

DOI: 10.12737/article_5a3d040dc79c79.94513194

УДК [630.232.315.3 + 631.331.99 : (629.7.07 + 629.735)] : 630*651.72

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ АЭРОСЕВА БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

доктор технических наук, профессор **С. В. Соколов**²

кандидат технических наук, доцент **А. И. Новиков**¹

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

2 – ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Выбор технологии и технических средств для посева семян формируется на основании аналитической информации о структурных характеристиках площадей для искусственного лесовосстановления. Выявление тенденций развития процессов аэросева леса беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) базируется на методологии проведения систематического обзора и патентного поиска с учетом следующих критериев: точности поиска, включения результатов, исключения результатов, извлечения, сравнения фактических данных. Основные тренды развития определяются: созданием технологии аэросева на непригодных и (или) недоступных площадях, использующей БПЛА с интегрированным высевальным аппаратом повышенной точности; разработкой новой системы управления при аэросеве, отличающейся структурой тесноинтегрированной инерциально-спутниковой системы мониторинга, обеспечивающей при пропадании спутниковых измерений определение всех параметров движения беспилотных летательных аппаратов по автономному алгоритму, новых видов сенсоров, функциональных компонентов и алгоритмов нелинейной фильтрации позиционных параметров и параметров углового движения БПЛА; эффективной с вычислительной точки зрения методологией онлайн-мониторинга динамических нелинейных объектов на основе информации электронных карт и спутниковых измерений; принципиально новыми комплексными исследованиями взаимосвязи основных операций альтернативной предпосевной обработки с приживаемостью и сохранностью лесных культур. Технология аэросева леса при разработке и постановке на производство обеспечит: снижение экологической нагрузки на окружающую среду и издержек на искусственное лесовосстановление на указанных площадях с одновременным и последующим мониторингом результатов; оптимальные схемы высева семян с учетом лесоводственных требований и высокоточную навигацию БПЛА при пропадании спутниковых измерений; использование высококачественного репродуктивного материала с заданными качественными признаками, полученного с применением технических средств, выделяющих на самой ранней стадии обработки жизнеспособные цветосеменные расы, являющиеся основой для получения лесных культур с улучшенными наследственными свойствами, и формирующих лесосеменные капсулы с необходимыми физиологическими и физико-механическими свойствами, обеспечивающими защитные функции на ювенильной стадии онтогенеза.

Ключевые слова: лесное хозяйство, искусственное лесовосстановление, аэросев, операционная технология, лесные семена, сепарация, качественный признак, беспилотный летательный аппарат, управление, навигация, инерциально-спутниковая система, высевальный аппарат, тенденции развития.

TRENDS OF DEVELOPMENT OF AERIAL SEEDING OPERATIONAL TECHNOLOGY WITH UNBEATURAL VEHICLES IN REFORESTATION PRODUCTION

DSc (Engineering), Professor **S.V. Sokolov** ²

PhD (Engineering), Associate Professor **A.I. Novikov** ¹

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,
Voronezh, Russian Federation

2 – FSBEI HPE «Rostov State University of Economics (RSUE)»,
Rostov-on-Don, Russian Federation

The choice of technology and technical means for sowing seeds is formed on the basis of analytical information on the structural characteristics of areas for artificial reforestation. The identification of the trends in the development of aerial forest processes by unmanned aerial vehicles (UAV) is based on the methodology for a systematic review and patent search, taking into account the following criteria: the accuracy of the search, the inclusion of results, exclusion of results, extraction, and comparison of actual data. The main development trends are determined by: creation of aerial seeding technology on unsuitable and (or) inaccessible areas using UAVs with an integrated precision sowing device; development of new aerial control system, distinguished by the structure of closely integrated inertial-satellite monitoring system that provides for the loss of satellite measurements of the determination of all parameters of the motion of unmanned aerial vehicles by an autonomous algorithm, new types of sensors, functional components and algorithms for nonlinear filtering of positional parameters and parameters of angular motion of UAV; effective from the computational point of view, methodology of online monitoring of dynamic nonlinear objects based on information from electronic maps and satellite measurements; radically new complex studies of the relationship between the main operations of alternative presowing treatment and survival and preservation of forest cultures. The technology of forest aerial seeding during the development and setting for production will ensure: reduction in the environmental load on the environment and costs of artificial reforestation in these areas with simultaneous and subsequent monitoring of the results; optimal seed sowing schemes, taking into account the silvicultural requirements, and high-precision navigation of the UAV in the event of the loss of satellite measurements; use of high-quality reproductive material with specified qualitative characteristics, obtained with the use of technical means, which, at the earliest stage of processing, allocate viable color-seeded races, which are the basis for obtaining forest cultures with improved hereditary properties, and form seed-capsules with necessary physiological and physical and mechanical properties providing protective functions in the juvenile stage of ontogenesis.

Keywords: forestry, artificial reforestation, aerial seeding, operational technology, forest seeds, separation, quality trait, unmanned aerial vehicle, control, navigation, inertial-satellite system, sowing apparatus, development trends.

Введение. Увеличение лесного покрова и углубление функций лесовосстановления являются важной мерой по продуцированию кислорода и депонированию углерода в лесных экосистемах.

В соответствии с «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 17 ноября 2008 года № 1662-р, определены следующие приоритетные направления развития лесного хозяйства:

– создание системы воспроизводства лесного фонда и восстановления лесов (в первую очередь в регионах, утративших экологический, рекреационный и лесохозяйственный потенциал);

– улучшение породного состава лесных насаждений, резкое сокращение незаконных рубок и теневого оборота древесины.

«Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденной приказом Министерства промышленности и торговли РФ и Минсельхоза РФ от 31 октября 2008 года № 248/482, определяется комплекс мер по обеспечению современного уровня охраны и защиты лесов, а также гарантированного воспроизводства лесных ресурсов на основе организационно-технических, технологических и инновационных решений.

В соответствии с «Основами государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденными распоряжением Правительства РФ от 26 сентября 2013 года № 1724-р, для реализации государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов необходимо, наряду с социальными и экономическими задачами:

– интенсифицировать использование и воспроизводство лесов;

– повысить продуктивности и улучшить породный состав лесов на землях различного целевого назначения;

Процедура воспроизводства лесов и лесоразведения в РФ регламентируется следующими документами:

– ст. 61-66 Лесного Кодекса РФ;

– «Правилами лесовосстановления», утвержденными Приказом Министерства природных ресурсов РФ от 29 июня 2016 года № 375, определяющими требования к лесовосстановлению во всех лесных районах Российской Федерации;

– «Правилами ухода за лесами», утвержденными приказом Министерства природных ресурсов РФ от 16 июля 2007 года № 185, устанавливающими порядок осуществления мероприятий по уходу за лесами во всех лесных районах Российской Федерации;

– Федеральным законом от 17 декабря 1997 года № 149-ФЗ «О семеноводстве»;

– и другими локальными нормативными актами.

Обязательными условиями при проведении сценария искусственного лесовосстановления на вырубках и гарях являются:

– неспособность к самовосстановлению главной древесной породы в силу условий произрастания;

– создание более ценных лесных культур, ранее не входивших в породный состав;

– сохранение оптимального баланса между лесовосстановительными и лесозаготовительными работами [42].

Например, в Китайской народной республике, природные леса, произошедшие из семян при естественном возобновлении, доминируют и занимают по площади около 70 % территории [44, 48]. Несомненно, естественная регенерация может разработать более разумную и стабильную структуру экосистемы [45, 47] и является простым способом для восстановления растительности на вырубках [36]. Однако, в крупных и отдаленных районах, особенно в районах техногенных катастроф, где перелески встречаются довольно ограниченно, процесс естественного возобновления и последующего развития лесных сукцессий может занять намного больше времени [18, 29].

Искусственное восстановление лесов (далее - искусственное лесовосстановление, artificial reforestation) осуществляется путем создания лесных культур: посадки сеянцев, саженцев, в том числе с закрытой корневой системой, черенков или посева семян лесных растений, в том числе при

реконструкции малоценных лесных насаждений. При этом насаждения должны соответствовать критериям плантационного лесовыращивания: «наличие одного или максимум двух видов, наличие одинакового возрастного класса, наличие определенной регулярной схемы посева» [24].

Согласно п. 7.3 «ВП - П8 - 2322. Комплексной программы развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденной Правительством РФ 24.04.2012 № 1853п - П8, и стратегической программе исследований научно - технического некоммерческого партнерства «Технологическая платформа Биотех2030», утвержденной 06.12.2016, б/н, экономическая эффективность лесонасаждений (лесных плантаций, в частности) в первую очередь зависит от «продуктивности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды используемых лесных культур». В свою очередь, эти характеристики зависят от генетической ценности и качества репродуктивного материала. Лесоводственную основу данного утверждения составляет гипотеза о селекционном значении цветосеменных рас по Л.Ф. Правдину, заключающаяся в «существенных отличиях морфологии хромосом в кариотипах лесных культур как различных географических форм, так и разновидностей по цвету семян» [14]

Основными операциями искусственного лесовосстановления в начальной стадии является предпосевная обработка и хранение семян, а также их посев в закрытый (лесосеменные центры) и открытый грунт.

В настоящее время основные направления искусственного лесовосстановления, на наш взгляд, подразделяются в зависимости от структурных характеристик площадей для создания лесных культур:

- вырубки;
- паловые вырубки [9];
- склоны;
- овражно-балочные сети;
- полог леса;
- площади, отведенные под строительство индустриальных кампаний, впоследствии осуществ-

ляющих восстановление экологического биоразнообразия;

- площади, восстанавливаемые от опустынивания;

- площади, опустошенные техногенными катастрофами: пожарами, авариями на атомных станциях и др.

Во-первых, технологии, применяемые в настоящее время на таких площадях, связаны с выполнением энергозатратных подготовительных операций (корчевание, очистка от порубочных остатков, подготовка почвы) с использованием наземной техники перед высевом или посадкой [4].

Во-вторых, лесосеменной материал, используемый для лесовосстановления, разделяется по количественному признаку (или, в ряде случаев, особенно для крупных лесных семян, практически разделяется вручную) на технических средствах, морально и технологически устаревших, травмирующих семена, что не всегда коррелирует с тенденциями в лесной генетике и семеноводстве о качественном разделении [7].

Примечательно, что работы, связанные с посевом леса с воздуха (*Sowing Forest from the Air*), велись с начала 1930 годов в России и многих странах мира: Австралии, Канаде, КНР, Новой Зеландии, США, Таиланде, Финляндии, Швеции и др. Аэросев обычно применяется для содействия восстановлению растительности, сокращая время, необходимое для восстановления экосистем. Основной причиной для применения аэросева является, по мнению ученых [2, 3, 6, 9, 19, 20-23, 25, 26, 28, 33, 41, 43], сложный рельеф местности, в том числе после пожаров.

Ввиду наличия в лесном фонде РФ достаточного количества площадей, недоступных, непригодных или неэффективных для использования наземных средств механизации (вырубки, гари, полог леса, овражно-балочная сеть, склоны и др.), целесообразно проводить посев леса с воздуха с использованием беспилотных авиационных систем.

Материалы и методы. Объектом исследования явилась технология аэросева леса беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) при искусственном лесовосстановлении на недоступных и

непригодных площадях и технические средства для её реализации.

Выявление тенденций развития процессов аэросева базировалось на методологии проведения систематического обзора [30, 32]. Поиск проводили в базах данных систем индексирования, государственных коллекций, электронных библиотек университетов (ЕГИСЦ РФ, КиберЛенинка, ELibrary, AGRICOLA, BASE, CNKI, Forest Science Database, Google Scholar, Scopus, Ingenta, JSTOR, MDPI, NAP, OpenAIRE, PLOS, PubMed, SLU, Springer, Taulor & Francis, USDA, Web of Science, Wiley, WorldCat), используя комбинации ключевых условий: «seeding AND aerial», «seeding AND UAV».

Предварительный анализ патентной информации, позволяющий оценить потенциальные возможности выхода технологии на рынки и установить степень патентной чистоты и научной новизны, выявить потенциальных конкурентов, минимизировать возможное дублирование уже существующих технических решений, проводился по методике, учитывающей F-меру и точность поиска [5, 46].

Результаты. В настоящее время использование пилотируемых летательных аппаратов для аэросева представляется малоэффективным из-за отсутствия парка специальных самолетов и вертолетов, сложности поддержания их в исправном состоянии (летной годности), невозможности проведения надлежащего техобслуживания (отсутствие запасных частей, дороговизна топлива, изношенность бортового оборудования, низкий уровень остаточного ресурса двигателей и др.), недостатка квалифицированных пилотов, имеющих специальную подготовку, а также технических кадров для обслуживания самолетов и вертолетов, высокой стоимости лётных часов [16].

План мероприятий («дорожная карта») «Аэронет» Национальной технологической инициативы предусматривает целый спектр направлений по применению беспилотных авиационных систем в лесном хозяйстве. Например, в работе [11] с целью повышения достоверности и скорости, а также для уменьшения материальных и трудовых затрат при выполнении работ по оценке качественных и количественных характеристик лесных насаждений

предлагаются новые подходы, основанные на использовании БПЛА и принципов дендрохронологии вкупе с высокопроизводительными вычислительными системами. Над пробной площадью запускается БПЛА с полезной нагрузкой в виде фотовидеокамеры, производящей серию снимков (видеоряд) насаждения с разных углов обзора по ходу движения аппарата по заданному или управляемому маршруту. Практика показала, что для запуска БПЛА из насаждения достаточно свободного от крон деревьев столба (окна) равного 2×2 м, необязательно строго вертикального. Этим заканчиваются работы на площадях, требующиеся для определения основных качественных и количественных характеристик лесных насаждений, при необходимости проводятся дополнительные специальные исследования (анализ почв, напочвенный покров и т. п.). При этом в исследованиях не упоминается ни тип БПЛА, ни тип оборудования (видеокамеры).

В этой связи особый интерес представляют БПЛА различной грузоподъемности, дальности полетов, технической оснащённости. Однако для их использования в целях лесовосстановления (при посеве леса) необходимо разработать соответствующую систему управления и навигации БПЛА, исходя из целей и задач отрасли.

В настоящее время при построении систем навигации БПЛА нет общей концепции структурной интеграции инерциальных и спутниковых систем навигации, обеспечивающей требуемую точность онлайн-мониторинга БПЛА [1, 15, 34]. Для решения этой задачи в ВГЛТУ создана научно-исследовательская группа, имеющая в области систем навигации, онлайн-мониторинга объектов и стохастической обработки измерительной информации, включая методы нелинейной оценки и структурно-параметрической идентификации нелинейных динамических систем и стохастических процессов, опыт работы более 25 лет. Группой разработаны различные высокоэффективные методы стохастического анализа нелинейных динамических процессов на основе новых подходов в теории нелинейной фильтрации: использования нелинейных вероятностных критериев, новых видов аппроксимации решения основного уравнения нелинейной фильтрации, новых методов структурной и

параметрической идентификации нелинейных стохастических систем и др. [17, 27, 37, 38]. Имеется также значительный задел в области обработки навигационной информации и разработке интегрированных инерциально-спутниковых систем мониторинга. Впервые решена задача синтеза помехоустойчивой многоструктурной бесплатформенной инерциальной навигационной системы, задача построения высокоточной интегрированной инерциально-спутниковой системы мониторинга на базе гиростабилизированной платформы, разработаны многочисленные оригинальные навигационные алгоритмы, обеспечивающие для конкретного состава измерительного комплекса системы мониторинга высокоточное помехоустойчивое оценивание вектора параметров движения объекта в реальном масштабе времени, и др. [31, 35, 39, 40]. По данному направлению опубликовано 14 монографий, 150 статей в журналах, рекомендуемых ВАК (из них – около 120 в журналах, регистрируемых в Web of Science, Scopus), получено более 180 патентов РФ.

Анализ аналогичных НИОКР в области управления и навигации беспилотных авиационных систем (рег. номера ЕГИСУ НИОКР АААА-А17-117092750047-7; АААА-А16-116122610007-9; АА-АА-Б17-217052940014-3; АААА-Б17-217012710298-2; АААА-В17-417012520025-1; АА-АА-А16-116062010006-7; 115111710072; 114091040034; 115021010125 и др.) подтверждает вывод о том, что в настоящее время отсутствуют какие-либо общие подходы и методы синтеза систем высокоточного мониторинга БПЛА на основе инерциально-спутниковых систем. В связи с этим, для создания системы мониторинга, обеспечивающей в реальном времени требуемую точность определения всех параметров движения БПЛА, предлагается разработать принципиально новую схему глубокоинтегрированной инерциально-спутниковой системы навигации, в которой спутниковые измерения и измерения инерциальных чувствительных элементов используются в алгоритмах оценивания одновременно как при формировании уравнений состояния объекта, так и уравнений наблюдателя параметров состояния. Кроме того, для обеспечения высокой точности решения

навигационной задачи впервые предполагается разработать аналитические модели траекторий БПЛА, позволяющие с требуемой точностью аппроксимировать любой маршрут БПЛА на электронной карте последовательным набором аналитических цифровых моделей траекторий. Синтез таких аналитических цифровых моделей будет новым шагом в развитии концепции «цифровой навигации», инициированной и активно поддерживаемой Правительством РФ. Более того, использование данных моделей в сочетании с интеллектуальными технологиями впервые позволит разработать навигационные алгоритмы, обеспечивающие автономное (при пропадании спутниковых измерений) устойчивое оценивание всех навигационных параметров БПЛА на длительных интервалах времени. В итоге, на основе предложенного подхода предполагается разработать структуру глубокой интеграции инерциально-спутниковых систем навигации, а также принципиально новую методику формирования банка фильтров расширенного вектора состояния системы «спутники-БПЛА», обеспечивающего высокую точность позиционирования БПЛА.

В области лесных биоинженерных технологий и лесоводственного обоснования технологии аэросева у ВГЛТУ имеются разработки, связанные с ускорением процессов выращивания высокопродуктивного, быстрорастущего и устойчивого к фитопатогенам посадочного материала древесных пород для целей лесовосстановления, снижением затрат на защиту молодых древостоев от фитоболезней, получением альтернативных источников древесины за счет создания целевых плантации быстрорастущих пород, а также выполнением требований Комплексной программы развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года п. 7.2 «Применение биотехнологий для сохранения и воспроизводства лесных генетических ресурсов». Создан и функционирует центр коллективного пользования "БиоЛесТех". Защищено более 10 диссертаций, получено более 20 патентов.

В области создания технологий и технических средств комплексной механизации лесного хозяйства, в частности, предпосевной подготовки и

высева при искусственном лесовосстановлении (Новиков), ВГЛТУ является старейшим вузом Центрально-Черноземного региона и Юга России, проводящим исследования научной школой в области машин и оборудования лесного хозяйства и защитного лесоразведения на протяжении последних 25 лет. Защищено по направлению 05.21.01 более 25 диссертаций, опубликовано более 20 монографий, получено более 100 патентов. В распоряжении ученых имеется уникальная лаборатория лесных машин, имеющая в своем составе почвенный канал, позволяющий в круглогодичном режиме проводить лабораторные испытания высевающих аппаратов. Создан и функционирует Центр поддержки технологий и инноваций (совместно с Роспатентом).

Анализ аналогичных НИОКТР в области лесовосстановления (рег. номера ЕГИСУ НИОКТР АААА-А17-117101140007-9; 01201175966; 04200906653; 02200604941; АААА-Б17-217022750016-9 и др.) позволил сделать вывод о том, что исследований комплексного взаимодействия внутренних процессов технологии создания лесных культур с улучшенными наследственными свойствами («сепарирование – капсулирование – аэросев») на непригодных и (или) недоступных площадях, в настоящее время ничтожно мало. В основном, преобладают проекты, направленные на изучение роста и развития культур, созданных посевом или посадкой в диапазоне от 30 до 50 лет назад, отдельные разрозненные исследования частей операций комплексной технологии. Для понимания полноценной картины и снижения издержек производства необходимо достаточно строго связывать и научно обосновать процессы получения высококондиционного репродуктивного лесосеменного материала с заданными качественными признаками, аэросева и сукцессионных изменений в полученных насаждениях.

Результаты предварительных патентных исследований в области лесовосстановления в странах с развитыми принципами ведения лесного хозяйства (Швеция, Финляндия, СНГ, Бразилия, Тайланд, Австралия, Испания, КНР, Япония, США, Канада и др.) показывают в существующих методах достаточно низкое значение сбалансированной F-

меры при достаточно высоком уровне точности поиска.

Проведенные предварительные патентные исследования в области навигации и управления БПЛА показывают, что наиболее близкими по структуре системы управления и навигации беспилотных авиационных систем представляются устройства и системы, защищенные патентами РФ 2380656, 2502049, 2487318, 2382988, 2348903, 2523670, 2561003, 2462690, 2375680. В свою очередь, в разрабатываемом проекте предполагается патентование как минимум 7 принципиально новых структур и способов навигации беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающих высокую точность их позиционирования и определения углового положения.

Патентный анализ наиболее близких по принципу действия способов и устройств для аэросева (SU, авторское свидетельство, 49875, кл. В 64 D 1/16, 1936; SK, патент, WO2009142606, SK50502008, кл. A01C1/04, 2009; ES, патент, ES1092783, кл. В 64 D 1/16, 2013; CN, патент, 105173084, кл. В 64 D 1/12, 2015; US, заявка на патент, 2017/0029109 A1, кл. В 64 D 1/18, A 01 C 7/08, В 64 F 5/00, 2017 и др.) показал, что они не в достаточной мере соответствуют комплексу требований, предъявляемых к разрабатываемой технологии:

- обеспечению заданной нормы высева по количественному (или) массовому признаку (т.е. необходимо разработать систему контроля для подсчета количества и массы высеянных семян);
- обеспечению заданной точности высева в зависимости от заданной схемы размещения лесных культур и скорости беспилотного летательного аппарата (необходимо разработать дозирующую систему);
- обеспечению заданной глубины высева в зависимости от высоты летного коридора и агротехнического состояния площадей (необходимо разработать пневмосистему с определенным запасом энергии, перемещающую капсулированные семена по заданной траектории);
- обеспечению заданной снаряженной массы с учетом взлетной массы летательного аппарата и массы запаса высеваемого материала (необходимо

провести подбор материала, исходя из принципа максимальной прочности при минимальной массе);

– обеспечению заданных показателей энергоэффективности.

Более того, большинство устройств для их осуществления агрегируются с пилотируемыми летательными аппаратами, что делает их применение в рамках программы AeroNet нецелесообразным и неэффективным с позиций энергосбережения и экологической безопасности.

В ходе развития и реализации данной технологии в производстве возможно проявление следующих рисков:

– нереализуемость запланированных результатов (нецелесообразность реализации предлагаемого научно-технического решения), минимизируемая результатами предварительных лабораторных испытаний в Центре коллективного использования «БиоЛесТех» ВГЛТУ, лаборатории лесных машин с использованием почвенного канала ВГЛТУ, результатами спектрометрических и биометрических исследований (в 2017 году заложены пробные площади для проведения фенотипического и генетического анализов);

– нарушение прав охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности, минимизируемое результатами предпроектных патентных исследований в странах с развитыми принципами ведения лесного хозяйства;

– невозможность реализации в производстве, проявляющаяся в виде волатильности валютного рынка и, как следствие, удорожания электронных и оптических комплектующих для выпускаемой продукции, минимизируемая использованием комплектующих отечественного производства;

– невозможность вывода на рынок (сбыта) продукта, создаваемого с использованием ожидаемых результатов исследования;

– экологические риски.

Риски сбыта проявляются при наличии следующих ограничений для проникновения на целевой рынок:

1. Нормативно-правовых в виде:

а) изменения лесохозяйственного регламента (минимизируются наличием закрепленного п. 4

ст.61 Лесного Кодекса РФ положения о том, что невыполнение гражданами, юридическими лицами, осуществляющими использование лесов, лесохозяйственного регламента и проекта освоения лесов в части воспроизводства лесов является основанием для досрочного расторжения договоров аренды лесных участков, договоров купли-продажи лесных насаждений, а также для принудительного прекращения права постоянного (бессрочного) пользования лесными участками или права безвозмездного пользования лесными участками);

б) изменений в Воздушном Кодексе РФ в редакции Федерального закона от 30 декабря 2015 г. N 462-ФЗ "О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации в части использования беспилотных воздушных судов", вступивших в действие с 05.07.2017 года о правилах эксплуатации и регистрации гражданских беспилотных летательных аппаратов взлетной массой более 0,25 кг, влекущих за неисполнение штраф физическому лицу в размере пять тысяч рублей, должностному лицу — 20 тысяч, а юридическому — 300 тысяч рублей (минимизируются процедурой постановки на учет, закрепленной Ространснадзором, в Федерации авиамodelьного спорта или Ассоциации эксплуатантов и разработчиков беспилотных авиационных систем, а также подготовкой в ближайшей перспективе в Минюсте РФ нормативного акта о правилах регистрации БПЛА);

в) реализации приказа ФТС России от 27.03.2012 N 575 (ред. от 26.09.2014) (минимизируется согласованием закупок комплектующих БПЛА для целей лесовосстановления при участии отраслевого ведомства - Рослесхоза);

2. Экономических (минимизируется наличием ежегодных государственных субвенций и отчислений арендаторов лесных площадей для целей лесовосстановления).

3. Маркетинговых в виде переоценки рынка сбыта (минимизируется проведением всесторонних маркетинговых исследований на проектировочном этапе исследований с учетом прямых и косвенных продаж, проведением соответствующих рекламных мероприятий);

Экологические риски проявляются в виде потенциально существующей возможности нанесения ущерба окружающей среде посредством аварийного выброса загрязняющих веществ или незапланированного патологического истощения природных ресурсов.

В проекте минимизируются за счет:

- чёткого прогнозирования экологических последствий планируемых к реализации проектов (проведение экологической экспертизы проекта на базе ВГЛТУ, имеющего значительный опыт и положительную контрактную историю их проведения на территории РФ);

- разработки и внедрения экологически чистых и ресурсосберегающих технологий (энергетическая система обеспечения функционирования летательного и других аппаратов создаваемого технологического комплекса исключает использование двигателей внутреннего сгорания и базируется на аккумуляторах, произведенных с использованием экологически безопасных технологий, более того, в остальных системах комплекса исключается нарушение лесного напочвенного покрова, травмирование биологических объектов за счет разработки перспективной технологии неразрушающего контроля и предпосевной обработки репродуктивного материала и аэросева);

- стимулирования хозяйствующих субъектов, бережно относящихся к окружающей среде (участие в ежегодной всероссийской конференции «Экология и производство. Перспективы развития экономических механизмов охраны окружающей среды» на базе которой проводится конкурс «100 лучших организаций России. Экология и экологический менеджмент», предполагающий отбор лучших предприятий в данной области с вручением руководителю нагрудного знака «Эколог года» / «За достижения в области рационального природопользования»);

- административно-правового сдерживания недобросовестных предпринимателей – потребителей продукции (регламентируется Лесным Кодексом РФ);

- широкого применения экологического образования и пропаганды (проведение мероприятий

в ВГЛТУ в 2017 году, обусловленных Годом экологии в РФ).

Обсуждение. Основные тренды развития операционной технологии аэросева беспилотными летательными аппаратами в лесовосстановительном производстве будут осуществляться в направлении:

- создания технологии аэросева на непригодных и (или) недоступных площадях, защищенной патентом, которая отличается от существующей использованием БПЛА в качестве летательного аппарата и специально разработанным высевальным аппаратом, обеспечивающими в совокупности снижение материало- и энергоёмкости процесса посева, норм высева, а также экологической нагрузки на окружающую среду;

- разработки летательного аппарата с новой системой управления при аэросеве, защищенной патентом РФ, отличающейся автономностью управления и навигации и позволяющей выполнять все виды специфических работ при искусственном лесоразведении (полог леса, овражно-балочная сеть, метеорологические условия и т.д.);

- создания структуры тесноинтегрированной инерциально-спутниковой системы мониторинга БПЛА, обеспечивающей при пропадании спутниковых измерений определение всех параметров движения беспилотных летательных аппаратов по автономному алгоритму;

- разработки новых видов сенсоров, функциональных компонентов и алгоритмов нелинейной фильтрации позиционных параметров и параметров углового движения беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающих автономное - при пропадании спутниковых измерений - устойчивое оценивание всех параметров движения объекта на длительных интервалах времени;

- разработки эффективных с вычислительной точки зрения методов онлайн-мониторинга динамических нелинейных объектов на основе информации электронных карт и спутниковых измерений;

- разработки высевального аппарата, агрегируемого с БПЛА, отличающегося от существующих малой энерго- и материалоемкостью, повышенной точностью посева семян с учетом схемы расположения будущих культур, снижением на порядок норм высева лесных семян;

– разработки способа сепарирования семян для аэросева, защищенного патентом, который отличается от существующих использованием спектрометрических характеристик лесосеменного материала в качестве разделительного признака, позволяющего дифференцировать получение лесных культур с заданными генетическими свойствами;

– разработки сепарирующего аппарата, защищенного патентом, отличающегося меньшей материало- и энергоемкостью по сравнению с существующими и использованием неразрушающего контроля качества (жизнеспособности) репродуктивного материала;

– создания способа капсулирования семян для аэросева, который отличается от существующего использованием дражирующего субстрата в зависимости от почвенных и климатических условий мест высева;

– разработки капсулирующего аппарата, отличающегося меньшей материало- и энергоемкостью по сравнению с существующими, а также адаптированного к изготовлению лесосеменных капсул повышенной прочности и улучшенной аэродинамики.

Впервые будет осуществлено комплексное исследование взаимосвязи основных операций при лесовосстановительных работах (сепарирования, капсулирования и аэросева по альтернативным методикам) с приживаемостью и сохранностью лесных культур мелкосеменной и крупносеменной форм, использующее БПЛА в качестве средства аэросева.

Заключение. Операционная технология аэросева и технические средства для её реализации должны:

1. Обеспечивать оптимальные схемы высева семян с учетом лесоводственных требований и высокоточную навигацию БПЛА при пропадании спутниковых измерений на основе устойчивого оценивания всех параметров движения объекта на длительных интервалах времени в недоступных и (или) непригодных площадях.

2. Обеспечивать снижение экологической нагрузки на окружающую среду и издержек на искусственное лесовосстановление на площадях, непригодных или недоступных для наземной техники, с одновременным и последующим мониторингом результатов приживаемости и сохранности лесных насаждений.

3. Использовать высококачественный репродуктивный материал с заданными качественными признаками, полученный с применением технических средств, выделяющих на самой ранней стадии обработки жизнеспособные цветосеменные расы, являющиеся основой для получения лесных культур с улучшенными наследственными свойствами (УНС), и формирующих лесосеменные капсулы с необходимыми физиологическими и физико-механическими свойствами, обеспечивающими защитные функции на ювенильной стадии онтогенеза.

Работа выполнена при поддержке внутривузовского научного гранта ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова (№АААА-А17-117071910071-7 ЕГИСУ НИОКТР)

Библиографический список

1. Бабич, О. А. Обработка информации в навигационных комплексах [Текст] / О. А. Бабич. – М. : Машиностроение, 1991. – 512 с.
2. Декатов, Н. Е. Простейшие мероприятия по возобновлению леса при концентрированных рубках [Текст] / Н. Е. Декатов ; Центр. науч.-иссл. ин-т лесного хоз-ва. – Ленинград : Гослестехиздат, 1936. – 112 с.
3. Декатов, Н. Е. Указания по аэросеву семян сосны и ели [Текст] / Н. Е. Декатов, Н. С. Зюзь ; М-во сельского хозяйства РСФСР. Центр. науч.-исслед. ин-т лесного хозяйства. – Ленинград : [б. и.], 1956. – 19 с.
4. Драпалюк, М. В. Перспективные технологии выращивания посадочного материала в лесных питомниках [Текст]. – Воронеж : ВГУ, 2006. – 247 с.

5. Иванов, В. К. Унифицированная методика поиска патентной информации и обработки его результатов [Текст] / В. К. Иванов, Н. В. Виноградова // Изобретательство. – 2014. – Т. 14, № 12. – С. 23-32.
6. Ирошников, А. И. К вопросу об использовании аэросева при внедрении листовницы в Вологодской области [Текст] : материалы временных коллективов / А. И. Ирошников // Тр. / Ин-т леса и древесины Сиб. отд. ния АН СССР. – 1962. – Т. 58 : Материалы к научному обоснованию некоторых лесохозяйственных мероприятий в северной части Вологодской области. – С. 238-244.
7. Коновалов, Н. А. Основы лесной селекции и сортового семеноводства [Текст] / Н. А. Коновалов, Е. А. Пугач. – М. : Лесная промышленность, 1978. – 176 с.
8. Копытков, В. В. Создание лесных культур на радиоактивно загрязненных землях с использованием композиционных полимерных препаратов [Текст] / В. В. Копытков, А. Р. Родин // Вестник Брянского государственного университета. – 2015. – № 1. – С. 355-359.
9. Мелехов, И. С. Очерк развития науки о лесе в России [Текст] / И. С. Мелехов. – Москва : изд-во Акад. наук СССР, 1957. – 207 с.
10. Морковина, С. С. Инновационные технологии в лесокультурном деле: реальность и перспективы [Текст] / С. С. Морковина, М. В. Драпалюк, Е. В. Баранова // Лесотехнический журнал. – 2015. – Т. 5, № 3 (19). – С. 327-338.
11. Николаев, А. И. Новые методы в оценке качественных и количественных характеристик лесных насаждений [Текст] / А. И. Николаев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. – № 1. – С. 79-85.
12. Новиков, А. И. Некоторые технологические особенности сортировальных устройств и тенденции их развития [Текст] / А. И. Новиков // Лес и молодежь ВГЛТА - 2000 г. : материалы юбилейной научной конференции молодых ученых, посвящен. 70-летию образования Воронежской государственной лесотехнической академии: в 2-х томах. – Воронеж, 2000. – Т. 2. – С. 53-60.
13. Новиков, А. И. Роль качества лесосеменного материала в процессе повышения эффективности лесовосстановления [Текст] / А. И. Новиков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3., № 2-2 (13-2). – С. 61-63.
14. Правдин, Л. Ф. Основные закономерности географической изменчивости сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) [Текст] / Л. Ф. Правдин // Основы лесоведения и лесоводства : докл. на V лесн. конгрессе. – М., 1960. – С. 245-250.
15. Сетевые спутниковые радионавигационные системы [Текст] / В. С. Шебшаевич, П. П. Дмитриев, Н. В. Иванцевич и др.; под ред. В. С. Шебшаевича. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радио и связь, 1993. – 408 с.
16. Скуднева, О. В. Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России [Текст] / О. В. Скуднева // Изв. вузов. Лесной журнал. – 2014. – № 6 (342). – С. 150-154.
17. Соколов, С. В. Стохастическая оценка, управление и идентификация в высокоточных навигационных системах [Текст] / С. В. Соколов, В. А. Погорелов. – М. : Физматлит, 2016. – 264 с.
18. Aide T.M., Zimmerman J.K., Herrera L., Rosario M., Serrano M. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forestry Ecology Management*, 1995, vol. 77, pp. 77-86.
19. AISWCD. Illinois Direct Seeding Handbook: reforestation guide. Direct Seeding Subcommittee, Association of Illinois Soil and Water Conservation Districts, Illinois Environmental Protection Agency, USA, 2003, 142 p.
20. Beyers, J.L. Postfire Seeding for Erosion Control: Effectiveness and impacts on native plant communities. *Conservative Biology*, 2004, vol. 18, pp. 947-956.
21. Davies, K.W., Bates, J.D., Madsen, M.D., Nafus, A.M. Restoration of mountain big sagebrush steppe following prescribed burning to control western Juniper. *Environmental Management*, 2014, vol. 53, pp. 1015-1022.
22. Derr H.J., Mann W.F. Direct-seeding pines in the south. *Agriculture Handbook 391*, Forest Service, USDA, Washington D.C., USA, 1971, 73 p.

23. Elliott S., Blakesley D., Hardwick K. Restoring tropical forests: a practical guide. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 2013, 344 p.
24. FAO. National socioeconomic surveys in forestry: guidance and survey modules for measuring the multiple roles of forests in household welfare and livelihoods. FAO Forestry Paper 179, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2016, 177 p.
25. Greipsson, S.; El-Mayas, H. Large-scale reclamation of barren lands in Iceland by aerial seeding. *Land Degradation and Development*, 1999, vol. 10, pp. 185-193.
26. Groen, A.H.; Woods, S.W. Effectiveness of aerial seeding and straw mulch for reducing post-wildfire erosion, north-western Montana, USA. *International Journal Of Wildland Fire*, 2008, vol. 17, pp. 559-571.
27. Kucherenko P.A., Sokolov S.V. Solution of the problem of identifying structures of discrete stochastic objects based on the minimum posterior error criterion of distribution densities. *Automatic control and computer sciences*, 2016, vol. 50, no. 1, pp. 28-36. doi: 10.3103/S0146411616010065.
28. Levack H.H. The Kaingaroa air sowing era 1960-71. *New Zealand Journal of Forestry*, 1973, vol. 18, no. 1, pp. 104-108.
29. Orians, G.H., Pfeiffer E.W. Ecological effects of the war in Vietnam. *Science*, 1970, vol. 168, pp. 544-554.
30. Peppin D., Fule P.Z., Hull Sieg C., Beyers J.L., Huntera M.E. Post-wildfire seeding in forests of the western United States: An evidence-based review. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 260, pp. 573-586.
31. Pogorelov V.A., Sokolov, S.V. Solution to the problem of the close integration of satellite and inertial platform navigation systems. *Cosmic Research*, 2015, vol. 53, no. 6, pp. 458-468. doi: 10.1134/S0010952515060040.
32. Pullin A.S., Stewart G.B. Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 2006, vol. 20, no. 6, pp. 1647-1656.
33. Pyke D.A., Wirth, T.A., Beyers J.L. Does seeding after wildfires in rangelands reduce erosion or invasive species? *Restoration Ecology*, 2013, vol. 21, pp. 415-421.
34. Salychev O.S. Applied inertial navigation: problems and solutions. Moscow: BMSTU Press, 2004.
35. Scherban I.V., Sokolov S.V. Integration of satellite and inertial navigational systems on the basis of nonlinear filtering theory // *Middle East Journal of Scientific Research (MEJSR)*, 2013, vol. 2, pp. 275-282.
36. Shono K. Cadaweng E.A., Durst P.B. Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. *Restoration Ecology*, 2007, vol. 15, pp. 620-626.
37. Sokolov S.V. The Synthesis Problem of the Optimum Control for Nonlinear Stochastic Structures in the Multistructural Systems and Methods of Its Solution. *Stochastic Control*, Chris Myers (Ed.). InTech, 2010, pp. 371-391. doi: 10.5772/9741.
38. Sokolov S.V. Stochastic Observation Optimization on the Basis of the Generalized Probabilistic Criteria. *Stochastic Modeling and Control*, Prof. Ivan Ivanov (Ed.), InTech, 2012, ch. 9, pp. 171-184. doi: 10.5772/39266.
39. Sokolov S.V. Analytical models of spatial trajectories for solving navigation problems. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 2015, vol. 79, no. 1, pp. 17-22. doi: 10.1016/j.jappmathmech.2015.04.013.
40. Sokolov S.V., Yugov Y.M. Stochastic filtering of satellite navigation measurements using invariant model of the target // *Radioelectronics and Communications Systems*, 2013, vol. 56, no. 2, pp. 95-99. doi: 10.3103/S0735272713020052.
41. Sowing Forests from the Air. National Research Council, The National Academies Press, Washington D.C., USA, 1981, 62 p. doi: 10.17226/19670.
42. Strehlke B. Forestry and employment. FAO Forestry Paper, 1982, vol. 31, pp. 36-39.
43. Sturmer J. Climate change in drones' sights with ambitious plan to remotely plant nearly 100,000 trees a day. 2017. Available at: <http://mobile.abc.net.au/news/2017-06-25/the-plan-to-plant-nearly-100,000-trees-a-day-with-drones/8642766> [(Accessed 08 July 2017)]

44. The National Forestry Development State Forestry Administration Office. China Forestry Development Division; China Forestry Publishing House. Beijing, China, 2011, pp. 62-92.
45. Tripathi K.P., Singh B. Species diversity and vegetation structure across various strata in natural and plantation forests in Katarniaghat Wildlife Sanctuary, North India. *Tropical Ecology*, 2009, vol. 50, pp. 191-200.
46. Valverde U.Y., Nadeau J.-P., Scaravetti D. A new method for extracting knowledge from patents to inspire designers during the problem solving phase. *Journal of Engineering Design*, 2017, vol. 28, no 6, pp. 369-407.
47. Zhai M.P. Concept for vegetation rehabilitation and construction in the North-west Region of China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, vol. 1, pp. 60-63.
48. Zhang Y., Song C. Impacts of afforestation, deforestation, and reforestation on forest cover in China from 1949 to 2003. *Journal of Forestry*, 2006, vol. 104, no 7, pp. 383-387.

References

1. Babich O. A. *Obrabotka informatsii v navigatsionnykh kompleksakh* [Processing of information in navigation complexes]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1991. 512 p. (In Russian).
2. Dekatov N. E. *Prosteyshie meropriyatiya po vozobnovleniyu lesa pri kontsentririvannykh rubkakh* [Simple actions for renewal of forests in concentrated felling]. Leningrad : Goslestekhizdat Publ., 1936. 112 p. (In Russian).
3. Dekatov N. E., Zyuz' N. S. *Ukazaniya po aerozevu semyan sosny i eli* [Guidelines for aerial planting of seeds of pine and spruce]. Leningrad, 1956. 19 p. (In Russian).
4. Drapalyuk M. V. *Perspektivnye tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitom-nikakh* [Perspective technologies of cultivation of planting material in forest nurseries]. Voronezh : VGU Publ., 2006. 247 p. (In Russian).
5. Ivanov V. K., Vinogradova N. V. *Unifitsirovannaya metodika poiska patentnoy informatsii i obrabotki ego rezul'tatov* [Standardized methods of searching patent information and processing of its results]. *Izobretatel'stvo* [The invention], 2014, vol. 14, no. 12, pp. 23-32. (In Russian).
6. Iroshnikov A. I. *K voprosu ob ispol'zovanii aerozeva pri vnedrenii listvennitsy v Vologodskoy oblasti* [To the question about the use of aerial seeding in the introduction of larch in the Vologda region]. *Trudy instituta lesa i drevesiny Sibirskogo otdeleniya akademii nauk SSSR* [Proceedings of Institute of forest and wood of Siberian branch of the USSR Academy of Sciences], 1962, vol. 58, pp. 238-244. (In Russian).
7. Konovalov N. A., Pugach E. A. *Osnovy lesnoy selektsii i sortovogo semenovodstva* [The basis of forest breeding and varietal seed production]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ., 1978. 176 p. (In Russian).
8. Kopytkov V. V., Rodin A. R. *Sozdanie lesnykh kul'tur na radioaktivno zagryaznennykh zemlyakh s ispol'zovaniem kompozitsionnykh polimernykh preparatov* [The establishment of forest plantations on radiocontaminated lands using a composite polymeric drugs]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Bryansk state University]. 2015, no. 1, pp. 355-359. (In Russian).
9. Melekhov I. S. *Ocherk razvitiya nauki o lese v Rossii* [Outline of the development of the science of forest in Russia]. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ., 1957. 207 p. (In Russian).
10. Morkovina S. S., Drapalyuk M. V., Baranova E. V. *Innovatsionnye tekhnologii v lesokul'turnom dele: real'nost' i perspektivy* [Innovative technologies in silviculture: reality and prospects]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering Journal]. 2015, vol. 5, no. 3 (19), pp. 327-338. (In Russian).
11. Nikolaev, A. I. *Novye metody v otsenke kachestvennykh i kolichestvennykh kharakteristik lesnykh nashzheniy* [New methods in assessing qualitative and quantitative characteristics of forest stands]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute]. 2016, no. 1, pp. 79-85. (In Russian).
12. Novikov A. I. *Nekotorye tekhnologicheskie osobennosti sortiroval'nykh ustroystv i tendentsii ikh razvitiya* [Some technological features of the sorting devices and development trends]. *Les i molodezh' VGLTA - 2000 : materialy*

yubileynoy nauchnoy konfe-rentsii molodykh uchenykh, posvyashchen. 70-letiyu obrazovaniya Voronezhskoy gosudarstvennoy lesotekhnicheskoy akademii [Forest and youth VSAFE - 2000: proceedings of the anniversary scientific conference of young scientists dedicated to 70-th anniversary of VSAFE]. Voronezh, 2000, pp. 53-60. (In Russian).

13. Novikov A. I. *Rol' kachestva lesosemennogo materiala v protsesse povysheniya effektivnosti lesovosstanovleniya* [The role of quality seed material in the process of improving the effectiveness of reforestation] / *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika : sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Recent research trends of the XXI century: the theory and practice: a collection of scientific papers on materials international extramural scientific-butpractical conference], Voronezh, 2015, vol. 3, no. 2-2 (13-2), pp. 61-63. (In Russian).

14. Pravdin L. F. *Osnovnye zakonomernosti geograficheskoy izmenchivosti sosny obyknovennoy (Pinus silvestris L.)* [The main regularities of the geographical variability of Scots pine (*Pinus silvestris* L.)]. *Osnovy lesovedeniya i lesovodstva : dokl. na V lesn. Kongresse* [Fundamentals of forest science and forestry : report on the 5-th forest Congress]. Moscow, 1960. pp. 245-250. (In Russian).

15. Shebshaevich V. S., Dmitriev P. P., Ivantsevich N. V. *Setevye sputnikovye radionavigatsionnye sistemy* [Network satellite radio navigation system]. Moscow: Radio i svyaz' Publ., 1993. – 408 p. (In Russian).

16. Skudneva, O. V. *Bespilotnye letatel'nye apparaty v sisteme lesnogo khozyaystva Rossii* [Drones in forestry of Russia]. *Izv. vuzov. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of the higher educational institutions. Forestry Journals]. 2014, no. 6 (342), pp. 150-154. (In Russian).

17. Sokolov S. V., Pogorelov V. A. *Stokhasticheskaya otsenka, upravlenie i identifikatsiya v vysokotochnykh navigatsionnykh sistemakh* [Stochastic assessment, management and identification of high precision navigation systems]. Moscow: Fizmatlit Publ., 2016. 264 p. (In Russian).

18. Aide T.M., Zimmerman J.K., Herrera L., Rosario M., Serrano M. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. *Forestry Ecology Management*, 1995, vol. 77, pp. 77-86.

19. AISWCD. Illinois Direct Seeding Handbook: reforestation guide. Direct Seeding Subcommittee, Association of Illinois Soil and Water Conservation Districts, Illinois Environmental Protection Agency, USA, 2003, 142 p.

20. Beyers, J.L. Postfire Seeding for Erosion Control : Effectiveness and impacts on native plant communities. *Conservative Biology*, 2004, vol. 18, pp. 947-956.

21. Davies, K.W., Bates, J.D., Madsen, M.D., Nafus, A.M. Restoration of mountain big sagebrush steppe following prescribed burning to control western Juniper. *Environmental Management*, 2014, vol. 53, pp. 1015-1022.

22. Derr H.J., Mann W.F. Direct-seeding pines in the south. *Agriculture Handbook 391*, Forest Service, USDA, Washington D.C., USA, 1971, 73 p.

23. Elliott S., Blakesley D., Hardwick K. *Restoring tropical forests: a practical guide*. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 2013, 344 p.

24. FAO. National socioeconomic surveys in forestry: guidance and survey modules for measuring the multiple roles of forests in household welfare and livelihoods. *FAO Forestry Paper 179*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy, 2016, 177 p.

25. Greipsson, S.; El-Mayas, H. Large-scale reclamation of barren lands in Iceland by aerial seeding. *Land Degradation and Development*, 1999, vol. 10, pp. 185-193.

26. Groen, A.H.; Woods, S.W. Effectiveness of aerial seeding and straw mulch for reducing post-wildfire erosion, north-western Montana, USA. *International Journal Of Wildland Fire*, 2008, vol. 17, pp. 559-571.

27. Kucherenko P.A., Sokolov S.V. Solution of the problem of identifying structures of discrete stochastic objects based on the minimum posterior error criterion of distribution densities. *Automatic control and computer sciences*, 2016, vol. 50, no. 1, pp. 28-36. doi: 10.3103/S0146411616010065.

28. Levack H.H. The Kaingaroa air sowing era 1960-71. *New Zealand Journal of Forestry*, 1973, vol. 18, no. 1, pp. 104-108.

29. Orians, G.H., Pfeiffer E.W. Ecological effects of the war in Vietnam. *Science*, 1970, vol. 168, pp. 544-554.
30. Peppin D., Fule P.Z., Hull Sieg C., Beyers J.L., Huntera M.E. Post-wildfire seeding in forests of the western United States: An evidence-based review. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 260, pp. 573-586.
31. Pogorelov V.A., Sokolov, S.V. Solution to the problem of the close integration of satellite and inertial platform navigation systems. *Cosmic Research*, 2015, vol. 53, no. 6, pp. 458-468. doi: 10.1134/S0010952515060040.
32. Pullin A.S., Stewart G.B. Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 2006, vol. 20, no. 6, pp. 1647-1656.
33. Pyke D.A., Wirth, T.A., Beyers J.L. Does seeding after wildfires in rangelands reduce erosion or invasive species? *Restoration Ecology*, 2013, vol. 21, pp. 415-421.
34. Salychev O.S. Applied inertial navigation: problems and solutions. Moscow: BMSTU Press, 2004.
35. Scherban I.V., Sokolov S.V. Integration of satellite and inertial navigational systems on the basis of nonlinear filtering theory // *Middle East Journal of Scientific Research (MEJSR)*, 2013, vol. 2, pp. 275-282.
36. Shono K. Cadaweng E.A., Durst P.B. Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. *Restoration Ecology*, 2007, vol. 15, pp. 620-626.
37. Sokolov S.V. The Synthesis Problem of the Optimum Control for Nonlinear Stochastic Structures in the Multistructural Systems and Methods of Its Solution. *Stochastic Control*, Chris Myers (Ed.). InTech, 2010, pp. 371-391. doi: 10.5772/9741.
38. Sokolov S.V. Stochastic Observation Optimization on the Basis of the Generalized Probabilistic Criteria. *Stochastic Modeling and Control*, Prof. Ivan Ivanov (Ed.), InTech, 2012, ch. 9, pp. 171-184. doi: 10.5772/39266.
39. Sokolov S.V. Analytical models of spatial trajectories for solving navigation problems. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 2015, vol. 79, no. 1, pp. 17-22. doi: 10.1016/j.jappmathmech.2015.04.013.
40. Sokolov S.V., Yugov Y.M. Stochastic filtering of satellite navigation measurements using invariant model of the target // *Radioelectronics and Communications Systems*, 2013, vol. 56, no. 2, pp. 95-99. doi: 10.3103/S0735272713020052.
41. *Sowing Forests from the Air*. National Research Council, The National Academies Press, Washington D.C., USA, 1981, 62 p. doi: 10.17226/19670.
42. Strehlke B. Forestry and employment. *FAO Forestry Paper*, 1982, vol. 31, pp. 36-39.
43. Sturmer J. Climate change in drones' sights with ambitious plan to remotely plant nearly 100,000 trees a day. 2017. Available at: <http://mobile.abc.net.au/news/2017-06-25/the-plan-to-plant-nearly-100,000-trees-a-day-with-drones/8642766> [(Accessed 08 July 2017)]
44. The National Forestry Development State Forestry Administration Office. *China Forestry Development Division*; China Forestry Publishing House. Beijing, China, 2011, pp. 62-92.
45. Tripathi K.P., Singh B. Species diversity and vegetation structure across various strata in natural and plantation forests in Katerniaghat Wildlife Sanctuary, North India. *Tropical Ecology*, 2009, vol. 50, pp. 191-200.
46. Valverde U.Y., Nadeau J.-P., Scaravetti D. A new method for extracting knowledge from patents to inspire designers during the problem solving phase. *Journal of Engineering Design*, 2017, vol. 28, no 6, pp. 369-407.
47. Zhai M.P. Concept for vegetation rehabilitation and construction in the North-west Region of China. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, vol. 1, pp. 60-63.
48. Zhang Y., Song C. Impacts of afforestation, deforestation, and reforestation on forest cover in China from 1949 to 2003. *Journal of Forestry*, 2006, vol. 104, no 7, pp. 383-387.

Сведения об авторах

Соколов Сергей Викторович – профессор кафедры информационных технологий и защиты информации, зав. лабораторией, ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)», доктор технических наук, профессор, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация; e-mail: s.v.s.888@yandex.ru.

Новиков Артур Игоревич – доцент кафедры автомобилей и сервиса, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат технических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nvatdo@gmail.com.

Information about authors

Sokolov Sergey Victorovich – Professor of Information Technologies and Information Protection Department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Rostov State University of Economics», DSc in Engineering, Professor, Rostov-on-Don, Russian Federation; e-mail: s.v.s.888@yandex.ru.

Novikov Arthur Igorevitch – Associate Professor of Car and Service Department, Federal State Budget Education Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: nvatdo@gmail.com.

DOI: 10.12737/article_5a3cee96c54db3.03073965

УДК 005.94

УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАТРИЦ ДЛЯ СИНТЕЗА ПАТЕНТОСПОСОБНЫХ РЕШЕНИЙ

доктор технических наук, профессор **И. Р. Шегельман**¹
кандидат технических наук, доцент **А. С. Васильев**¹

1- ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, Российская Федерация

Одной из причин того, что отечественные машиностроительные предприятия проиграли рынок зарубежным компаниям – производителям техники для заготовки и глубокой переработки древесной биомассы является недооценка необходимости ускорения темпов синтеза и реализации отечественных инноваций в лесной отрасли. Важнейшее место в числе таких инноваций занимают запатентованные технологические и технические решения. Определяющим фактором формирования баз знаний и удобства дальнейшей работы с ними является правильное структурирование и наглядное отображение информации составляющей их сущность. Одним из подходов к формированию баз знаний является составление «интеллектуальных матриц» развития объекта техники. Данные матрицы формируются с учетом оценки достигнутого объектом техники к рассматриваемому периоду времени технического уровня путем анализа патентной документации и способствуют выявлению наиболее сильно и слабо развитых его «сторон», что в свою очередь позволяет определить перспективные направления совершенствования. Авторами работы предлагается концепция управления базами знаний в лесном