

ЭКОНОМИКА ТЕРРИТОРИИ

DOI: 10.15838/tdi.2020.1.51.4

УДК 630:330.4 | ББК 65.34+65.053

© Дианов С.В., Ригин В.А., Колосов А.В.

АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ АРЕНДЫ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛЕСОЗАГОТОВКИ В СОКОЛЬСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ¹



СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ДИАНОВ

Вологодский научный центр Российской академии наук
Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а
E-mail: dianov.sv@mail.ru
ORCID: [0000-0001-8297-8077](https://orcid.org/0000-0001-8297-8077); ResearcherID: [P-9737-2017](https://orcid.org/P-9737-2017)



ВАСИЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ РИГИН

Вологодский научный центр Российской академии наук
Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а
E-mail: riginva@mail.ru
ORCID: [0000-0001-6359-1192](https://orcid.org/0000-0001-6359-1192)



АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ КОЛОСОВ

Вологодский научный центр Российской академии наук
Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а
E-mail: ryver.rainege@gmail.com
ORCID: [0000-0002-0610-4949](https://orcid.org/0000-0002-0610-4949)

Эффективное лесопользование имеет важное социально-экономическое и экологическое значение как в локальном, так и в глобальном масштабе. Принятие непродуманных, не имеющих значимой аргументации решений в сфере управления региональным лесным комплексом может привести к неблагоприятным последствиям для окружающей среды, ухудшению социальной обстановки и потере потенциальной экономической выгоды от использования лесных ресурсов. Согласно современным представлениям о принятии эффективных управленческих решений, в сложных предметных областях необходимо в обязательном порядке проводить предварительное моделирование развития управляемой системы. Лесной комплекс относится к числу таких предметных областей. Он содержит множество взаимосвязанных элементов. При принятии решений они, как правило, рассматриваются

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (научный проект № 17-06-00514 А).

в рамках отдельных подсистем. Основной целью представленной работы являлось создание инструментария для обеспечения принятия качественных решений в сфере государственного управления системой аренды лесных участков в Российской Федерации на основе агент-ориентированного моделирования. При проведении исследования использовались методы системного подхода, анализа и синтеза, обобщения и сравнения, классификации и систематизации. В статье представлена разработанная авторами концептуальная структура агент-ориентированной модели аренды лесных участков, в которой отражены элементы экологической, производственно-экономической систем и системы государственного управления. Описана реализация модели в среде имитационного моделирования AnyLogic и ее апробация на основе данных аренды лесных участков для целей лесозаготовки в Сокольском лесничестве Вологодской области. Предполагается дальнейшее развитие и калибровка модели для обеспечения возможности ее использования на уровне регионального контура управления.

Лесной комплекс, агент-ориентированное моделирование, лесная аренда, лесозаготовка.

Введение

В рамках реализации «Стратегии развития лесопромышленного комплекса России до 2030 года» и национального проекта «Международная кооперация и экспорт» к 2030 году планируется существенно увеличить вклад лесного комплекса в экономику страны. Специфика лесной отрасли определяется, главным образом, длительным периодом возобновляемости лесных ресурсов, составляющим сто и более лет, с точки зрения экономики имеет место длительный срок между вложением средств и приносимым эффектом. При этом в лесной отрасли лесные ресурсы являются одновременно средством и предметом труда [1]. Наиболее распространенным видом использования лесов как по площади, так и по объему платежей в бюджетную систему остается заготовка древесины. Запасы древесины в России составляют 82,8 млрд куб. м, величина ежегодной расчетной лесосеки – 704 млн куб. м. Заготовка леса на протяжении последних лет неизменно увеличивается. Около 81% объема древесины по стране заготавливается арендаторами лесных участков при разных видах использования лесов (на лесных участках для целей заготовки древесины – 77,9%). На правах аренды заготовку осуществляют более 5,7 тыс. юридических лиц и индивидуальных предпринимателей².

Объемы заготовки древесины на арендованных участках ежегодно возрастают, но не превышают в среднем 67% от объемов, установленных договорами аренды.

Лесной комплекс является сложной системой. Сложные системы контринтуитивны, состоят из множества взаимосвязанных элементов, в них действует большое количество факторов стохастической природы и неопределенности, причина и следствие в таких системах разнесены во времени и пространстве, краткосрочные решения требуют согласования с долгосрочными прогнозами. Любая сложная система рассматривается как комплекс избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов в целях получения полезного результата [2]. Как отмечено в работе [3], структура системы управления лесным комплексом определяется ролью и значением каждого элемента системы. Форма организации и взаимосвязи между элементами системы определяют ее содержание. Управление такой системой является сложной задачей, требующей обеспечения возможности заранее оценивать адекватность, актуальность и эффективность принимаемых управленческих решений. Важность ее решения подчеркивается в инициативах «Стратегии развития лесного

² Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряж. Правительства РФ от 20 сентября 2018 г. № 1989-р.

комплекса Российской Федерации до 2030 года», где в рамках совершенствования системы управления лесами отмечена необходимость развития системы стратегического и текущего лесного планирования разных уровней. Для реализации такой возможности необходимо иметь комплексные модели лесной отрасли на различных уровнях государственного управления [4].

В соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации, утвержденным Федеральным законом от 4 декабря 2006 года № 200-ФЗ, полномочия в области лесных отношений распределены между органами государственной власти Российской Федерации, органами исполнительной государственной власти субъектов и органами местного самоуправления. Причем основные полномочия по управлению лесами переданы на региональный уровень. В их числе: организация использования лесов, их охрана, защита, воспроизводство, предоставление лесных участков в пользование, аренда, организация и проведение соответствующих аукционов, заключение договоров [5]. Аренда в лесном праве призвана решить две задачи: заготовка древесины и других видов лесопользования; ведение лесного хозяйства в процессе лесопользования (лесовосстановление и другие лесохозяйственные мероприятия при надлежащем использовании земель, на которых произрастают леса) [6]. Государство должно формировать систему аренды лесов таким образом, чтобы в результате работы арендаторов обеспечивался долгосрочный значимый социально-экономический эффект и при этом не нарушалась экология. Актуальной задачей является обеспечение поддержки принятия решений с использованием имитационных моделей.

Один из эффективных способов моделирования сложных систем в настоящее время – агент-ориентированное моделирование. Его отличительная особенность – использование в качестве основных элементов программных агентов, имеющих индивидуальное поведение [7]. С помощью агент-ориентированного моделирования исследуемую макроэкономическую систе-

му можно представить в виде совокупности процессов на микроуровне и управляющих воздействий на макроуровне. При этом решения агентами систем различного уровня принимаются с учетом их ограниченной рациональности. В результате при изучении экономических процессов на микроуровне можно достаточно точно оценить эффективность управляющих воздействий на макроуровне, например, со стороны органов государственной власти [8]. В настоящее время спектр зарубежных [9–21] и отечественных [22; 23] исследований по применению агент-ориентированного моделирования в лесном хозяйстве достаточно широк.

Проектирование агент-ориентированной модели

Для эффективного построения имитационной модели экономических, социальных и технических систем необходимо применять специализированные программные средства – системы моделирования [24]. Авторами были рассмотрены программные инструментальные средства имитационного моделирования, свободно распространяемые с открытым исходным кодом, и коммерческие продукты, имеющие полнофункциональные учебные версии [25]: SciLab, OpenModelica, Flexsim, NetLogo, Enterprise Dynamics, AnyLogic, Arena. Проведенный сравнительный анализ показал, что оптимальное средство для создания агент-ориентированной модели аренды лесных участков – система AnyLogic.

Одной из основных задач построения агент-ориентированной модели является определение состава агентов, функциональной и поведенческой составляющей агентов, а также взаимосвязей между агентами и средой модели [26]. С точки зрения теории систем, лесную отрасль можно определить как открытую, сложную динамическую систему [27], на ее верхнем уровне выделить следующие основные системы [4; 28]: экологическую (экосистема), социальную, производственно-экономическую, систему государственного управления, внешнюю среду. Каждая из них имеет представление в виде

определенного набора компонентов, наделенных характеризующими их свойствами. Часть компонентов являются активными (агентами). Они, преследуя свои цели, могут взаимодействовать между собой и изменять свойства доступных им компонентов. Через поведение агентов формируются внутри-системные и межсистемные связи.

При построении модели аренды лесных участков подверглись формализации элементы трех систем: экологической, производственно-экономической и государственного управления. В контексте моделирования экосистема выступает в роли поставщика первичных ресурсов для всех остальных систем. В этом смысле ее модель можно считать центральным элементом общей модели, где все остальные элементы тем или иным образом взаимодействуют с ней (используют, сохраняют, восстанавливают ресурсы). Экосистема связана с определенной лесной территорией. Производственно-экономическая система представлена множеством разнообразных предприятий, расположенных на территории экосистемы. Они потребляют ресурсы экосистемы и при этом изменяют ее. Основная цель их деятельности – получение максимальной прибыли. Деятельность элементов системы государственного управления осуществляется в соответствии с действующим федеральным законодательством. Основные цели их деятельности в отношении модели аренды лесных участков заключаются в поддержании экологического равновесия, пополнении доходной части бюджета и обеспечении условий для удовлетворения потребностей населения. К экономическим методам в контексте модели аренды лесных участков относятся учетные и налоговые ставки, льготы, порядок проведения валютных операций, бюджетные кредиты, дотации, субсидии, госинвестиции, таможенные пошлины, таможенные льготы, нормы, стандарты, тарифы, цены, штрафы и др. [29].

На концептуальном уровне модели определены три типа агентов: агент участок; агент арендатор и агент орган государственного управления (ОГУ). Агент участок пред-

назначен для обеспечения формирования оценочных характеристик лесного участка в течение модельного времени. Агент арендатор участвует в процедурах по заключению договора аренды участка и осуществляет его использования. Агент ОГУ формирует правила заключения договоров аренды и проведения лесозаготовительных и лесовосстановительных работ.

Агент участок относится к экологической системе. Основной целью таких агентов является слежение за состоянием собственных параметров и изменением их с помощью сценариев в соответствии с моделями развития. Параметры агента участок представлены в *табл. 1*.

В целях моделирования естественного развития лесного участка реализованы функции увеличения площади древостоя за счет рождения новых деревьев и уменьшения площади древостоя за счет отмирания старых. Функция увеличения площади древостоя определяется исходя из текущей площади, занимаемой древесной породой, и коэффициента прироста. Коэффициент прироста зависит от текущего среднего возраста древостоя и определяется для каждой породы деревьев с помощью таблиц (*табл. 2*).

На *рис. 1* графически изображена таблица значений коэффициента прироста площади древостоя в среде AnyLogic.

Аналогичным образом реализована и функция уменьшения площади лесного участка за счет естественного отмирания деревьев. Здесь используются коэффициенты отмирания. При вычислении функций увеличения и уменьшения площади древостоя пересчитывается его средний возраст. Стоимость участка зависит от состава и возраста древостоя, а также от доступности участка. Создание агентов участков в среде AnyLogic осуществляется на основе базы данных (*рис. 2*).

Агент арендатор относится к производственно-экономической системе. Его основной целью является получение прибыли. Параметры агента представлены в *табл. 3*.

После получения лесного участка в аренду запускаются функции, имитирующие

Таблица 1. Параметры агента участок

Параметр	Описание параметра	Единицы измерения
name	Идентификатор участка	
maxSquare	Общая площадь участка	га
factAge	Средний возраст древостоя	годы
factElka	Площадь, занимаемая елью	га
factSosna	Площадь, занимаемая сосной	га
factBereza	Площадь, занимаемая березой	га
factOsina	Площадь, занимаемая осиной	га
planAge	Планируемый средний возраст древостоя к окончанию срока аренды	годы
planElka	Планируемая площадь, занимаемая елью, к окончанию срока аренды	га
planSosna	Планируемая площадь, занимаемая сосной, к окончанию срока аренды	га
planBereza	Планируемая площадь, занимаемая березой, к окончанию срока аренды	га
planOsina	Планируемая площадь, занимаемая осиной, к окончанию срока аренды	га
dostupnost	Коэффициент, определяющий доступность участка	
startAucPayment	Начальная цена лесного участка для аукциона	руб.
SposobVost	Площадь лесовосстановления	га
arendator	Принадлежность арендатору	
arenda	Размер арендной платы	руб./год

Источник: составлено авторами.

Таблица 2. Пример формирования коэффициента прироста площади древостоя

Возраст древостоя, лет	Значение
0	0
40	0
60	0,002
80	0,01
110	0,008
150	0,001
250	0

Источник: составлено авторами.

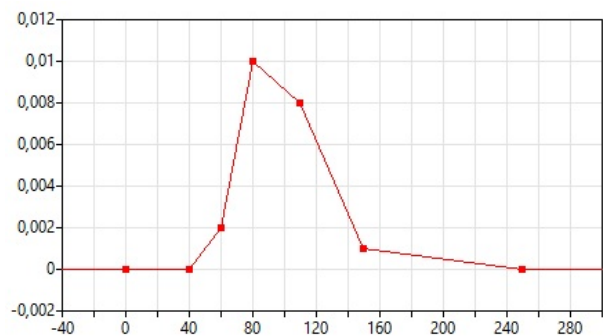


Рис. 1. Графическое представление таблицы для определения коэффициента прироста площади древостоя в среде AnyLogic

Источник: составлено авторами.

работы по заготовке древесины с целью получения прибыли. В каждый модельный момент времени арендатор принимает решение о дальнейшей вырубке в зависимости от следующих параметров: количество оставшейся древесины, возраст деревьев.

После вырубки агент арендатор должен определиться с возможностью проведения лесовосстановительных работ. Решение о выполнении лесовосстановительных работ владелец принимает исходя из

собственных убеждений, опираясь при этом на возможные последствия при нарушении правил использования участка. В модели данное решение зависит от следующих параметров: уровень регламентирования, репутация арендатора, размер штрафа.

Создание агентов арендаторов в среде AnyLogic осуществляется на основе базы данных. Пример части базы данных представлен на рис. 3.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Name	square	FactElka	FactSosna	FactBereze	FactOsina	FactAge
2	1	174,9364	7,853646	26,14747	91,782627	30,97566	59
3	2	149,2726	6,701488	22,31154	78,317792	26,43142	31
4	3	133,0834	5,974682	19,89176	69,823881	23,56481	51
5	4	143,0835	6,423633	21,38647	75,070602	25,33553	68
6	5	193,8866	8,704402	28,97993	101,7251	34,33114	30

Рис. 2. Пример базы данных агентов участков, реализованной в среде Microsoft Excel

Источник: составлено авторами.

Имя:

Тип: Кол-во Сумма Среднее Мин. Макс.

Выражение:

Условие:

Рис. 4. Формирование параметров сбора статистики по результатам моделирования

Источник: составлено авторами.

Агент ОГУ относится к системе государственного управления. Основные цели агента ОГУ – заключение договоров аренды, обеспечение соответствия планируемым параметрам соотношения пород и среднего возраста древостоя к окончанию периода аренды, а также отслеживание окончания срока аренды. На уровне агента ОГУ определены регулируемые параметры модели: размер штрафа (задает размер штрафа, налагаемого на арендатора, не выполнившего лесовосстановительные работы, руб.); степень регламентированности (определяет, насколько государственный орган регламентирует работу арендаторов, %); максимальный срок аренды (годы).

Агент ОГУ берет на себя ответственность за проведение аукционов по продаже свободных лесных участков арендаторам, формирует правила заключения договоров аренды. При появлении свободного участка вызывается функция организации торгов, осуществляемая в 3 этапа.

Этап 1. Сбор заявок на участие. Все агенты арендаторы оповещаются о про-

	A	B	C	D	E	F
1	NameArendators	Pribyl	Reputation	Doverie	kolvoDeneg	technicCount
2	Арендатор1	0	50	45	4000000	15
3	Арендатор2	0	30	12	50000000	200
4	Арендатор3	0	60	67	20000000	300
5	Арендатор4	0	56,66666667	63,33333	30000000	45
6	Арендатор5	0	61,66666667	74,33333	126200000	20
7	Арендатор6	0	66,66666667	85,33333	35000000	30
8	Арендатор7	0	71,66666667	96,33333	38580000	40
9	Арендатор8	0	76,66666667	80	21560000	100
10	Арендатор9	0	81,66666667	60	48000000	70
11	Арендатор10	0	86,66666667	30	80000000	20
12						

Рис. 3. Пример базы данных агентов арендаторов, реализованной в среде Microsoft Excel

Источник: составлено авторами.

Таблица 3. Параметры агента арендатор

Параметр	Описание параметра	Единицы измерения
nameArendator	Наименование арендатора	
Doverie	Уровень доверия арендатора органу государственного управления	%
Reputation	Репутация арендатора	%
kolvoDeneg	Объем имеющихся финансовых средств	руб.

Источник: составлено авторами.

даже лесного участка. После этого каждый из них, исходя из личных убеждений и сложившихся условий, принимает решение об участии.

Этап 2. Проведение аукциона. После формирования списка участников проводится аукцион по стандартным правилам – цена повышается с заданным шагом. Каждый из участвующих арендаторов принимает решение о возможности продолжения участия в торгах, выполняется проверка финансовых возможностей и предполагаемой прибыли от аренды. В итоге остается один, предложивший наибольшую сумму за выставленный участок.

Этап 3. Подписание договора аренды.

AnyLogic предоставляет возможность получать информацию по результатам моделирования с помощью функций сбора статистики. Например, для построения графика занимаемой отдельной породой деревьев площади используется функция сбора данных с последующим суммированием значений каждого агента из популяции лесных участков (рис. 4).

В разработанной модели реализован сбор и визуализация статистики по площади и возрасту древостоя, площади лесовосстановления и общей прибыли от использования арендаторами лесных участков.

Апробация агент-ориентированной модели

Для апробации агент-ориентированной модели аренды лесных участков было выбрано Сокольское лесничество Вологодской области. Леса являются главным стратегическим ресурсом Сокольского района, занимая более 71% его территории. Общая площадь Сокольского лесничества на 1 января 2018 года составляла 294988 га. В составе лесничества образовано 8 участковых лесничеств, в том числе 2 участковых сельских лесничества. Защитные леса занимают 48714 га (16,5%), эксплуатационные леса – 246274 га (83,5%). Земли, покрытые лесной растительностью, составляют 90,5% от общей площади земель лесного фонда лесничества, в том числе лесные культуры – 19014 га (6,4%), несомкнувшиеся лесные культуры – 1418 га (0,5%). Земли, не покрытые лесной растительностью, представлены преимущественно вырубками – 4181 га (1,4%). Нелесные земли составляют 7,2% от общей площади лесничества и представлены в основном болотами – 17215 га (5,8%). Запасы древесины в лесах – 43,77 млн куб. м, в том числе: хвойные породы – 17,27 млн куб. м (40%); лиственные породы – 25,74 млн куб. м (60%). Расчетная лесосека по району – 860 тыс. куб. м. Использование расчетной лесосеки составило 71%³. Расчетная лесосека для осуществления сплошных рубок спелых и перестойных лесных насаждений представлена в табл. 4.

Заготовка древесины осуществляется в течение всего года. Для этого отведены лесные участки на территории 1500 кварталов общей площадью 294988 га. Дого-

вор аренды лесного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, с целью заготовки древесины заключается на срок от 10 до 49 лет. В 2017 году лесозаготовительную деятельность на территории лесничества вели 8 арендаторов. Общая площадь десяти отданных им в аренду участков составила 210112,2 га. Срок аренды варьируется в диапазоне 41–49 лет (средний – 47,1 года; мода – 48 лет)⁴.

Динамика планируемого среднего размера платы за использование лесов с целью лесозаготовки в РФ составляет: 2019 год – 106,7 руб. / куб. м; 2020 год – 116,0 руб. / куб. м; 2021 год – 121,1 руб. / куб. м; 2022 год – 126,4 руб. / куб. м; 2023 год – 132,0 руб. / куб. м; 2024 год – 137,8 руб. / куб. м; 2025 год – 143,8 руб. / куб. м; 2026 год – 150,2 руб. / куб. м; 2027 год – 156,8 руб. / куб. м⁵. Основными факторами, влияющими на размер платы, являются удаленность (доступность) лесного участка и товарная структура рынка древесины.

Лесозаготовка включает в себя строительство и содержание лесовозных дорог, комплекс операций от валки деревьев до формирования штабелей круглых лесоматериалов, вывозку сортиментов или хлыстов от лесосек до пунктов примыкания лесовозных дорог к транзитным транспортным путям региона. Затраты на строительство лесовозных дорог определяются на основе потребности в ежегодном наращивании их сети для поддержания заготовки древесины на неизменном уровне и в рамках проектной стоимости. Величина этих затрат индивидуальна для каждого лесного участка. Она зависит от количества и компактности доступных насаждений, наличия местных материалов. Удельные дорожные затраты рассчитываются на обезличенный кубометр. Операционные затраты на заготовку древесины определяются по группам стволов. Прямые затраты рассчитываются по следую-

³ Инвестиционный паспорт Сокольского муниципального района. URL: https://www.sokol-adm.ru/sites/default/files/attachment/invest.pasport_smr_01.07.19-konvertirovan.pdf (дата обращения 24.12.2019).

⁴ Интернет-сайт Департамента лесного комплекса Вологодской области. URL: <https://dlk.gov35.ru>

⁵ Лесной план Вологодской области на 2018–2027 годы: утв. распоряж. Губернатора Вологодской области от 30 ноября 2018 г. № 4807-р.

Таблица 4. Расчетная лесосека для осуществления сплошных рубок спелых и перестойных лесных насаждений в Сокольском лесничестве Вологодской области

Порода	Занимаемая площадь, га	Занимаемая площадь по группам возрастов, га					Рекомендуемая к принятию расчетная лесосека, га
		молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые	перестойные	
Сосна	24628	2114	9747	4821	6780	1166	278
Ель	61246	30556	4001	9676	15233	1780	507
Береза	88803	13690	15439	6626	49137	3911	2259
Осина	27621	8545	2962	1114	5 932	9068	636

Источник: Лесохозяйственный регламент Сокольского лесничества Вологодской области: утв. приказом Департамента лесного комплекса Вологодской области от 4 октября 2018 г. № 1479.

щим элементам: заработная плата основных и вспомогательных рабочих с начислениями, горюче-смазочные материалы, запасные части, амортизационные отчисления. Основанием служат пооперационные нормы выработки, нормативы расхода материальных ресурсов. Накладные расходы (содержание вспомогательных производств, управление) могут определяться по проценту к прямым.

Существующие объекты лесной инфраструктуры – это лесные (лесохозяйственные), лесовозные дороги и лесные склады (верхние и нижние). На территории Сокольского лесничества имеется 1315 км грунтовых автомобильных дорог, из них 1067 км лесохозяйственных, 97 км лесовозных и 151 км общего пользования. Эти дороги связывают места рубок и отдельные лесные кварталы с пунктами вывозки древесины и лесными поселками. Плотность дорог составляет 1,4 км / тыс. га⁶.

Корневая стоимость стволов – основа для определения доходности древесных запасов. С увеличением диаметра товарная стоимость стволов растет, а заготовительные расходы резко падают. Искусство лесопользования в конечном счете состоит в том, чтобы брать у природы только те ресурсы, которые на данный момент имеют положительную ренту, и делать это так, чтобы лесопользование всегда оставалось неистощительным и в максимально возможной степени сохранялись природоохранные функции леса [30].

⁶ Лесной план Вологодской области на 2018–2027 годы: утв. распоряж. Губернатора Вологодской области от 30 ноября 2018 г. № 4807-р.

⁷ Лесохозяйственный регламент Сокольского лесничества Вологодской области: утв. приказом Департамента лесного комплекса Вологодской области от 4 октября 2018 г. № 1479.

Эффективность передачи лесного участка в аренду определяется положительным значением дохода предприятия при условии уплаты всех платежей и выполнении всех предусмотренных лесохозяйственным регламентом мероприятий и увеличением его стоимости в будущем. При отрицательном значении прибыли у арендатора отсутствует экономический интерес к освоению данного участка, а государство в первую очередь заинтересовано в улучшении качественных характеристик лесного фонда и своевременном получении арендной платы [31].

Ежегодный объем лесовосстановления на непокрытых лесной растительностью землях в Сокольском лесничестве составляет: искусственное лесовосстановление – 7,1%; комбинированное лесовосстановление – 7,4%; естественное лесовосстановление – 85,5%. Земли, нуждающиеся в лесовосстановлении, занимают площадь 38688 га, в том числе по способам: искусственное – 2747 га; комбинированное – 2863 га; естественное – 33078 га. Установлены следующие нормативы площади лесовосстановления: для хвойных пород – 5610 га (искусственное – 2747 га, комбинированное – 2863 га), для мягколиственных – 10523 га (естественное)⁷.

Общие требования к восстановлению лесов в Российской Федерации представлены в «Методических указаниях по планированию, проектированию, приемке, инвен-

таризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению»⁸. Основные нормативы затрат на проведение лесовосстановительных работ в регионах определяются в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2018 года № 1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства». В Вологодской области в настоящее время действует приказ начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области от 18 января 2019 года № 60 «Об утверждении Нормативов затрат для исчисления размеров вреда, причиненного лесам вследствие нарушения лесного законодательства, на 2019 год». В нем, в частности, определены расходы на создание лесных культур и уход за ними; содействие естественному возобновлению леса, уход за молодняком естественного происхождения до возраста уничтоженных или поврежденных деревьев; выращивание семян в питомнике и пр. Для разработки нормативно-технологических карт на лесовосстановление также используются нормативы, определенные в следующих документах:

– Приказ от 13 сентября 1999 года № 180 «Об утверждении Норм расхода горюче-смазочных материалов на механизированных работах, выполняемых в лесном хозяйстве»;

– Постановление Правительства РФ от 1 января 2002 года № 1 «О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы»;

– Приложение № 4 к Постановлению Министерства труда и социального развития РФ от 29 декабря 1997 года № 68 «Об утверждении типовых отраслевых норм бесплатной выдачи работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств специальной защиты»;

– Методические рекомендации «Нормы расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте», утвержденные распоряжением Минтранса России от 14 марта 2008 года № АМ-23-р.

В тексте договора аренды лесного участка предусматривается ответственность арендатора за нарушение условий договора. Лица, виновные в нарушении лесного законодательства, несут административную, уголовную ответственность в соответствии с Уголовным кодексом РФ и Кодексом РФ об административных правонарушениях. Привлечение к ответственности за нарушение лесного законодательства не освобождает виновных лиц от обязанности устранить выявленное нарушение и возместить причиненный вред. Лица, причинившие вред лесам, возмещают его добровольно или в судебном порядке [32]. В приказе начальника Департамента лесного комплекса Вологодской области от 26 февраля 2019 года № 267 «Об утверждении калькуляции затрат с целью исчисления размера неустойки за неисполнение или ненадлежащее исполнение обязательств по договорам аренды лесных участков и договорам купли-продажи лесных насаждений на 2019 год» определены в том числе затраты на комбинированное лесовосстановление. В соответствии со статьей 8.27 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях нарушение требований лесного законодательства по воспроизводству лесов и лесоразведению влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 5 до 10 тыс. руб.; на юридических лиц – от 200 до 300 тыс. руб. За данное нарушение лица, осуществляющие предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, несут административную ответственность как юридические лица.

Обозначенная выше информация была использована при создании агент-ориентированной модели аренды лесных участков в целях лесозаготовки на территории

⁸ Методические указания по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению. М.: ВНИИЛМ, 2011. 98 с.

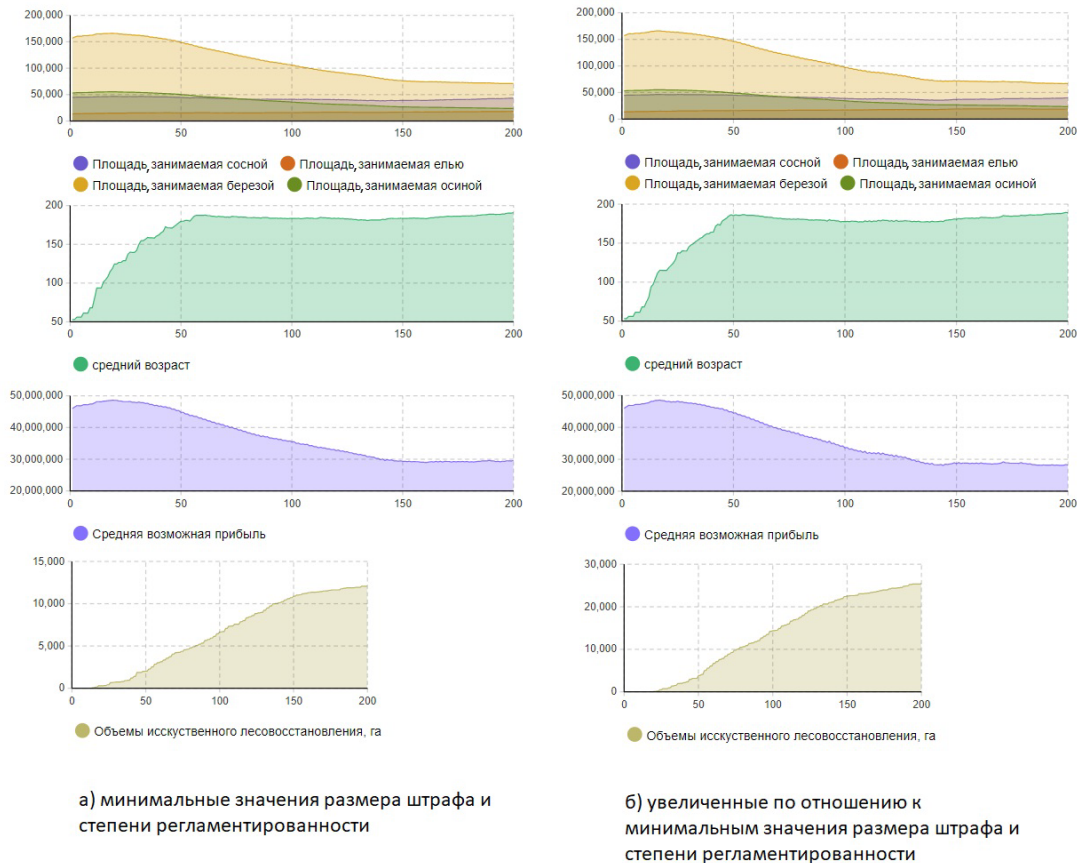


Рис. 5. Результаты экспериментов, полученные с использованием агент-ориентированной модели аренды лесных участков в целях лесозаготовки на территории Сокольского лесничества Вологодской области

Источник: составлено авторами.

Сокольского лесничества Вологодской области. Проведен ряд экспериментов с использованием модели. Исследовались зависимости изменения площади и возраста древостоя, общей прибыли от использования арендаторами лесных участков и площади искусственного лесовосстановления от значений регулируемых параметров: размера штрафа и степени регламентированности. Результаты моделирования с модельным временем 200 лет представлены на рис. 5.

Заключение

В результате проделанной работы была сформулирована общая концепция построения агент-ориентированной модели аренды лесных участков для целей лесозаготовки, релевантная существующей системе лесной аренды в Российской Федерации. На ее основе возможно создание специализирован-

ных моделей различной тематики в лесной отрасли, позволяющих прогнозировать изменение параметров элементов моделируемой системы в различных временных периодах при определенных управляющих воздействиях. Это позволит принимать аргументированные, полученные на основе научно обоснованных подходов управленческие решения. Авторами разработана агент-ориентированная модель, позволяющая производить оценку состояния лесных ресурсов на арендуемых для лесозаготовки лесных участках, объемов лесозаготовки и лесовосстановления. Модель апробирована с использованием реальных данных по Сокольскому лесничеству Вологодской области. Предполагается дальнейшее развитие модели, а также ее калибровка с целью обеспечения возможности получения качественных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брезинская Л.В., Моисеева Е.Е., Тарасова В.В. К вопросу совершенствования системы управления лесами // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1–2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19813> (дата обращения 23.12.2019).
2. Данилов А.М., Гарькина И.А. Математическое моделирование сложных систем: состояние, перспективы, пример реализации // *Вестн. гражд. инженеров*. 2012. № 2 (31). С. 333–337.
3. Миронов А.В. Управление лесохозяйственной деятельностью: монография / под науч. рук. В.В. Грачева. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2015. 172 с.
4. Дианов С.В. Архитектура модели перспективного анализа и планирования развития регионального лесного комплекса // *Проблемы развития территории*. 2017. № 5 (91). С. 148–163.
5. Баяндина Е.Д., Каменев А.Л. Государственное управление лесами на уровне региона: возможности и ограничения // *Вопросы гос. и муницип. управления*. 2011. № 2. С. 192–204.
6. Конокотин Д.Н. Аренда лесного участка в Российской Федерации // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. 2011. № 8 (119). С. 74–79.
7. Гулин К.А., Дианов С.В., Антонов М.Б. Агент-ориентированный подход к реализации модели лесовосстановления // *Проблемы развития территории*. 2018. № 1 (93). С. 83–97. DOI: 10.15838/ptd/2018.2.93.6
8. Машкова А.Л. Прогнозирование долгосрочного развития макроэкономических систем на базе агент-ориентированных моделей // *Гос. управление*. 2016. № 57. С. 49–68.
9. Zupkoand R., Rouleau M. ForestSim: Spatially explicit agent-based modeling of non-industrial forest owner policies. *SoftwareX9*, 2019, pp. 117–125. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.01.008>
10. Henderson J.D., Abt R.C. An Agent-Based Model of Heterogeneous Forest Landowner Decisionmaking. *Forest Science*, vol. 62, iss. 4, pp. 364–376. Available at: <http://dx.doi.org/10.5849/forsci.15-018>
11. Leahy J.E., Gorczyca Reeves E., Bell K.P., Straub C.L., Wilson J.S. Agent-Based Modeling of Harvest Decisions by Small Scale Forest Landowners in Maine, USA. *International Journal of Forestry Research*, 2013, article ID 563068. Available at: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/563068>
12. Huff E.S., Leahy J.E., Hiebeler D., Weiskittel A.R., Noblet C.L. *An Agent-Based Model of Private Woodland Owner Management Behavior Using Social Interactions, Information Flow, and Peer-To-Peer Networks*. 2015, PLoSONE10(11): e0142453. DOI: 10.1371/journal.pone.0142453
13. Kamimura K., Gardiner B., Dupont S., Finnigan J. Agent-based modelling of wind damage processes and patterns in forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2019, vol. 268, pp. 279–288. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.01.020>
14. Guangjun Zh., Yaodong Zh. *Agent-based modeling and simulation for open complex systems*. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5456783>
15. Holm S., Lemm R., Thees O., Hilty L.M. *Enhancing Agent-Based Models with Discrete Choice Experiments*. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/19/3/3.html>
16. Kostadinov F., Steubing B. *An agent-based model of an energy wood market in a Swiss region*. Available at: http://www.issw.ch/fe/waldressourcen/produktionssysteme/publikationen/ESSA2011_FabianKostadinov_v2.pdf
17. Leahy J.E., Gorczyca Reeves E., Bell K.P., Straub C.L., Wilson J.S. *Agent-Based Modeling of Harvest Decisions by Small Scale Forest Landowners in Maine, USA*. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/ijfr/2013/563068>
18. Niazi Muaz A.K., Siddique Q., Hussain A., Kolberg M. *Verification and Validation of an Agent-Based Forest Fire Simulation Model*. Available at: <https://www.stir.ac.uk/research/hub/publication/723>
19. *Using an agent-based model to examine forest management outcomes in a fire-prone landscape in Oregon, USA*. T.A. Spies [et al.]. Available at: <https://www.ecologyandsociety.org/.../ES-2016-8841.pdf>
20. Troitzsch K. Agentenbasierte Modellierung von Märkten. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen (SZF)*, 2012, vol. 163/10, pp. 408–416. Available at: <http://szf-jfs.org/doi/pdf/10.3188/szf.2012.0408>
21. Valeriano D.D., Buurman M., Valeriano D.M., Amaral S. *Agent-Based Model to simulate Araucaria angustifolia Forest Dynamics as a tool for Forest Management*. Available at: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wcama/2014/002.pdf>

22. Блам Ю.Ш. Агентно-ориентированный подход к реализации модели лесного комплекса региона // Вестн. КузГТУ. 2014. № 4. С. 176–180.
23. Яровой С.В. Агентный подход при моделировании лесопожарных ситуаций // Программные продукты и системы. 2016. Т. 29. № 3. С. 101–108.
24. Алексеев Е.Р. Использование свободных программ в научных исследованиях // Прикладная информатика. 2009. № 6. С. 61–79.
25. Ригин В.А., Гулин К.А. Инструменты построения имитационной модели регионального лесного комплекса на основе применения агент-ориентированного подхода // Проблемы развития территории. 2019. № 1 (99). С. 56–70. DOI: 10.15838/ptd.2019.1.99.4
26. Гулин К.А., Антонов М.Б. Теоретические аспекты агент-ориентированного моделирования развития лесного комплекса // Экон. и социал. перемены: факты, тенденции, прогноз. 2017. № 6. С. 59–74. DOI: 10.15838/esc.2017.6.54.4
27. Резанов В.К., Чепуров Е.П., Журавлев Е.Г. Принципиальный подход к оценке рисков нагрузки устойчивого развития лесного комплекса // Власть и управление на Востоке России. 2016. № 4 (77). С. 17–25.
28. Дианов С.В. Модель биотопа как элемент агент-ориентированной модели регионального лесного комплекса // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2017): мат-лы IX междунар. науч.-техн. конф. Вологда: ВоГУ, 2017. С. 50–53.
29. Мезенина О.Б. Лесопромышленный комплекс РФ на современном этапе: определение, задачи, управление // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2012. № 2. С. 75–80.
30. Починков С.В. Сколько стоят древесные ресурсы леса? // Устойчивое лесопользование. 2003. № 2. С. 8–13.
31. Малькова Т.М. Методические подходы к формированию экономического механизма ведения лесного хозяйства // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9863> (дата обращения 19.11.2019).
32. Шуваев Ю.П. Анализ мер по совершенствованию лесного законодательства с учетом принятых поправок, дополнений, изменений в Лесной кодекс и отдельные законодательные акты Российской Федерации // Устойчивое лесопользование. 2010. № 3 (25). С. 13–27.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Владимирович Дианов – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук». Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а; e-mail: dianov.sv@mail.ru

Василий Александрович Ригин – заведующий лабораторией интеллектуальных и программно-информационных систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук». Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а; e-mail: riginva@mail.ru

Александр Викторович Колосов – инженер-исследователь, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Вологодский научный центр Российской академии наук». Российская Федерация, 160014, г. Вологда, ул. Горького, д. 56а; e-mail: ryver.rainege@gmail.com

Dianov S.V., Rigin V.A., Kolosov A.V.

AGENT-ORIENTED MODEL OF FOREST PLOTS LEASE FOR LOGGING PURPOSES IN THE FORESTRY OF THE CITY OF SOKOL OF THE VOLOGDA OBLAST

Effective forest management is of great socio-economic and environmental importance, both locally and globally. Taking poor decisions that do not have a significant argument in the management of the regional forest complex can lead to adverse consequences for the environment, deterioration of the social situation and loss of potential economic benefits from the use of forest resources. According to the modern ideas about taking effective management decisions, it is mandatory to conduct preliminary modeling of the development of a managed system in complex subject areas. The forest complex is one of these subject areas. It contains many interrelated elements. When taking decisions, they are usually considered within separate subsystems. The main goal of the presented work is to create the tools for taking quality decisions in the field of state management of the forest lease system in the Russian Federation based on agent-oriented modeling. The authors of the research used the methods of system approach, analysis and synthesis, generalization and comparison, classification and systematization. The article presents a conceptual structure of the agent-oriented model of forest plots lease developed by the authors, reflecting the elements of environmental, production and economic systems and the system of public administration. The article describes the implementation of the model in the AnyLogic simulation environment and its approbation on the basis of the data on forest plots lease for logging purposes in the forestry of the city of Sokol of the Vologda Oblast. It is planned to further develop and calibrate the model in order to ensure its ability be used at the level of the regional control loop.

Forest complex, agent-oriented modeling, forest lease, logging.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sergey V. Dianov – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Federal State Budgetary Institution of Science “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”. 56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: dianov.sv@mail.ru

Vasiliy A. Rigin – Head of the Laboratory of Intellectual and Software-Information Systems, Federal State Budgetary Institution of Science “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”. 56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: riginva@mail.ru

Aleksandr V. Kolosov – Research Engineer, Federal State Budgetary Institution of Science “Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences”. 56A, Gorky Street, Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: ryver.rainege@gmail.com