В течение 2022 года научным коллективом решались следующие задачи: анализ предметной области использования лесных ресурсов; анализ имеющегося опыта моделирования агент-ориентированных систем управления лесным комплексом и формулирование концепции моделирования; разработка архитектуры модели; разработка планируемых к выводу результатов, оценок и прогнозов, необходимых для выработки конкретных управленческих решений в рамках лесного комплекса; разработка методологии построения моделей.

При поведении анализа предметной области основное внимание было уделено рассмотрению процессов лесозаготовки с использованием лесодорожной сети. Осуществлен анализ актуальности задачи создания сети лесных автомобильных и тракторных дорог на территории Российской Федерации, а также дана оценка сложности ее решения. Рассмотрены вопросы, связанные с технологическими и экономическими аспектами формирования лесодорожной сети. Изучены факторы, влияющие на процессы создания и эксплуатации лесных дорог. Выявлены используемые критерии оптимальности территориальной сети лесных дорог для целей лесозаготовки.

Изучен используемый для оказания поддержки принятия решений по формированию территориальной лесодорожной сети инструментарий. Определены перспективы использования в этих целях агент-ориентированного моделирования. Произведен анализ имеющегося российского и зарубежного опыта моделирования агент-ориентированных систем управления лесным комплексом. В результате выявлено, что одной из основных проблем процесса формирования агент-ориентированных моделей является отсутствие единой концептуальной основы их проектирования. В рамках решения данной проблемы разработана концепция агент-ориентированного моделирования эффективной территориальной транспортной инфраструктуры системы лесозаготовки, базирующаяся на сервис-ориентированном подходе. Она определяет основные правила создания разрабатываемой агент-ориентированной системы управления лесным комплексом: определение целевых показателей и критериев оценки эффективности функционирования системы в условиях существования мобильных элементов; формирование пространственного графа функционирования системы с учетом существующей инфраструктуры, способного отображать мобильность элементов системы; определение состава и параметров объектов системы в соответствии с сервис-ориентированной парадигмой; определение моделей поведения объектов системы с учетом их мобильности, и направленности на предоставление/потребление сервисов; распределение объектов системы в узлах пространственного графа; обеспечение возможности манипулирования параметрами и структурой пространственного графа, структурой и параметрами объектов, первичным распределением объектов в узлах пространственного графа; обеспечение возможности интерактивного получения результатов; интегрированность моделей с информационными системами, содержащими информацию о реальных процессах в системе.

Разработаны концептуальные схемы функционирования моделируемой агент-ориентированной системы и ее объектов, отличительной особенностью которых является их ориентация на сервис-ориентированную концепцию построения агент-ориентированных моделей. Осуществлено формальное описание разработанных схем. В рамках данной работы выделены основные элементы модели, их структура и характеристики, сформулированы принципы и определены алгоритмы их функционирования и взаимодействия, определены показатели оценки результатов моделирования и процедуры их оценки. Разработана архитектура параметров, необходимых для взаимодействия виртуальных объектов в моделируемой компьютерной среде, основанная на принципе взаимодействия распределенных в пространстве объектов, поставщиков и потребителей сервисов, сформулированного в рамках предложенной концепции агент-ориентированного моделирования. Она позволяет формировать поведенческие механизмы взаимодействия объектов в конфигурации заданной территориальной транспортной сети, обеспечивающей использование лесных ресурсов. В соответствии с принятой концепцией была проработана структура возможных целей использования моделей для принятия решений. В обобщенном виде к ним относятся задачи определение количества объектов, размещения объектов, определение параметров объектов, определение объемов финансирования работ по созданию и обслуживанию инфраструктуры, прогнозирование результатов функционирования системы.

На основании разработанной концепции предложена методология построения агент-ориентированных моделей, обеспечивающая последовательный и полный цикл этапов, начиная с анализа предметной области и заканчивая практической реализацией и использованием моделей. Разработан алгоритм конкретных шагов и стадий, необходимый для проектирования и реализации агент-ориентированных моделей, обеспечивающих поддержку принятия решений по формированию эффективной инфраструктуры для использования лесных ресурсов. Он включает последовательный и полный цикл этапов, начиная с анализа предметной области и заканчивая практической реализацией и эксплуатацией моделей. Его отличительной особенностью является использование на этапе концептуального проектирования разработанных схем функционирования моделируемой агент-ориентированной системы и ее объектов.

В целях практической апробации представленной концепции в ее отдельных аспектах, а также демонстрации возможностей ее интерпретации был создан прототип агент-ориентированной модели инфраструктуры лесозаготовки в среде моделирования AnyLogic. В качестве цели моделирования для прототипа определено изучение эффективность затрат на обеспечение качества покрытия лесных дорог. Критерием оценки модели выступает рентабельность процесса лесозаготовки. Она зависит от прибыли, полученной в результате заготовки древесной массы и затрат, возникающих в процессе лесозаготовки. С использованием созданного прототипа модели был проведен ряд экспериментов. Анализ полученных результатов подтвердил возможности построения с его помощью моделей реальных систем, обеспечивающих их оценку и принятие решений по их развитию.

Результаты реализации проекта были апробированы на международных и всероссийских конференциях. На международной научно-технической конференции «Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2022)», проходившей в Вологодском государственном университете был представлен доклад на тему «Архитектура среды формирования агент-ориентированных пространственно-распределенных систем». На международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса», проходившей в Вологодском государственном университете был представлен доклад на тему «Поддержка принятия решений по развитию лесодорожной инфраструктуры с использованием агент-ориентированного моделирования». На всероссийская конференция ЭКОПРОМ-2022, проводимой Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого, при непосредственном участии членов научного коллектива была организована работа секции «Моделирование развития отраслевых комплексов в условиях цифровизации». На секции по тематике проекта были представлены три доклада: «Балансовые модели в управлении лесным хозяйством», «Агент-ориентированное моделирование регионального лесного комплекса» и «Проблема территориального размещения объектов инфраструктуры».