

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ЛЕСОВ

С.В. Горбунова<sup>✉</sup>, С.А. Корчагов, О.А. Конюшатов

ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ), Россия, 163062, г. Архангельск, ул. Никитова, д. 13

svetlana.bobushkina@sevniilh-arh.ru

Показано, что одним из основных составляющих интенсивного лесопользования является эффективное воспроизводство лесов, главная цель которого — сокращение периода лесовыращивания хозяйственно ценных пород. Представлены результаты анализа литературных источников, которые свидетельствуют об успешном росте лесных культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой по подготовленной почве с соблюдением технологии. Приведены исследования биометрических показателей, приживаемости и сохранности семян хвойных пород с закрытой корневой системой. Сформулированы экономически оправданные предложения по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой. Показана целесообразность применения семян с улучшенными наследственными свойствами, высокой грунтовой всхожестью и качественной очистки и сортировки семян по массе и линейным размерам, проведения предпосевной обработки семенного материала и использования стимуляторов роста. Особое внимание уделено требованиям и условиям проектирования, строительства и функционирования тепличных комплексов для выращивания посадочного материала. Сделан вывод об эффективности применения двух ротаций в течение одного сезона в условиях Архангельской области с обязательным обогревом теплиц весной, а также в периоды возврата холодов.

**Ключевые слова:** интенсификация, воспроизводство лесов, лесные культуры, посадочный материал, семена с закрытой корневой системой, семена с открытой корневой системой, лесной питомник

**Ссылка для цитирования:** Горбунова С.В., Корчагов С.А., Конюшатов О.А. Использование семян с закрытой корневой системой при интенсификации воспроизводства лесов // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 3. С. 17–31. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-3-17-31

Термин «интенсификация» означает повышение интенсивности производства путем более полного использования каждой единицы ресурсного потенциала [1]. Его можно достичь путем повышения производительности труда, рационального использования материалов, оптимального использования основных средств. Применительно к лесному сектору интенсификация означает усиленное хозяйствование, направленное на увеличение выпуска продукции и рост суммарной ежегодной эффективности производства в целом с единицы площади за счет дополнительных вложений труда и капитала [2]. За рубежом термин «интенсивное лесопользование» используют более 70 лет [3]. Многие авторы [4–8] отмечают, что при интенсификации лесопользования следует применять методику, направленную на увеличение объема выращиваемой древесины при сохранении экологического баланса.

Одной из основных составляющих интенсивного лесопользования является эффективное воспроизводство лесов, главная цель которого состоит в сокращении периода выращивания хозяйственно ценных пород [9]. Некоторые ученые [10–13] сходятся во мнении, что использование качественного посадочного материала для восстановления лесов — это неотъемлемая составляющая на пути перехода на интенсивную модель лесопользования. От его свойств, в конечном итоге, зависит эффективность выращивания лесных культур. Интенсификация лесопользования предполагает применение современных методов воспроизводства лесов, в том числе использование посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) [14].

### Цель работы

Цель работы — сравнительная характеристика показателей роста и развития посадочного материала хвойных пород с ЗКС и открытой корневой системой (ОКС) в лесных культурах, анализ технологических приемов выращи-

ния семян с ЗКС в питомниках, разработка рекомендаций в области совершенствования процесса воспроизводства лесов.

## Материалы и методы

Для получения полной картины по поставленной цели изучены литературные источники по теме и проведен анализ их материалов. Выполнены исследования по использованию репрезентативных методов экспертной оценки доступных информационных материалов, в частности интернет-ресурсов, изучен практический опыт производства посадочного материала хвойных пород с ЗКС в лесных питомниках Архангельской области.

На территории действующих питомников была дана оценка биометрических показателей семян сосны и ели различных сроков посева и выноса контейнеров для доращивания из теплиц в целях определения возможности многоротационного выращивания семян с ЗКС в условиях Архангельской области. Для этого измерили высоту стволика и диаметр стволика у корневой шейки для 300 шт. растений в каждом варианте, отобранных методом случайной выборки. Результаты измерений обработаны методами вариационной статистики.

Для оценки экономической эффективности производства посадочного материала в одну и две ротации проведен расчет затрат на выращивание семян сосны обыкновенной и ели европейской с ЗКС.

## Результаты и обсуждение

В настоящее время интерес к посадочному материалу с ЗКС постоянно растет. В планах Рослесхоза к 2030 г. повысить долю лесных культур из материала с ЗКС до 45 % [14]. Ежегодно расширяются исследования показателей роста и развития лесных культур, созданных сеянцами с ЗКС.

Известно, что производство семян с ЗКС имеет некоторые преимущества [10, 15, 16]:

- позволяет уменьшить сроки выращивания посадочного материала необходимого размера и расходы семян;

- сформировать у растений компактную корневую систему, которая не повреждается при пересадке;

- сократить количество высаживаемого посадочного материала на лесокультурной площади, что приведет к уменьшению затрат на создание лесных культур в целом.

По мнению некоторых авторов [17, 18], посадочный материал с ЗКС можно использовать

в течение всего периода вегетации. В то же время ученые из Белоруссии [19] не рекомендуют проводить посадку такими сеянцами в июне — июле, поскольку даже при достаточном увлажнении испарение влаги из почвы будет интенсивным, что может повлечь за собой гибель молодых растений. По результатам исследований финских специалистов [20], рекомендуется избегать посадки семян сосны обыкновенной осенью.

Результаты исследования 5- и 7-летних культур ели европейской в кислых условиях местопроизрастания, созданных одно- и двухлетними сеянцами с ЗКС из семян с улучшенными наследственными свойствами в Вологодской области на обработанной почве и густотой посадки 2,0 тыс. шт./га, продемонстрировали интенсивный рост и хорошую сохранность растений. Количество благонадежных экземпляров составило 88...100 %. У культур в 7-летнем возрасте средняя высота и диаметр ствола достигли 139,0 и 2,2 см соответственно, т. е. растения достигли высоты, соответствующей первому уровню качества, определяемому в 8-летнем возрасте [21].

В работе Е.Б. Карбасниковой и др. [22] приведен сравнительный анализ успешности культур ели из семян с ЗКС и ОКС в 3-летнем возрасте в кислых условиях местопроизрастания. По мнению авторов [23], ключевым преимуществом семян с ЗКС является их высокая приживаемость (89...94 %) в отличие от традиционных семян с ОКС (85...87 %). В среднем по приросту в высоту культуры ели с ЗКС превосходят культуры с ОКС на 3,0 %. Растения, созданные сеянцами с комом, характеризуются более высоким верхушечным приростом (выше на 10,0...10,5 %), т. е. менее выраженной послепосадочной депрессией.

В Карелии у лесных культур с ОКС и ЗКС в 6-летнем возрасте в различных лесорастительных условиях на подготовленной почве установлено преимущество последних. Подчеркивается, что подготовка почвы значительно улучшает показатели роста культур в первые годы после создания. Без этой процедуры преимущество семян с ЗКС может быть утрачено. Использование семян с комом в этих условиях без предварительной обработки почвы влечет за собой замедленный рост растений и недостаточное развитие корневой системы, что приводит к низкой устойчивости растений [23]. Аналогичные выводы сформулированы по итогам изучения лесных культур в Архангельской области [24] и в Финляндии [25].

По данным сотрудников [11], в Архангельской области сеянцы с ОКС и ЗКС на участке с

обработкой почвы плугом ПЛП-135 в первый год имели приживаемость 96 и 99 % соответственно. Во второй год число посадочных мест с живыми растениями снизилось до 92 и 93 %, а в возрасте 14 лет сохранность культур составила 89 и 91 % соответственно. На участке с обработкой почвы плугом ПЛД-1,2 в первый год семена с ЗКС и ОКС имели приживаемость 99 %, во второй год сохранность культур составила 99 и 93 % соответственно. В возрасте 14 лет по сохранности лидерство было за растениями с ЗКС (86 %), для культур из семян с ОКС этот показатель составил лишь 77 %. Культуры сосны, созданные традиционными сеянцами, имели меньший на 13...23 % средний диаметр ствола по сравнению с культурами из семян с комом субстрата при высоком уровне достоверности различий.

В Республике Марий Эл при изучении особенностей роста лесных культур сосны обыкновенной, созданных различными видами посадочного материала, в различных условиях обработки почвы и времени, установлено преимущество по росту и сохранности растений в варианте посадки лесных культур однолетними сеянцами с ЗКС (густота 2,5 тыс. шт./га) под ручное устройство для образования лунок (РУДОЛ) или финскую посадочную трубу в весенний период, в дно борозды. Отмечено, что в условиях свежего бора у 15-летних насаждений сосны средняя высота культур из семян с ЗКС выше на 20 см, чем из семян с ОКС, сохранность культур из семян с комом на 17 % выше, чем в традиционном варианте. В варианте без обработки почвы разница между высотой стволов 14-летних растений достаточно существенная, и высота культур из семян с ОКС превышает высоту культур с ЗКС на 30 см [26].

В работе [27] показано преимущество по высоте культур, созданных посадочным материалом с ЗКС сосны (на 20 %) и ели (на 19 %), только в первые годы после создания. В дальнейшем эти различия сnivelировались.

Результаты исследований, представленных в работах [28, 29], свидетельствуют о том, что при правильной агротехнике, необходимых уходах и использовании качественного посадочного материала, отвечающего требованиям лесокультурной площади, лесные культуры будут одинаково успешными и из семян с ОКС.

Так, в Костромской области на участке изпод ельника кисличного в возрасте культур 12 лет, созданных традиционными сеянцами, высота ели оказалась выше ( $315 \pm 6$  против  $279 \pm 7$  см). При этом среди них этот показатель варьировал существенно меньше, чем на

участке культур, созданных сеянцами с комом субстрата. Аналогичная тенденция отмечена и по годовичному приросту, однако разница между средними арифметическими значениями несущественна [30].

В Республике Бурятия [31] при сравнении показателей лесных культур, созданных на гаях десятилетней давности, установлено, что приживаемость семян с ЗКС составляет 69 %, с ОКС — 59,8 %, т. е. посадки требовали дополнения. Высота семян с ОКС почти в 2 раза превышала высоту семян с ЗКС.

Таким образом, результаты исследований, проведенных в разных регионах России и за ее пределами, неоднозначны. Приживаемость, сохранность, рост и развитие посадочного материала на лесокультурной площади зависят от комплекса факторов, в том числе климатических и лесорастительных условий, характера лесокультурной площади и обработки почвы, качества семян, соблюдения технологии посадки и т. д. [32–34]. По мнению авторов [11, 35], любую разработанную технологию следует адаптировать под древесную породу, конкретные климатические и лесорастительные условия. Е.М. Романова и др. [36] предлагают дифференцированное использование посадочного материала, что может обеспечить максимальный лесоводственный и экономический эффект. В то же время результаты большинства исследований рекомендуют активизировать переход лесовосстановления на использование семян с ЗКС.

В связи с относительно высокой себестоимостью семян с ЗКС определенный практический интерес вызывают исследования, направленные на совершенствование технологии выращивания и поиск способов сокращения затрат на их производство.

Известно, что при создании культур контейнеризованными сеянцами густоту их посадки снижают до 2,0 тыс. шт./га. В Вологодском селекционном центре законодательное снижение густоты культур, а также меры, направленные на увеличение объема выращивания растений с ЗКС, позволили существенно повысить долю создания культур такими сеянцами (18 % площади ежегодно) и общий объем искусственного лесовосстановления. Применение точечного посева при выращивании таких семян способствовало увеличению доли выращиваемого посадочного материала с улучшенными наследственными свойствами, использование которого необходимо для повышения производительности и устойчивости лесных культур [21]. А.В. Белякова [37] на примере культур ели, произрастающей в Вологодской области,

обосновала свою точку зрения о том, что затраты на лесовосстановление с использованием семян с ЗКС не выше расходов на создание лесных культур традиционными сеянцами.

При планировании производства необходимого объема и качества семян основополагающим является оптимальный выбор места под питомник [38, 39], поскольку на стадии выбора места и при строительстве лесного питомника для выращивания семян хвойных пород с ЗКС допускаются некоторые нарушения в работе тепличных комплексов Архангельской области [40]. Так, на одном из предприятий стена хвойно-лиственного леса расположена в недопустимой близости к площадкам доращивания питомника, в результате чего семена систематически попадают в торфяной субстрат в контейнерах и прорастают в комфортных условиях, что увеличивает трудозатраты на удаление дополнительных всходов. Кроме того, между некоторыми теплицами недостаточно расстояния для проезда техники, в том числе снегоуборочной. Скопление снега между теплицами и на покрытии способствовало его повреждению, а для ремонта требовались дополнительные затраты и, как следствие, сдвигались сроки посева. К тому же, пол в теплицах с бетонным покрытием, не предусматривающем стока воды, что обуславливало скопление воды под контейнерами, причем в большом объеме, что излишне увлажняло воздух и способствовало развитию мхов, в частности маршанции.

В другом тепличном комплексе контейнеры размещали не на рамах для «воздушной подрезки корней», а непосредственно на полу, покрытом водонепроницаемым материалом. В течение вегетации корни семян через прорези ячеек выходили из контейнеров и прорастали под ними. К концу срока выращивания посадочного материала, перед отправкой заказчику, вышедшие за пределы контейнеров корни семян обрезают, что увеличивает производственные затраты и травмирует корневую систему растений [41]. Исключив подобные ошибки при проектировании и строительстве теплиц, можно избежать дополнительных затрат.

Комплексные исследования химических и физических свойств торфа [42, 43] позволили разработать систему интенсивного выращивания семян в контейнерах на субстратах из верхового торфа с комплексом минеральных удобрений, признанных в течение нескольких десятилетий лучшими для выращивания хвойных пород. На крупных предприятиях имеется возможность готовить питательный субстрат непосредственно на территории комплекса, смешивая чистый торф с различными добавками. Однако иссле-

дованиями, проведенными СевНИИЛХ [44, 45], подтверждаются не всегда равномерное распределение крупных гранул удобрений по субстрату и различия по содержанию подвижных форм фосфора и калия в отдельных ячейках одного контейнера, достигающие 120 %.

Альтернативой могут выступать торфяные субстраты заводского приготовления, которые содержат необходимые удобрения и известкующий материал в нужном количестве. При этом следует помнить, что важное значение имеет анализ образцов субстрата на соответствие фактических данных его техническим характеристикам. Кроме того, следует учитывать срок и условия хранения субстратов. Производители субстрата в Финляндии отмечают [46, 47], что микробы могут потреблять добавленные питательные вещества, особенно азот, во время хранения и транспортировки, поэтому рекомендуют добавлять жидкие азотные удобрения при вводе субстрата в эксплуатацию. В то же время, по результатам некоторых исследований [48], установлено, что на переходном торфе ОАО «Параньгинское торфопредприятие» со сроком хранения один год растения достоверно имеют более высокие показатели роста, чем на идентичном по составу торфе данного месторождения без хранения.

Несмотря на то что лучшим для выращивания семян с ЗКС традиционно считается субстрат из верхового сфагнового торфа, в последние десятилетия усилия были направлены на разработку и испытание альтернативных вариантов компонентов субстратов в связи с экологическими проблемами, появившимися в результате торфодобычи. Из многообразия альтернатив торфу в качестве компонентов субстратов предложены компостируемые биоотходы, корокомпосты, измельченная кора, древесноволокнистые материалы, кокосовые отходы и др. [49–52]. Есть мнение [53, 54], что торф сложно полностью исключить из состава субстратов, поскольку он как их компонент, компенсирует неблагоприятные свойства «альтернатив».

Крайне важным при выращивании семян с ЗКС является происхождение и качество семенного материала. Нерайонированные семена дают посадочный материал с нежелательными характеристиками в зоне выращивания. Применение семян с улучшенными наследственными свойствами способствует увеличению продуктивности создаваемых древостоев на 15...20 % [55, 56]. Кроме того, рекомендуются качественная очистка и сортировка семян по массе и линейным размерам, сепарация семян по плотности и аэродинамическим свойствам [15, 44, 57, 58].

Для выращивания семян с ЗКС необходимо использовать семена высокого класса качества с грунтовой всхожестью более 90 % [30]. Однако для посева в питомниках и создания лесных культур хвойных пород в основном используют семена массового сбора [59]. По информации Минприроды России, в 2022 г. из 77,65 т заготовленных семян сосны, ели и лиственницы только 2,02 т (2,6 %) обладали улучшенными наследственными свойствами [60, 61], что значительно снизило эффективность работ по воспроизводству лесов.

По результатам исследований [62–64], предпосевная обработка семян (снегование, стратификация, скарификация и др.) имеет большие преимущества: применение только снегования уменьшает расход семян ели на 20...30 %, снегование и барбатирование увеличивают грунтовую всхожесть семян сосны обыкновенной и ели европейской на 20...28 %, а также заметно увеличивают энергию прорастания. Сеянцы, выращенные из снегованных семян, формируют более мочковатую корневую систему, чем неснегованные. Предпосевная обработка семян улучшает и биометрические параметры сеянцев.

Кроме того, при всхожести семян менее 95 % целесообразно применение стимуляторов роста. Экономические выгоды от использования стимуляторов многократно превышают затраты на их приобретение [65]. Отмечается положительный эффект применения препарата Гумат+7 при замачивании семян хвойных пород в течение 18 ч. Техническая всхожесть семян ели, обработанных этим стимулятором в разных концентрациях выше на 3...10 %, чем в контрольном варианте. Лучшие показатели всхожести семян продемонстрировал препарат с большей концентрацией раствора (2 г/10 л) [66].

В работах [67] представлены результаты изучения влияния двух гуминовых препаратов на посевные качества семян ели европейской III класса посевного стандарта и некондиционные. Препараты были получены на технологической линии Всероссийского научно-исследовательского института механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства (ВНИМС) по переработке торфа. Наибольший эффект был достигнут при использовании гуминового препарата с содержанием гуминовых веществ 9,9 г/л. В варианте с часовым замачиванием семян энергия прорастания повысилась на 25,4 %, а всхожесть — на 23,9 %. При замачивании семян в течение 20 ч энергия прорастания возросла на 35,8 %, всхожесть — на 29,6 %. При этом показатели всхожести по обоим вариантам повысились с III до I класса качества.

Исследованиями, материалы которых изложены в работе [68], доказано, что гуминовый препарат «Росток» при использовании его для предпосевной обработки семян ели сибирской в концентрации 0,001 % в течение 12 ч перед снегованием способствовал увеличению длины корня на 40,2 %, высоты растения — на 30,6 %. При увеличении концентрации раствора препарата отмечено повышение высоты растения на 28,4 %.

В исследованиях, проведенных СевНИИЛХ [69], оценено влияние таких препаратов, как «Циркон», «Эпин-Экстра», «Лигногумат», на биометрические показатели сеянцев ели с ЗКС. Под влиянием обработки препаратами «Циркон» и «Лигногумат» высота растений на второй год увеличилась на 12...17 %, диаметр ствола у шейки корня при использовании препарата «Лигногумат» — на 30 %. По сравнению с контрольным вариантом превышение абсолютно сухой массы сеянца при обработке препаратом «Лигногумат» составило 38 % и препаратом «Циркон» — 20 %. Соотношение надземной биомассы к массе тонких корней было оптимальным. Выход стандартного посадочного материала при внекорневой обработке препаратами «Циркон» и «Лигногумат» увеличился в 2,6–3,0 раза.

В то же время следует помнить, что стимуляторы роста не компенсируют недостатки агротехники [70]. Они эффективны при благоприятных почвенно-экологических условиях, однако при недостатке элементов питания и влаги могут оказать даже отрицательное воздействие.

Таким образом, исследования, изложенные в упомянутых выше и других работах [65–67, 70–73], демонстрируют перспективность применения торфа заводского происхождения, семян с улучшенными наследственными свойствами, предпосевной обработки посевного материала и стимуляторов роста при выращивании сеянцев с ЗКС, что позволяет снизить заболеваемость растений, ускорить их рост и повысить выход стандартного посадочного материала, что необходимо при интенсификации воспроизводства лесов.

Снижение себестоимости посадочного материала возможно при рациональном использовании теплиц. В некоторых регионах нашей страны, а также за рубежом, активно используется метод многоротационного выращивания. Установлено, что в Вологодской области при благоприятных условиях посев можно провести 2 раза за сезон [74], на Дальнем Востоке две ротации эффективны только для посевов лиственницы [75], в условиях Ленинградской области возможны три ротации, однако для теплиц летнего типа используют только одно-

Т а б л и ц а 1

**Средние значения биометрических параметров сеянцев сосны и ели разных сроков посева семян и выноса контейнеров на площадку доращивания**

**Average biometric parameters of pine and spruce seedlings at different seeding dates and container transfer to the nursery site**

Вид	Дата		Количество дней		Высота сеянца, см	Диаметр стволика, мм
	посева семян	установки на площадку доращивания	всего	в теплице		
Сосна обыкновенная	12.06	05.09	97	86	9,5 ± 0,10	1,6 ± 0,03
	12.06	17.07	97	36	5,2 ± 0,05	1,4 ± 0,03
	26.06	05.09	83	72	7,2 ± 0,08	1,3 ± 0,02
	17.07	05.09	62	51	4,3 ± 0,05	0,9 ± 0,03

Т а б л и ц а 2

**Затраты на выращивание одного сеянца при одно- и двухротационной схеме**

**Costs of growing one seedling with single- and dual-rotation systems**

Условия	Порода, срок выращивания	Затраты на единицу продукции, руб.
Одна ротация без обогрева	Сосна (1 год)	2,95
	Ель (2 года)	4,47
Две ротации с обогревом	Сосна/сосна	2,14
	Ель/ель	3,22
	Ель/сосна	2,58

и двухротационные схемы [15]. В селекционном центре Республики Татарстан применяют выращивание сеянцев в три ротации: первый посев осуществляют в конце марта с обязательным обогревом теплиц [76]. В Финляндии и США посадка растений, полученных по двух- и трехротационной схеме, ведется в течение всего вегетационного периода. Для летних посадок используются 6–16-недельные сеянцы с ЗКС, которые в культурах показывают хорошие результаты [28].

Исследования роста и развития сеянцев при разных сроках посева и выносе контейнеров на площадку доращивания, проведенные нами в тепличных комплексах Архангельской области [77], показали, что для получения максимального выхода стандартного посадочного материала в течение года следует использовать схему двух ротаций с обязательным обогревом теплиц весной, а также в периоды возврата холодов. Трехротационное выращивание сеянцев с ЗКС в регионе не дает положительных результатов. Выявлено, что при посеве в первую ротацию ели (в начале апреля с обеспечением искус-

ственного обогрева теплиц), а во вторую — сосны (в начале июня), которая находится под пленкой до сентября, высота сеянцев достигает стандартных показателей (табл. 1) [78].

Результаты экономического анализа [79] позволили выполнить сравнительную оценку себестоимости выращивания сеянцев при одно- и двухротационной схеме выращивания (табл. 2).

Как показала практика, наиболее экономически оправданным является выращивание сосны в две ротации. В то же время выращивание в первую ротацию ели, а во вторую — сосны, также выгоднее по сравнению с одноротационным выращиванием.

## Выводы

При проектировании, строительстве и функционировании тепличных комплексов для выращивания посадочного материала с ЗКС, помимо соблюдения прочих установленных требований, необходимо придерживаться следующих принципов:

- располагать открытые производственные площадки на удалении от стен леса во избежание попадания неконтролируемых семян в субстрат контейнеров и исключения дополнительных затрат на удаление всходов;

- предусматривать достаточное расстояние между отдельными элементами питомника для прохода специализированной техники;

- обеспечивать беспрепятственный сток воды в теплицах для предотвращения неконтролируемого повышения влажности воздуха;
- размещать контейнеры с сеянцами на рамах для обеспечения «воздушной подрезки корней».

В тепличных комплексах Архангельской области для получения максимального выхода стандартного посадочного материала в течение

года следует использовать схему двух ротаций с обогревом теплиц весной, а также в осенний период при возврате холодов.

Выполнение общепринятых нормативных требований и указанных выше рекомендаций при выращивании посадочного материала хвойных пород с ЗКС и создании лесных культур, позволит повысить эффективность воспроизводства лесов и будет способствовать интенсификации лесопользования.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований по теме «Лесоводственно-экономическая оценка мероприятий по интенсификации лесопользования и разработка рекомендаций по повышению их эффективности в таежной зоне Европейской части России» (регистрационный номер 125021202005-2).*

## Список литературы

- [1] Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 1999. 476 с.
- [2] Интенсивное лесопользование. URL: <https://mybiblioteka.su/11-92358.html> (дата обращения 26.05.2025).
- [3] Chapman Н.Н. Forest management. Bristol, Connecticut: The Hildreth Press, 1950, 582 p.
- [4] Park A, Wilson E.R. Beautiful Plantations: can intensive silviculture help Canada to fulfill ecological and timber production objectives? // For. Chron., 2007, v. 83(6), pp. 825–839.
- [5] Bell F.W., Parton J., Stocker N., Joyce D., Reid D., Wester M. Developing a silvicultural framework and definitions for use in forest management planning and practice // For. Chron., 2008, v. 84(5), pp. 678–693.
- [6] Gardiner B., Moore J. Creating the wood supply of the future // Challenges and opportunities for the world's forests in the 21st century Fenning T, editor. Springer, 2014, pp. 677–704.
- [7] Tittler R., Filotas E., Kroese J., Messier C. Maximizing conservation and production with intensive forest management: it's all about location // Environ Manage, 2015, v. 56(5), pp. 1104–1117.
- [8] Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. СПб.: Изд-во СПбНИИЛХ, 2015. 16 с.
- [9] Тюрин Д.С., Данилов Д.А., Зайцев Д.А., Щекалев Р.В. Платационное лесовыращивание в мировой практике // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2023. № 64. С. 136–143.
- [10] Денисов И.В. Посадочный материал с закрытой корневой системой — эффективный способ интенсификации лесовосстановления // Дендрарию Дальневосточного НИИ лесного хозяйства — 110 лет: Материалы Междунар. конф., Хабаровск, 18 октября 2006 года. Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2006. С. 166–168.
- [11] Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. Лесокультурное производство — основа непрерывности лесопользования // ИзВУЗ Лесной журнал, 2021. № 4. С. 80–96. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-80-96
- [12] Самошин С.Е. Разработка рекомендаций по совершенствованию технологии выращивания посадочного материала // Проблемы и перспективы студенческой науки, 2018. № 1(3). С. 44–45.
- [13] Robonen E.V., Chernobrovkina N.P., Raevsky B.V. Double-cropping of *Pinus sylvestris* L. containerized seedlings under short growing season conditions at high latitudes // Russian Forestry J., 2024, no. 6(402), pp. 50–65. DOI 10.37482/0536-1036-2024-6-50-65
- [14] Дебков Н.М. Опыт создания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // ИзВУЗ Лесной журнал, 2021. № 5. С. 192–200. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-192-200
- [15] Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб: Изд-во СПбНИИЛХ, 2000. 293 с.
- [16] Коновалова Д.А., Пономарев Д.Д., Брагилова Н.П. Выращивание семян сосны кедровой сибирской с закрытой корневой системой на экспериментальных субстратах // Хвойные бореальной зоны, 2023. Т. 41. № 5. С. 379–383. DOI 10.53374/1993-0135-2023-5-379-383
- [17] Luoranen J, Pikkariainen L, Poteri M, Peltola H, Riikonen J. Duration limits on field storage in closed cardboard boxes before planting of Norway spruce and Scots pine container seedlings in different planting seasons // Forests, 2019, v. 10, iss. 12, no. 1126. 21 p. <https://doi.org/10.3390/f10121126>
- [18] Гоф А.А. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной сеянцами с закрытой корневой системой в ленточных борах Алтая: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Екатеринбург, 2020. 169 с.
- [19] Граник А.М., Крук Н.К. Рост лесных культур сосны обыкновенной в зависимости от сроков посадки и вида посадочного материала // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов, 2018. № 2(210). С. 85–90.
- [20] Luoranen J., Saksa T., Lappi J. Seedling, planting site and weather factors affecting the success of autumn plantings in Norway spruce and Scots pine seedlings // Forest Ecology and Management, 2018, v. 419–420, pp. 79–90. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.03.040
- [21] Белова А.И., Хамитов Р.С., Хамитова С.М., Полякова Е.С. Рост лесных культур ели Европейской, созданных сеянцами с закрытой корневой системой // Хвойные бореальной зоны, 2022. Т. 40, № 2. С. 109–113. DOI 10.53374/1993-0135-2022-6-109-113
- [22] Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А., Хайдукова И.А. Лесоводственная оценка роста лесных культур ели, созданных различным видом посадочного материала // Евразийский союз ученых, 2021. № 4(85). С. 12–18. DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2021.7.85.1345
- [23] Гаврилова О.И., Юрьева А.Л. Рост лесных культур сосны в условиях юга Карелии // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ, 2005. № 5. С. 23–30.
- [24] Мочалов Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из семян с закрытыми корнями // ИзВУЗ Лесной журнал, 2014. № 4. С. 9–18.

- [25] Heiskanen J., Saksa T., Hyvönen J. Effects of Mounding and Soil Clay Content on Postplanting Success of Norway Spruce // *Forest Ecology and Management*, 2016, v. 378, pp. 206–213.  
DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112716304005?via%3Dihub>
- [26] Заболотских П.В. Рост лесных культур сосны обыкновенной, созданных различным видом посадочного материала, в Республике Марий Эл // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*, 2015. Т. 3. № 5–4(16–4). С. 247–250. DOI 10.12737/16251
- [27] Jäärats A., Tullus A. The Effect of Planting Stock and Soil Scarification on Forest Regeneration // *Forestry Studies*, 2018, v. 69, iss. 1, pp. 75–85.  
DOI: <https://sciendo.com/article/10.2478/fsmu-2018-0013>
- [28] Костин М.В. Использование посадочного материала с ЗКС при лесовосстановлении и перспектива его применения в Нижнем Поволжье // *Вестник ИКИАТ*, 2019. № 1 (38). С. 16–20.
- [29] Мушкина К.А. Лесоводственная оценка разных технологий создания лесных культур в Удмуртской Республике // *Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием*, Хабаровск, 10–11 октября 2024 г / под ред. А.Ю. Алексеенко. Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2024 С. 176–179.
- [30] Хватов П.В., Голубев М.А., Рыжова Н.В., Шутов В.В. Эффективность культур ели, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в условиях Костромской области // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*, 2018. Т. 6, № 3(39). С. 44–49.
- [31] Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Сдобоева С.С. Сравнительные результаты использования семян сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой при искусственном лесовосстановлении в условиях Западного Забайкалья // *Успехи современного естествознания*, 2021. № 11. С. 7–12.
- [32] Мочалов Б.А. Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из семян с закрытыми корнями // *ИзВУЗ Лесной журнал*, 2014. № 4. С. 9–18.
- [33] Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р.В. Анализ состояния и роста культур сосны и ели в Северо-Тажном районе // *ИзВУЗ Лесной журнал*, 2015. № 2. С. 70–79.
- [34] Duan J., Abduwali D. Basic Theory and Methods of Afforestation. *Silviculture*. IntechOpen, 2021. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.96164> (дата обращения 04.06.2025).
- [35] Hubbel K.L., Ross-Davis A.L., Pinto J.R., Burney O.T., Davis A.S. Toward Sustainable Cultivation of *Pinus occidentalis* Swartz in Haiti: Effects of Alternative Growing Media and Containers on Seedling Growth and Foliar Chemistry // *Forests*, 2018, v. 9, iss. 7, art. 422.
- [36] Романов Е. М., Самосудов А. Е., Нуреева Т. В., Бекмансуров М. В. Дифференцированное применение посадочного материала при создании лесных культур // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*, 2023. № 2 (58). С. 6–29.
- [37] Белякова А.В. Сравнение затрат на лесовосстановление с закрытой и открытой корневой системой // *Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы V науч.-техн. конф.-вебинара / под ред. В.М. Гедьо*. СПб: Изд-во СПбГЛТУ, 2020. С. 32–35.
- [38] Васильев О.И. Инфраструктура лесовосстановления // *ЛесПромИнформ*, 2019. № 2 (140). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5264> (дата обращения 24.02.2021).
- [39] Landis T.D. Nursery planning, development, and management: The container tree nursery manual: U.S. Department of agriculture // *Forest service, Agriculture handbook*, 1995, v. 1 (chapter 1), pp. 1–26.
- [40] Горбунова С.В. Улучшенные методы организации производственного процесса выращивания сеянцев хвойных пород с ЗКС по результатам работы в тепличных комплексах Архангельской области // *Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока: Материалы Всерос. науч. конф.*, Хабаровск, 07–08 октября 2021 года / под ред. А.Ю. Алексеенко. Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2021. С. 114–119.
- [41] Бобушкина С.В., Мочалов Б.А. Влияние некоторых факторов среды и технологических приемов на рост и развитие сеянцев сосны с закрытой корневой системой // *Состояние лесов и актуальные проблемы лесопользования: Материалы Всерос. конф. с междунар. участием*, Хабаровск, 10–11 октября 2013 года. Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2013. С. 107–110.
- [42] Bunt A C. Media and Mixes for Container-Grown Plants: A manual on the preparation and use of growing media for pot plants, 1st ed., Springer: Softcover reprint of the original, 1988, 330 p.
- [43] Робонен Е.В., Зайцева М.И., Чернобровкина Н.П. Опыт разработки и использования контейнерных субстратов для лесных питомников. Альтернативы торфу // *Resources and Technology*, 2015. Т. 12. № 1. С. 47–76. DOI 10.15393/j2.art.2015.3081
- [44] Мочалов Б.А. Некоторые итоги российско-финляндских проектов по лесовосстановлению в Архангельской области // *Сборник трудов по итогам научно-исследовательских работ ФГУ «СевНИИЛХ» за 2005–2009 гг.* Архангельск: Изд-во САФУ, 2011. С. 75–93.
- [45] Мочалов Б.А. Научное обоснование и разработка интенсивной технологии выращивания посадочного материала хвойных пород для лесовосстановления на Европейском Севере России: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Архангельск, 2009. 40 с.
- [46] How to get the best out of our substrates. URL: <https://www.kekkilaprofessional.com/growing-tips-advice/get-the-best-out-of-our-substrates/> (дата обращения 07.06.2025).
- [47] How long is the starter fertilizer effective? URL: <https://www.kekkilaprofessional.com/growing-tips-advice/how-long-is-the-starter-fertiliser-effective/> (дата обращения 26.05.2025).
- [48] Мухортов Д.И. Антропова А.В. Рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной в контейнерах при использовании субстратов различной плотности сложения // *Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: междунар. сб. науч. статей / под ред. проф. Э.А. Курбанова*. Йошкар-Ола: Изд-во ПГТУ, 2019. С. 42–53.

- [49] Мухортов Д.И., Романов Е.М. Утилизация органических отходов при искусственном лесовосстановлении // Вестник ПГТУ, 2013. № 3. С. 20–35.
- [50] Егорова А.В., Чернобровкина Н.П., Робонен Е.В. Влияние хвойного препарата на рост и элементный состав семян *Pinus sylvestris* L. в условиях лесного питомника // Химия растительного сырья, 2017. № 2. С. 171–180.
- [51] Тебенкова Д.Н., Лукина Н.В., Воробьев Р.А. Всхожесть семян и биометрические параметры семян на субстратах из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности // Лесоведение, 2014. № 6. С. 31–40.
- [52] Jackson B.E., Wright R.D. Pine Tree Substrate: an Alternative and Renewable Substrate for Horticultural Crop Production // Acta Hort., 2009, v. 819, pp. 265–272.
- [53] Schmilewski G. The role of peat in assuring the quality of growing media // Mires and Peat, 2008, v. 3, article 02, pp.1–8.
- [54] Heiskanen J. Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings // New Forests, 2013, v. 44, iss. 1, pp. 101–118. DOI: 10.1007/s11056-011-9304-6
- [55] Фокин С.В., Фомина О.А. Современное состояние лесного и лесоперерабатывающего комплекса Западной Сибири // Современные научно-практические решения в АПК: II Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Тюмень, 26 октября 2018 г. Тюмень: Изд-во ГАУ Северного Зауралья, 2018. С. 149–152.
- [56] Фокин С.В., Медведева П.Ю., Есков Д.В. Особенности технологии плантационного лесовыращивания // Инновационное техническое обеспечение агропромышленного комплекса: Материалы науч.-техн. конф. с междунар. участием имени А.Ф. Ульянова, Саратов, 03 октября 2023 года. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. С. 260–265.
- [57] Мордась А.А. Обоснование оптимальной густоты выращивания семян ели в лесных питомниках Карелии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Л., 1979. 20 с.
- [58] Сунгуров Р.В., Пигарев Ф.Т., Соколова Н.В. Рост и изменчивость семян сосны и ели в зависимости от посевных качеств семян // Материалы отчетной сессии по итогам научно-исследовательских работ за 1983 год. Архангельск: Изд-во АИЛиЛХ, 1984. С. 18–21.
- [59] Как решать проблемы лесного хозяйства России? Взгляд экспертов. Резолюции научных дебатов. М.: Цифровичок, 2019. 96 с.
- [60] Рекомендации парламентских слушаний по теме «Лесное семеноводство как основа интенсификации воспроизводства лесов» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2024. № 1(61). С. 97–100.
- [61] Романов Е.М. Лесное семеноводство как основа интенсификации воспроизводства лесов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2023. № 4(60). С. 81–83.
- [62] Силькевич М.С., Шубин В.И. Искусственное восстановление леса на вырубках Европейского Севера. Петрозаводск: Карелия, 1969. 180 с.
- [63] Редько Г.И., Огиевский Д.В., Наквасина Е.Н., Романов Е.М. Биологические основы выращивания семян сосны и ели в питомниках. М.: Лесная промышленность, 1983. 64 с.
- [64] Wagner R., Colombo S. Regenerating the Canadian Forest. Principles and Practice for Ontario. Canada, Markham, Ontario: Published by Fitzhenry & Whiteside Limited, 2001. 658 p.
- [65] Неганова Н.М. Гуминовые удобрения как фактор оптимизации условий роста и развития декоративных растений // Научная мысль Кавказа, 2011. № 3. С. 96–99.
- [66] Устинова Т.С., Зуров Р.Н. Влияние препарата Гумат+7 на ростовые процессы хвойных пород // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2010. № 26. С. 115–118.
- [67] Митрофанов С.В., Гапеева Н.Н., Мочалова Е.Н. Влияние гуминовых удобрений на посевные качества ели европейской // Экологически устойчивое земледелие: состояние, проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, п. Вяткино, 22–24 июня 2018 г. Иваново: ПресСто, 2018. С. 177–181.
- [68] Немков П.С., Грехов И.В. Влияние гуминового препарата на семена хвойных пород // Теоретическая и прикладная экология, 2015. № 1. С. 96–99.
- [69] Демина Н.А., Васильева Н.Н., Дуркина Т.М., Файзулин Д.Х. Влияние стимуляторов на рост и развитие семян ели с закрытой корневой системой // J. Agriculture and Environment, 2024. № 11(51). DOI 10.60797/JAE.2024.51.19
- [70] Мухаметшина А.Р., Мусин Х.Г., Пухачева Л.Ю., Шайхразиев Ш.Ш., Ахметов А.Ю. Эффективность предпосевной обработки семян хвойных пород стимуляторами роста // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 г. Казань: Изд-во КГАУ, 2019. С. 367–373.
- [71] Проказин Н.Е., Лобанова Е.Н., Пентелькина Н.В., Иванюшева Г.И., Сахнов В.В., Петров В.А., Чукарина А.В., Багаев С.С. Выращивание посадочного материала хвойных пород с использованием ростовых стимуляторов // Лесохозяйственная информация, 2015. № 1. С. 50–56.
- [72] Jindo K., Olivares F.L., Malcher D.J.D. P., Sanchez-Monedero M.A., Kempenaar C., Canellas L.P. From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. Frontiers in Plant Science, 2020, v. 11, iss. 426. DOI: 10.3389/fpls.2020.00426
- [73] Shevchenko T., Ustinova J., Popov A., Renzyaev A. Briquette organo-mineral fertilizer based on humic acids // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020, t. 175, p. 07010.
- [74] Корчагов С.А., Грибов С.Е., Обрядина О.Ю. Экономическая оценка создания лесных культур различным видом посадочного материала // ИзВУЗ Лесной журнал, 2017. № 5. С. 92–102.
- [75] Перевертайло И.И. Метод многоротационного выращивания малообъемного посадочного материала с закрытой корневой системой // Дендрарию Дальневосточного НИИ лесного хозяйства — 110 лет:

- Материалы Междунар. конф. «Современное состояние лесной растительности и ее рациональное использование». Хабаровск: Изд-во ДальНИИЛХ, 2006. С. 161–164.
- [76] Файзрахманов Д.И., Сабиров А.М., Минниханов А.Р., Газизов Р.А. Значение выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в лесоразведении и лесовосстановлении // Вестник Казанского ГАУ, 2016. № 1(39). С. 58–61.
- [77] Бобушкина С.В. Приемы повышения эффективности производства посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой в Архангельской области // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 6. С. 45–54.  
DOI: 10.18698/2542-1468-2021-6-45-54/
- [78] Правила лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, основания для отказа в его согласовании, а также требования к формату в электронной форме проекта лесовосстановления. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (дата обращения 22.05.2025).
- [79] Горбунова С.В., Михайлов К.Л. Условия и экономическая эффективность двухротационного выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой в Архангельской области // Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства: Научно-практическая конференция, Воронеж, 21–22 октября 2021 года. Воронеж: Изд-во ВГЛТУ, 2021. С. 316–320.

## Сведения об авторах

**Горбунова Светлана Валентиновна** <sup>✉</sup> — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ), [svetlana.bobushkina@sevniilh-arh.ru](mailto:svetlana.bobushkina@sevniilh-arh.ru)

**Корчагов Сергей Анатольевич** — д-р с.-х. наук, профессор, гл. науч. сотр., заведующий Вологодской региональной лабораторией, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ), [korchagov@sevniilh-arh.ru](mailto:korchagov@sevniilh-arh.ru)

**Конюшатов Олег Алексеевич** — канд. с.-х. наук, доцент, науч. сотр. Вологодской региональной лаборатории, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ), [konyushatov\\_oa@sevniilh-arh.ru](mailto:konyushatov_oa@sevniilh-arh.ru)

Поступила в редакцию 27.08.2025.

Одобрено после рецензирования 12.12.2025.

Принята к публикации 19.03.2026.

## POSSIBILITIES OF USING ROOT-BALLED SEEDLINGS TO INTENSIFY REFORESTATION

S.V. Gorbunova<sup>✉</sup>, S.A. Korchagov, A.O. Konyushatov

Northern Research Institute of Forestry, 13, Nikitova st., 163062, Arkhangelsk, Russia

svetlana.bobushkina@sevniilh-arh.ru

It is shown that one of the main components of intensive forest management is effective reforestation, the main purpose of which is to reduce the reforestation time of economically valuable species. The results of the literary sources analysis are presented, which indicate the successful growth of forest crops created by planting material with a root-balled tree system on prepared soil in compliance with technology. Studies of biometric indicators, survival rate and viability of coniferous root-balled seedlings are presented. Economically justified proposals for the cultivation of root-balled planting stock have been formulated. The expediency of using seeds with improved hereditary capacity, high ground germination rate and high-quality cleaning and sorting of seeds by weight and linear dimensions, carrying out pre-treatment of seed material and the use of growth stimulants is shown. Special attention is paid to the requirements and conditions for the design, construction and operation of greenhouse complexes for the cultivation of planting material. It was concluded that the application of two rotations within a single season is effective in the conditions of the Arkhangelsk region, with mandatory greenhouse heating in spring and during periods of cold spells in spring.

**Keywords:** intensification, reproduction of forests, forest crops, planting material, seedlings with a closed root system, seedlings with an open root system, forest species

**Suggested citation:** Gorbunova S.V., Korchagov S.A., Konyushatov O.A. *Ispol'zovanie seyantsev s zakrytoy kornevoy sistemoy pri intensifikatsii vosproizvodstva lesov* [Possibilities of using root-balled seedlings to intensify reforestation]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2026, vol. 30, no. 3, pp. 17–31.

DOI: 10.17816/2542-1468-2026-3-17-31

### References

- [1] Rayzberg B.A., Lozovskiy L.Sh., Starodubtseva E.B. *Sovremennyy ekonomicheskiy slovar'* [Modern economic dictionary]. Moscow: INFRA-M, 1999, 476 p.
- [2] *Intensivnoe lesopol'zovanie* [Intensive forest management]. Available at <https://mybiblioteka.su/11-92358.html> (accessed 26.05.2025).
- [3] Chapman H.H. *Forest management*. Bristol, Connecticut: The Hildreth Press, 1950, 582 p.
- [4] Park A., Wilson E.R. Beautiful Plantations: can intensive silviculture help Canada to fulfill ecological and timber production objectives? *For. Chron.*, 2007, v. 83(6), pp. 825–839.
- [5] Bell F.W., Parton J., Stocker N., Joyce D., Reid D., Wester M. Developing a silvicultural framework and definitions for use in forest management planning and practice. *For. Chron.*, 2008, v. 84(5), pp. 678–693.
- [6] Gardiner B., Moore J. Creating the wood supply of the future. Challenges and opportunities for the world's forests in the 21st century Fenning T, editor. Springer, 2014, pp. 677–704.
- [7] Tittler R., Filotas É., Kroese J., Messier C. Maximizing conservation and production with intensive forest management: it's all about location. *Environ Manage*, 2015, v. 56(5), pp. 1104–1117.
- [8] *Kontseptsiya intensivnogo ispol'zovaniya i vosproizvodstva lesov* [The concept of intensive use and forests reproduction]. Saint Petersburg: SPbRIF, 2015, 16 p.
- [9] Tyurin D.S., Danilov D.A., Zaytsev D.A., Shchekalev R.V. *Plantatsionnoe lesovyrashchivanie v mirovoy praktike* [Plantation forest cultivation in world practice]. Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa [Actual problems of the forest complex], 2023, no. 64, pp. 136–143.
- [10] Denisov I.V. *Posadochnyy material s zakrytoy kornevoy sistemoy — effektivnyy sposob intensifikatsii lesovosstanovleniya* [Containerized planting stock is an effective way to intensify reforestation]. *Dendriariyu Dal'nevostochnogo NII lesnogo khozyaystva — 110 let: mater. Mezhdunarodnoy konferentsii* [The Arboretum of the Far Eastern Research Institute of Forestry is 110 years old: Proceedings of the international conference], Khabarovsk, October 18, 2006. Khabarovsk: Far Eastern Research Institute of Forestry, 2006, pp. 166–168.
- [11] Mochalov B.A., Bobushkina S.V. *Lesokul'turnoe proizvodstvo — osnova nepreryvnosti lesopol'zovaniya* [Silvicultural production as a basis for continuity of forest management]. *Russian Forestry J.*, 2021, no. 4, pp. 80–96. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-80-96
- [12] Samoshin S.E. *Razrabotka rekomendatsiy po sovershenstvovaniyu tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala* [Recommendations development for improving the technology of growing planting material]. *Problemy i perspektivy studentcheskiy nauki* [Problems and prospects of student science], 2018, no. 1(3), pp. 44–45.
- [13] Robonen E.V., Chernobrovkina N.P., Raevsky B.V. Double-cropping of *Pinus sylvestris* L. containerized seedlings under short growing season conditions at high latitudes. *Russian Forestry J.*, 2024, no. 6(402), pp. 50–65. DOI 10.37482/0536-1036-2024-6-50-65

- [14] Debkov N.M. *Opyt sozdaniya lesnykh kul'tur posadochnym materialom s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Experience in creating forest cultures using ball-rooted planting stock]. Russian Forestry J., 2021, no. 5. pp. 192–200.
- [15] Zhigunov A.V. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy*. [The theory and practicing of growing ball-rooted planting stock]. Saint-Petersburg: SPbRIF, 2000, 293 p.
- [16] Konovalova D.A., Ponomarev D.D., Bratilova N.P. *Vyrashchivanie seyantssev sosny kedrovoy sibirskoy s zakrytoy kornevoy sistemoy na eksperimental'nykh substratakh* [Growing containerized planting stock of Siberian cedar pine on experimental substrates]. Khvoynye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2023, v. 41, pp. 379–383.
- [17] Luoranen J, Pikkariainen L, Poteri M, Peltola H, Riikonen J. Duration limits on field storage in closed cardboard boxes before planting of Norway spruce and Scots pine container seedlings in different planting seasons. Forests, 2019, v. 10, iss. 12, no. 1126. 21 p. <https://doi.org/10.3390/f10121126>
- [18] Gof A.A. *Effektivnost' sozdaniya lesnykh kul'tur sosny obyknovennoy seyantsami s zakrytoy kornevoy sistemoy v lentochnykh borakh Altaya* [Efficiency of creating forest crops of Scots pine seedlings with a closed root system in the ribbon pine forests of Altai]. Dis. Cand. Sci. (Agric.) 06.03.01. Ekaterinburg, 2020, 169 p.
- [19] Granik A.M., Kruk N.K. *Rost lesnykh kul'tur sosny obyknovennoy v zavisimosti ot srokov posadki i vida posadochnogo materiala* [Growth of Scots pine forest crops depending on planting dates and type of planting material]. Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemykh resursov [Proceeding of BSTU. Series 1: Forestry, nature management and processing of renewable resources], 2018, no. 2(210), pp. 85–90.
- [20] Luoranen J., Saksa T., Lappi J. Seedling, planting site and weather factors affecting the success of autumn plantings in Norway spruce and Scots pine seedlings. Forest Ecology and Management, 2018, v. 419–420, pp. 79–90. DOI: 10.1016/j.foreco.2018.03.040
- [21] Belova A.I., Khamitov R.S., Khamitova S.M., Polyakova E.S. *Rost lesnykh kul'tur eli Evropeyskoy sozdannykh seyantsami s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Growth of European spruce forest crops created by ball-rooted planting stock]. Khvoynye boreal'noy zony [Conifers of the boreal zone], 2022, v. 40, no. 2, pp. 109–113. DOI 10.53374/1993-0135-2022-6-109-113
- [22] Karbasnikova E.B., Karbasnikov A.A., Khaydukova I.A. *Lesovodstvennaya otsenka rosta lesnykh kul'tur eli, sozdannykh razlichnym vidom posadochnogo materiala* [Silvicultural assessment of the growth of spruce forest crops created by different types of planting material]. Evraziyskiy soyuz uchenykh [Eurasian Union of Scientists], 2021, no. 4(85), pp. 12–18. DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2021.7.85.1345
- [23] Gavrillova O.I., Yur'eva A.L. *Rost lesnykh kul'tur sosny v usloviyakh yuga Karelii* [Growth of pine forest crops in the conditions of southern Karelia]. Trudy lesoinzhenerenogo fakul'teta PetrGU [Proceeding of the Forest Engineering Faculty of PetrSU], 2005, no. 5, pp. 23–30.
- [24] Mochalov B.A. *Podgotovka pochvy i vybor posadochnogo mesta pri sozdanii lesnykh kul'tur sosny iz seyantssev s zakrytymi kornyami* [Soil Cultivation and Selection Planting Site Attached to Pine Artificial Stands Creation from Containerized Seedlings]. Russian Forestry J., 2014, no. 4, pp. 9–18.
- [25] Heiskanen J., Saksa T., Hyvönen J. Effects of Mounding and Soil Clay Content on Postplanting Success of Norway Spruce. Forest Ecology and Management, 2016, v. 378, pp. 206–213. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112716304005?via%3Dihub>
- [26] Zabolotskikh P.V. *Rost lesnykh kul'tur sosny obyknovennoy, sozdannykh razlichnym vidom posadochnogo materiala, v Respublike Mariy El* [Growth of Scots pine forest crops created by different types of planting material in the Mari El Republic]. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika [Current directions of scientific research in the 21st century: theory and practice], 2015, v. 3, no. 5–4(16–4), pp. 247–250.
- [27] Jäärats A., Tullus A. The Effect of Planting Stock and Soil Scarification on Forest Regeneration // Forestry Studies, 2018, v. 69, iss. 1, pp. 75–85. DOI: <https://sciendo.com/article/10.2478/fsmu-2018-0013>
- [28] Kostin M.V. *Ispol'zovanie posadochnogo materiala s ZKS pri lesovosstanovlenii i perspektiva ego primeneniya v Nizhnem Povolzh'e* [Use of ball-rooted planting stock in forest restoration and prospects for its application in the Lower Volga region]. Vestnik IKIAT [Bulletin of the Institute for Comprehensive Research of Arid Territories], 2019, no. 1 (38), pp. 16–20.
- [29] Mushkina K.A. *Lesovodstvennaya otsenka raznykh tekhnologiy sozdaniya lesnykh kul'tur v Udmurtskoy Respublike* [Silvicultural assessment of different technologies for creating forest crops in the Udmurt Republic]. Intensifikatsiya ispol'zovaniya i vosproizvodstva lesov Sibiri i Dal'nego Vostoka: mater. Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchast. [Intensification of the use and reproduction of forests in Siberia and the Far East: Proc. of the All-Russian scientific conference with international participation]. Ed. A.Yu. Alekseenko. Khabarovsk: Publishing house of the Federal State Budgetary Institution «Far Eastern Forestry Research Institute», 2024, pp. 176–179.
- [30] Khvatov P.V., Golubev M.A., Ryzhova N.V., Shutov V.V. *Effektivnost' kul'tur eli, sozdannykh posadochnym materialom s zakrytoy kornevoy sistemoy v usloviyakh Kostromskoy oblasti* [Efficiency of spruce crops created using containerized planting stock in the conditions of the Kostroma region]. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika [Current directions of scientific research in the 21st century: theory and practice], 2018, v. 6, no. 3(39), pp. 44–49.
- [31] Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sodboeva S.Ch. *Sravnitel'nye rezul'taty ispol'zovaniya seyantssev sosny obyknovennoy s otkrytoy i zakrytoy kornevoy sistemoy pri iskusstvennom lesovosstanovlenii v usloviyakh Zapadnogo Zabaykal'ya* [Comparative results of using Scots pine seedlings with open root system and ball-rooted planting stock in artificial reforestation in the conditions of Western Transbaicalia]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in modern natural science], 2021, no. 11, pp. 7–12.
- [32] Mochalov B.A. *Podgotovka pochvy i vybor posadochnogo mesta pri sozdanii lesnykh kul'tur sosny iz seyantssev s zakrytymi kornyami* [Soil cultivation and selection planting site attached to pine artificial stands creation from containerized seedlings]. Russian Forestry J., 2014, no. 4, pp. 9–18.

- [33] Sungurova N.R., Sungurov R.V. *Analiz sostoyaniya i rosta kul'tur sosny i eli v Severo-Taezhnom rayone* [The analysis of the condition and growth of pine and spruce crops in the North-Taiga district]. Russian Forestry J., 2015, no. 2, pp. 70–79.
- [34] Duan J., Abduwali D. Basic Theory and Methods of Afforestation. Silviculture. IntechOpen, 2021. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.96164> (accessed 04.06.2025).
- [35] Hubbel K.L., Ross-Davis A.L., Pinto J.R., Burney O.T., Davis A.S. Toward Sustainable Cultivation of *Pinus occidentalis* Swartz in Haiti: Effects of Alternative Growing Media and Containers on Seedling Growth and Foliar Chemistry // *Forests*, 2018, v. 9, iss. 7, art. 422.
- [36] Romanov E. M., Samosudov A. E., Nureeva T. V., Bekmansurov M. V. *Differentsirovannoe primeneniye posadochnogo materiala pri sozdanii lesnykh kul'tur* [Differentiated use of planting material in the creation of forest crops]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2023, no. 2 (58), pp. 6–29.
- [37] Belyakova A.V. *Sravneniye zatrat na lesovosstanovleniye s zakrytoy i otkrytoy kornevoy sistemoy* [Comparison of costs of reforestation by ball-rooted planting stock and open root systems]. Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie: mater. V nauch.-tekhn. konf.-vebinara [Forests of Russia: policy, industry, science, education: Proceedings of the V scientific-technical conference-webinar]. Ed. V.M. Gedyo. St. Petersburg: Publishing house of St. Petersburg State Forest Technical University, 2020, pp. 32–35.
- [38] Vasil'ev O.I. *Infrastruktura lesovosstanovleniya* [Forest restoration infrastructure]. LesPromInform, 2019, no. 2 (140). Available at <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5264> (accessed 24.02.2021).
- [39] Landis T.D. Nursery planning, development, and management: The container tree nursery manual: U.S. Department of agriculture. Forest service, Agriculture handbook, 1995, v. 1 (chapter 1), pp. 1–26.
- [40] Gorbunova S.V. *Uluchshennyye metody organizatsii proizvodstvennogo protsessa vyrashchivaniya seyantsev khvoynykh porod s ZKS po rezul'tatam raboty v teplichnykh kompleksakh Arkhangel'skoy oblasti* [Improved methods of organizing the production process of growing coniferous ball-rooted planting stock based on the results of work in greenhouse complexes of the Arkhangelsk region]. Intensifikatsiya ispol'zovaniya i vosproizvodstva lesov Sibiri i Dal'nego Vostoka: mater. Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii [Intensification of the use and reproduction of forests in Siberia and the Far East: Proceedings of the All-Russian scientific conference], Khabarovsk, October 7–8, 2021. Ed. A.Yu. Alekseenko. Khabarovsk: Far Eastern Forestry Research Institute, 2021, pp. 114–119.
- [41] Bobushkina S.V., Mochalov B.A. *Vliyaniye nekotorykh faktorov sredy i tekhnologicheskikh priemov na rost i razvitiye seyantsev sosny s zakrytoy kornevoy sistemoy* [The influence of some environmental factors and technological methods on the growth and development of containerized pine seedlings]. Sostoyaniye lesov i aktual'nyye problemy lesoupravleniya: mater. Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [The state of forests and current problems of forest management: Proceedings of the All-Russian conference with international participation], Khabarovsk, October 10–11, 2013. Khabarovsk: Far Eastern Research Institute of Forestry, 2013, pp. 107–110.
- [42] Bunt A.C. Media and Mixes for Container-Grown Plants: A manual on the preparation and use of growing media for pot plants. Springer: Softcover reprint of the original, 1st ed., 1988, 330 p.
- [43] Robonen E. V., Zaytseva M. I., Chernobrovkina N. P. [i dr.] *Opyt razrabotki i ispol'zovaniya konteynernykh substratov dlya lesnykh pitomnikov. Al'ternativy torfu* [Experience in the development and use of container substrates for forest nurseries. Alternatives to peat]. Resources and Technology, 2015, v. 12, no. 1, pp. 47–76.
- [44] Mochalov B.A. *Nekotorye itogi rossiysko-finlyandskikh projektov po lesovosstanovleniyu v Arkhangel'skoy oblasti* [Some results of Russian-Finnish projects on forest restoration in the Arkhangelsk region]. Sb. trudov FGU «SevNIILKh» po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 2005–2009 gg. [Collection of works of the FFA «NRIF» based on the results of research work for 2005–2009]. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University, 2011, pp. 75–93.
- [45] Mochalov B.A. *Nauchnoe obosnovaniye i razrabotka intensivnoy tekhnologii vyrashchivaniya posadochnogo materiala khvoynykh porod dlya lesovosstanovleniya na Evropeyskom Severe Rossii* [Scientific substantiation and development of intensive technology for growing coniferous planting material for reforestation in the European North of Russia]. Diss. Dr. Sci. (Agric.). Arkhangelsk: ASTU, 2009, 40 p.
- [46] How to get the best out of our substrates. Available at: <https://www.kekkilaprofessional.com/growing-tips-advice/get-the-best-out-of-our-substrates/> (accessed 07.06.2025).
- [47] How long is the starter fertiliser effective? Available at: <https://www.kekkilaprofessional.com/growing-tips-advice/how-long-is-the-starter-fertiliser-effective/> (accessed 26.05.2025).
- [48] Mukhortov D.I., Antropova A.V. *Rost i razvitiye seyantsev sosny obyknovennoy v konteynerakh pri ispol'zovanii substratov razlichnoy plotnosti slozheniya* [Growth and development of Scots pine seedlings in containers using substrates of different density]. [Forest ecosystems in the context of climate change: biological productivity and remote monitoring: international collection of scientific articles]. Ed. E.A. Kurbanov. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University, 2019, pp. 42–53.
- [49] Mukhortov D.I., Romanov E.M. *Utilizatsiya organicheskikh otkhodov pri iskusstvennom lesovosstanovlenii* [Utilization of organic waste in artificial reforestation]. Vestnik PGU [Bulletin of the Volga State Technological University], 2013, no. 3, pp. 20–35.
- [50] Egorova A.V., Chernobrovkina N.P., Robonen E.V. *Vliyaniye khvoynogo preparata na rost i elementnyy sostav seyantsev Pinus sylvestris L. v usloviyakh lesnogo pitomnika* [Effect of a coniferous preparation on the growth and elemental composition of *Pinus sylvestris* L. seedlings in forest nursery conditions]. Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials], 2017, no. 2, pp. 171–180.
- [51] Teben'kova D.N., Lukina N.V., Vorob'ev R.A. *Vskhozhest' semyan i biometricheskie parametry seyantsev na substratakh iz tverdykh otkhodov tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti* [Seed germination and biometric parameters of seedlings on substrates from solid waste of the pulp and paper industry]. Lesovedeniye [Forestry], 2014, no. 6, pp. 31–40.

- [52] Jackson B.E., Wright R.D. Pine Tree Substrate: an Alternative and Renewable Substrate for Horticultural Crop Production. *Acta Hort.*, 2009, v. 819, pp. 265–272.
- [53] Schmilewski G. The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*, 2008, v. 3, article 02, pp.1–8.
- [54] Heiskanen J. Effects of compost additive in sphagnum peat growing medium on Norway spruce container seedlings. *New Forests*, 2013, v. 44, iss. 1, pp. 101–118. DOI: 10.1007/s11056-011-9304-6
- [55] Fokin S.V., Fomina O.A. *Sovremennoe sostoyanie lesnogo i lesopererabatyvayushchego kompleksa Zapadnoy Sibiri* [Current state of forestry and timber processing complex of Western Siberia]. *Sovremennye nauchno-prakticheskie resheniya v APK: II Vserossiyskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya [II All-Russian (national) scientific and practical conference «Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex»]*, Tyumen', 26 October 2018. Tyumen': State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2018, pp. 149–152.
- [56] Fokin S.V., Medvedeva P.Yu., Eskov D.V. *Ob osobennostyakh tekhnologii plantatsionnogo lesovyrashchivaniya* [About the features of plantation forest cultivation technology]. *Innovatsionnoe tekhnicheskoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa: mater. nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem imeni A.F. Ul'yanova* [Innovative technical support for the agro-industrial complex: Proceedings of the scientific and technical conference with international participation named after A.F. Ulyanov], Saratov, October 3, 2023. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 2023, pp. 260–265.
- [57] Mordas' A.A. *Obosnovanie optimal'noy gustoty vyrashchivaniya seyantsev eli v lesnykh pitomnikakh Karelii* [Justification of the optimal density of growing spruce seedlings in forest nurseries of Karelia]. *Diss. Cand. Sci. (Agric.)*. Leningrad, 1979, 20 p.
- [58] Sungurov R.V., Pigarev F.T., Sokolova N.V. *Rost i izmenchivost' seyantsev sosny i eli v zavisimosti ot posevnykh kachestv semyan* [Growth and variability of pine and spruce seedlings depending on the sowing qualities of seeds]. *Materialy otchetnoy sessii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 1983 god* [Materials of the reporting session on the results of scientific research work for 1983]. Arkhangel'sk: Arkhangel'sk Institute of Forestry and Forest Chemistry, 1984, pp.18–21.
- [59] *Kak reshat' problemy lesnogo khozyaystva Rossii? Vzgl'yad ekspertov* [How to Solve Forestry Problems in Russia? Experts' View]. *Resolutions of scientific debates*. Moscow: Tsifrovichok, 2019, 96 p.
- [60] *Rekomendatsii parlamentskikh slushaniy po teme «Lesnoe semenovodstvo kak osnova intensifikatsii vosproizvodstva lesov»* [Recommendations of the parliamentary hearings on the topic «Forest seed production as a basis for intensifying forest reproduction»]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2024, no. 1(61), pp. 97–100.
- [61] Romanov E.M. *Lesnoe semenovodstvo kak osnova intensifikatsii vosproizvodstva lesov* [Forest seed production as a basis for intensifying forest reproduction]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management], 2023, no. 4(60), pp. 81–83.
- [62] Sin'kevich M.S., Shubin V.I. *Iskusstvennoe vosstanovlenie lesa na vyrubkakh Evropeyskogo Severa* [Artificial reforestation in clearings of the European North]. Petrozavodsk: Karelia, 1969, 180 p.
- [63] Red'ko G.I., Ogievskiy D.V., Nakvasina E.N., Romanov E.M. *Biologicheskie osnovy vyrashchivaniya seyantsev sosny i eli v pitomnikakh* [Biological principles of growing pine and spruce seedlings in nurseries]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1983, 64 p.
- [64] Wagner R., Colombo S. *Regenerating the Canadian Forest. Principles and Practice for Ontario*. Canada, Markham, Ontario: Published by Fitzhenry & Whiteside Limited, 2001, 658 p.
- [65] Neganova N.M. *Guminovye udobreniya kak faktor optimizatsii usloviy rosta i razvitiya dekorativnykh rasteniy* [Humic fertilizers as a factor in optimizing the conditions for growth and development of ornamental plants]. *Nauchnaya mysl' Kavkaza* [Scientific Thought of the Caucasus], 2011, no. 3, pp. 96–99.
- [66] Ustinova T.S., Zurov R.N. *Vliyanie preparata Gumat+7 na rostovye protsessy khvoynykh porod* [The influence of the preparation Gumat +7 on the growth processes of coniferous species]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Current problems of the forest complex], 2010, no. 26, pp. 115–118.
- [67] Mitrofanov S.V., Gapeeva N.N., Mochalova E.N. *Vliyanie guminovykh udobreniy na posevnye kachestva Eli evropeyskoy* [The influence of humic fertilizers on the sowing qualities of European spruce]. *Ekologicheski ustoychivoe zemledelie: sostoyanie, problemy i puti ikh resheniya: mater. Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Environmentally sustainable agriculture: status, problems and solutions: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation], p. Vyat'ki, 22–24 June 2018. Izdatel'sko-poligraficheskiy kompleks «PresSto», 2018, pp. 177–181.
- [68] Nemkov P.S., Grekhov I.V. *Vliyanie guminovogo preparata na seyantsy khvoynykh porod* [The influence of humic preparation on coniferous seedlings]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* [Theoretical and Applied Ecology], 2015, no. 1, pp. 96–99.
- [69] Demina N.A., Vasil'eva N.N., Durkina T.M., Fayzulin D.Kh. *Vliyanie stimulyatorov na rost i razvitie seyantsev eli s zakrytoy kornevoy sistemoy* [The influence of stimulants on the growth and development of containerized spruce seedlings]. *J. of Agriculture and Environment*, 2024, no. 11(51), 6 p.
- [70] Mukhametshina A.R., Musin Kh.G., Pukhacheva L.Yu., Shaykhrayev Sh.Sh., Akhmetov A.Yu. *Effektivnost' predposevnoy obrabotki semyan khvoynykh porod stimulyatorami rosta* [Efficiency of pre-sowing treatment of coniferous seeds with growth stimulants]. *Sel'skoe khozyaystvo i prodovol'stvennaya bezopasnost': tekhnologii, innovatsii, rynki, kadry: nauch. tr. Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu agrarnoy nauki, obrazovaniya i prosveshcheniya v Srednem Povolzh'e* [Agriculture and food security: technologies, innovations, markets, personnel: scientific. t. of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary

- of agricultural science, education and enlightenment in the Middle Volga region], Kazan', 13–14 noyabrya 2019 g. Kazan': Kazanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet [Kazan State Agrarian University], 2019, pp. 367–373.
- [71] Prokazin N.E., Lobanova E.N., Pentel'kina N.V., Ivanyusheva G.I., Sakhnov V.V., Petrov V.A., Chukarina A.V., Bagaev S.S. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala khvoynykh porod s ispol'zovaniem rostovykh stimulyatorov* [Growing planting material of coniferous species using growth stimulants]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* [Forestry information], 2015, no. 1, pp. 50–56.
- [72] Jindo K., Olivares F.L., Malcher D.J.D. P., Sánchez-Monedero M.A., Kempenaar C., Canellas L.P. From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. *Frontiers in Plant Science*, 2020, v. 11, iss. 426. DOI: 10.3389/fpls.2020.00426
- [73] Shevchenko T., Ustinova J., Popov A., Renzyaev A. Briquette organo-mineral fertilizer based on humic acids. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2020, t. 175, p. 07010.
- [74] Korchagov S.A., Gribov S.E., Obryadina O.Yu. *Ekonomicheskaya otsenka sozdaniya lesnykh kul'tur razlichnym vidom posadochnogo materiala* [Economic assessment of the creation of forest cultures with different types of planting stock]. *Russian Forestry J.*, 2017, no. 5, pp. 92–102.
- [75] Perevertaylo I.I. *Metod mnogorotatsionnogo vyrashchivaniya maloob'emnogo posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Method of multi-rotation cultivation of small-volume ball-rooted planting material]. *Dendriariy Dal'nevostochnogo NII lesnogo khozyaystva — 110 let: mater. Mezhdunarodnoy konferentsii «Sovremennoe sostoyanie lesnoy rastitel'nosti i ee ratsional'noe ispol'zovanie»* [Arboretum of the Far Eastern Research Institute of Forestry is 110 years old: Proceedings of the international conference «Current state of forest vegetation and its rational use»]. Khabarovsk: Far Eastern Research Institute of Forestry, 2006, pp. 161–164.
- [76] Fayzrakhmanov D.I., Sabirov A.M., Minnikhanov A.R., Gazizov R.A. *Znachenie vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy v lesorazvedenii i lesovosstanovlenii* [The importance of growing ball-rooted planting stock in afforestation and reforestation]. *Vestnik Kazanskogo GAU* [Kazan State Agrarian University Bulletin], 2016, no. 1(39), pp. 58–61.
- [77] Bobushkina S.V. *Estestvennoe vozobnovlenie listvennicy evropejskoy za predelami areala pri minimal'nom kolichestve semennikov* [Efficiency production methods of conifers ball-rooted planting stock in Arkhangelsk region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 6, pp. 45–54. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-6-45-54
- [78] *Pravila lesovosstanovleniya, formy, sostava, poryadka soglasovaniya proekta lesovosstanovleniya, osnovaniya dlya otkaza v ego soglasovanii, a takzhe trebovaniya k formatu v elektronnoy forme proekta lesovosstanovleniya* [Rules for reforestation, forms, composition, procedure for approving a reforestation project, grounds for refusing to approve it, as well as requirements for the format of the electronic form of a reforestation project]. Available at <https://docs.cntd.ru/document/728111110> (accessed 22.05.25).
- [79] Gorbunova S.V., Mikhaylov K.L. *Usloviya i ekonomicheskaya effektivnost' dvukhrotatsionnogo vyrashchivaniya seyantsev khvoynykh porod s zakrytoy kornevoy sistemoy v Arkhangel'skoy oblasti* [Conditions and economic efficiency of two-rotation cultivation of ball-rooted coniferous planting stock in the Arkhangelsk region]. *Podgotovka kadrov v usloviyakh perekhoda na innovatsionnyy put' razvitiya lesnogo khozyaystva: Nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [Training of personnel in the context of the transition to an innovative path of forestry development: Scientific and practical conference], Voronezh, October 21–22, 2021. Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, 2021, pp. 316–320.

*The work was carried out within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution "SevNIILH" to conduct applied scientific research on the topic "Forestry and economic assessment of measures to intensify forest management and development of recommendations to improve their effectiveness in the taiga zone of the European part of Russia" (registration number 125021202005-2).*

## Authors' information

**Gorbunova Svetlana Valentinovna**✉ — Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of the Northern Research Institute of Forestry, [svetlana.bobushkina@sevniilh-arh.ru](mailto:svetlana.bobushkina@sevniilh-arh.ru)

**Korchagov Sergey Anatol'evich** — Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Chief Researcher of the Northern Research Institute of Forestry, [korchagov@sevniilh-arh.ru](mailto:korchagov@sevniilh-arh.ru)

**Konyushatov Oleg Alekseevich** — Cand. Sci. (Agriculture), Researcher of the Northern Research Institute of Forestry, [konyushatov\\_oa@sevniilh-arh.ru](mailto:konyushatov_oa@sevniilh-arh.ru)

Received 27.08.2025.

Approved after review 12.12.2025.

Accepted for publication 19.03.2026.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
 Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
 The authors declare that there is no conflict of interest