработать действующую информационную систему дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), - аэрокосмическую систему федерального уровня, включающую наземные наблюдательные пункты, воздушные патрули и космические средства слежения за лесными пожарами. В структуре системы выделены блоки мониторинга пожарной опасности, лесопатологии, лесопользования и лесовосстановления.

Для блока мониторинга пожарной опасности особое значение имеет актуальность *данных территориального деления (ТД) лесного фонда*, под которыми понимают данные о границах лесохозяйственных предприятий, авиационных подразделений и зон мониторинга пожарной опасности, а также связанные с ними атрибутивные и справочные данные. Относительно границ территориального деления лесного фонда осуществляется пространственная идентификация детектированных по спутниковым данным очагов лесных пожаров. Границы территориального деления подвержены ежегодным изменениям, связанным с организацией новых, упразднением старых, разукрупнением или объединением авиаподразделений/лесхозов; отнесением территории лесного фонда к космической, авиационной или наземной зонам мониторинга.

Происходящие изменения требуют учета в структуре ИСДМ, что обуславливает необходимость разработки геоинформационной технологии ежегодной актуализации данных территориального деления лесного фонда до наступления пожароопасного сезона. Актуализированные данные применяются в ИСДМ при оперативном мониторинге лесных пожаров, а также имеют большое значение для решения ряда научно-исследовательских задач по оценке углеродного бюджета, динамики, состояния лесов и биоразнообразия на основе данных государственного учета леса.

Законодательно актуальность темы определил принятый в 2006 г. новый Лесной кодекс Российской Федерации, согласно которому вместо лесхозов основными

территориальными единицами управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов становятся *лесничества* и *лесопарки*. Перевод лесхозов в лесничества был реализован в регионах, что позволяет в настоящее время интегрировать полученные от субъектов данные нового деления в ИСДМ.

Целью диссертационного исследования является разработка геоинформационной технологии, осуществляющей ежегодную актуализацию данных территориального деления лесного фонда Российской Федерации в структуре ИСДМ-Рослесхоз, первоначально созданной в интересах охраны лесов от пожаров.

Реализация поставленной цели потребовала решения **следующих задач:**

- изучение, анализ и обобщение лесоустроительных технологий обновления плано-картографических материалов и современных технологий сбора обновлений цифровых карт по сети Интернет;

- разработка блок-схемы современной геоинформационной технологии актуализации данных ТД лесного фонда, состава и содержания ее базовых блоков; регламента работы технологии как части ИСДМ;

- исследование зависимости возникновения лесных пожаров от молний; применение актуализированных данных о границах авиаподразделений при комплексной обработке данных грозопеленгации, спутниковых и метеонаблюдений для прогноза возникновения лесных пожаров от молний;

- апробация разработанной технологии актуализации данных ТД лесного фонда к пожароопасному сезону 2009 г. на тестовом регионе России.

Объектом исследования является разработка новой технологии актуализации данных территориального деления лесного фонда РФ. **Предмет исследования** – территориальное деление лесного фонда РФ, принципы его организации, способы и периодичность обновления данных. В практической части предметом исследования является тестовый регион, в границах которого представлены все типы изменений данных ТД и виды зон мониторинга пожарной опасности.

Методы и средства исследований опираются на современные теоретические и практические основы геоинформационных систем и способов передачи информации о происходящих изменениях объектов местности, методы пространственного и

статистического анализа, подходы объектно-ориентированного программирования. В работе учитываются исторически сложившиеся принципы лесного хозяйства России, его развития во времени и современное состояние.

Состояние изученности проблемы. В первой главе приводится обзор состояния проблемы по материалам научных публикаций и Лесного кодекса РФ 2006 г.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- Проведен анализ современного состояния данных о границах территориального деления лесного фонда, лесоустроительных технологий обновления планово-картографических материалов на базе ГИС, обобщен опыт технологий сбора обновлений цифровых карт по сети Интернет;
- Разработана геоинформационная технология ежегодной актуализации данных территориального деления лесного фонда для задач мониторинга пожарной опасности;
- Впервые проведено исследование и предложена методика комплексной обработки данных грозопеленгации, спутниковых и метеонаблюдений для прогноза возникновения лесных пожаров от молний.

Основные результаты, выносимые на защиту:

1. Структура, блок-схема и регламент работы геоинформационной технологии актуализации данных ТД лесного фонда, состав и содержание базовых блоков;
2. Цифровые растровые карты границ ТД лесного фонда по субъектам РФ;
3. Web-интерфейсы сбора информации об изменениях данных ТД лесного фонда, размещенные на сервере ИСДМ; ГИС-интерфейсы редактирования справочников, границ и атрибутов для блока внесения изменений данных ТД;
4. Технологическая схема и комплекс программных модулей проведения контроля данных;
5. Методика комплексной обработки данных грозопеленгации, спутниковых и метеонаблюдений для прогноза возникновения лесных пожаров от молний.

Практическая значимость. Результаты исследований автора по теме диссертации (разработанные инструкции, интерфейсы сбора и внесения изменений, цифровой векторный слой границ территориального деления лесного фонда, тематиче-

ские материалы) используются в блоке мониторинга пожарной опасности ИСДМ и производственном процессе в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов (ЦЭПЛ РАН) и ФГУ «Авиалесоохрана», что подтверждено документально актами ввода в опытную эксплуатацию.

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования докладывались на: ежегодных научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых МИИГАиК (2006 - 2009 гг.); открытых Всероссийских конференциях «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов)» (Москва, 2005-2008 гг.); Международной конференции по картографии и ГИС (Боровец, Болгария, 2006 г.); научно-практической конференции «Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях» (Москва, 2006 г.); 4-ой Международной конференции «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве» (Москва, 2007 г.); 3-ем Международном семинаре «Интеграция информации и ГИС – 2007» (Санкт-Петербург, 2007 г.); Всероссийской конференции с международным участием «Пожары в лесных экосистемах Сибири» (Красноярск, 2008 г.). Будет сделан доклад на Международной научно-технической конференции «Геодезия, картография и кадастр – XXI век», посвященной 230-летию основания Московского государственного университета геодезии и картографии (Москва, 2009 г.).

Публикации. Содержание диссертации изложено в 11-ти публикациях, три из которых помещены в рекомендованных ВАК России журналах. Результаты исследования по теме диссертации отражены в отчетах лаборатории мониторинга лесных экосистем Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН о научно-исследовательской работе, выполненной в рамках Государственного Контракта № МГ-02.06/23К между Рослесхозом и ЦЭПЛ РАН.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, списка сокращений, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержит 160 страниц машинописного текста, 13 таблиц, 56 рисунков и 4 приложения с иллю-

страциями. Список литературы включает 124 наименования, в том числе иностранные публикации и Интернет-источники.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю работы доктору технических наук, профессору Малинникову Василию Александровичу и кандидату технических наук, заведующему лабораторией мониторинга лесных экосистем ЦЭПЛ РАН Ершову Дмитрию Владимировичу за внимание и помощь в работе. Автор признателен коллегам по лаборатории мониторинга лесных экосистем ЦЭПЛ РАН за рекомендации и замечания, способствовавшие улучшению работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, поставлена цель и сформулированы задачи исследования.

В **первой главе** представлен обзор современного состояния данных о границах территориального деления лесного фонда и существующих технологий их актуализации.

Новое лесное законодательство России 2006 г. обусловило передачу большинства полномочий РФ в области лесных отношений на землях лесного фонда органам государственной власти субъектов Федерации. В настоящее время процесс перехода права собственности РФ на лесхозы субъектам завершен. Установление границ и определение количества лесничеств и лесопарков было предписано осуществлять Рослесхозу по предложениям органов исполнительной власти субъектов.

Административно до принятия Лесного кодекса РФ 2006 г. общее руководство и координация всех работ по авиационной охране лесов осуществлялись Центральной базой ФГУ "Авиалесоохрана". Согласно новому Лесному кодексу, полномочия по охране лесов начиная с 2007 г. в полном объеме переданы субъектам Федерации, в которых организованы государственные учреждения по авиационной охране лесов, разрабатывающие свои варианты функционирования Авиалесоохраны. Зонирование лесного фонда РФ по способу мониторинга пожарной опасности производится путем выделения зон наземного, авиационного и космического мониторинга. Отнесение территорий лесного фонда к зонам мониторинга производится согласно рекомендациям Рослесхоза.

В диссертации выполнен анализ технологий отечественных лесоустроительных предприятий с учетом особенностей российской отрасли лесного хозяйства, для которой разрабатывается технология актуализации данных ТД в структуре ИСДМ-Рослесхоз. Проанализированы три технологии обновления картографических лесоустроительных материалов на базе ГИС Центрального, Северо-Западного и Западно-Сибирского лесоустроительных предприятий. Результаты анализа представлены в сводной таблице сравнения (Таблица). В основе технологий других отечественных лесоустроительных предприятий лежат схожие методические подходы.

Таблица.

Сравнение лесоустроительных ГИС-технологий обновления карт

| | Характеристика | ГИС ТороL <i>Центрлеспроект</i> | ЛУГИС <i>Севзаплеспроект</i> | ЛесГИС <i>Запсиблеспроект</i> |
|---|------------------------------------|--|---|--|
| 1 | Базовая ГИС | ГИС ТороL | WinGIS, WinMap | MapInfo |
| 2 | Источники информации об изменениях | Планшеты предыдущего лесоустройства, аэрофотоснимки, геоанные | Аэрофотоснимки, абрисы снимков | Абрисы снимков, топографические карты |
| 3 | Ввод картографических данных | Сканирование исходных материалов | Сканерный метод | Сканирование абрисов и топографических карт |
| 4 | Уровень внесения изменений | Выдел | Выдел | Выдел |
| 5 | Ежегодное внесение изменений | <u>Региональный уровень:</u> учет и генерализация до уровня региона текущих изменений из лесхозов. <u>Федеральный уровень:</u> учет и генерализация изменений из регионов | Актуализация картографического материала и данных лесного фонда на начало текущего года | Ежегодное внесение текущих изменений в цифровую карту лесонасаждений |
| 6 | Контроль данных | Взаимный контроль КБД и таксационной БД, визуально-аналитический контроль КБД, проверка баланса площадей в таксационной БД | Контроль вводимой информации с сохранением истории вносимых изменений | Вычисление и увязка площадей, формирование таблицы данных о площадях |

Лесоустроительные ГИС-технологии направлены на обновление данных о границах первичных учётных единиц – таксационных выделов. В качестве источников информации о произошедших изменениях в границах используются планово-картографические материалы предыдущего лесоустройства, топографические карты и аэрофотоснимки. Установлена особенность указанных технологий - ввод картографических материалов в ГИС посредством сканерного метода, этапы которого подробно рассмотрены в тексте диссертации. Выявлены методы, применяемые в лесоустроительных технологиях, которые целесообразно включить в разрабатываемую

геоинформационную технологию актуализации данных ТД лесного фонда. Одним из таких методов является контроль вводимых пользователем данных.

Изучен процесс внесения изменений в нормативно-справочную информацию и границы лесохозяйственных предприятий в ГИС ТопоL. Выявлены функциональные возможности геоинформационной системы, которые необходимы при внесении изменений в данные территориального деления лесного фонда.

Проанализированы технологии актуализации данных ТД лесного фонда с привлечением сканерного метода, разработанные и эксплуатируемые в ЦЭПЛ РАН и во Всероссийском научно-исследовательском институте лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ). Ввиду значительных временных затрат на ввод, привязку и трансформирование бумажных топографических карт при использовании сканерного метода сделан вывод о нецелесообразности применения метода при ежегодной актуализации данных ТД. Немаловажным является устранение разнородного характера первичного потока информации путем формализации входных данных, несущих информацию об изменениях. В качестве альтернативы бумажным топографическим картам предлагается использовать цифровые.

Подвергнуты анализу современные отечественные (TeleAtlas Россия, "НарисуйКа") и зарубежные (Google Maps, Digital Vector Maps и др.) технологии сбора обновлений цифровых карт по сети Интернет на предмет возможности применения их методических подходов в технологии ежегодной актуализации данных ТД лесного фонда; результат представлен в тексте диссертации в виде таблицы.

Во **второй главе** диссертации изложена разработанная геоинформационная технология актуализации данных ТД лесного фонда. Определен состав базовых блоков на основании результатов проведенного в первой главе анализа и обобщения технологий лесохозяйственных предприятий, актуализации данных ТД с привлечением сканерного метода и сбора обновлений карт по сети Интернет. В составе технологии выделены шесть базовых блоков: создание растровых карт, сбор информации об изменениях данных ТД, внесение изменений, контроль данных, формирование тематических материалов, передача актуализированных данных (рис.1).

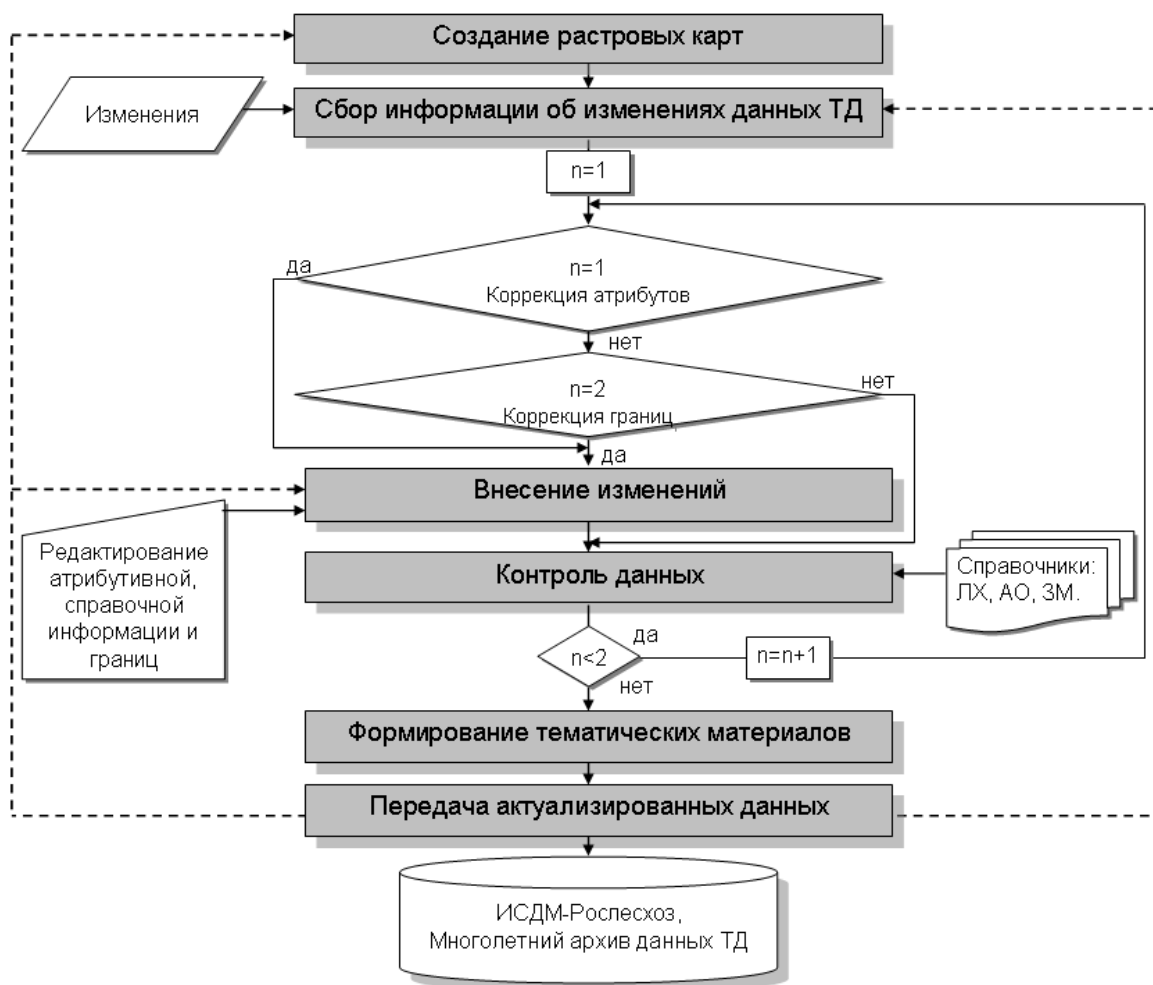


Рис. 1. Блок-схема технологии актуализации данных ТД лесного фонда

Создание растровых карт (1-й базовый блок). Была проведена автоматизация процесса создания цифровых растровых карт границ ТД лесного фонда на территорию субъектов Федерации, позволившая уменьшить время создания карт, формализовать их содержание и оформление за счет сокращения количества выполняемых пользователем операций и включения в процесс картосоставления дополнительных возможностей. Предпосылками к *уменьшению времени создания карт* является текущее положение с их построением: для 81-го субъекта РФ требуется 410 карт, что предполагает значительные временные и людские затраты. В зависимости от нагрузки подписями населенных пунктов и гидрографической сети создание одной карты занимает у одного специалиста от двух до пяти восьмичасовых рабочих дней. *Формализация содержания и оформления карт* выполнена для предотвращения ошибок, связанных с влиянием человеческого фактора, приводящего к недоста-

точности или избыточности содержания, изменению условных обозначений, корректировке макета карты.

Обоснован выбор геоинформационной системы ArcView GIS 3.x в качестве программного обеспечения создания растровых карт. Проведено расширение функциональных возможностей ГИС ArcView за счет реализации дополнительных программных модулей (скриптов), написанных на объектно-ориентированном языке программирования Avenue. В главе представлена технологическая схема автоматизированного создания растровых карт.

Состав и содержание программных модулей. Для проект-шаблона под управлением ArcView было написано пять взаимодействующих программных модулей: 1) *Создание видов с предопределенным набором данных.* Определен и обоснован выбор необходимых и достаточных общегеографических и тематических цифровых слоев для создания **карт просмотра и внесения изменений**. 2) *Определение параметров проекции.* Проведен выбор и обоснование применяемой равновеликой цилиндрической проекции с учетом назначения и масштаба карт. В состав программного модуля включен разработанный алгоритм определения для каждого субъекта Федерации центрального меридиана и стандартной параллели, которые применяются при автоматическом формировании файла проекции. 3) *Построение координатной сетки.* Программный модуль позволяет строить и оформлять географическую сетку без участия пользователя. 4) *Расстановка подписей элементов общегеографического и тематического содержания* в автоматическом режиме сокращает количество выполняемых пользователем операций. 5) *Подготовка листа компоновки карты к растеризации* разделена на две части – интерактивную и автоматическую. Участие человека минимизировано и заключается в выборе типа растровой карты: авиаподразделения, лесхозы или зоны мониторинга. Остальные операции по оформлению и установке размера листа компоновки, разрешения растеризации и создания файла привязки проводятся в автоматическом режиме. Файл привязки создается для установления системы отношений между внутренними пиксельными координатами цифровой растровой карты и географическими координатами в ГИС.

При растеризации выбор формата хранения карт осуществлялся исходя из распространенности файловых форматов, определения наилучшего соотношения размер/качество и минимизации объема для передачи карт по сети Интернет. На рис. 2 представлены примеры созданных цифровых растровых карт границ лесхозов на территорию Забайкальского края.

Перспективой модернизации блока создания цифровых растровых карт является обеспечение его работы под управлением ArcGIS 9.x.

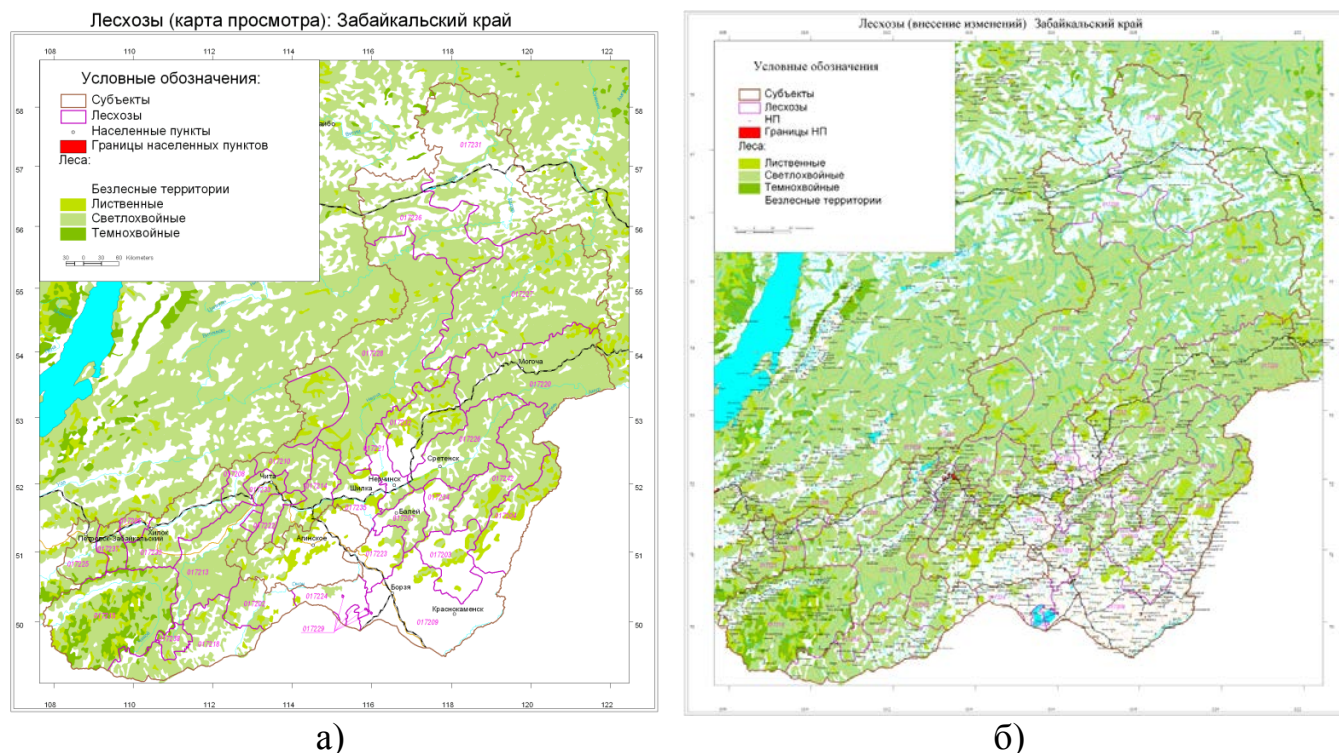


Рис. 2. Цифровые растровые карты границ лесхозов Забайкальского края: а) карта просмотра, б) карта внесения изменений

Сбор информации об изменениях данных ТД лесного фонда (2-й блок) осуществляется посредством сети Интернет и заключается во взаимодействии с уполномоченными органами исполнительной власти субъектов РФ в области лесного хозяйства. Последовательность сбора информации состоит из четырех этапов:

1. *Просмотр материалов* по состоянию данных о границах территориального деления лесного фонда субъекта за прошедший пожароопасный сезон (ПС) осуществляется на созданных и размещенных на сервере ИСДМ-Москва **Web-интерфейсах** (рис. 3а). Материалы включают справочники лесхозов и авиаподразделений; растровые карты границ ТД, созданные в рамках первого базового блока;

формы регистрации, содержащие обобщенные и классифицированные по типам изменения.

2. *Отображение изменений* региональными органами лесного хозяйства в случае обнаружения несоответствия между материалами за прошедший ПС и современным состоянием данных о границах ТД согласно разработанной инструкции.

3. *Передача информации об изменениях* в границах территориального деления лесного фонда субъекта обратно на сервер ИСДМ.

4. *Получение информации об изменениях* из субъекта РФ.

1. Просмотр имеющегося материала по субъекту РФ

Ниже представлены формы для заполнения изменений в границах авиаотделений и лесхозов, растровые карты (обзорные и детальные) за предыдущий пожаропасный год. Вам необходимо скачать эти материалы, с помощью инструкции заполнить формы и нанести изменения на растровых картах. Затем переслать их обратно нам на сервер - смотри ниже раздел 2.

1.1 Справочный материал:

| н/п | Перечень материала | Предварительный просмотр справочника | Скачать файлы |
|-----|--------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1 | Справочник авиаотделений | АО | ao1132spr.xls |
| 2 | Справочник лесхозов | ЛХ | fe1132spr.xls |

1.2 Картографический материал:

| н/п | Перечень материала | Предварительный просмотр карты | Скачать файлы |
|-----|--------------------------------------|--------------------------------|---------------|
| 1 | Границы авиаотделений | АО | ao1132.gif |
| 2 | Границы лесхозов | ЛХ | fe1132.gif |
| 3 | Границы зон космического мониторинга | КМ | kv1132.gif |

1.3 Формы и инструкции по внесению изменений:

| н/п | Перечень материала | Просмотр материала на WEB странице | Скачать файлы |
|-----|--|------------------------------------|-----------------|
| 1 | Форма (инструкция внутри формы) регистрации изменений в авиаотделениях региональной базы | форма | form_ao1132.xls |
| 2 | Форма (инструкция внутри формы) регистрации изменений в лесхозах в зоне ответственности базы | форма | form_fe1132.xls |
| 3 | Инструкция по нанесению границ на растровые карты | границы | man_help.doc |

а) Web-интерфейс

б) ГИС-интерфейс

Рис. 3. Интерфейсы: а) сбора информации об изменениях, б) внесения изменений

Внесение изменений (3-й блок) в три типа данных: границы территориального деления, атрибутивные данные слоя границ ТД, справочники лесхозов и авиаподразделений. С учетом специфики и взаимосвязанности данных спроектированы и разработаны **ГИС-интерфейсы** внесения изменений, функционирующие под управлением геоинформационной системы мониторинга лесных пожаров (ForsGIS - Fire Objects and Remote Sensing GIS), входящей в состав ИСДМ (рис. 3б).

Функциональные возможности интерфейса редактирования справочников помимо стандартных операций создания, удаления записей и сохранения изменений включают контроль данных. Интерфейс внесения изменений в границы и атрибуты располагает всеми необходимыми и достаточными операциями пространственного

редактирования. Разработаны и представлены в тексте диссертации в виде блок-схем сценарии работы пользователя при редактировании данных ТД лесного фонда.

Контроль данных (4-й блок). Моделирование вероятных ошибок при внесении изменений в атрибутивную и справочную информацию позволило разработать приемы контроля данных и комплекс программных мер для выявления пользовательских ошибок. Выделено два вида контроля данных – контроль кодов и названий. Контроль кодов происходит по трем уровням - ограничение длины кода, контроль разрешенных символов и состава кода (рис. 4). Контроль названий заключен в проверке разрешенных символов и первой буквы названия. Дополнительным контролем является выявление дублированных записей.

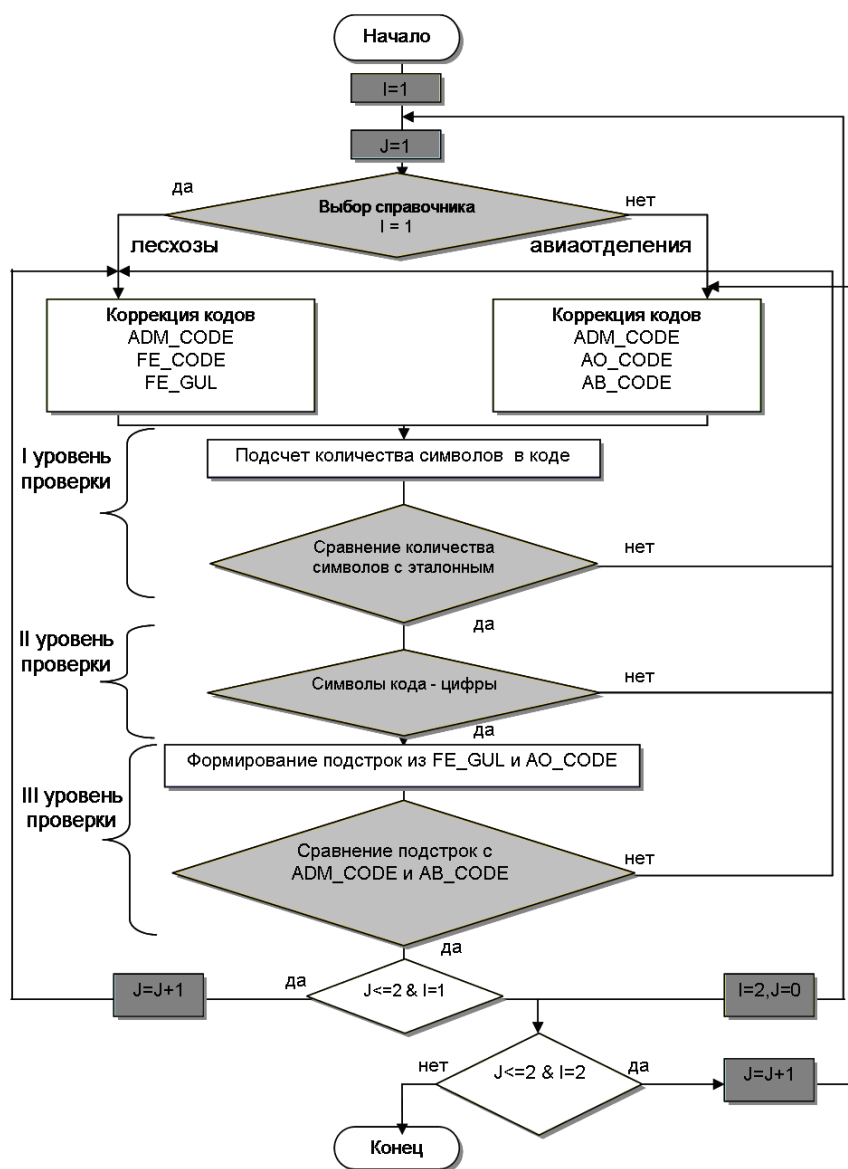


Рис. 4. Технологическая схема контроля кодов

На рис. 4 представлена технологическая схема проведения контроля кодов, реализованная для справочников. *Ограничение длины кода* начинается с подсчета количества символов в коде, далее выполняется сравнение полученного количества с эталонным. Если количества совпадают, то контроль кодов переходит на второй уровень. В противном случае контроль данных обнаруживает ошибку и возвращает пользователя к редактированию записей справочника. Уровень *контроля разрешенных символов* выявит ошибку при выявлении в коде любых символов, кроме цифр. В завершении проводится *проверка состава кода*, для которой формируются подстроки из введенного пользователем кода лесхоза или кода авиаподразделения. Затем подстроки сравниваются со значениями полей административного кода или авиабазы. На схеме используются условные обозначения: I = 1 – справочник лесхозов, I = 2 – справочник авиаподразделений; J = 1 – административный код субъекта РФ, J = 2 – код лесхоза или авиаподразделения, J = 3 – код авиабазы.

Комплекс программных модулей контроля данных интегрирован в ГИС-интерфейсы редактирования атрибутов и справочников.

Формирование тематических материалов (5-й блок) заключается в создании отдельных слоев границ лесхозов, авиаподразделений, авиабаз и зон мониторинга. В рамках базового блока применяется метод нормализации для получения табличных структур, в которых каждый лесхоз/лесничество, авиаподразделение, авиабаза или зона мониторинга появляются однократно, т.е. исключается избыточность информации.

Передача актуализированных данных ТД лесного фонда (6-й блок) в ИСДМ, базовые блоки технологии и многолетний архив данных. Переданные в ИСДМ данные используются в блоках мониторинга пожарной опасности, лесопатологии и в ГИС мониторинга лесных пожаров. Актуализированные данные поступают в три базовых блока технологии: создание растровых карт, сбор информации об изменениях и внесение изменений. Многолетний архив данных территориального деления создается с целью их применения в различных научных исследованиях.

Во второй главе диссертации представлен разработанный *регламент работы технологии*, устанавливающий сроки функционирования базовых блоков с учетом дат начала (1 апреля) и окончания (31 октября) пожароопасного сезона.

Третья глава посвящена использованию актуализированных данных авиаподразделений при прогнозе возникновения лесных пожаров от молниевых разрядов. Глава включает описание методики комплексной обработки данных грозопеленгации, спутниковых и метеонаблюдений, а также анализ полученных результатов. Прогноз возникновения лесных пожаров от молний выполнен по метеорологическим станциям Росгидромета, имеющим привязку к авиаподразделениям.

Разработана методика обработки данных, состоящая из следующих этапов: формирование тестового набора данных грозопеленгации, спутниковых и метеонаблюдений; районирование территории России по преобладающим источникам возникновения пожаров на природную (грозы) и антропогенную зоны; создание экспериментальных наборов данных пожаров и гроз; статистический анализ данных грозовых разрядов, очагов пожаров и классов пожарной опасности (КПО); получение математических зависимостей числа возникших от гроз лесных пожаров. Технологическое решение методики показано на рис. 5.

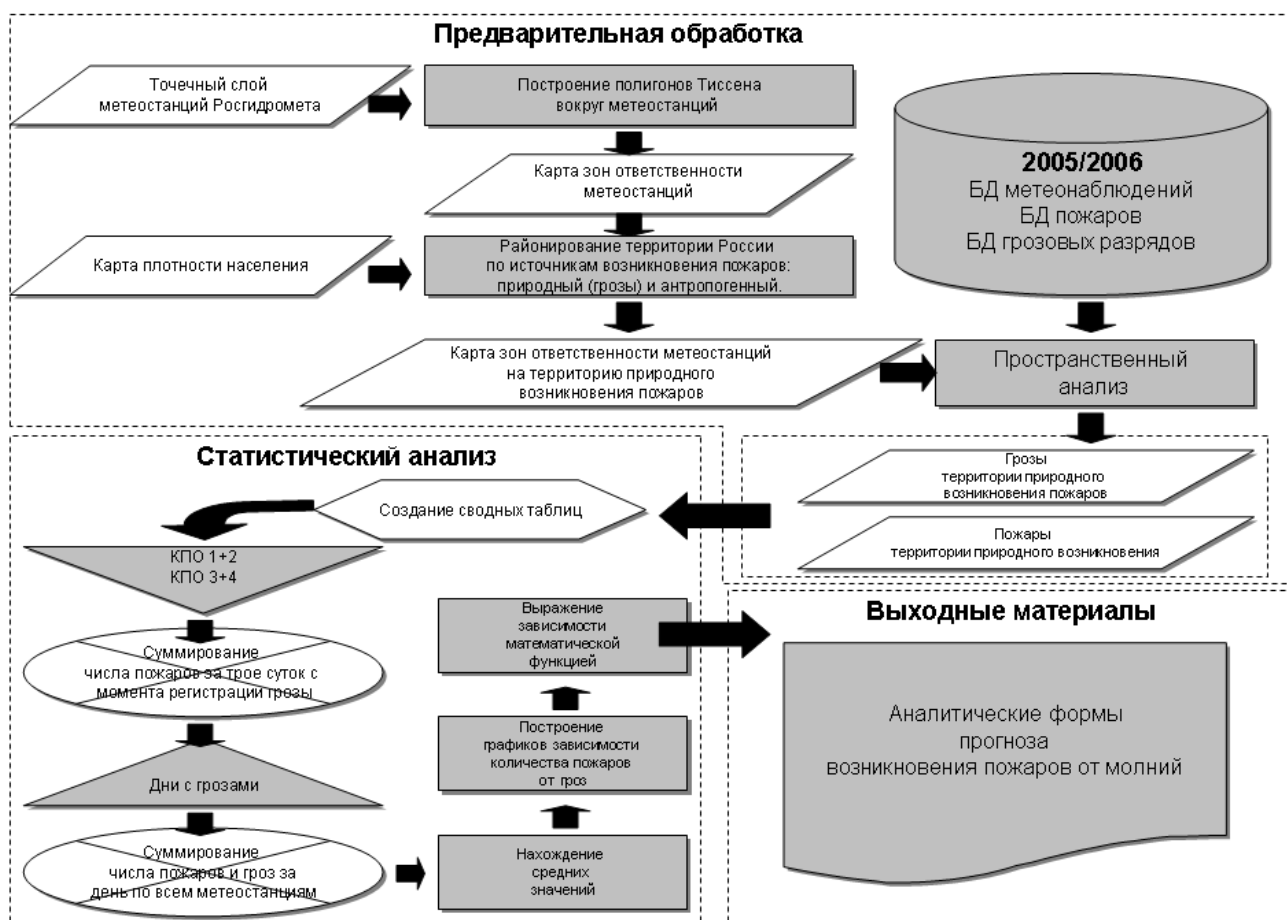


Рис. 5. Технологическая схема обработки данных

Предварительная обработка. Сформированы *тестовые наборы данных* метеонаблюдений, грозопеленгации и очагов детектированных пожаров за 2005 и 2006 гг. на территорию России, доступных посредством подсистем ИСДМ.

Проведено *районирование территории России* на природную (грозы) и антропогенную зоны в зависимости от преобладающей причины возникновения пожаров с учетом плотности населения. *Экспериментальные наборы данных* созданы на территорию с природной причиной возникновения пожаров путем пространственной идентификации молниевых разрядов и детектированных по спутниковым данным очагов лесных пожаров относительно полигонов зон ответственности метеостанций.

Статистический анализ данных проводился с целью установления корреляционных зависимостей между количествами лесных пожаров и молниевых разрядов с учетом пожарной опасности по условиям погоды.

Обработка данных метеонаблюдений. Под данными метеонаблюдений подразумеваются ежедневные показатели класса пожарной опасности, с помощью которых выражается связь погодных условий и вероятности возникновения пожара в лесу (Нестеров, 1949; Курбатский, 1954; Вонский, Жданко, 1976). Для формирования статистически значимой выборки данных по пожарам и грозам классы пожарной опасности были объединены в группы: «КПО 1 + КПО 2» - пожарная активность отсутствует и малая; «КПО 3 + КПО 4» - средняя и высокая; «КПО 5» - чрезвычайная пожарная активность.

Принимая во внимание, что лесной пожар от молнии может возникнуть по прошествии нескольких суток после грозы, проводилось суммирование количества пожаров за трое суток. В определении *зависимости между количествами молниевых разрядов и возникших лесных пожаров* участвовали средние значения по каждой объединенной группе КПО, нахождение которых проводилось двумя способами - с учетом и без учета площадей зон ответственности метеостанций. Найденные средние значения использовались в построении графиков зависимостей с последующей аппроксимацией математической функцией.

В результате анализа найденных зависимостей был сделан вывод о том, что наибольшее количество пожаров от молний возникает при 3-м и 4-м КПО, несмотря

на меньшую грозовую активность по сравнению с 1-м и 2-м КПО. Результаты анализа подтверждаются исследованиями В.А. Иванова в Средней Сибири.

Сравнение прогнозных и фактических количеств пожаров от молний подтвердило возможность применения полученных математических зависимостей для прогноза возникновения лесных пожаров в результате грозовой активности: ошибка прогноза в большинстве случаев составляет менее одного пожара. В качестве фактических данных использовалось число очагов пожаров за 2006 г., детектированных по спутниковым данным прибора MODIS.

Первый способ нахождения прогнозных количеств пожаров от гроз использует зависимости, полученные на основании средних значений без учета площадей зон ответственности метеостанций. Сравнение проводилось путем нахождения разности между прогнозным и фактическим количествами пожаров за день. Лучшая сходимость прогнозных и фактических количеств пожаров наблюдается для КПО «1+2» по сравнению с КПО «3+4». Выявленная особенность объясняется большим коэффициентом корреляции и незначительной дисперсией внутри 1-го и 2-го классов по сравнению с 3-м и 4-м КПО. Можно предположить, что лучшая сходимость при 1-м и 2-м классах обусловлена нахождением большинства основных проводников горения (ОПГ) лесной подстилки в близком состоянии влагосодержания и готовности к воспламенению. При 3-м и 4-м классах скорость высыхания ОПГ для различных типов лесных горючих материалов неодинакова и требует учета.

Второй способ использует зависимости, полученные с учетом площадей зон ответственности метеостанций. Результаты сравнения прогнозных и фактических количеств не содержат принципиальных различий с результатами, полученными первым способом. Продолжает прослеживаться занижение прогнозных значений по сравнению с фактическими; учет площадей зон ответственности метеостанций не приводит к уточнению прогноза.

Выходные материалы методики обработки данных объединяют и систематизируют полученные результаты в виде *аналитических форм* прогноза возникновения лесных пожаров от молний, отображающих показатели по каждой метеостанции, расположенной на территории авиаподразделения.

В четвертой главе представлены результаты апробации разработанной геоинформационной технологии актуализации данных ТД лесного фонда к началу пожароопасного сезона 2009 г. Апробация технологии показала необходимость и достаточность состава и содержания базовых блоков, целесообразность соблюдения предложенных в регламенте работы сроков функционирования блоков. Составлена структурная схема технологии, определяющая взаимосвязь организаций, в которых осуществляется функционирование ее базовых блоков (рис. 6).

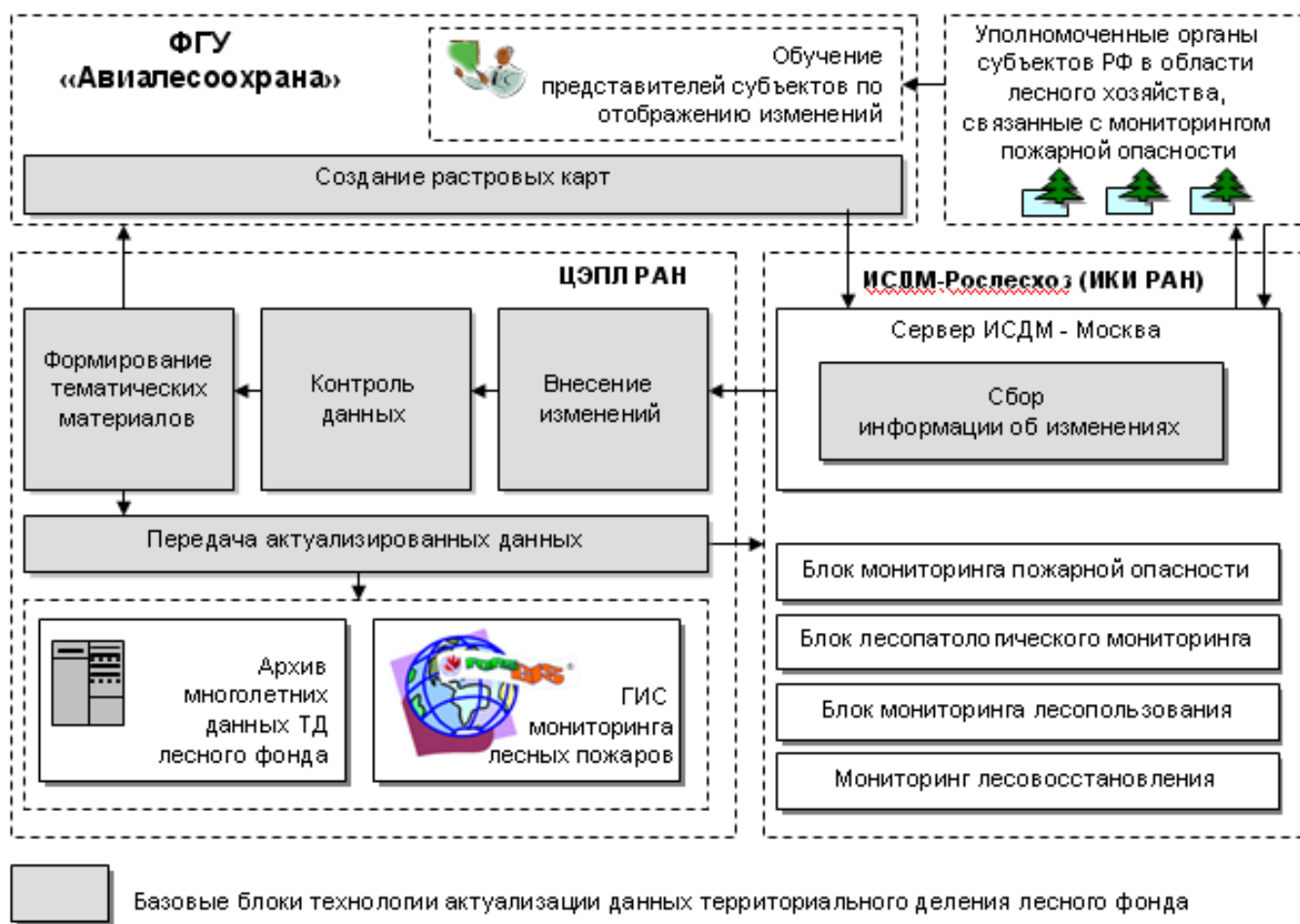


Рис. 6. Структурная схема технологии актуализации данных ТД лесного фонда

Базовые блоки технологии территориально распределены по нескольким организациям, участвовавшим в разработке и обеспечивающим функционирование ИСДМ. Создание растровых карт осуществляется в ФГУ «Авиалесоохрана». Сбор информации об изменениях данных ТД проводится посредством Web-интерфейсов, размещенных на сервере ИСДМ-Москва в Институте космических исследований (ИКИ РАН). Функционирование остальных базовых блоков технологии выполняется в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН.

В рамках подготовительного этапа апробации технологии было проведено обучение пользователей работе с двумя базовыми блоками – создание растровых карт и сбор информации об изменениях. Указанные блоки прошли опытную эксплуатацию, что подтверждено соответствующими актами. В результате блоки признаны готовыми к функционированию в структуре ИСДМ.

В главе рассмотрено проведение полного технологического цикла актуализации данных ТД лесного фонда тестового региона – Забайкальского края. Выбор субъекта обусловлен наличием на его территории всех видов зон мониторинга, границ ТД и изменений в них.

Результат работы блока *создания растровых карт* представлен в виде карт просмотра и внесения изменений для указанного региона. *Сбор информации об изменениях данных ТД* к ПС 2009 г. посредством Web-интерфейсов проведен по всем субъектам РФ кроме городов федерального значения Москвы и Санкт-Петербурга. Показана эффективность разделения материалов на карты и формы регистрации для предоставления полной информации о произошедших изменениях.

Проведено *внесение изменений* с последующим *контролем данных* с помощью ГИС-интерфейсов редактирования справочников, атрибутов и границ ТД. По разработанным сценариям созданы справочники лесхозов/лесничеств, авиаподразделений и векторный слой границ ТД. Подтверждена необходимость обязательного контроля данных и достаточность разработанных видов контроля кодов и названий.

На всю территорию России и Забайкальского края в частности *сформированы тематические материалы*, включающие векторные слои границ лесничеств, авиаподразделений, авиабаз и зон мониторинга по состоянию на 2009 г. В соответствии с предложенным регламентом работы технологии выполнена *передача актуализированных данных* территориального деления в ИСДМ к началу ПС – 1 апреля 2009 г.

Собранная информация об изменениях данных ТД предоставила количественные и качественные характеристики типов изменений для статистического анализа.

1. Статистика по переводу лесхозов в лесничества. Результаты статистического анализа согласуются с официальными данными Рослесхоза – в 55 % субъектов произошло уменьшение количества лесхозов. Количество лесхозов в 27% субъектов

не изменилось. Увеличение числа лесхозов менее и более чем на половину отмечается в 18% субъектов. Анализ выявил, что наиболее распространенным типом изменений является *образование лесничеств в границах лесхозов*. Так, в 32% субъектов Федерации более половины лесничеств (от 50 до 75%) и в 25% субъектов от 75 до 100% лесничеств образованы без изменений границ лесхозов.

2. Статистика по изменениям данных авиаподразделений включала количественный и качественный анализ изменений, произошедших после окончания ПС 2008 г. и до наступления ПС 2009 г. В 93% субъектов не произошло количественных изменений авиационных подразделений. В рамках качественного анализа данных рассматривались четыре типа изменений в авиаподразделениях: изменение названия, кода или категории; объединение целиком; объединение по частям; создание нового. По результатам анализа в более чем 90% субъектов выделенные типы изменений затронули менее 5% авиаподразделений.

3. Статистика изменений зон мониторинга пожарной опасности основывалась на учете перевода территорий из одной зоны в другую. Количественная оценка изменений зон мониторинга выявила, что на территории 75% субъектов зоны мониторинга остались без изменений.

Для качественного анализа были учтены следующие типы изменений: наземная зона переведена в авиационную (9% субъектов) и наоборот (10 %); авиационная зона переведена в космический мониторинг I-го уровня (7 %) и наоборот (10%); территория выведена в зону космического мониторинга II-го уровня (2 %). Других типов изменений зон мониторинга к ПС 2009 г. не происходило. Статистический анализ включал учет зон мониторинга после произошедших изменений. Территория субъекта может быть полностью отнесена к одной зоне мониторинга или разделена на несколько. По состоянию на 2009 г. на территории 62% регионов России выделена наземная зона. В 47% субъектов имеются авиаподразделения. Космомониторинг I-го и II-го уровней применяется в 26% и 10% субъектах соответственно.

Результатами анализа стали: определение наиболее и наименее распространенных типов изменения данных ТД лесного фонда; подтверждение соблюдения рекомендаций лесного законодательства 2006 г. при переводе лесхозов в лесничества.

Заключение

В диссертации разработана геоинформационная технология актуализации данных территориального деления лесного фонда.

Основные теоретические и практические результаты работы:

1. Изучено современное состояние данных о границах территориального деления лесного фонда РФ; выявлен ряд изменений, произошедших в результате принятия Лесного кодекса РФ 2006 г. Проанализированы и обобщены в двух таблицах отечественные лесоустроительные ГИС-технологии обновления планово-картографических материалов и современные технологии сбора обновлений цифровых карт по сети Интернет. Выявлены методы, необходимые в составе базовых блоков разрабатываемой технологии актуализации данных ТД.

2. Разработана блок-схема геоинформационной технологии актуализации данных ТД лесного фонда. Определен состав и содержание ее базовых блоков. Сформулирован регламент работы технологии, устанавливающий сроки функционирования базовых блоков.

3. Составлена технологическая схема автоматизированного создания растровых карт, на основе которой созданы карты границ ТД по субъектам РФ.

4. Разработано содержание базовых блоков сбора информации об изменениях данных ТД и внесения изменений, состоящее из Web- и ГИС-интерфейсов соответственно, входных и выходных данных, инструкций. Создан набор инструментов редактирования для блока внесения изменений.

5. Предложена технологическая схема проведения контроля кодов лесхозов и авиаподразделений, реализованная в комплексе программных модулей.

6. Найдены математические зависимости числа лесных пожаров от молниевых разрядов. Разработана аналитическая форма прогноза возникновения лесных пожаров от молний на основе установленных зависимостей.

7. Проведена апробация разработанной технологии актуализации данных ТД лесного фонда к пожароопасному сезону 2009 г. для Забайкальского края. Актуализированные данные переданы в ИСДМ. Для всей территории страны определены наиболее и наименее распространенные типы изменений данных ТД лесного фонда.

По мнению автора, исследование прогноза возникновения лесных пожаров от молний имеет перспективы развития. Для повышения точности и достоверности прогноза возгорания леса от гроз предлагается привлекать вероятностные оценки возникновения пожаров от природных и антропогенных факторов по данным авиационных наблюдений для различных периодов пожароопасного сезона.

Ежегодная актуализация данных территориального деления позволит собирать и анализировать статистический материал по изменениям в границах лесничеств, авиаподразделений и зон мониторинга. Накопленный многолетний архив данных об изменениях предоставит возможность выявления динамики изменений.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах автора:

1. Система сбора и предварительной обработки информации об изменениях в геоинформационной технологии обновления границ лесхозов и авиаотделений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. М., 2007. №4. С. 114-120. Соавт.: Малинников В.А.

2. Требования к пользовательскому интерфейсу редактирования территориального деления лесного фонда в ГИС мониторинга лесных пожаров // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. М., 2007. №6. С. 51-57.

3. Исследования оценки риска возникновения лесных пожаров от молний // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. М., 2009. №2 . С. 3-11. Соавт.: Малинников В.А., Ершов Д.В.

4. Геоинформационная технология обновления границ лесхозов и авиаотделений для решения задач аэрокосмического мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2006. Выпуск 3. Том I. С. 366-372. Соавт.: Ершов Д.В.

5. Методы контроля данных при обновлении границ лесхозов и авиаотделений для решения задач аэрокосмического мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей. Выпуск 4. Том II. М.: ООО «Азбука-2000», 2007. С. 290-296. Соавт.: Ершов Д.В.

6. Контроль данных в геоинформационной технологии обновления границ лесхозов и авиаотделений // Научно-практическая конференция «Научно-

техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях»: Сборник научных докладов. М: МГСУ, 2006. С.238-240.

7. Технология актуализации границ территориального деления лесного фонда в ГИС мониторинга лесных пожаров // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: доклады IV Международной конференции. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. С. 221-222. Соавт.: Ершов Д.В.

8. Редактирование границ территориального деления лесного фонда в ГИС мониторинга лесных пожаров // Пятая Юбилейная Открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» ИКИ РАН, 2007 г. Сборник тезисов конференции, CD-ROM.

9. Оценка риска возникновения пожаров от молний по данным грозопеленгации // Пожары в лесных экосистемах Сибири: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2008. С. 52-53. Соавт.: Ершов Д.В., Коровин Г.Н.

10. Применение детерминированно-вероятностного подхода к оценке риска возникновения лесных пожаров на федеральном уровне // Шестая Открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» ИКИ РАН, 2008 г. Сборник тезисов, CD-ROM. Соавт.: Ершов Д.В.

11. Разработка геоинформационной технологии обновления данных о границах лесхозов и авиаподразделений для задач лесопожарного мониторинга // Первая Международная конференция по картографии и ГИС. Боровец, Болгария, 2006 г. CD-ROM. Соавт.: Ершов Д.В.