

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Систем искусственного интеллекта
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

Г.М. Цибульский
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Система хранения и обработки данных лесопатологического мониторинга»
тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
код и наименование направления

09.04.01.10 «Интеллектуальные информационные системы»
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель доцент, канд.техн.наук А.В. Пятаева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ А.М. Цуцкарев
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент доцент, канд.техн.наук В.В. Вдовенко
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа магистерской диссертации по теме
«Система хранения и обработки данных лесопатологического мониторинга»

Нормоконтролер

подпись, дата

доцент, канд.техн.наук А.В. Пятаева
должность, ученая степень инициалы, фамилия

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Систем искусственного интеллекта
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

Г.М. Цибульский
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Красноярск 2020

Студенту Цуцкареву Аркадию Михайловичу

Группа: КИ18-01-10М Направление: 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Тема выпускной квалификационной работы: «Система хранения и обработки данных лесопатологического мониторинга»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР: А.В. Пятаева, кандидат технических наук, доцент кафедры систем искусственного интеллекта ИКИТ СФУ

Исходные данные для ВКР: методические указания научного руководителя, законодательные и нормативные акты, статьи, книги, научные журналы

Перечень разделов ВКР: введение, задача лесопатологического мониторинга, разработка и тестирование системы, заключение, список использованных источников, приложения

Перечень графического материала: слайды презентации, выполненные в Microsoft Office PowerPoint 2016

Руководитель ВКР _____

А.В. Пятаева

Задание принял к исполнению _____

А.М. Цуцкарев

« ____ » _____ 2020 г.

ГРАФИК

выполнения выпускной квалификационной работы студентом направления 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», магистерской программы 09.04.01.10 «Интеллектуальные информационные системы» приведен в таблице 1.

Таблица 1 – График выполнения ВКР

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапа	Примечание руководителя
Ознакомление с целью и задачами работы	10.12.2018	Краткий обзор по теме исследования	Выполнено
Анализ и сбор литературных источников	18.03.2019	Список литературных источников по теме диссертации	Выполнено
Обоснование актуальности, уточнение цели и задач	25.03.2019	Окончательная формулировка цели и задач исследования	Выполнено
Формирование обзорной части магистерской диссертации	20.05.2019	Теоретическая часть магистерской диссертации	Выполнено
Исследование систем хранения данных	16.09.2019	Сравнительная таблица систем хранения данных	Выполнено
Разработка алгоритмов работы системы	16.12.2019	Программная реализация системы	Выполнено
Тестирование и отладка системы	09.03.2020	Запуск системы в эксплуатацию	Выполнено
Формирование практической части магистерской диссертации	08.06.2020	Практическая часть магистерской диссертации	Выполнено
Подготовка к защите ВКР	06.07.2020	Презентация и доклад по результатам магистерской диссертации	Выполнено

Студент _____

А.М. Цуцкарев

Научный руководитель _____

доцент, канд.техн.наук А.В. Пятаева

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается вопрос автоматизации ведения реестров государственного лесопатологического мониторинга лесов. Проблема заключается в отсутствии алгоритмов актуализации собираемой в реестрах информации о поврежденных и погибших лесных участках и участках, на которых требуется проведение мероприятий по защите лесов. Проведен обзор нормативных и законодательных актов, регулирующих данную тему. Проанализирован опыт других стран и международных проектов в вопросах организации инвентаризации и мониторинга состояния лесов. Выбрана концепция системы и создана база данных в СУБД PostgreSQL. Разработаны алгоритмы проверки и актуализации собираемых в реестрах данных. Выполнена программная реализация системы, в ходе проверки работы которой на тестовых файлах реестров была осуществлена отладка механизмов функционирования. В настоящее время система запущена в эксплуатацию в филиалах центров защиты леса ФБУ «Рослесозащита» на территории всех субъектов России. Использование системы позволило снизить вероятность внесения некорректной информации и повысить оперативность сбора данных при одновременном снижении трудозатрат сотрудников информационно-аналитических отделов, работающих с такими реестрами.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Задача лесопатологического мониторинга	10
1.1 Факторы, оказывающие негативное влияние на лесные насаждения	10
1.2 Обзор нормативной базы исследования	12
1.2.1 Государственный лесопатологический мониторинг	12
1.2.2 Лесопатологические обследования	18
1.2.3 Контроль за достоверностью сведений в актах ЛПО	20
1.3 Обзор научной литературы	23
2 Разработка системы.....	32
2.1 Концепция и среда разработки	32
2.2 Проектирование системы обработки реестров	33
2.3 Структура базы данных системы реестров	38
2.4 Алгоритмы работы системы реестров	41
2.5 Контроль сведений, содержащихся в актах ЛПО	47
2.6 Тестирование и ввод в эксплуатацию	48
Заключение	50
Список использованных источников	51
Приложение А Структура реестра УПП.....	54
Приложение Б Структура реестра МЗЛ.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Леса – легкие планеты, их общая площадь примерно равна одной трети суши, что составляет 4.06 миллиарда гектаров [1]. Они смягчают изменения климата путем поглощения углерода, являются домом для множества видов животных, используются в качестве строительного материала и в производстве. Задача любого государства обеспечить охрану и устойчивое воспроизведение лесов. В России действует национальный проект «Экология», рассчитанный на 2018 – 2024 гг., одним из пунктов которого заявлено обеспечение стопроцентного баланса выбытия и воспроизведения лесов.

С целью планирования и обоснования мероприятий по защите лесов осуществляются лесопатологические обследования (ЛПО). Объемы и места проведения ЛПО определяются по информации дистанционного лесопатологического мониторинга, по сообщениям граждан, юридических лиц и на основании данных за прошлые периоды. По результатам осуществления ЛПО составляется акт лесопатологического обследования.

Актуальность. Одним из способов оценки достоверности данных лесопатологических обследований является сравнение актов ЛПО с данными реестров государственного лесопатологического мониторинга (ГЛПМ). Обработка данных реестров производится в электронных таблицах Excel сотрудниками Центров защиты леса – филиалов ФБУ «Рослесозащита». Такие реестры представляют собой файлы с записями об участках леса с определенными полями, зависящими от типа реестров. При поступлении новых данных о состоянии лесов информация должна аккумулироваться в файлах, попутно проходя проверку на корректность, соответствие справочникам и обязательность заполнения определенных полей. Вследствие большого объема данных в реестрах, ручная проверка и коррекция данных в них требуют существенных временных затрат, что может привести к возникновению ошибок и последующего некорректного сравнения с актами ЛПО. Другой сложной

задачей является актуализация данных, когда через определенный промежуток времени поступает новая информация о ранее сохраненном в реестрах участке и становится необходимым найти тот ранее сохраненный участок и заменить его новыми данными. Автоматизация выполняемых работ в части проверки на корректность и соответствие справочникам, а также в части актуализации данных позволит существенно снизить трудозатраты, а значит является актуальной задачей

Цель: снижение трудозатрат по ведению реестров ГЛПМ с повышением достоверности данных и их приведению к требуемым единым стандартам.

Задачи:

- изучить нормативную базу исследования;
- проанализировать похожие по задачам системы;
- определить необходимую функциональность;
- выбрать концепцию разработки;
- спроектировать каркас системы;
- разработать алгоритмы, обеспечивающие решение поставленных перед системой задач.

Научная новизна. Предложены алгоритмы актуализации данных в реестрах ГЛПМ, что позволяет автоматизировать процесс работы с реестрами.

Практическая значимость. Разработанная система внедрена в практическое использование в филиалах ФБУ «Рослесозащита» и служит одним из вариантов контроля за достоверностью актов ЛПО.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на VI Международной научной конференции «Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли» (г. Красноярск, 10 – 13 сентября 2019 г.)

1 Задача лесопатологического мониторинга

1.1 Факторы, оказывающие негативное влияние на лесные насаждения

Существует много факторов, представляющих угрозу лесам, их можно разделить на следующие группы:

- лесные пожары;
- повреждения насекомыми;
- климатические факторы;
- болезни леса;
- повреждения дикими животными;
- антропогенные факторы (загрязнение воды, почвы и атмосферы, вырубки леса);
- непатогенные факторы (видовая и межвидовая конкуренция).

Пожары ежегодно уничтожают огромные лесные территории, а дым от пожаров распространяется на десятки и сотни километров. В результате пожаров могут происходить изменения в составе лесных насаждений, так, в местах выгорания хвойных пород происходит их замещение на лиственничные [2]. Пожары могут приводить к заболачиванию местности, к возникновению вспышек вредных насекомых и болезней леса. Восстановление леса требует длительного времени и зависит от множества факторов.

Площадь лесных пожаров в Австралии в 2019-2020 годах стала крупнейшей в истории наблюдений [3]. Одними из причин пожаров стали аномально высокие температуры и отсутствие осадков.

Для России 2019 год стал вторым по масштабу лесных пожаров с начала века. По официальным данным площадь, пройденная пожарами, превысила 16 миллионов гектаров, из них покрыто лесом свыше 10 миллионов гектаров [4].

График данных дистанционного мониторинга за лесными пожарами с 2000 по 2019 годы представлен на рисунке 1.

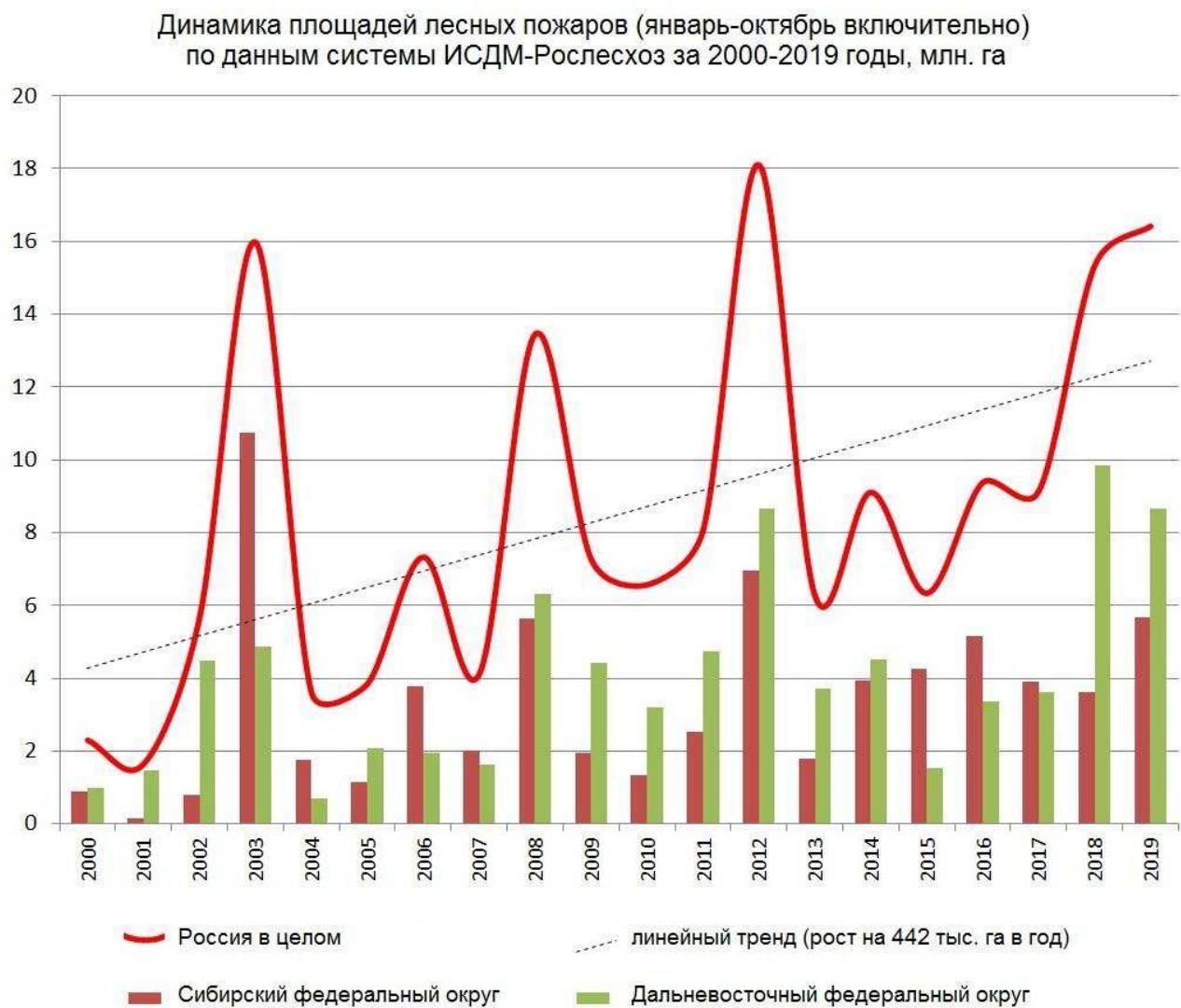


Рисунок 1 – Динамика площадей лесных пожаров в России

По данным Бразильского института космических исследований (INPE) в 2019 году зафиксировано более 40 тысяч пожаров в Амазонии, основными причинами которых называют деятельность человека – фермеры и лесозаготовители расчищают землю под сельскохозяйственную деятельность [5].

Большой вред лесам наносят насекомые-вредители. Существует много насекомых, питающихся листвой или хвоей деревьев, при вспышках массового

размножения которых происходит интенсивное объедание кроны деревьев, что влечет за собой усыхание и гибель лесных насаждений. К другой группе вредителей относят питающихся древесиной насекомых. Насекомые данной группы прогрызают многочисленные ходы под корой деревьев и откладывают там яйца, что приводит к утрате эстетических и строительных качеств и постепенному усыханию деревьев. Также выделяют корневых вредителей и вредителей семян и плодов растений [6].

Возбудителями болезней леса могут являться бактерии, грибы, вирусы. Можно выделить несколько групп заболеваний [7]:

- болезни семян и плодов;
- болезни листьев и хвои;
- болезни стволов;
- болезни корней.

Зачастую воздействие одного неблагоприятного фактора приводит к воздействию других. Так, после объедания листьев и хвои на ослабленных деревьях появляются стволовые вредители, в результате действия которых происходит дальнейшее усыхание деревьев и увеличивается риск возникновения пожаров.

1.2 Обзор нормативной базы исследования

1.2.1 Государственный лесопатологический мониторинг

Государственный лесопатологический мониторинг — это комплексная система наблюдений за состоянием лесов, которая состоит из контроля за происходящими в лесах процессами и анализа изменений состояния лесов [8].

Целями государственного лесопатологического мониторинга являются защита лесов и обеспечение санитарной безопасности в лесах. Результатом

проводимого государственного лесопатологического мониторинга являются, в частности, ежемесячные реестр лесных участков, занятых поврежденными и погибшими лесными насаждениями (реестр УПП) и реестр лесных участков, на которых рекомендуется проведение мероприятий по защите лесов (реестр МЗЛ).

Организация и ведение государственного лесопатологического мониторинга осуществляется согласно статье 60.5. Лесного кодекса Российской Федерации.

Государственный лесопатологический мониторинг входит в состав государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды).

Порядок осуществления государственного лесопатологического мониторинга утвержден приказом Минприроды России от 05.04.2017 № 156 «Об утверждении Порядка осуществления государственного лесопатологического мониторинга».

Источниками информации для осуществления ГЛПМ являются:

- а) данные дистанционного зондирования Земли;
- б) сведения федеральных органов исполнительной власти;
- в) сведения органов государственной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченных в области лесных отношений, в том числе данные, полученные в результате лесопатологических обследований;
- г) данные государственного лесного реестра;
- д) сообщения граждан, юридических лиц и средств массовой информации;
- е) иные источники информации о состоянии лесов и их количественных и качественных характеристиках.

Выделяют наземный и дистанционный метод осуществления ГЛПМ. К наземному относятся следующие способы проведения ГЛПМ:

- а) регулярные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов;
- б) выборочные наблюдения за популяциями вредных организмов;
- в) выборочные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов;
- г) инвентаризация очагов вредных организмов;
- д) экспедиционные обследования;
- е) оценка санитарного и лесопатологического состояния лесов, в том числе по актам лесопатологических обследований.

К дистанционному методу осуществления ГЛПМ относятся дистанционные наблюдения за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов.

Основной задачей регулярных наземных наблюдений является контроль динамики изменения состояния лесов в целях составления прогнозов и оперативного обнаружения опасных отклонений. Определяется данный способ мониторинга на сети постоянных пунктов наблюдения (ППН), которые характеризуют выделенную группу лесных насаждений по главной породе, доле её участия в составе лесного насаждения, по группам возраста, полноты и бонитета. Для каждого ППН выбирается не менее 30 живых деревьев главной породы первого яруса. Схема нумерации деревьев представлена на рисунке 2. В зависимости от зоны лесопатологической угрозы определяется периодичность осуществления наблюдений на ППН:

- а) не менее 1 раза в 2 года в зоне сильной лесопатологической угрозы;
- б) не менее 1 раза в 3 года в зоне средней лесопатологической угрозы;
- в) не менее 1 раза в 5 лет в зоне слабой лесопатологической угрозы.

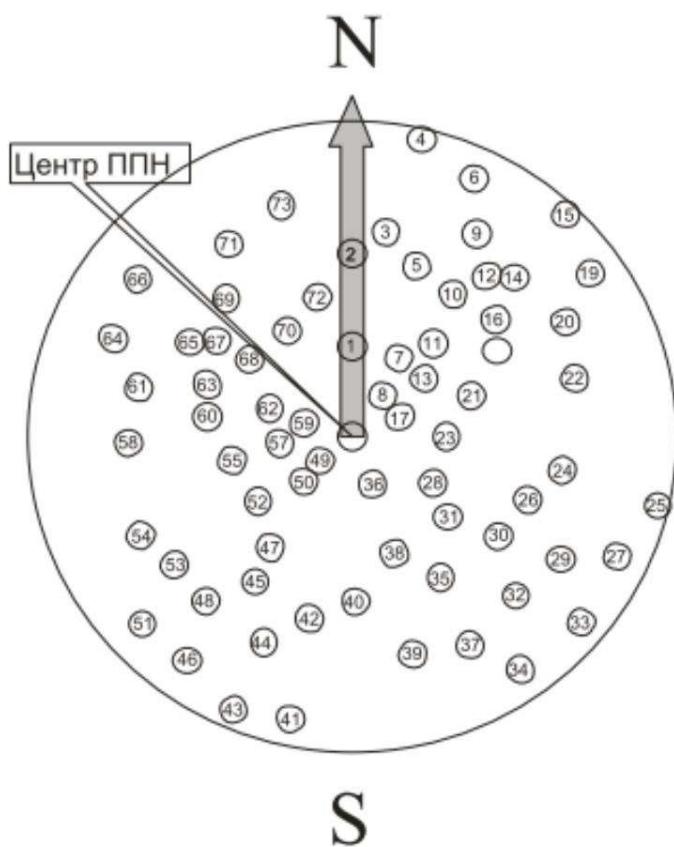


Рисунок 2 – Нумерация деревьев на ППН

Основной задачей выборочных наземных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов является сбор и уточнение информации о санитарном состоянии лесов (степень захламления, усыхания, загрязнения) и лесопатологическом состоянии лесов (степень повреждения вредными организмами) на лесных участках.

При выборочных наблюдениях производится визуальная и (или) инструментальная оценка состояния леса по маршрутным ходам или на пунктах учета. Маршрутные ходы определяются с учетом наибольшего охвата лесотаксационных выделов.

При неоднородности санитарного и лесопатологического состояния таксационного выдела выделяется и описывается часть выдела, обладающая однородными санитарными и (или) лесопатологическими характеристиками (лесопатологический (ЛП) выдел). Минимальная площадь лесопатологического

выдела в зоне сильной лесопатологической угрозы - 0,1 га; в зоне средней лесопатологической угрозы - 0,5 га; в зоне слабой лесопатологической угрозы - 1 га.

Результаты выборочных наземных наблюдений фиксируются в карточке для каждого таксационного (или лесопатологического) выдела, в котором проводились наблюдения. Карточка заполняется на электронном носителе или на бумажном с последующим формированием электронной формы. На основании полученных данных формируется реестр лесных участков, занятых поврежденными и погибшими лесными насаждениями, реестр лесных участков, на которых рекомендуется проведение мероприятий по защите лесов, реестр лесных участков, на которых действуют очаги вредных организмов, не отнесенных к карантинным объектам и реестр лесных участков, на которых действуют очаги вредных организмов, отнесенных к карантинным объектам.

Задачей дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов является выявление изменений санитарного и лесопатологического состояния лесов, а также предварительное определение границ и площади лесных насаждений, на которых выявлены такие изменения.

В зонах сильной и средней лесопатологической угрозы результаты дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов являются одним из оснований для планирования объемов и мест проведения работ по ГЛПМ наземными методами на следующий год. В зоне слабой лесопатологической угрозы и в экономически труднодоступных для проведения наземных работ участках результаты дистанционных наблюдений за санитарным и лесопатологическим состоянием лесов используются для обобщенной оценки площади погибших и поврежденных лесных насаждений.

На рисунке 3 представлена диаграмма вариантов использования системы ГЛПМ.

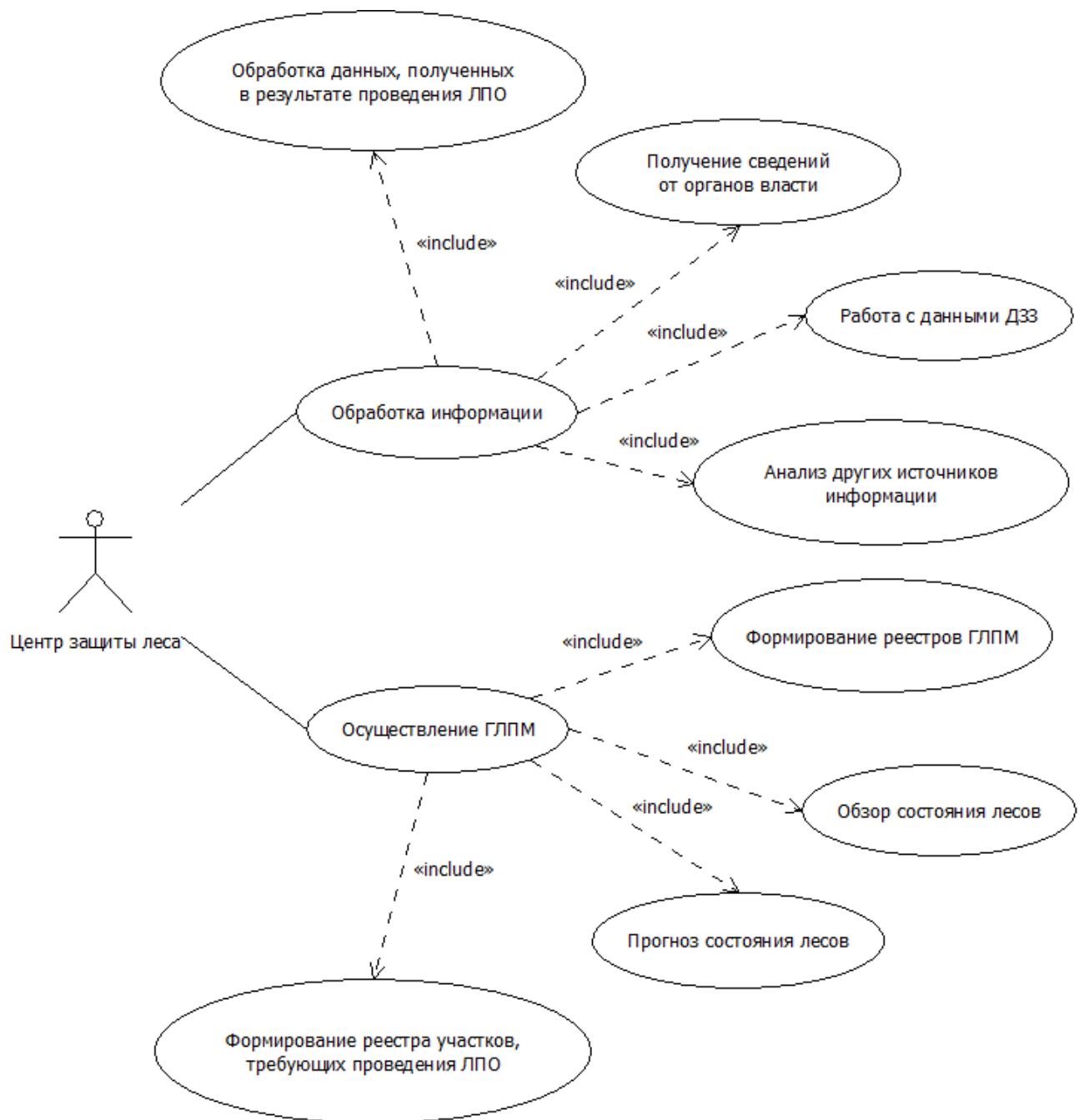


Рисунок 3 – Диаграмма вариантов использования в системе ГЛПМ

Структура реестров, которые должны обрабатываться системой хранения и обработки данных лесопатологического мониторинга, описывается временным регламентом ведения реестров лесных участков, занятых поврежденными и погибшими лесными насаждениями и реестра лесных участков, на которых рекомендуется проведение мероприятий по защите лесов, утвержденным приказом ФБУ «Рослесозащита» от 15.08.2017 № 189-р и представлена в приложениях 1 и 2.

1.2.2 Лесопатологические обследования

ЛПО проводятся в целях получения информации о текущем санитарном (характеристика, которая определяется по количеству деревьев разных категорий состояния) и лесопатологическом (характеристика, которая определяется по количеству вредных организмов и степени повреждения ими деревьев) состоянии лесных участков, а также для обоснования и назначения мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов [9].

Объемы ЛПО определяются ежегодно. Существует несколько механизмов определения территорий, требующих обследования, к ним относятся данные ГЛПМ, данные государственного мониторинга воспроизводства лесов и данные мониторинга пожарной опасности. Помимо перечисленных механизмов имеется возможность оперативного включения лесных участков в перечень территорий, требующих обследования, по данным листков сигнализации (схема представлена на рисунке 4).

В дальнейшем определяется необходимый способ обследования, визуальный либо инструментальный, и оптимальные сроки проведения, результатом чего является включение лесного участка в реестр насаждений, требующих ЛПО. Такие реестры составляет Центр защиты леса и передает их в органы управления лесами. Органы власти организуют проведение обследования на основании госзаказа, госзадания или путем информирования арендатора.

Наиболее общим показателем, определяющим состояние насаждения, принято считать биологическую устойчивость насаждения, которая определяется через средневзвешенную категорию состояния. Выделяют три возможных класса биологической устойчивости:

- I. устойчивое насаждение;
- II. насаждение с нарушенной устойчивостью;

III. насаждение с утраченной устойчивостью.

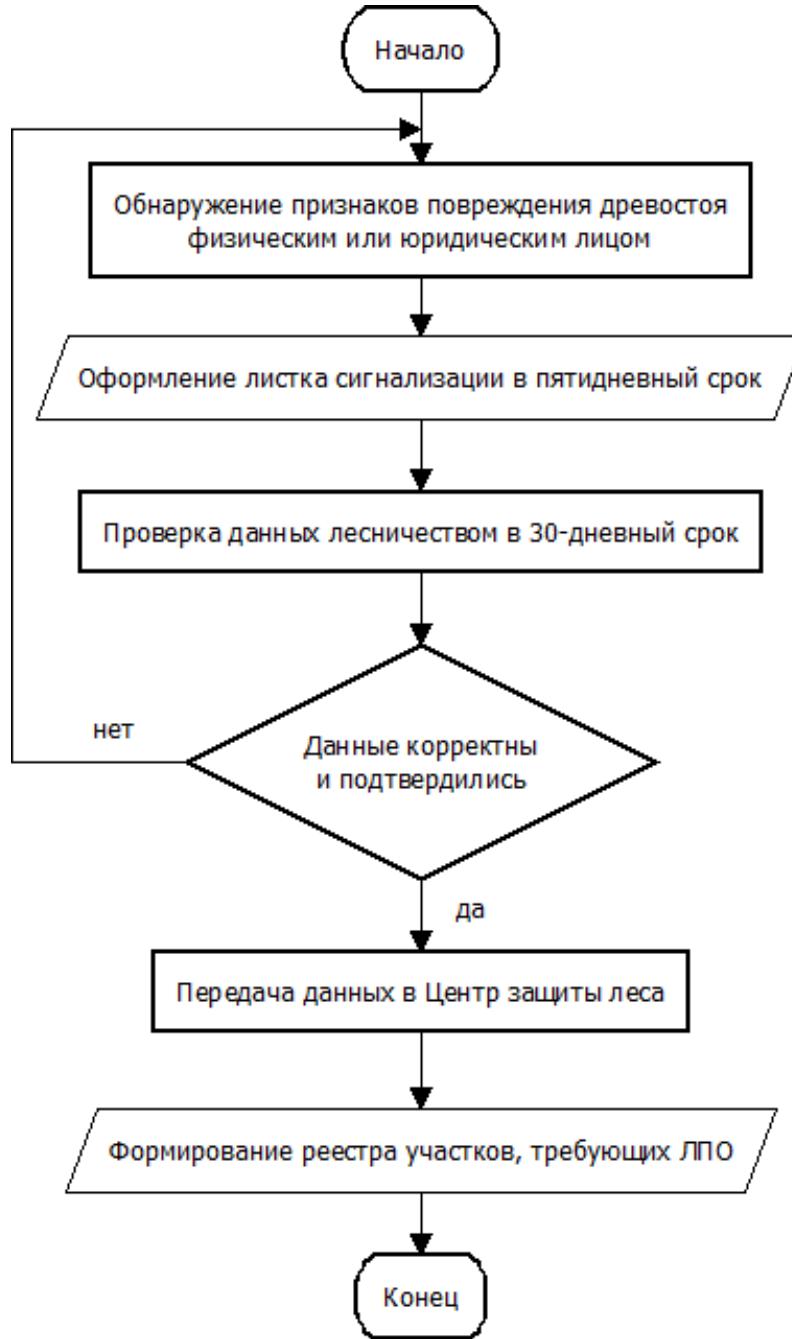


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма обработки поступившего листка сигнализации

Результатом проведенного обследования является акт ЛПО, нуждающийся в утверждении органом власти, а само утверждение следует только после контроля достоверности сведений, содержащихся в этом акте.

1.2.3 Контроль за достоверностью сведений в актах ЛПО

В соответствии с нормами Федерального закона от 30.12.2015 № 455-ФЗ «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации в части совершенствования защиты лесов от вредных организмов», осуществляется контроль за достоверностью сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованностью назначенных мероприятий, предусмотренных актами лесопатологических обследований.

Данный закон принят в целях повышения эффективности проведения санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах и вовлечения в хозяйственный оборот лесных насаждений, поврежденных вредными организмами, а также предусматривает оптимизацию процедур и сокращение сроков от выявления очага вредителей (болезни) леса до проведения санитарно-оздоровительного мероприятия.

В целях исключения необоснованного назначения санитарно-оздоровительных мероприятий законом предусмотрены не только жесткие процедуры контроля, но и открытость информации о назначенных мероприятиях, которая позволяет любым гражданам РФ и заинтересованным организациям осуществлять общественный контроль за актами ЛПО, размещенными в сети Интернет.

ФБУ «Рослесозащита» в рамках государственного лесопатологического мониторинга осуществляет оценку достоверности сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованности мероприятий, предусмотренных актами ЛПО, в части сравнения данных, указанных в актах ЛПО, с данными ГЛПМ.

В целях осуществления оценки достоверности сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованности мероприятий, предусмотренных актами ЛПО, осуществляется мониторинг официальных

сайтов органов государственной власти субъектов Российской Федерации в целях отслеживания размещения актов ЛПО.

Все акты ЛПО, размещённые на сайтах, подлежат контролю за достоверностью сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованностью назначенных мероприятий, предусмотренных актами ЛПО. Кроме того, требуется вести постоянный учёт размещённых на сайтах актов ЛПО.

Оценка сведений, содержащихся в актах ЛПО, осуществляется в соответствии со следующими критериями:

1. соответствие сведений данным ГЛПМ (сравнение с реестром лесных участков, занятых поврежденными и погибшими лесными насаждениями в разрезе лесничеств и лесопарков);

2. соответствие сведений таксационным характеристикам лесов (сравнение с выпиской из Государственного лесного реестра или таксационного описания);

3. соответствие сведений и мероприятий данным ГЛПМ (сравнение с реестром лесных участков, на которых рекомендуется проведение мероприятий по защите лесов в разрезе лесничеств и лесопарков);

4. запрещение или ограничение законодательством Российской Федерации назначенных мероприятий.

При несоответствии таксационной характеристики акта ЛПО сведениям из лесного реестра или таксационному описанию в акте должен быть заполнен соответствующий раздел. В этом случае, если расхождение составляет более 20% в акте должны быть указаны убедительные причины такого несоответствия.

При невозможности проверки соответствия мероприятий или иных спорных случаях проводится выездная проверка, по результатам которой выносится решение об обоснованности или необоснованности назначенных в акте ЛПО мероприятий.

В случаях выявления несоответствия сведений хотя бы одному указанному критерию подготавливается отрицательное заключение, и в дальнейшем департаментами лесного хозяйства по федеральным округам оформляется предписание об отмене акта ЛПО или внесении в него изменений.

Схема проверки акта ЛПО отображена на рисунке 5.

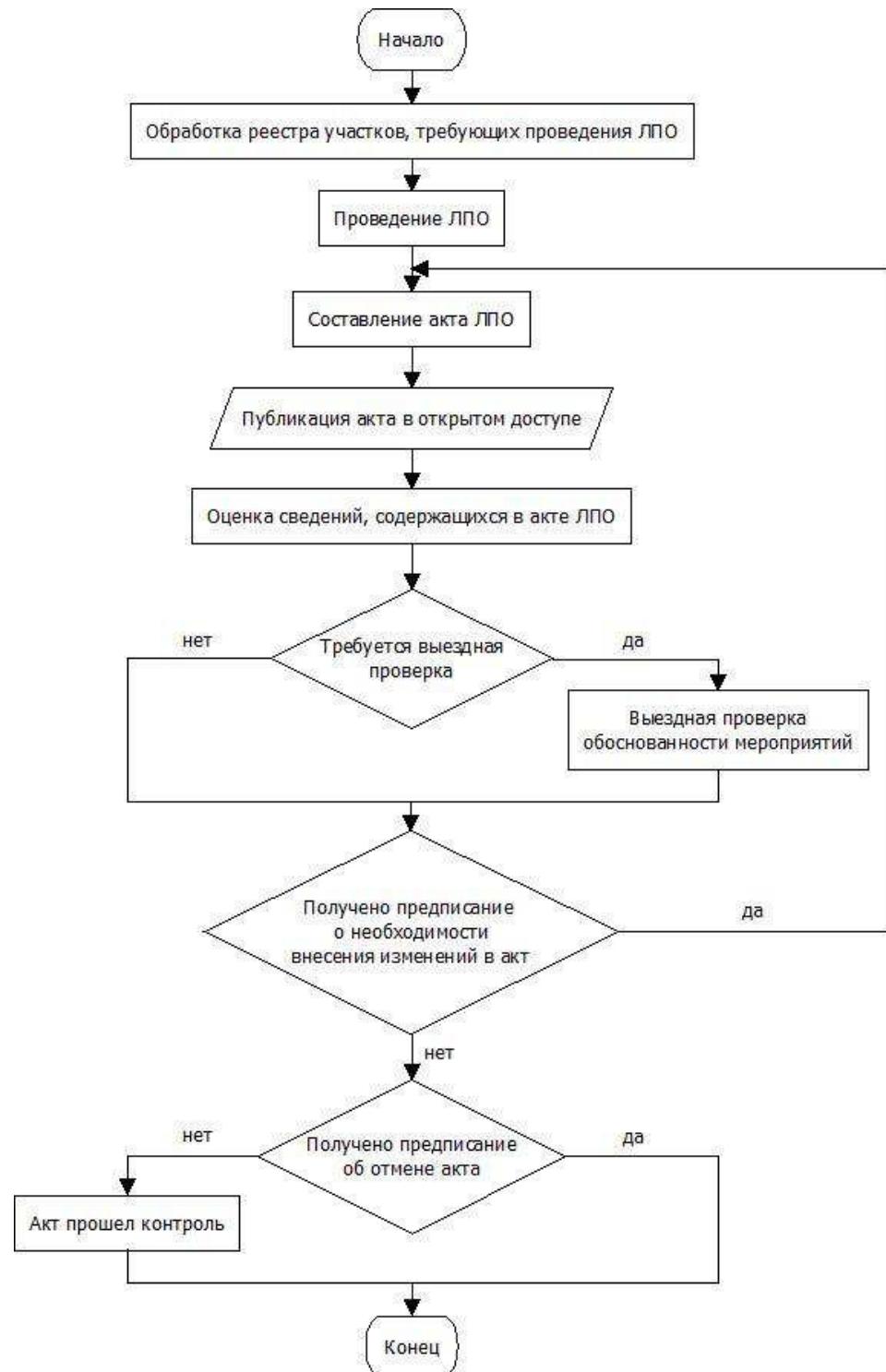


Рисунок 5 – Блок схема контроля достоверности сведений, указанных в акте ЛПО

Наиболее важной причиной подготовки отрицательного заключения является запрещение или ограничение законодательством Российской Федерации назначенных мероприятий.

Второй по приоритетности причиной подготовки отрицательного заключения является несоответствие сведений и мероприятий данным ГЛПМ. Следует отметить, что в соответствии с частью 1 статьи 60.6 Лесного кодекса Российской Федерации лесопатологические обследования проводятся в лесах с учетом данных ГЛПМ, а также иной информации о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов. В связи с этим данные, содержащиеся в актах ЛПО, в обязательном порядке должны содержаться в реестрах ГЛПМ.

1.3 Обзор научной литературы

Мониторинг состояния лесов на основе пунктов постоянного наблюдения широко используется в системе национальной инвентаризации лесов (НИЛ) ряда стран, значительная часть площади которых покрыта лесами, например, в Канаде, Швеции и Финляндии [10].

В разных странах подходы к построению сетей НИЛ различаются, однако, выбор для организации мониторинга пунктов постоянного наблюдения в сочетании со стратификацией (районированием) территории позволяет получить оптимальное соотношение затраченных ресурсов и информативных результатов. Сеть ППН обеспечивает равномерное покрытие территории и, как следствие, пространственную однородность собираемых данных, возможность формирования случайных выборок, которые позволяют получить объективную характеристику для всей территории наблюдения при соблюдении оптимальной плотности сети для данной территории [11]. Это наиболее интуитивный и простой подход к организации мониторинга, который дает возможность

определить размер ячеек сети исходя из площади территории и пространственного уровня системы наблюдений.

Любая экономическая система, в том числе управление природными богатствами, нуждается в постоянной инвентаризации своих ресурсов. Существует большое разнообразие методов изучения и мониторинга лесных ресурсов, наземные и дистанционные способы позволяют измерять как количественные, так и качественные параметры лесной экосистемы.

Наиболее близкой к России страну по сложившимся природным условиям можно считать Канаду. Сопоставимые площади территорий, большая доля которых покрыта boreальными лесами, похожие климатические условия и обширные неосвоенные просторы.

После принятия нового Лесного кодекса 2006 года в России изменилась система лесоустроительных работ, от централизованного подхода перешли к передаче части полномочий на региональных уровень, что привело к ряду негативных последствий. В пример можно привести такой факт, что давность сведений о таксации лесов в некоторых регионах значительно превысила десятилетнюю норму.

В Канаде национальная система инвентаризации лесов имеет единую методологию и действует на основе постоянной сети пробных площадей, размещенных в узлах 4 км единой национальной сети наземных наблюдений, покрывающей всю территорию страны. Такой подход позволяет на постоянной основе проводить мониторинг состояния лесов и обновлять необходимую информацию. Районирование выборочных точек наблюдений проводится по принадлежности к экологическим зонам с условием обеспечения оптимальной густоты данных (предпочтительная интенсивность составляет 20 x 20 км) для каждой пространственной единицы НИЛ, в качестве которой обычно используется административное подразделение (провинция) страны [12][13].

Подходы к получению данных о состоянии лесов в России и Канаде во многом схожи, использование как наземных, так и дистанционных способов

сбора информации, использование сети постоянных пунктов наблюдения, однако, подход к размещению сети ППН различен.

В основе НИЛ Швеции, как одной из определяющих тенденции развития инвентаризации лесов в Европе, лежит систематическая выборка в узлах регулярной сети с расстоянием от 3 до 10 км, меняющемся в зависимости от региональных особенностей страны. Факторы, определяющие выделение регионов – это пространственная изменчивость собираемых показателей, площадь округов и эксплуатационные условия на конкретной площади [14].

Единицей наблюдения является кластер, состоящий из 4 – 12 ППН, трудозатраты по обследованию которого не превышают одного дня. В ходе обследования данные заносятся в специальные планшетные компьютеры, позволяющие контролировать достоверность и полноту вносимой информации.

Система инвентаризации лесов США включает мониторинг состояния лесных территорий. В рамках обследований собирается информация о состоянии лесных насаждений, о произрастающих породах, их санитарном состоянии, о состоянии почв, всего более 100 параметров [15].

Территория США покрыта сетью ППН с размером ячеек 5 x 5 метров, из которых ежегодно обследуется 20% в каждом штате. На первом этапе происходит классификация земель по спутниковым снимкам, далее происходит сбор необходимой информации о лесных экосистемах непосредственно на участках и на третьем этапе производят сбор дополнительной информации на подмножестве ППН.

Существуют международные программы по мониторингу лесов, одна из самых крупных – ICP Forests, учреждена в 1985 году Европейской Экономической Комиссией Объединенных Наций (UNECE) в рамках Конвенции по трансграничному воздушному загрязнению (CLRTAP). Эта программа создана для сбора всеобъемлющей информации о состоянии лесов и окружающей среды, причиной её создания стало ухудшение состояния лесов в ряде регионов Европы по неизвестным на то время причинам. В результате её

внедрения подтвердились предположения о влиянии загрязнения воздуха на леса даже в отдаленных от промышленности районах.

Система охватывает 40 стран Европы, Канаду и США. Существует несколько уровней мониторинга. Мониторинг 1 уровня обеспечивает периодический обзор состояния лесов на основе транснациональной сетки 16 x 16 км (32 x 32 для бореальных лесов) и охватывает 5636 ППН в Европе и за её пределами (по состоянию на 2018 год). В зависимости от условий местности, возможны другие параметры сети от 1 x 1 км до 64 x 64 км [16]. На данном уровне производится оценка разных компонентов леса: состояние крон деревьев, состояние почв, содержание химических элементов в листве и хвое, биоразнообразие. Оценка состояния деревьев проводится на основе таких показателей как процент преждевременного опадения листвы (дефолиация), степень преждевременного пожелтения (дехромация), категория санитарного состояния деревьев.

Интенсивный мониторинг 2 уровня проводится на меньшем количестве хорошо оборудованных ППН в наиболее важных лесных экосистемах для комплексного исследования причинно-следственных связей на основе последовательных долгосрочных измерений. На данном уровне дополнительно собирается информация о метеорологических параметрах, осадках и почвенных водах.

Впервые на территории СССР программу ICP Forests внедрили еще в 1987 г. в республиках Прибалтики, затем её расширили в 1990-ых годах на Ленинградскую область [17]. В 2007 – 2008 гг. заложили регулярную сеть мониторинга на территории шести северо-западных регионов России, схема представлена на рисунке 6, каждая точка представляет собой группу из 4x точек учета по 24 модельных дерева минимум. С 2008 г. мониторинг лесов по программе ICP Forests осуществляется на территориях Калининградской, Ленинградской, Мурманской, Новгородской, Псковской областях и Республике Карелия. На территории Мурманской области и Республики Карелия

сформирована сеть наблюдения с ячейками 32 x 32 км, а для остальных регионов – 16 x 16 км. По мнению ряда ученых, созданная сеть мониторинга может в перспективе стать каркасом и научной инфраструктурой для организации комплексного изучения биоразнообразия регионов, а также государственной инвентаризации лесов [17][18][19].

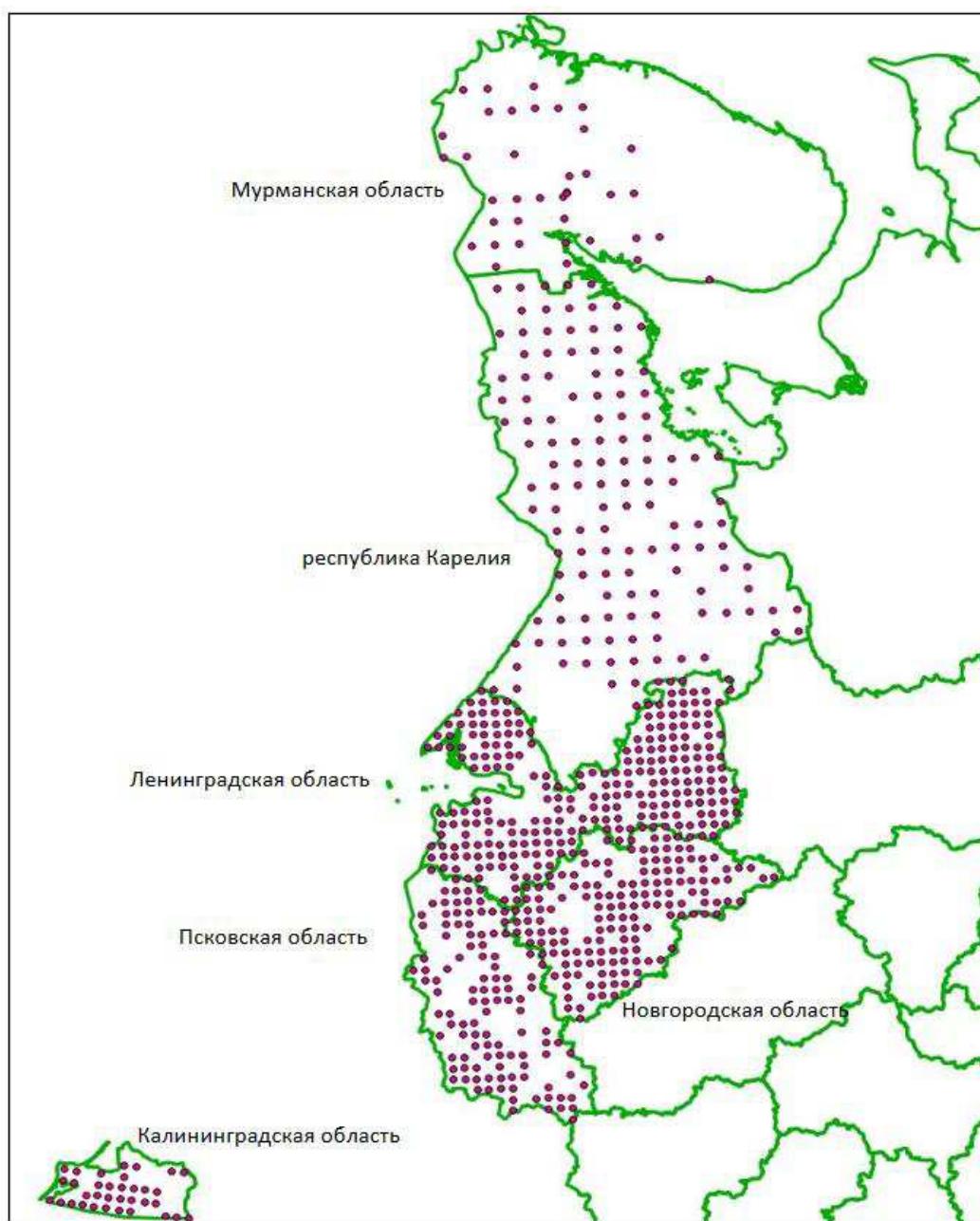


Рисунок 6 – Схема сети ППН программы ICP Forests в России

При закладке ППН у каждого модельного дерева определяется периметр ствола на высоте 1,3м, особенности происхождения, состояние кроны, а также анализируются причины и признаки повреждений.

Для обработки первичной информации, собираемой в процессе работ на ППН, сотрудниками Национального координационного центра ICP Forests – Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН создана информационная система. Рассмотренная в статье [20] система реализует обработку данных о состоянии крон деревьев и решает следующие задачи:

1. первичная проверка данных на корректность и связность с ранее введенными данными;
2. систематизация собранных данных;
3. вычисление расчетных параметров;
4. подготовка данных для полевых работ;
5. визуализация данных в ГИС;
6. экспорт данных во внешние базы.

Для разработки системы выбрана открытая клиент-серверная СУБД PostgreSQL. База данных состоит из 8 основных таблиц и 18 справочных, которые составлены по международной методике ICP Forests, схема БД отображена на рисунке 7.

В данной работе выделяют 4 структурных уровня:

1. расчетная сеть;
2. постоянный пункт наблюдения;
3. точка учета;
4. модельное дерево.

Для работы пользователей используется графический интерфейс, реализованный в среде разработки Turbo Delphi, для сохранения расчетных

параметров предусмотрена их выгрузка в формате CSV (данные по состоянию на 2012 год).

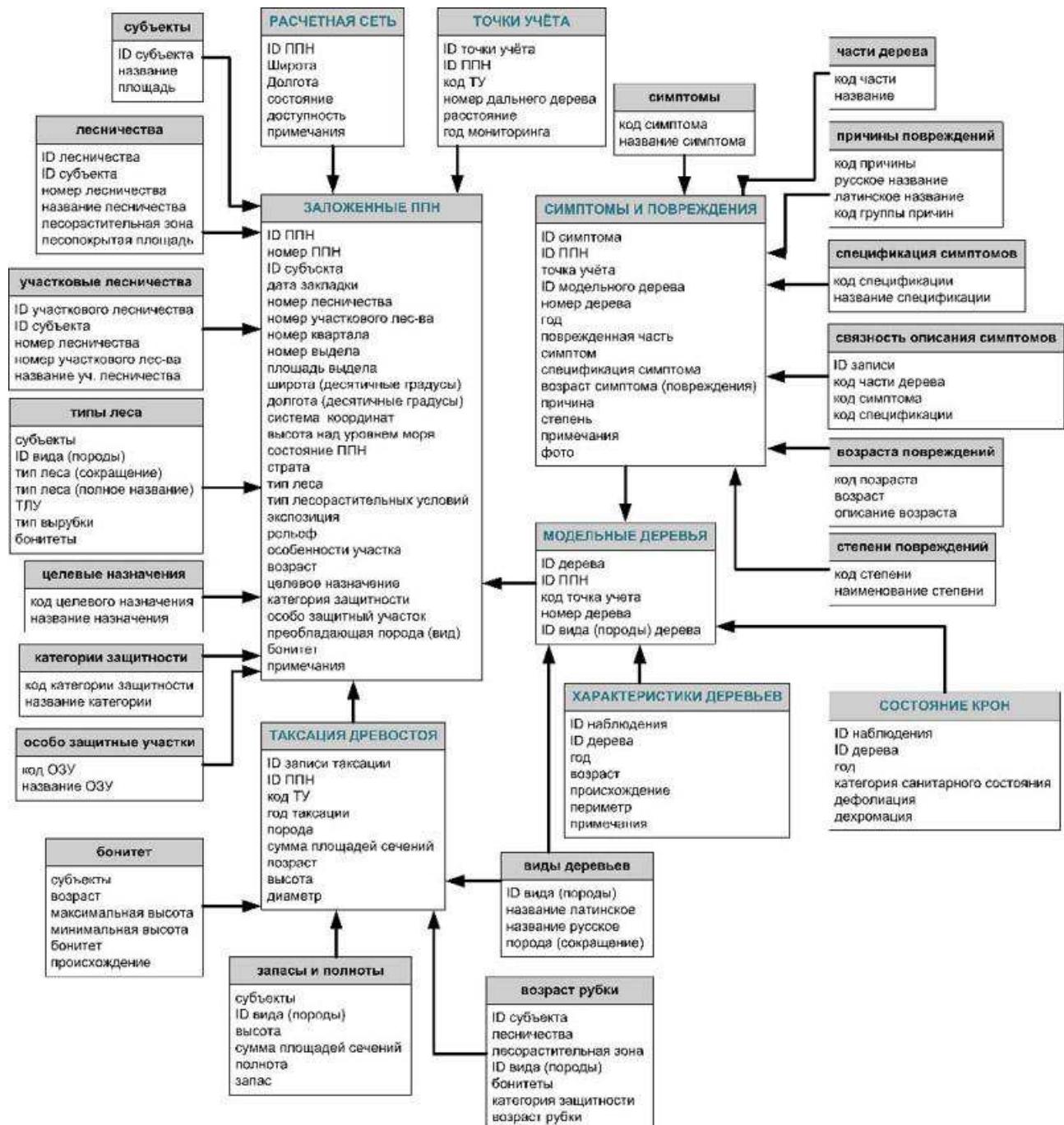


Рисунок 7 – Структура БД системы мониторинга крон деревьев по методике ICP Forests

В статье [21] рассматривается система, предоставляющая доступ к данным мониторинга ICP Forests, отображающая их в картографической форме посредством профессионального ГИС приложения ArcGIS.

База данных системы организована под управлением СУБД MySQL, схема потоков информации в данном проекте представлена на рисунке 8.

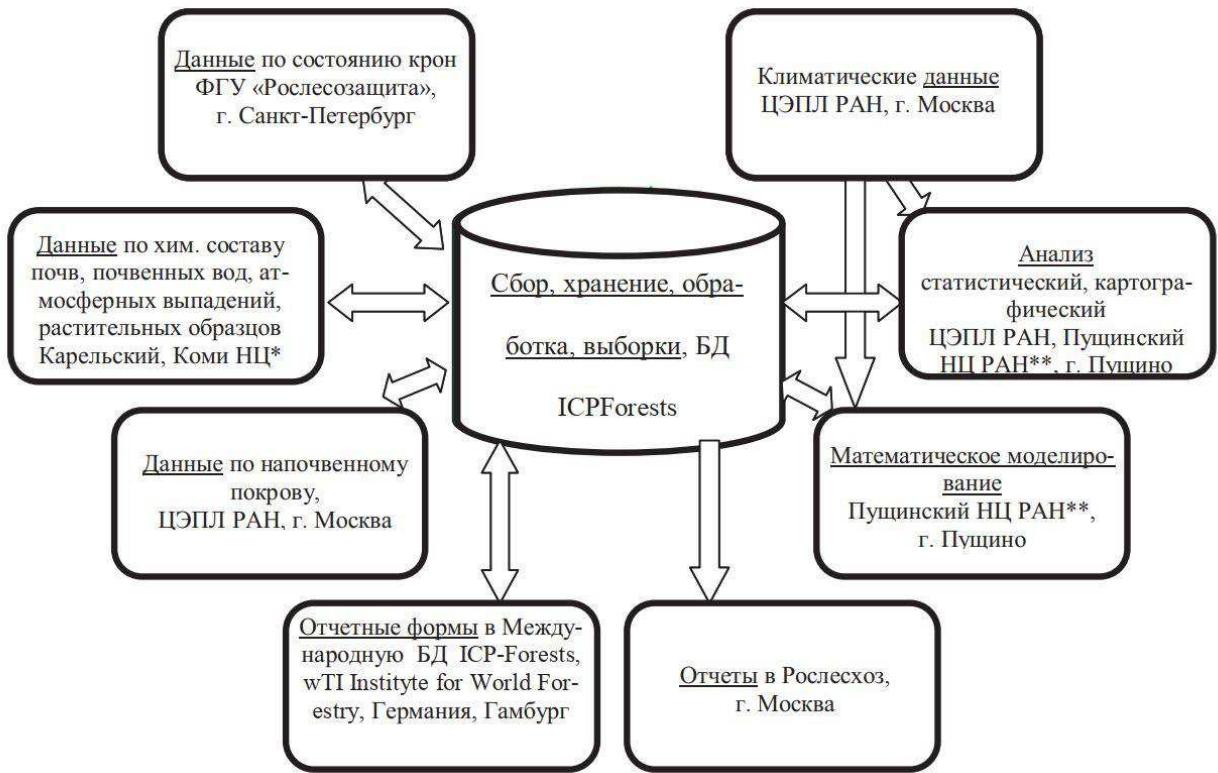


Рисунок 8 – Схема потоков информации по проекту ICP Forests

Для отображения картографической информации и пространственного анализа данных системы мониторинга ICP Forests разработана пространственная база данных. На её основе осуществляется комплексный анализ изменений и пространственных взаимосвязей параметров мониторинга ICP Forests с факторами природного и антропогенного происхождения. Карты параметров мониторинга составляются на основе атрибутивных и пространственных запросов к базе данных и оформляются условными знаками с точечным размещением в местах пунктов постоянного наблюдения. Общая схема организации структуры пространственной базы данных ICP Forests и взаимосвязей объектов разных уровней представлена на рисунке 9.

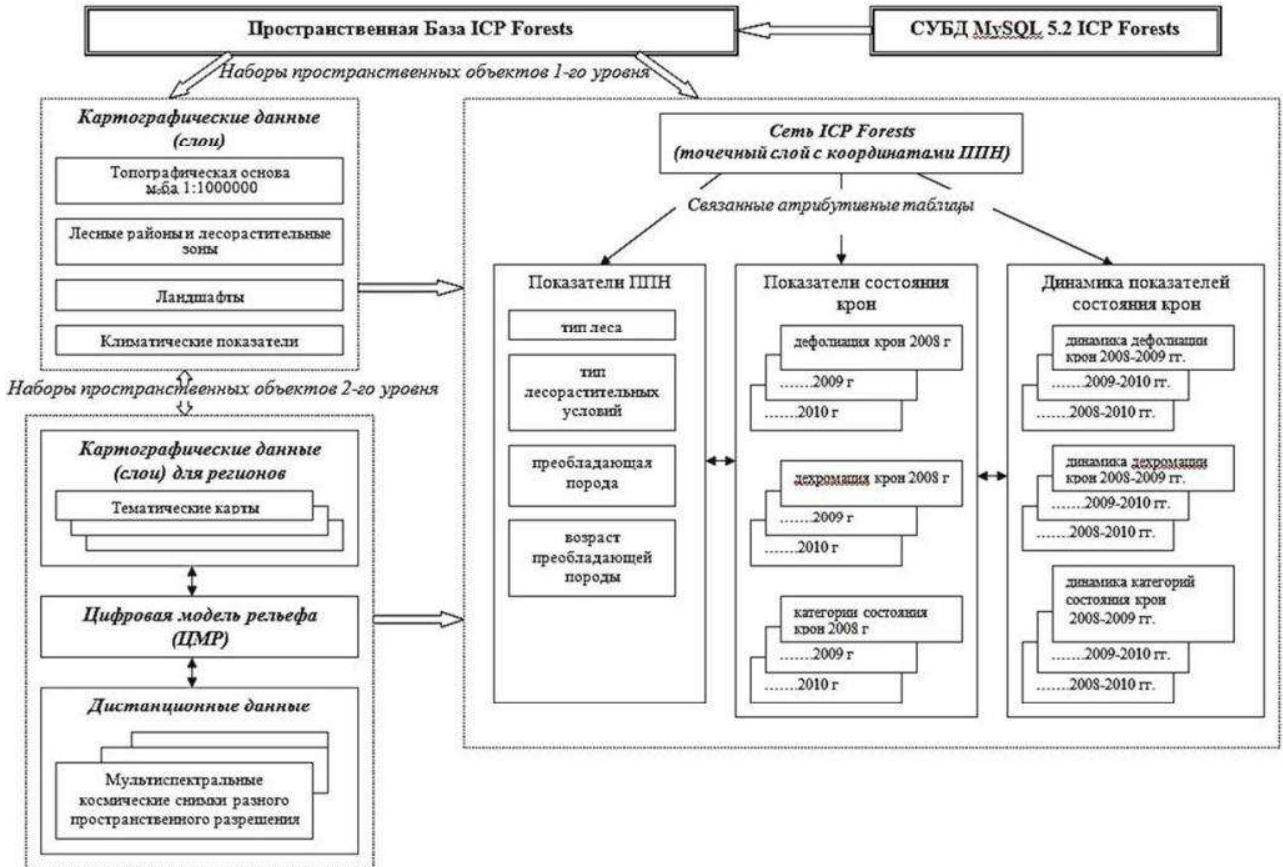


Рисунок 9 – Общая структура пространственной базы данных ICP Forests

К сожалению, несмотря на наличие актуальных научных работ по проекту ICP Forests на территории России, все они основаны на данных мониторинга 6 северо-западных регионов России до 2012 года, а отсутствие более свежих данных отображено в техническом отчете за 2019 год [22].

В разных странах системы мониторинга и инвентаризации лесов ввиду исторических особенностей и географических различий формировались со своими особенностями. Следствием этого является отсутствие общепринятых подходов и единых правил ведения лесного хозяйства [23]

2 Разработка системы

2.1 Концепция и среда разработки

Система автоматизации работы с данными ГЛПМ создается для использования в филиалах ФБУ «Рослесозащита» на территории всей страны. Принимая во внимание разный уровень состояния рабочих мест, а именно, программное и аппаратное обеспечение в разных филиалах и необходимость централизованного хранения собираемых данных, принято решение использовать клиент-серверную архитектуру.

Для уменьшения влияния уровня оснащения рабочих мест на работу системы выбран принцип тонкого клиента. Пользователям будет доступен веб-портал, с помощью которого они смогут авторизоваться в системе, загружать данные ГЛПМ и получать всю необходимую информацию через веб-браузер. Вся логика работы системы вынесена на централизованный сервер, данные на который будут поступать, обрабатываться, храниться и выдаваться пользователю в подготовленном виде.

В качестве системы управления базами данных (СУБД) выбрана PostgreSQL. Это объектно-реляционная СУБД с открытым исходным кодом. Можно выделить следующие сильные стороны:

1. Поддержка пользовательских объектов, включая типы данных, функции, индексы.
2. Широкий набор поддерживаемых типов данных, в том числе json, uuid, xml и геометрических типов данных.
3. Возможность работы с многомерными массивами.
4. Ссылочная и транзакционная целостность данных, первичные и внешние ключи, проверочные ограничения.
5. Вложенные запросы, представления, триггеры.

6. Высокий уровень совместимости SQL стандартам.
7. Многочисленное сообщество пользователей, активная поддержка и разработка новых возможностей.

В реляционных базах данных каждый объект задается отдельной записью – строкой в таблице. Такая база данных создается и управляется средствами системы управления базами данных [24].

2.2 Проектирование системы обработки реестров

Структура используемых в системе реестров и ограничения представлены в таблице 1. Далее даны пояснения по некоторым терминам.

Таблица 1 – Структура полей и ограничения

Наименование поля	УПП	МЗЛ	Тип поля	Проверка
Лесничество	+	+	число	справочник, not null
Участковое лесничество	+	+	число	справочник, not null
Урочище (дача)	+	+	число	справочник, not null
Квартал	+	+	текст	not null
Выдел	+	+	текст	not null
Площадь выдела, га	+	+	число	число, not null
ЛП выдел	+	+	текст	
Широта	+	+	число	
Долгота	+	+	число	
Площадь ЛП выдела, га	+	+	число	
Год лесоустройства	+		число	год
Целевое назначение лесов	+	+	число	справочник, not null
Категория защитных лесов	+	+	число	справочник, not null
ОЗУ	+	+	текст	
Аренда	+		текст	
Состав	+		текст	not null
Возраст	+		число	1-500, not null
Полнота	+		текст	not null
Запас на 1 га	+		число	not null

Окончание таблицы 1

Наименование поля	УПП	МЗЛ	Тип поля	Проверка
Источник данных	+		число	справочник, not null
Дата обследования участка	+		текст	not null
Причина повреждения насаждений	+	+	массив чисел	справочник
Повреждаемая порода	+	+	массив чисел	справочник, not null
СКС породы	+		число	1-5, not null
СКС насаждения	+		число	1-5, not null
% общего отпада по породе	+		число	0-100, not null
% текущего отпада отпада по породе	+		число	0-100, not null
% заселённых деревьев	+		число	0-100, not null
Вид рекомендуемого МЗЛ		+	массив чисел	справочник, not null
Площадь МЗЛ, га		+	число	not null
Полнота насаждения (фактическая)		+	текст	not null
Процент выборки		+	число	not null
Остаточная полнота		+	число	not null
Количество выбираемых деревьев		+	число	not null
Приоритет проведения МЗЛ		+	текст	
Номер акта ЛПО		+	текст	
Дата составления акта ЛПО		+	дата	
Рекомендуемый срок проведения МЗЛ		+	текст	
Примечание	+	+	текст	

Данные о структуре полей и ограничений получены от центрального филиала ФБУ «Рослесозащита».

Целевое назначение лесов служит основой планирования их использования, включая определение мероприятий по защите лесов. Согласно статье 10 Лесного кодекса леса подразделяются по выполняемым ими функциям на защитные, эксплуатационные и резервные. Защитные леса являются средообразующими, к требованиям лесного хозяйства в таких лесах предъявляются самые строгие требования. В зависимости от выполняемых функций защитные леса делятся на категории: городские, водоохраные, орехово-промышленные, имеющие научную или историческую ценность и другие. Эксплуатационные леса предназначаются для максимально эффективного

получения лесных ресурсов при сохранении полезных функций лесов. Резервные леса относятся к труднодоступным, удаленным от транспортных путей лесам, промышленное освоение которых не планируется в ближайшие 20 лет.

Особо защитные участки лесов (ОЗУ) могут быть выделены в различных по целевому назначению лесах и устанавливаются для ограничения в них хозяйственной деятельности.

Состав насаждения записывается в виде условной формулы, где указываются сокращенные наименования пород и степень участия каждой по запасу в насаждении в единицах. Так, состав насаждения, в котором доля участия сосны составляет 50%, березы – 30%, а ели – 20%, будет иметь вид: 5С3Б2Е. Общее количество единиц равно 10, в случае наличия в составе породы с долей участия меньше единицы, такая порода записывается в конец формулы с указанием степени участия знаком «+»: 5С3Б2Е+Д.

Полнота древостоя определяет степень сомкнутости древесного полога, один из важнейших таксационных показателей, характеризующий его состояние. Остаточная полнота - полнота лесного насаждения после уборки деревьев, подлежащих рубке.

Источником данных реестров в системе могут служить:

- выборочные наблюдения ГЛПМ;
- прогноз ГЛПМ;
- данные дистанционного зондирования Земли;
- лесопатологические обследования, проведенные филиалами ФБУ «Рослесозащита»;
- лесопатологические обследования, проведенные сторонними организациями;
- информация лесничеств.

Средневзвешенная категория состояния (СКС) – это характеристика, рассчитанная как средневзвешенная величина из категорий состояния деревьев, входящих в насаждение. Шкала категорий состояния деревьев представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Категории состояния деревьев

Категория	Индекс	Характеристика состояния
1	1	здоровые (без признаков ослабления)
2	2	ослабленные
3	3	сильно ослабленные
4	4	усыхающие
5	5	свежий сухостой
5(а)	5	свежий ветровал
5(б)	5	свежий бурелом
6	5	старый сухостой
6(а)	5	старый ветровал
6(б)	5	старый бурелом
7	-	аварийные деревья

Средневзвешенная категория состояния для каждой породы рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ср.п.}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \times K_i}{100}, \quad (1)$$

где $K_{\text{ср.п.}}$ – средневзвешенная категория состояния породы,

P_i – доля каждой категории состояния в процентах от запаса,

K_i – индекс категории состояния дерева.

Средневзвешенная величина для насаждения рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ср.нас.}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \times K_{\text{ср.}i}}{10}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ср.нас.}}$ – средневзвешенная категория состояния насаждения,

H_i – доля участия породы в составе насаждения, в единицах,

$K_{\text{ср.}i}$ – средневзвешенная категория состояния породы.

Рекомендуемые мероприятия можно разделить на три группы:

- санитарно-оздоровительные (рубка погибших, поврежденных и аварийных деревьев и уборка неликвидной древесины);
- агитационные (размещение информационных материалов в средствах массовой информации, беседы с населением);
- профилактические (лечение и уход за деревьями, размножение насекомоядных животных).

Реестры ГЛПМ аккумулируются в таблицах Excel. Для загрузки в систему пользователю необходимо сохранить реестр в формате CSV с указанием в названии даты формирования реестра, кода субъекта и типа. В случае ошибок автоматического распознавания этих параметров при попытке загрузки файла реестров, система предложит пользователю выбрать необходимые данные в специальных ячейках веб-сервиса (рисунок 10).

The screenshot shows a user interface for uploading a forest register (реестр) in CSV format. At the top, there are two radio buttons: 'Реестр' (selected), 'УПП' (Underutilized Forest Land), and 'МЗЛ' (Matured Forest Land). Below them is a button labeled 'Выбрать CSV файлы' (Select CSV files). The main area is titled 'Реестры, ожидающие проверки' (Registers awaiting verification). A table displays the following data:

Имя файла	Дата формирования реестра	Регион
2020-07-03_61_Реестр УПП.csv	03-07-2020	Красноярский край

At the bottom is a button labeled 'Начать проверку' (Start verification).

Рисунок 10 – Загрузка реестра в систему

2.3 Структура базы данных системы реестров

За основу информационной системы взята база данных, схема представлена на рисунке 11.

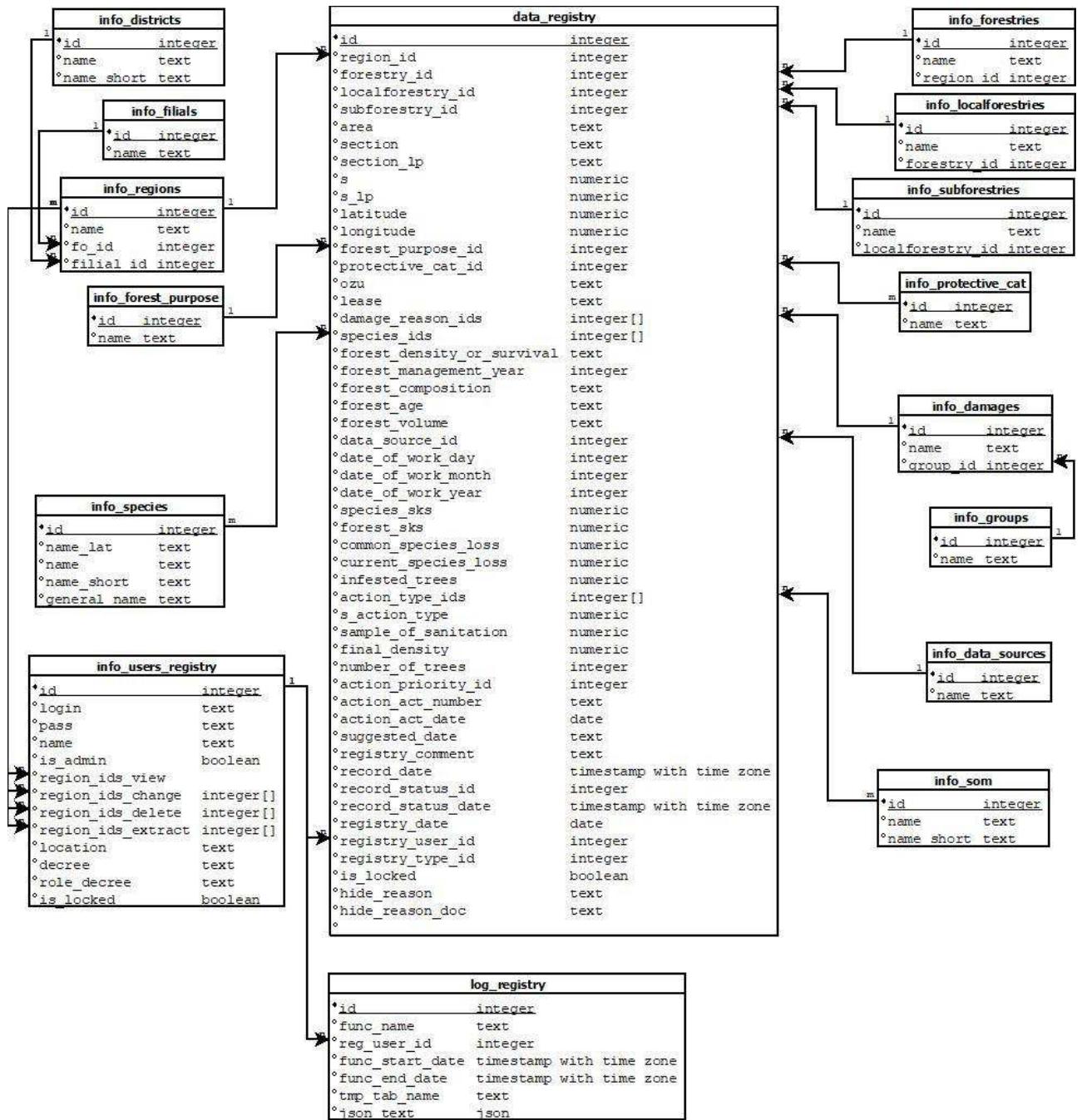


Рисунок 11 – Схема базы данных

База данных состоит из основной таблицы «data_registry», 13 справочных таблиц для кодирования информации, таблицы с информацией о пользователях и таблицы логирования действий пользователей в системе.

Таблица с информацией о пользователях дополнительно содержит данные о возможности конкретного пользователя с привязкой к региону просматривать реестры, загружать их, удалять и выгружать из системы. Возможные варианты операций пользователей в системе отображены на диаграмме вариантов использования на рисунке 12.

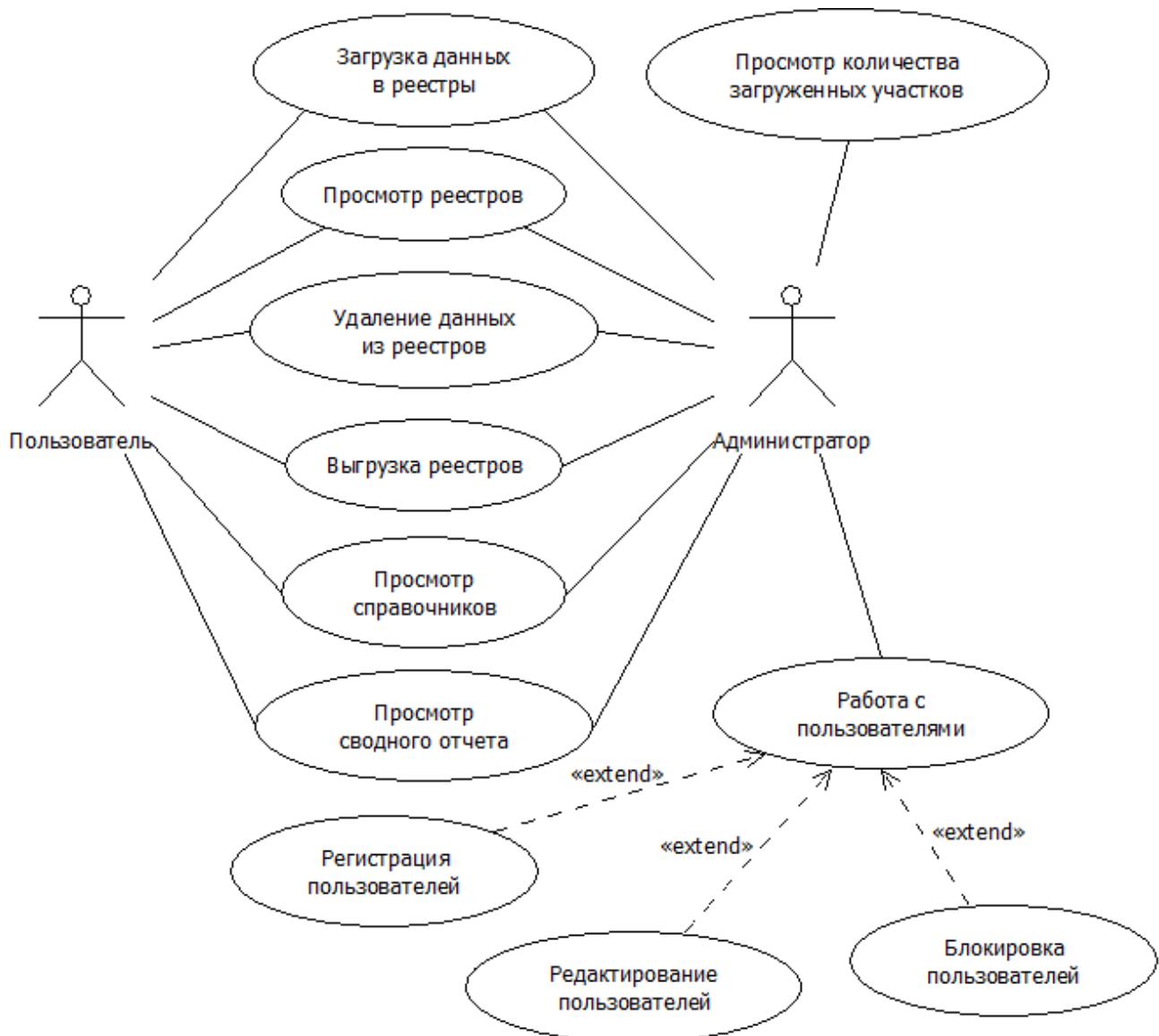


Рисунок 12 – Диаграмма вариантов использования в системе реестров

Таблица логирования позволяет отслеживать активность пользователей в работе с системой и оперативно находить слабые места в алгоритмах работы при поступлении замечаний. Кроме того, поскольку информация о выполняемых пользователями операциях записывается в таблицу, на основании этих данных можно строить аналитику работы пользователей в системе, выявлять ошибки в работе пользователей и анализировать производительность работы системы. Для этих целей созданы следующие поля:

- «func_name» – имя вызываемой функции;
- «reg_user_id» – идентификатор пользователя реестров;
- «func_start_date» – дата/время начала выполнения функции;
- «func_end_date» – дата/время завершения выполнения функции;
- «tmp_tab_name» – имя временной таблицы;
- «json_text» – передаваемые изменения, какие строки файла реестра отклонены пользователем, какие должны быть перезаписаны, какие должны попасть в систему под другим адресом.

Для сбора замечаний создана таблица в онлайн сервисе Google.

Для работы алгоритмов в основную таблицу базы данных добавлены системные поля:

- «record_date» - дата внесения записи в систему;
- «record_status_id» - статус записи (1 – актуальная, 0 - неактуальная);
- «record_status_date» - дата установки статуса записи;
- «registry_date» - дата формирования реестра (из названия загружаемого файла реестра);
- «registry_user_id» - пользователь реестров;
- «registry_type_id» - тип реестров (1 – реестр УПП, 2 – реестр МЗЛ).

2.4 Алгоритмы работы системы реестров

На рисунке 13 представлена блок-схема алгоритма загрузки реестров в систему.

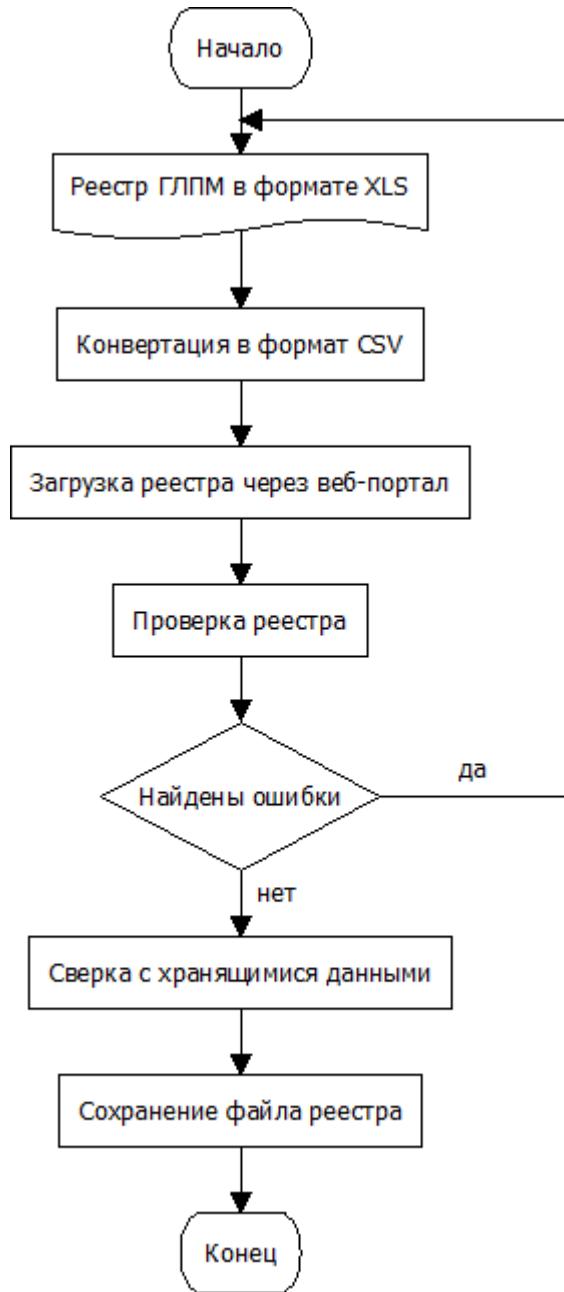


Рисунок 13 – Блок-схема алгоритма загрузки реестров в систему

На первом этапе пользователь выбирает в системе какой тип реестра ему необходимо обработать и загружает предварительно сформированный с помощью программы Excel файл с реестром, сохраненный в формате CSV с

разделителем – точка с запятой. При загрузке сверяется субъект РФ и дата формирования реестра. Прежде чем выбранный реестр визуализируется на интернет портале он загружается во временную таблицу, где проходит проверку по определенному набору полей.

Результатом работы второго этапа системы является заполнение столбца ошибок во временной таблице с описанием ошибок, из-за которых дальнейшая обработка строк невозможна. Функция проверки состоит из:

- очистки файла от автоматически добавляемых кавычек при экранировании существующих кавычек или пустых полей;
- кодирования части адресной информации в соответствии со справочниками;
- проверки строк на наличие дублирования по адресной части;
- контроля строк на корректность определения ЛП выделов в выделе;
- блока проверок ещё «чистых» строк (по которым предыдущие проверки не нашли ошибок) по типу и содержимому;
- проверки ещё «чистых» строк на предмет наличия ошибок в связанных по выделу участках;
- проверки «чистых» строк на не превышение площади выдела суммарной площадью ЛП выделов;
- сравнения площади выдела «чистых» загружаемых и уже хранящихся в системе участков.

Следует отметить одну особенность, так как выдел может быть разбит на более мелкие ЛП выделы, то загрузка набора ЛП выделов осуществляется по принципу «все или никто». Т.е. если в наборе ЛП выделов есть участки с ошибками или присутствует несогласованность набора по общему полу, который должен быть одинаковым для всех участков, в таком случае весь набор

будет помечен ошибочным и не будет загружен в систему. Результат прохождения проверок второго этапа представлен на рисунке 14.

The screenshot shows two windows. The top window is titled 'Реестр УПП МЗЛ' and displays a table of checked registries. The bottom window is an Excel spreadsheet titled '2020-07-03_61_Реестр УПП_ошибки.csv - Excel' showing data with errors.

Reestr УПП МЗЛ

Проверенные реестры

Имя файла	Дата формирования реестра	Регион
2020-07-03_61_Реестр УПП.csv	03-07-2020	Красноярский край

Сбросить Просмотр ошибок

2020-07-03_61_Реестр УПП_ошибки.csv - Excel

	A	B	C	D	E	AD	AE	AF	AC
1	Лесничество	Участковое лесничество	Урочище	Квартал	Выдел	Поля с ошибками			
2	Таежинское	Бирюльское		999999	B1	Лесничество, Участковое лесничество			
3	Таежинское	Бирюльское		999999	B1	Лесничество, Участковое лесничество			

Рисунок 14 – Результат прохождения проверок второго этапа

На третьем этапе происходит финальная обработка данных. Данные, прошедшие проверку и не имеющие ошибок, переносятся из временной таблицы в постоянную. В зависимости от того, загружает ли пользователь участки по целому выделу (В) или участки, разбитые на лесопатологические выделы (ЛПВ) и при сравнении между хранящимися и загружаемыми участками по этим параметрам и по данным (Д), возможны различные варианты действий, которые отображены в таблице 3 (апостроф показывает различия в данных). При спорных ситуациях, пользователю выдается запрос с выбором дальнейшего действия. В результате действий пользователя, пропущенные или ошибочные строки соответствующим образом отмечаются во временной таблице в графе ошибок.

Таблица 3 – Алгоритм загрузки участков в систему

Загружаемые данные	Хранящиеся данные	Алгоритм действий
В + Д	-	Внести новые данные
В + Д	В + Д	Обновить дату актуальности хранящихся данных
В + Д	В + Д'	Внести новые данные, заблокировать хранящиеся
В + Д	В +{ЛПВ}+{Д}	Запрос пользователю: 1. пропустить внесение новых данных; 2. внести новые данные и заблокировать хранящиеся
В+{ЛПВ}+{Д}	-	Внести новые данные
В+{ЛПВ}+{Д}	В + Д'	Запрос пользователю: 1. пропустить внесение новых данных; 2. внести новые данные и заблокировать хранящиеся
В+{ЛПВ}+{Д}	В +{ЛПВ}+{Д}	Обновить дату актуальности хранящихся данных
В+{ЛПВ}+{Д}	В+{ЛПВ}'+{Д}'	Если в новых данных есть строки с таким же адресом, что и в старых, но есть различия в данных - запрос пользователю: 1. пропустить внесение новых данных; 2. внести новые данные и заблокировать хранящиеся; 3. внести совпадшие по адресу строки под новым лесопатологическим выделом после дополнительной проверки. Проверка: сумма хранящихся и новых площадей лесопатологических выделов не превышает площади выдела

Четвертый этап реализуется в случае необходимости загрузки или актуализации данных на основании ответов пользователя на запрос системы на предыдущем этапе и осуществляется в соответствии с алгоритмом действий из таблицы. При выборе пользователем решения по переименованию и внесению новых наименований лесопатологических выделов, происходит дополнительная проверка. При совпадении наименования измененного лесопатологического выдела с любым другим лесопатологическим выделом в соответствующих выделах хранящихся или загружаемых данных, прописывается ошибка во временной таблице для всех строк выдела, в который входит ошибочный лесопатологический выдел. В завершение, если во временной таблице нет ошибочных строк, пользователю выдается сообщение об удачной загрузке реестра. Иначе, пользователю предлагается выгрузить из системы файл в первоначальном формате для контроля ошибочных строк.

Для наглядного представления алгоритма на рисунках 15 и 16 приведены поясняющие блок-схемы для варианта загрузки данных без лесопатологических выделов и при их выделении соответственно. В случае пропуска внесения записей соответствующие им строки во временной таблице отмечаются как пропущенные пользователем.

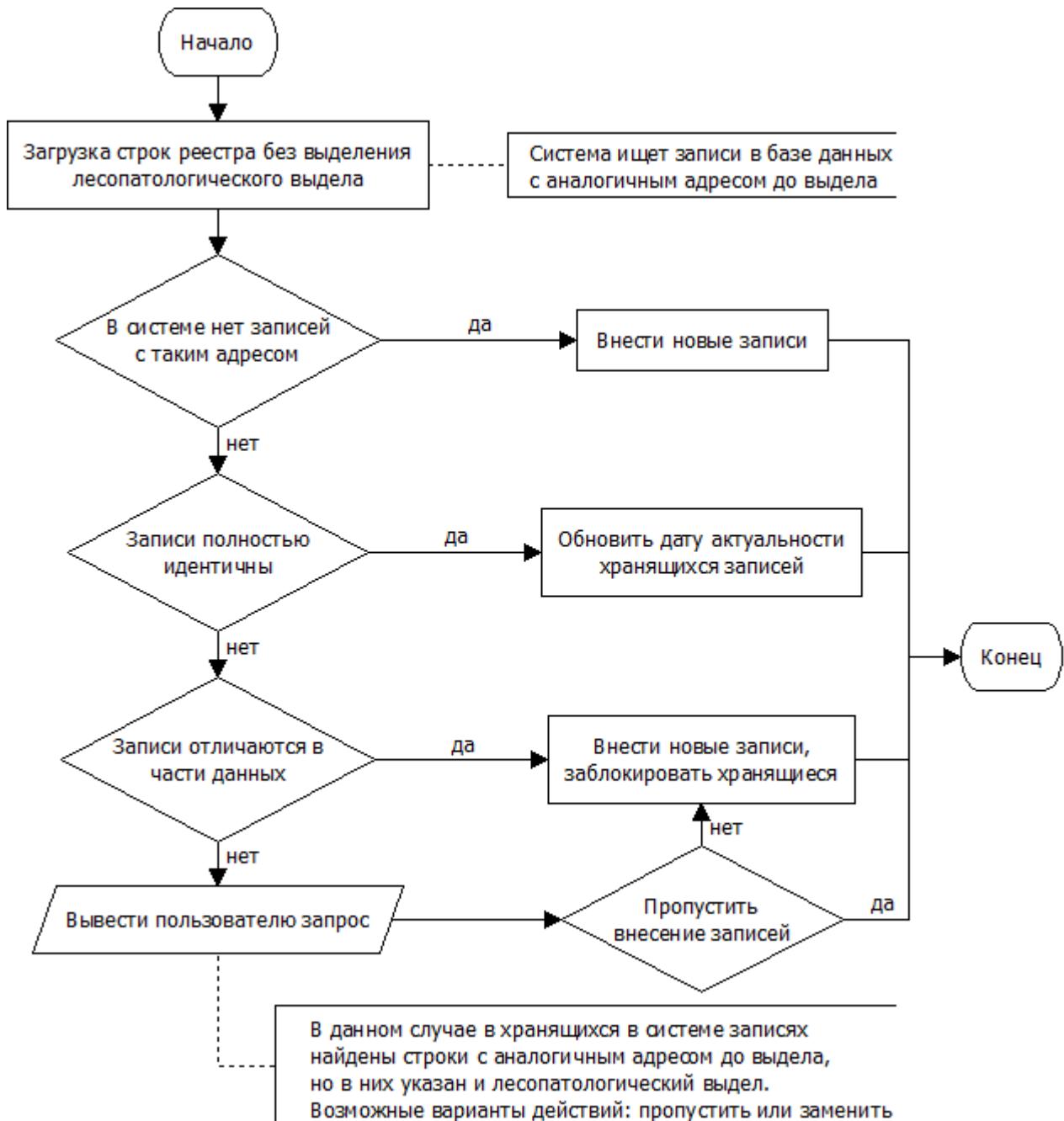


Рисунок 15 – Блок-схема алгоритма загрузки строк реестра без указания лесопатологического выдела

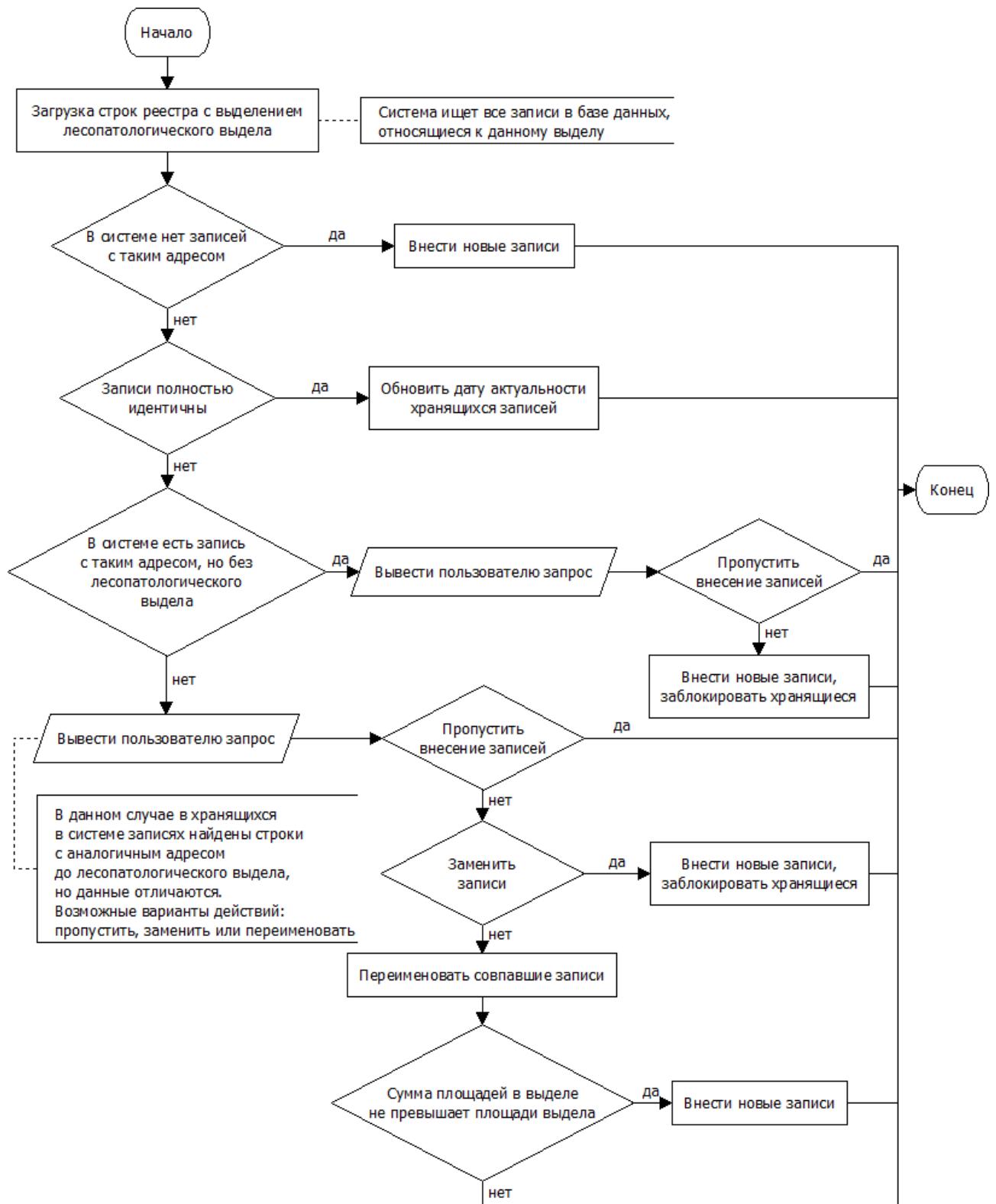


Рисунок 16 - Блок-схема алгоритма загрузки строк реестра с указанием лесопатологического выдела

2.5 Контроль сведений, содержащихся в актах ЛПО

Одной из задач, стоящих при разработке системы, был контроль достоверности актов ЛПО. В системе (AAC), предназначеннй для автоматизации процесса мониторинга актов ЛПО и подготовки заключений и предписаний на акты, потребовалась разработка алгоритма, обеспечивающего автоматическое сравнение данных с информацией из реестров УПП и МЗЛ.

Созданная в AAC дополнительная функция «Сравнение сведений и назначенных мероприятий с данными реестров государственного лесопатологического мониторинга» позволяет оптимизировать процесс оценки достоверности сведений о санитарном и лесопатологическом состоянии лесов и обоснованности мероприятий, предусмотренных актами ЛПО, а также обеспечивает оперативность и сокращение сроков при подготовке заключений на акты ЛПО. Кроме того, выявленные с помощью данной функции несоответствия сведений данным ГЛПМ, позволяют выполнить анализ использования реестров ГЛПМ органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, уполномоченными в области лесных отношений, при планировании объектов ЛПО.

На первом этапе при входе в блок «Заключение на акт ЛПО» начинается поиск лесного участка по адресной части. Происходит сравнение полей: субъект РФ, лесничество, участковое лесничество, урочище, номер квартала и номер выдела. Если лесной участок найден в реестрах ГЛПМ, то в соответствующих графах ставится отметка о наличии.

На втором этапе выполняется сравнение сведений, содержащихся в акте ЛПО данным реестра УПП. Для назначенных мероприятий: ССП (сплошная санитарная рубка), ВСП (выборочная санитарная рубка), УНД (уборка неликвидной древесины), если участок присутствует в реестре УПП, то в графе «Соответствие сведений данным реестра УПП» выбирается «Соответствует». Если участок не включён в реестр УПП, то выбирается «Не соответствует».

Для назначенных мероприятий РАД (рубка аварийных деревьев), АМ (агитационные мероприятия), ПМ (профилактические мероприятия) и не назначенного мероприятия БН (без назначения) в этой графе проставляется «Соответствует», если лесной участок отсутствует или присутствует (без разницы).

Далее выполняется сравнение назначенных мероприятий, содержащихся в акте ЛПО данным реестра МЗЛ. Сравнение данных осуществляется по виду мероприятия, площади мероприятия (+-10%). Для РАД выполняется сравнение по количеству выбираемых деревьев.

Для назначенных мероприятий ССР, ВСР, УНД, РАД, АМ, ПМ, если вид мероприятия и площадь мероприятия совпадают или различаются на допустимые отклонения, то в графе «Соответствие мероприятий данным реестра МЗЛ» проставляется «Соответствует». Если один из показателей отличается, то выбирается «Не соответствует».

Если лесные участки, на которых мероприятия не назначены, содержатся в реестре МЗЛ, то в графе «Соответствие мероприятий данным реестра МЗЛ» проставляется «Не соответствует».

Выполнение работ по оценке достоверности с использованием AAC позволяет выявить необоснованное назначение санитарно-оздоровительных мероприятий, а также исключить ряд очевидных нарушений в назначении санитарно-оздоровительных мероприятий.

2.6 Тестирование и ввод в эксплуатацию

После заполнения справочных таблиц данными и реализации алгоритмов работы системы в виде хранимых функций были созданы тестовые реестры УПП и МЗЛ в двух версиях. Первая версия включает 42 выдела, как с разбиением на ЛП выделы, так и без, с общим количеством в 90 участков. Это файлы для

загрузки в пустую базу данных. Вторая версия содержит 44 выдела, общим количеством в 86 участков, для проверки процедуры актуализации реестров.

В результате последовательной загрузки двух версий реестров в систему были получены наборы участков в базе для контроля корректности работы алгоритмов актуализации. В ходе эксперимента база данных периодически очищалась, и загрузка реестров повторялась с внесением изменений в содержимое полей Excel файла. Таким образом удалось обнаружить слабые места и устранить их.

На следующем этапе эксперимента к тестированию были привлечены филиалы ФБУ «Рослесозащита», количество участков в реестрах доходило до 70 тысяч строк. Благодаря увеличившемуся потоку данных удалось провести более глубокий мониторинг работы алгоритмов. Удалось выявить закономерности в данных, которые приводили к дублированию участков в системе и модернизировать хранимые процедуры.

Замечания пользователей оперативно отслеживались и, используя данные логирования действий пользователей в системе, имелась возможность воспроизвести ошибку в сжатые сроки.

В настоящий момент система введена в эксплуатацию на всей территории России, количество актуальных записей в базе данных превысило 600 тысяч строк, при общем количестве, превышающем 3 миллиона записей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная система позволила автоматизировать работу с файлами реестров. Появилась возможность оперативно выявлять ошибки в ведении реестров, устранять их и актуализировать данные. Благодаря разграничению прав пользователей, загрузка, просмотр, удаление данных на интернет портале доступна пользователям филиалов только в рамках выделенных им прав. На основании загруженных данных администраторы имеют доступ к статистике ведения реестров пользователями, а также, появилась возможность реализовывать необходимые отчеты для дальнейшей аналитики данных.

В дальнейшем предполагается добавление дополнительных форм отчетов, разработка и интеграция в систему адаптивного территориального справочника, а также наглядное отслеживание истории изменений участков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Global forest resources assessment 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf>.
2. Комарова Е.П. Динамика возобновления площадей, пройденных лесными пожарами / Е.П. Комарова, С.В. Малюков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – № 5–3. – С. 48–52.
3. Special Climate Statement 72 – dangerous bushfire weather in spring 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs72.pdf>.
4. Сводный отчет о лесных пожарах (термических аномалиях) на всех видах территорий по данным космического мониторинга по состоянию на 31 декабря 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://public.aviales.ru/main_pages/openform1.shtml?2019-12-31.
5. Данные о пожарах в Бразилии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/aq1km>.
6. Лесная энциклопедия: в 2 т. / Н.А. Анучин [и др.]. – Москва: Советская энциклопедия, 1985. – 563 с.
7. Воронцов, А.И. Лесная энтомология: учебник для студентов лесохозяйств. спец. вузов / А.И. Воронцов – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1982. – 384 с.
8. Лесной кодекс Российской Федерации: федер. закон от 4 дек. 2006 г. № 200-ФЗ: по состоянию на 18 дек. 2018 г. // Российская газета. – 2006. – 8 дек.
9. Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования [Электронный ресурс]: приказ Минприроды России от 16.09.2016 № 480 ред. от 22.08.2017. // Официальный интернет-портал правовой информации. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru>.

10. Князева, С.В. Картографическая оценка динамики показателей состояния древесных растений северо-западных регионов России / С.В. Князева, С.П. Эйдлина // Вопросы лесной науки. – 2018. – № 1. – С. 1–33.
11. Животовский, Л.А. Популяционная биометрия : научное издание / Л.А. Животовский. – Москва: Наука, 1991. – 271 с.
12. Wulder, M.A. National level forest monitoring and modeling in Canada / M.A. Wulder, W.A. Kurz, M.D. Gillis // Progress in Planning. – 2003. – Vol. 61. – P. 365–381.
13. Gillis, M.D. Monitoring Canada’s forests: The National Forest Inventory / M.D. Gillis, A.Y. Omule, T. Brierley // The Forestry Chronicle. – 2005. – Vol. 81, № 2. – P. 214–221.
14. Van Laar, A. Forest Mensuration / A. Van Laar. – Springer: Managing Forest Ecosystems, 2nd ed., 2007. – 383 p.
15. Oswalt, S.N. U.S. forest resource facts and historical trends / S.N. Oswalt, W.B. Smith. – United States Department of Agriculture, Forest Service, 2014. – 64 p.
16. Методические рекомендации по мониторингу лесов в соответствии с международной программой ICP Forests: приказ Рослесхоза от 15.07.2009. № 292.
17. Бахмет, О.Н. Исследования по международной программе ICP Forests в Карелии / О.Н. Бахмет, Н.Г. Федорец, А.М. Крышень // Труды Карельского научного центра РАН, 2011. – № 2. – С. 133–139.
18. Алексеев, А.С. Мониторинг лесов Ленинградской области на основе регулярной биоиндикационной сети пробных площадей по программе ICP Forests / А.С. Алексеев, Р.Ф. Трейфельд, А.Е. Синкевич // Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: итоги и перспективы. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – С. 18–29.
19. Князева, С.В. Возможности применения методики ICP Forests для целей Государственной инвентаризации лесов крайнего севера / С.В. Князева [и

др.]. // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2013. – С. 530–533.

20. Шашков М.П. Информационная система поддержка мониторинга состояния крон деревьев международного экологического мониторинга ICP Forests на территории России / М.П. Шашков // RCDL Электронные библиотеки: Перспективные Методы и Технологии, Электронные коллекции, 2012. – С. 258–264.

21. Князева, С.В. Картографическая оценка динамики показателей состояния древесных растений северо-западных регионов России / С.В. Князева, С.П. Эйдлина // Вопросы лесной науки. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 1–33.

22. Michel A Forest Condition in Europe: 2019 Technical Report of ICP Forests. Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). / A. Michel, A-K. Prescher, K. Schwärzel. – Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests, 2019. – 104 p.

23. Kangas, A Forest Inventory: Methodology and Applications / A. Kangas, M. Maltamo. – Springer: Managing Forest Ecosystems. – V. 10. – 2006. – 362 p.

24. Мейер, М. Теория реляционных баз данных / М. Мейер. – Москва: Мир, 1987. – 608 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Структура реестра УПП

Реестр лесных участков, занятых поврежденными и погибшими лесными насаждениями, в разрезе лесничеств и лесопарков в насаждениях																	СУБЪЕКТ РФ							
Лесничество	Участковое лесничество	Урочище (дана)	Квартал	Выдел	Площадь выдела, га	Л/п выдел	Место расположения л/п выдела (центроид)	Широта	Долгота	Площадь л/п выдела, га	Год лесоустройства	Целевое назначение лесов (кол.)	Категория защитных лесов (кол.)	Артиза	Состав	Возраст	Пол/полота	Запас на 1 га	Источник данных	Субъект РФ	по состоянию на	Дата		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Всего по субъекту РФ																								

* Источник данных 11- ГЛПМ, выборочные наблюдения

20 - ДЗЗ (ДЛМП - дистанционные наблюдения за сан. состоянием, ИСДМ - мониторинг пожарной опасности)

31 – лесопатологические обследования, проведённые филиалами ФБУ «Рослесозащита»

32 - лесопатологические обследования, проведённые сторонними организациями

40 - информация лесничества

** СКС - средневзвешенная категория состояния породы и насаждения

Исполнитель _____ (ФИО) _____ (должность) Дата составления _____

Руководитель _____ (ФИО)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Структура реестра МЗЛ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Космических и информационных технологий
институт

Систем искусственного интеллекта
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

Г.М. Цибульский
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Система хранения и обработки данных лесопатологического мониторинга»
тема

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
код и наименование направления

09.04.01.10 «Интеллектуальные информационные системы»
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель Рн 507.2020 доцент, канд.техн.наук А.В. Пятаева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник 06.07.2020 А.М. Щуцкарев
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент В.В. 06.07.2020 доцент, канд.техн.наук В.В. Вдовенко
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Красноярск 2020