

Санкт-Петербургский государственный университет



Кузьмина Юлия Вадимовна

ПОДПОЛОГОВОЕ ВЫРАЩИВАНИЕ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ *PICEA ABIES* (L.) KARST.  
НА ВОСТОКЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
по направлению подготовки «06.04.01» (бакалавриат)  
основная образовательная программа бакалавриата «Биология»

Работа выполнена на  
Кафедре Геоботаники и Экологии растений

Научный руководитель:  
**к.б.н. Копцева Елена Михайловна**

Рецензент:  
**к.б.н. Рябцев Иван Сергеевич**

Санкт-Петербург

2019

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	4
<b>Глава 1. Технологии промышленного выращивания культур хвойных пород на месте вырубок (обзор публикаций)</b> .....	5
1.1. Лесовосстановление .....	5
1.2. Исторический очерк. ....	5
1.3. Виды посадочного материала. ....	6
1.4. Производственные факторы, влияющие на успешность лесных культур. ....	6
1.4.1. Влияние соотношения параметров надземной и подземной части растения. ...	6
1.4.2. Влияние сроков посадки. ....	7
1.4.3. Влияние методов подготовки почв. ....	7
1.5. Влияние экологических факторов на насаждения. ....	8
1.5.1. Влияние освещенности. ....	8
1.5.2. Влияние влажности. ....	8
1.5.3. Влияние почвенного питания. ....	8
1.6. Влияние параметров фитоценоза на рост и развитие сеянцев ели европейской.....	8
1.6.1. Влияние древесного яруса .....	9
1.6.2. Влияние травяного мохового покрова.....	9
1.6.3. Влияние агротехнических уходов.....	11
1.7. Опыт выращивания культур: плюсы и минусы ЗКС.....	11
<b>Глава 2. Материалы и методы.</b> .....	15
2.1. Физико-географическая характеристика района исследований .....	15
2.1.4. Характеристика почв.....	17
2.2. Методика сбора материала. ....	17
2.2.1. Измерение биометрических параметров сеянцев.....	17
2.2.2. Определение механического состава почв. ....	18
2.3. Методика обработки материала. ....	19
<b>Глава 3. Результаты и обсуждения</b> .....	20
3.1. Характеристика района исследований. ....	20
3.1.1. Условия делянки №1 Анисимовского лесничества. ....	20
3.1.2. Условия делянки №1 Радогощинского лесничества.....	23
3.2. Характеристика делянок по фитоценотическим, экотопическим и биотопическим условиям выращивания культур ели в лесничествах.....	25
3.3. Сравнительная характеристика культур ели, созданных разным типом посадочного материала в подпологовых условиях и на открытых пространствах. ....	27
3.3.1. Сравнение параметров ЗКС-культур в различных условиях за период роста в питомнике и на вырубке: .....	27
3.3.2. Сравнение посадочного материала с открытой корневой системой в отличающихся условиях произрастания: .....	28

3.4. Анализ жизнестойкости семян ели при различных технологиях выращивания посадочного материала. ....	28
3.4.1. Сравнение семян с ЗКС в разных условиях произрастания:.....	29
3.4.2. Сравнение ОКС-культур при контрастных условиях среды:.....	30
3.5. Взаимосвязь параметров семян с фитоденотическими характеристиками делянок. Корреляционный анализ. ....	30
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ</b> .....	33
<b>Рекомендации</b> .....	34
<b>Благодарности</b> .....	34
<b>Список использованной литературы</b> .....	35
<b>Список Интернет ресурсов</b> .....	39

## Введение

Одной из важнейших задач лесного хозяйства является эффективное восстановление лесных массивов. Таким образом, основное внимание уделяется технологиям выращивания качественного посадочного материала, а так же усовершенствованию методов создания лесных культур и агротехнического ухода за ними. В зарубежных странах основным посадочным материалом являются контейнеризованные сеянцы. В нашей же стране такой тип посадочного материала не так широко распространен в силу разных обстоятельств, и создание насаждений в основном опирается на использование традиционного посадочного материала – сеянцы с открытой корневой системой. Одним из объяснений такого выбора является тот факт, что, несмотря на многочисленные достоинства посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК): автоматизация процессов, наилучшая приживаемость, сохранение целостности корневой системы и дополнительное питание за счет торфа, они также имеют ряд минусов, самым значительным из которых является дороговизна данной технологии. Не смотря на то, что существуют исследования, направленные на выявление достоинств и недостатков разного типа посадочного материала в тех или иных условиях, вопрос о том, что лучше использовать – сеянцы с ОКС или ЗКС (а возможно и саженцы) до сих пор остается открытым. О подпологовом выращивании лесных культур известно сравнительно немного, поэтому данное исследование будет актуальным для лесохозяйственной области, в частности для разработки оптимальных и эффективных технологий лесовосстановления. Целью работы является сравнительный анализ успешности подпологового выращивания культур ели европейской *Picea abies* (L.) Karst. при различном типе посадочного материала. Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

1. Дать характеристику основных экологических условий среды при подпологовом выращивании культур ели.
2. Проанализировать влияние основных экологических факторов на жизненность и биометрические параметры сеянцев ели европейской, высаженных с открытой и закрытой корневой системой.
3. Выявить ведущие факторы, влияющие в фазе приживания на успешность культур ели, созданных с использованием посадочного материала разного типа.
4. Дать рекомендации по совершенствованию технологии подпологового выращивания культур ели европейской.

Данная работа была инициирована компанией: ООО «Майер-Мелнхоф Хольц Ефимовский», с целью оценки эффективности проводимого компанией лесовосстановления и поиска экологически ориентированных технологий.

## **Глава 1. Технологии промышленного выращивания культур хвойных пород на месте вырубок (обзор публикаций)**

### **1.1. Лесовосстановление**

Искусственное лесовосстановление – это совокупность процессов, при которых происходит восстановление лесных массивов посредством создания лесных культур, на территориях ранее покрытых лесом. Это могут быть гари, вырубки или территории занятые под сельское хозяйство [23]. Лесовосстановление в Российской Федерации на сегодняшний день производится тремя способами: естественное восстановление, искусственное – посевом или с использованием семян или саженцев и комбинированным методом [28]. При искусственном восстановлении леса в нашей стране используются двухлетние сеянцы с открытой корневой системой – классический посадочный материал. На Северо-Западе страны все большую популярность набирает посадочный материал с закрытой корневой системой – Архангельская, Ленинградская, Вологодская области и в особенности Республика Карелия. И в основном это сосна, в меньшей степени ель. Когда как, к примеру, в Финляндии 95% сеянцев выращивают с закрытой корневой системой [55], с использованием кассет типа «Plantek» [38], а в Швеции до 90% [7].

Проведение работ по восстановлению леса регламентируется государственными документами: лесным законодательством и другими нормативными документами, к примеру, Правилами о лесовосстановлении от 2016 года. Они включают в себя подробное описание лесохозяйственных работ. Например, регламентируют нормы для количества посадочных мест на площади для различного типа посадочного материала. При искусственном восстановлении леса на местах вырубки в таежной зоне на свежих и влажных почвах густота сеянцев составляет до 3 тысяч растений на гектар, при использовании ПМЗК – 2 тысячи [28].

### **1.2. Исторический очерк.**

Развитие технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в России началось еще во второй половине прошлого века. В 1961 году были созданы первые лесные культуры трех - четырехлетними саженцами в Лисинском учебно-опытном лесхозе А. В. Преображенским. В дальнейшем начались работы по усовершенствованию данной технологии. Уже в 80-е годы появились первые контейнеризованные сеянцы, полученные посевом семян в емкости с торфом. В 90-е годы, в связи с историческими событиями в стране, работы в данной области приостановились [7]. К концу двадцатого столетия лесовосстановлением чаще стали заниматься лесопользователи и в связи с недостатком профессиональной подготовки в данной области, даже с использованием

иностранной техники и ПМЗК, затраты на создание лесных культур и уход за ними выросли. Полномасштабного перехода к использованию ПМЗК не произошло и объяснялось в основном дороговизной данной технологии [34]. Но уже во втором десятилетии 21-го века интерес к данной технологии снова возрос, работы по ее усовершенствованию, а так же механизации и автоматизации процессов посадки продолжились [8].

### 1.3. Виды посадочного материала.

Посадочный материал для формирования хвойных насаждений бывает нескольких видов. Это могут быть сеянцы - одно- или двухлетние растения, пересаженные одиножды на определенную территорию (вырубка, парк и т.д.) или саженцы - трех- или четырехлетние растения, прошедшие пересадку в школьное отделение, и последующую пересадку на места вырубок и т.п. [4]. Помимо этого как сеянцы, так и саженцы могут иметь либо открытый тип корневой системы, либо закрытый тип, то есть могут быть выращены в специальных контейнерах.

Посадочный материал с закрытой корневой системой может быть получен различными способами. Выращивание растений в пластиковых кассетах с множеством ячеек, из которых сеянцы вынимаются перед пересадкой, или в индивидуальных контейнерах, в которых они пересаживаются на лесокультурную площадь (например, бумажные горшочки – «Пейперпот» - японская разработка [38]). Так же возможно выращивание ПМЗК на пластинах из спрессованного торфа, которые в последствие разрезают перед пересадкой или помещение корней сеянца между двумя торфяными брикетами (метод «Брикет», разработанный в ЛенНИИЛХе и ЛатНИИЛХе еще в 60-е годы прошлого века) [7]. При выборе посадочного материала важно целевое назначение будущего древостоя [13], а так же почвенно-грунтовые и климатические условия территории.

### 1.4. Производственные факторы, влияющие на успешность лесных культур.

#### 1.4.1. Влияние соотношения параметров надземной и подземной части растения.

В лесохозяйственной отрасли для посадочного материала существуют нормы соотношения массы и размеров подземной и надземной частей растения. Это необходимо для того, что бы растения смогли максимально быстро адаптироваться к условиям среды в последствие выкопки и пересадки на лесокультурную площадь [54]. А так же для повышения вероятности восстановления нормального годовичного прироста сенца в высоту и в диаметре в новых условиях среды. Кроме того существует связь между приживаемостью и размерами сеянца [25]. Так как на восстановление корневой системы будет уходить множество пластических веществ, необходимо большое количество хвои (для увеличения интенсивности фотосинтеза). И наоборот, надземная часть растения

должна быть оптимального размера, что бы корневая система могла справиться с ее потребностями в воде и минеральных веществах [1].

#### 1.4.2. Влияние сроков посадки.

Помимо биометрических параметров сеянцев важны сроки их посадки сеянцев на лесокультурную площадь. В основном посадка производится в весенний или осенний период. Использование сеянцев с ЗКС позволят вести работы по созданию лесных культур так же в летний и зимний периоды, что в значительной степени говорит о преимуществе ПМЗК перед классическими сеянцами или саженцами [13].

#### 1.4.3. Влияние методов подготовки почв.

До момента высаживания на лесокультурные площади, растения выкапываются (если это не ПМЗК), переживают периоды хранения в питомнике, а так же на месте вырубki, и транспортировку [12]. Проведение всех этим манипуляций является важной частью создания лесных культур, но так же сильно влияет на жизнеспособность посадочного материала, особенно с голыми корнями. Поэтому от методов обработки почв в значительной степени зависит успешность насаждений [10]. Выбор методов обработки почв существенно зависит от почвенно-грунтовых условий. Но так же при нарушении почвенного горизонта необходимо принимать во внимание то, какие факторы впоследствии будут влиять на жизнеспособность сеянцев.

При закладывании лесных культур на не раскорчеванных делянках производят частичную подготовку почвы (к примеру, распашку, с формированием борозд). При использовании ПМЗК возможно отсутствие таковой [15]. Наилучшим вариантом создания лесных культур является высаживание растений по микроповышениям [40],[43],[49], что создает условия для формирования хорошо разветвленной, симметричной корневой системы [43]. Но зачастую в практике лесовосстановления сеянцы с ОКС высаживаются по дну борозды, для которого характерно обеднение слоев почвы (в процессе распашки), в которых поначалу будет происходить адаптация, а в последствие рост и развитие корней рассады. В частности будет наблюдаться недостаток азота. Ко всему прочему при снятии горизонтов наблюдается снижение конкурентоспособности сеянцев перед листовыми породами [25]. Другим недостатком этого метода является переувлажнение борозд, что увеличит вероятность выжимания корней сеянцев, а так же их затопление и, следовательно, угнетение их роста [11], особенно на суглинистых и глинистых субстратах. В условиях песчаных почв, к примеру, за счет механической обработки почв можно, повысить ее теплопроводность [42] путем удаления напочвенного покрова, а так же подстилки[30], и далее перемешивание органического и минерального горизонтов [42].

Рассматривая заграничный опыт посадки культур можно отметить некоторые особенности, которые не отмечались в отечественном лесоводстве. При посадке растения в лунку или в углубление рядом с ней добавляют таблетку содержащую формальдегид мочевины, который обеспечивает медленное выделение азота, а также фосфора, калия и других вторичных и второстепенных элементов (для культур в ОКС). К тому же распространена практика использования укрытий, которые защищают посадки от повреждения животными, солнечных ожогов и иссушений ветром. Выживаемость проростков у ели Энгельманн (*Picea engelmannii*) увеличилась с 58 до более 95 процентов, когда были установлены укрытия [11].

#### 1.5. Влияние экологических факторов на насаждения.

##### 1.5.1. Влияние освещенности.

По В. В. Миронову одним из наиболее значимых факторов влияющих на развитие насаждений на ранних этапах является освещенность. От нее в большой степени зависит интенсивность фотосинтеза и соответственно роста вегетативной части растения. Одним из способов оценки значения освещенности является расчет интенсивности транспирации. Пример использования данного метода приведен Мироновым. Был поставлен опыт на двухлетних сеянцах ели по выявлению данной зависимости. Для сравнения было взято два участка вырубке, контрольный участок, где агротехнический уход не производился, и опытный, где происходило систематическое скашивание травянистого покрова (освещенность была 100%). По результатам анализа полученных данных, выяснилось, что транспирация на контрольном участке была в 1,4-1,7 раза ниже, чем на опытном участке, что еще раз подчеркивает негативную роль ТКЯ [1].

##### 1.5.2. Влияние влажности.

Степень увлажнения почвы важна для создания лесных культур. Так на вырубках с влажными почвами, культуры растут лучше, так как доступность кислорода выше, чем на переувлажненных почвах [16].

##### 1.5.3. Влияние почвенного питания.

Ко всему прочему, помимо конкуренции за свет в первые несколько лет жизни на вырубке лесные культуры соперничают с травянистым покровом за элементы минерального питания, получаемые из почвы [2]. Помимо уже перечисленных ранее факторов биотопа, ограничивающих развитие и рост насаждений, к ним относится так же наличие азота в почве, конкретнее его нехватка. В лесохозяйственной практике такую проблему пытаются решить при помощи биологической мелиорации – посев люпина на места вырубок. И все же данная область остается малоизученной, а имеющийся опыт неоднозначен [7].

#### 1.6. Влияние параметров фитоценоза на рост и развитие сеянцев ели европейской



### 1.6.1. Влияние древесного яруса

В основном для создания подпологовых культур используют теневыносливые породы деревьев. Их создают в том случае, когда желают получить более продуктивный и устойчивый древостой, а так же для создания сложных насаждений (состоящих из нескольких пород деревьев). Подпологовые культуры со стороны древесного яруса испытывают как отрицательное воздействие, так и положительное. К плюсам относятся: подавление роста травянистого покрова, обогащение почвы органикой за счет листовенного опада [37], защита от позднеосенних и раннезимних заморозков [42], [44]. А негативное воздействие проявляется за счет корневой конкуренции, недостатка света [1], что приводит к снижению роста сеянцев в высоту [33]. Лесные культуры, выращенные на открытом пространстве, требуют больше ухода (уничтожение травянистого покрова и подроста лиственных пород).

Известен опыт проведения анализа высоты и диаметра стволика сеянцев ели, выращенных на открытом пространстве и под пологом [16]. В результате оказалось, что разница в значениях указанных параметров между сеянцами в различных условиях составила 42-46% соответственно (высота, диаметр) не в пользу полога. Такие различия объяснили различной степенью угнетенности (она увеличивается в подпологовых условиях)

### 1.6.2. Влияние травяного мохового покрова

На раннем этапе роста сеянцев наибольшее влияние оказывает затенение со стороны растительного покрова (травяно-кустарничкового яруса), а не со стороны древесного яруса. Постепенно, с возрастом, лесные культуры становятся способными выдерживать конкуренцию с ТКЯ [18].

Травянистый покров лучше всего развивается на открытых вырубках и в меньшей степени под пологом леса. Таким образом, плотный травянистый покров отрицательно сказывается на жизнеспособности культур ели из-за избыточного затенения. Для достижения хорошей приживаемости культур ели, травянистое покрытие не должно превышать 60-70% [21].

Как уже говорилось ранее, поскольку растениям необходимо восстанавливать часть корневой системы после ее повреждения в результате выкопки и транспортировки, им необходимо большое количество света для процесса фотосинтеза, который ограничен в силу затенения [25].

Если живой растительный покров сказывается на росте культур путем уменьшения освещенности, то мертвый напочвенный покров, при большой вегетативной массе проявляет аллелопатическое действие, которое ярче выражено на открытых рубках, чем под пологом. В частности к видам, которые обладают вышеописанным воздействием на

сеянцы относится вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L.). В Радогощинском и Анисимовском лесничествах в напочвенном покрове встречается *Calamagrostis arundinaceae* L. В основном данные получены опытным путем в лабораториях, при добавлении вытяжек в почву при прорастании семян, но не сеянцев. Повторное проведение опыта уже на лесохозяйственных участках не дало результатов подтверждающих сильное негативное или положительное действие на развитие хвойных культур водных вытяжек из вейника.

Травянистый покров ко всему прочему влияет на водное питание насаждений [25]. Коэффициент корреляции между интенсивностью процесса транспирации деревьев и значениями проективного покрытия травянистой растительности был значительным (-0,66) и отражал тесную отрицательную связь. К тому же в результате полегания травянистого войлока на сеянцы в осенний период приводит к искривлению стволиков растений, что негативно сказывается на их сохранности [20], [39].

Так же как ранее упоминалось травянистый покров, и лесные культуры конкурируют за минеральные вещества, получаемые и почвенного слоя [14], [49].

Несмотря на то, что большинство авторов считают, что травяно кустарничковый ярус играет отрицательную роль в процессах приживаемости и роста насаждений, существует так же обратное мнение. Травянистый покров в некоторых случаях может оказывать благоприятное воздействие на сеянцы. К примеру, защищать от побивания заморозками, особенно в конце мая начале июня, к которым ель очень чувствительна [41] или от процессов выжимания корневых систем, а так же от солнечных ожогов на открытой местности. Примером такого травянистого растения может служить иван-чай, который первое время может содействовать культурам в период адаптации. Помимо уже обговоренных плюсов, он составляет конкуренцию злакам, тем самым снижая отрицательное влияние злаковых на насаждения (об этом ранее уже говорилось) [5].

До тех пор, пока сеянец не окажется на вырубке и не войдет в состав насаждений, на него оказывает воздействие травянистый покров в питомнике.

В 2010 году в Архангельске был проведен анализ влияния ТКЯ на сеянцы ели с открытой корневой системой в условиях питомника. Выяснилось, что воздействие травянистого покрова на протяжении всего вегетативного сезона неравномерно и постепенно увеличивается. В среднем прирост сеянцев на свободных от травянистой растительности участках был выше на 15% , чем на участках с покрытием 0,5 (10,5 и 8,9 мм соответственно). Максимальный прирост сеянцев так же отмечается на тех площадках, где покров отсутствовал. Теснота связи между приростами сеянцев и покрытием

растительности выражается коэффициентом корреляции, который имеет высокое значение (-0,94).

В 2017 году в Пригородном лесничестве Вологодского района был произведен сравнительный анализ двух площадей, отличающихся только тем, что на одной из них проводился агротехнический уход за насаждениями, выраженный в скашивании травы. Таким образом, при сравнении биометрических показателей деревьев, а именно диаметра прикорневой шейки, общей высоты растения и годичного прироста в высоту (за 10 лет) выяснилось, что агротехнический уход благоприятно воздействовал на развитие и рост культур ели, особенно в первые несколько лет (период адаптации). Разница в общей высоте дерева между культурами на разных площадках составила в среднем 0,65 м в пользу ухоженных насаждений. Аналогично с диаметром прикорневой шейки – разница в среднем составила 2,2 см [18]. Данный опыт подтверждает негативное влияние травянистого покрова на молодые насаждения и необходимость проведения агротехнического ухода за культурами в первые годы жизни на вырубке.

То же самое влияние касается и посадок ели с ОКС в Ломоносовском лесничестве, где был проведен анализ приживаемости культур [46].

#### 1.6.3. Влияние агротехнических уходов.

Самым наилучшим способом повысить успешность лесных культур является скашивание травы, что было доказано при анализе приживаемости культур ели в Вологодской области [3]. Остальные варианты ухода, такие как прополка и в особенности рыхление почвы отрицательно сказываются на росте культур в таежной зоне, увеличивая возможность выжимания растений при наступлении морозов. К тому же при рыхлении возможно застаивание воды в углублениях, что может привести к гибели растения [3]. Помимо травянистого покрова естественное возобновление лиственных пород так же заглушает рост еловых насаждений [26]. Поэтому необходимо уже на второй год, после создания лесных культур производить работы по химической обработке [35].

#### 1.7. Опыт выращивания культур: плюсы и минусы ЗКС.

На потенциал сеянцев в составе лесных культур влияет огромное количество факторов, начиная от качества семян, методов выращивания в питомниках, условий произрастания на вырубке и степени ухода за лесными культурами [22]. Поэтому, очень важно представлять себе масштаб работы и возможности проведения тех или иных мероприятий, так как все эти факторы влияют на эффективное восстановление лесов в совокупности. Созданию продуктивных лесных культур так же могут помешать финансовые затруднения, низкая техническая оснащенность и слаборазвитые сети дорог. К тому же ель сама по себе является породой, чувствительной к плодородию почв, характеризующаяся

медленным ростом в первые годы на лесокультурных территориях, а так же страдающая от весенних заморозков [43] и конкуренции с травянистым покровом и подростом листовенных культур. Таким образом, анализируя все доступные материалы по анализу еловых насаждений, выяснилось, что ЗКС-культуры обладают множеством положительных качеств, по сравнению с ПМОК. Этот факт был доказан при анализе культур ели, созданных разным типом сенцев в Вологодской области Грибовым С. Е. в 2015 году, Жигуновым А. И. В 1998 году в Ленинградской области, а так же в работе Петухова в 2011 году, Костромская область. Но есть и работы, в которых анализ приживаемости культур не дал однозначного ответа, какой из типов посадочного материала лучше. Полученных доказательств оказалось недостаточно, что бы сделать окончательные выводы о том, влияет ли запас веществ у посадочного материала с закрытой корневой системой на такие физиологические признаки как стрессоустойчивость и питание растений. Необходимы дальнейшие исследования в этой области [52].

В крупных масштабах для создания лесных культур используют сеянцы с открытой корневой системой, а не, к примеру, саженцы, так как считается, что чем старше посадочный материал, тем сложнее ему адаптироваться к изменившимся условиям обитания [12]. Но так как при выкопке и пересадке таких сеянцев происходит нарушение всасывающих корней, а так же их высыхание, то встает проблема их приживаемости на местах вырубок. К тому же из-за плохого контакта корневой системы с почвой такие сеянцы могут страдать от нехватки воды, а следовательно и ограничены в поглощении минеральных веществ [52]. Такие образом сеянцы, выращенные в контейнерах, то есть имеющие закрытую корневую систему (ПМЗК) обладают преимуществом перед ОКС-культурами, [55] так как их корневая система защищена от повреждения и высыхания [13] торфом, а так же имеет запас питательных веществ. Так, сеянцы ели с ЗКС демонстрируют наилучшие показатели прироста и приживаемости, по сравнению с ОКС-культурами, а так же наименее подвержены депрессии вегетации после пересадки [36], [49]. Так же существует мнение, что раз такой посадочный материал, обладает вышеописанными качествами, то возможно использование сеянцев с закрытой корневой системой, характеризующихся более мелкими размерами, чем посадочный материал с открытой корневой системой [13]. К тому же, некоторые авторы, считают, что сеянцы с ЗКС полезны при использовании в тяжелых лесорастительных условиях, а так же меньше повреждаются при транспортировке, чем сеянцы с ОКС [7].

К недостаткам данной технологии относится главным образом ее дороговизна [19], исходящая из использования качественных семян [32], а так же тяжесть при

транспортировке и хранении. К тому же есть убеждения, что выход корней в почву у сеянцев с ЗКС задерживается и этому так же способствует высокое плодородие торфа по сравнению с почвами в культурах [31].

Существует отрицательный опыт создания лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой, при таком большом перечне их достоинств [58]. В 2017 году в Сосновском участковом лесничестве Ленинградской области восстановление леса после санитарных рубок происходило с использованием ПЗМК. Уже весной 2019 года была проведена работа по оценке приживаемости сеянцев сотрудниками Гринпис. При подсчете жизнеспособных сеянцев на пробных площадях выяснилось, что в основном их количество меньше минимального предела для культур, которые не считаются погибшими. А если их количество больше, то сеянцы все равно обречены на гибель, так как затоплены. В данном случае одной из причин многочисленной гибели растений является неправильный выбор технологии посадки, при которой сеянцы были высажены в дно борозд, где насаждения затенялись травянистой растительностью и страдали от полегания этой же травянистой растительности, периодически затоплялись. К тому же агротехнического ухода за культурами не последовало, что еще сильнее усугубило ситуацию [58]. Что еще раз говорит о том, что для эффективного восстановления леса мало только качественного посадочного материала.

Для полноценного перехода на использование только посадочного материала с закрытой корневой системой, имея в виду все его преимущества перед другим видом культур (сеянцы с открытой корневой системой, крупномерные саженцы), необходимо перенять и подстроить под собственные возможности [32], зарубежные технологии таким образом, что бы затраты на ПМЗК были экономически целесообразными. Таким образом, необходимо значительное финансовое подкрепление, а так же наличие различных комплексов (тепличных, складных) и предприятий [7]. Но так же необходимо при планировании восстановления лесных массивов уделять больше внимания лесокультурным условиям и методам их подготовки для высаживания рассады.

Суммируя все вышеизложенное, следует отметить, что большая часть имеющихся работ на тему приживаемости культур, основаны на анализе посадочного материала с открытой корневой системой в условиях открытых участков. В основном для анализа использовали такие критерии растений, как общая высота, годовой прирост главной оси и диаметр прикорневой шейки. В большинстве работ по сравнению эффективности различного посадочного материала, предпочтение для создания лесных культур отдают сеянцам с закрытой корневой системой. Но так же есть и пример сравнения успешности лесных культур созданных различным посадочным материалом, которое не дало однозначного

ответа, какие же сеянцы имеют больший успех на вырубках [52]. Так же нет единого мнения и о влиянии травянистого покрова на лесные культуры нет. Часть авторов выделяет отрицательные стороны такого соседства, а часть – положительные. То же самое касается и влияния древесного яруса. Информация о подпологовом выращивании культур ограничена лишь тем, что при переходе лесных культур в площадь покрытую лесом влияние древесного яруса лиственных пород более существенно сказывается, в основном тем, что затеняют ель.

## Глава 2. Материалы и методы.

### 2.1. Физико-географическая характеристика района исследований

Сбор геоботанических данных производился летом 2018 года на северо-востоке Ленинградской области, в Бокситогорском районе (Рис. 1). Территория эта на юге граничит с Хвойнинским районом и на юго-западе с Любытинским районом Новгородской области, на востоке с Бабаевским районом и на юго-востоке с Чагодощенским районом Вологодской области, а на северо-западе с Тихвинским муниципальным районом Ленинградской области. По площади Бокситогорский район занимает 7200 кв.км.



**Рис. 1.** Физико-географическое расположение района, где был собран геоботанический материал для исследования. Цифрами указаны лесничества: 1-Анисимовское, 2-Радогощинское.

#### 2.1.1. Ландшафты.

По физико-географическому районированию Бокситогорский район относится к Северо-Валдайскому округу и делится на 2 части: западную – Тихвинскую гряду и восточную – Судско-Чагодскую. Для западной части района (Тихвинской гряды) свойственны холмисто-котловинный и грядово-ложбинный типы ландшафта, относящиеся к холмисто-моренной группе, где естественный дренаж может быть как усиленным (на склонах), так и слабым (в ложбинах и котлованах). Увлажнение данной территории соответственно недостаточное (атмосферное) на возвышенностях и систематически-излишнее в

отрицательных формах рельефа (поверхностно-сточное или грунтовое). Восточная часть района (Судско-Чагодский тип ландшафта) относится к равнинному типу, озерно-ледниковой песчаной группе, которой присущ слабый естественный дренаж, а так же нормальное или постоянно избыточное увлажнение (атмосферное или грунтовое) [56].

#### 2.1.2. Геоботаническое районирование и растительность.

По районированию Нечерноземья территория Бокситогорского района относится к Тихвинскому округу полосы южнотаежных лесов Северодвинско-Верхнеднепровской подпровинции Североевропейской таежной провинции [2]. Леса этой территории относятся к подзоне южной темнохвойной тайги [17], и характеризуются 1 или 2 классом бонитета. Равнинный характер описываемой территории связан с размещенной здесь докембрийско-палеозойской кристаллической гранито-гнейсовой платформы, залегающей под толщей осадочных пород и четвертичных отложений [2]. Тихвинский округ располагается на возвышенной равнине, характерными чертами которой является наличие холмов и карстовых озер. Восточная его часть содержит множество заболоченных пространств. Все это четвертичные образования возникшие после оледенения.

Леса этой части Ленинградской области в основном сложены елью – коренная порода, (ельники кисличные, черничные, в понижениях рельефа - долгомошные и сфагновые; *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* Ledeb. x *P. abies*), но возможны примеси в древостое пихты (*Abies sibirica*) или лиственницы (*Larix sibirica* Ledeb.). На востоке района на торфяных почвах располагаются сосновые вересковые, брусничные или лишайниковые, а по линии болот - сосновые зеленомошные или долгомошные и сфагновые леса. На юге Бокситогорского района на месте еловых лесов развиваются вторичные березовые, осиново-березовые или сероольховые леса [2]. И еловые, и мелколиственные леса развиваются в основном на суглинистых почвах. На песках возможно произрастание сосновых лесов. В напочвенном покрове встречаются как бореальные виды (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt., *Oxalis acetosella* L., *Vaccinium myrtillus* L. и т.д.), так и неморальные виды (*Asarum europaeum* L., *Stellaria holostea* L. и т.п.) [2]. Уровень лесистости в западной части района - средний (35-55%, еловые леса), а в восточной части – высокий (>55%, сосновые леса) [57].

#### 2.1.3. Климатические условия района.

Бокситогорский район располагается в умеренно-континентальном климатическом поясе. Среднемесячная температура января составляет -10–12 °С, а июля — 15–17 °С. Среднегодовое годовое количество осадков 600–750 мм [17].



#### 2.1.4. Характеристика почв.

Для большей части Бокситогорского района характерны сильноподзолистые или подзолистые почвы, глинистые, суглинистые, супесчаные и песчаные. Юго-восточную часть района занимают болотные и торфяные почвы. На юге района располагаются слабо- или среднеподзолистые песчаные и супесчаные почвы. В юго-западной части всей территории, примерно в равной степени распространены, дерново-подзолистые суглинистые и сильноподзолистые, супесчаные или песчаные, а так же болотные и торфяные почвы. Основной почвообразующей породой здесь являются суглинки валунные. По содержанию микроэлементов характеризуется повышенной концентрацией никеля и бора, нормальной (допустимой) концентрацией цинка, кобальта и марганца, пониженной (допустимой) - меди и стронция, и недостаточной молибдена [57].

#### 2.2. Методика сбора материала.

Всего было сделано 202 описаний, при этом одно описание соответствовало одному сеянцу ели. Нами обследовано и включено в анализ из 202 сеянца ели европейской. 151 - имел закрытую корневую систему, а 51 – открытую корневую систему (Табл. 1). Таблица 1 так же содержит информацию о количестве сеянцев, созданных различной технологией и высаженных в отличающиеся условиях каждой делянки.

**Таблица 1.** *Распределение количества сеянцев по условиям произрастания (подпологовые и в окнах древостоя) в Анисимовском и Радогощинском лесничествах.*

Лесничество	Условия делянок	Квартал	Выдел	Тип ПМ	Общее количество сеянцев	Количество сеянцев
Анисимовское	под пологом	86	2; 17	ПМОК	51	27
	без полога					24
Радогощинское	под пологом	205	5	ПМЗК	151	77
	без полога					74

Такое неравномерное количество сеянцев с ОКС и ЗКС связано с тем, что в основном в подпологовых условиях на делянках были высажены сеянцы с закрытой корневой системой. При этом обращаем внимание, что соотношение сеянцев по условиям (наличие / отсутствие полога) примерно равномерное в каждом типе посадочного материала.

#### 2.2.1. Измерение биометрических параметров сеянцев.

В одно геоботаническое описание вошло:

1) измерение биометрических показателей сеянцев, как – прирост по стволу за первый и второй годы жизни на рубке, прирост главной оси в питомнике, подсчет количества распутившихся и засохших почек, визуальная оценка внешнего вида растения, которая выражалась в баллах (Табл. 2):

**Таблица 2.** Классификация сеянцев по внешнему виду.

Балл	Оценка внешнего вида	Критерии
5	Отличный	растение имеет зеленую хвою, все почки раскрылись, признаки усыхания хвои и ветвей отсутствуют.
4	Хороший	растение в целом зеленое, хвоя лишь частично пожелтевшая или есть несколько (1-2) пожелтевших почек.
3	Удовлетворительный	растение значительно пожелтевшее, либо с большим количеством пожелтевших или не раскрывшихся почек.
2	Плохой	растение полностью пожелтевшее, не имеющее раскрывшихся живых почек.

2) составление списка видов травяно-кустарничкового и мохового яруса с указанием проективного покрытия каждого вида в отдельности и высоты травостоя, и общего проективного покрытия в процентах.

#### 2.2.2. Определение механического состава почв.

Определение гранулометрического состава почв и степень их увлажненности на территории всех четырех лесничеств, проводилось в полевых условиях органолептическим методом, без специального оборудования. При определении влажности почв этот метод основывается на количестве жидкости, которая появляется при сжатии комка почвы в руке. Таким образом, выделяли четыре типа почв по влажности: мокрые, сырые, свежие и сухие. При определении механического состава используют два метода: сухой и мокрый. В первом случае сухой ком земли растирают в руках и определяют механический состав по тактильным ощущениям. Во втором случае образец земли смачивают, затем раскатывают из него шарик, шнур и замыкают в кольцо. Последнее получается только в случае, если в почве преобладают глины. Связи с этим, при использовании обоих методов выделяют следующие категории: песок, супесь, легкий, средний и тяжелый суглинок, глину. В Боситогорском районе при полевом определении параметров почв получились следующие результаты: для 86 квартала Анисимовского лесничества характерна свежая супесь, для 205 квартала Радогощинского — сырой суглинок.

### 2.3. Методика обработки материала.

После окончания этапа сбора геоботанических данных, весь материал был перенесен в электронный вид в виде таблиц программы Excel. Далее был произведен анализ интересующих параметров при помощи пакета программы Statistica версии 12.0. До того как были выбраны методы анализа была произведена проверка на нормальное распределение таких данных как: приросты за 2017, 2016 года, приросты в питомнике, общая высота и количество почек сеянцев ели обыкновенной. Проверка выборок на нормальность проводилась при помощи критерия Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и наглядно продемонстрирована на гистограммах. Поскольку распределение значение переменных не соответствовало нормальному распределению, в дальнейшем для работы с данными были использованы непараметрические методы анализа.

Для выявления связи между исследуемыми параметрами сеянцев и фитоценотическими условиями среды (сомкнутость древостоя, высота и общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, общее проективное покрытие мохово-лишайникового яруса) был использован корреляционный анализ Спирмена. А так же для выявления связи между параметрами сеянцев и факторами биотопа (влажность почвы, освещенность, почвенное питание) и экотопа (реакция среды).

Для того, что бы выяснить существование разницы или ее отсутствие между параметрами сеянцев, выращенных по различной технологии (ПЗМК и ОКС), высаженные на вырубке с различными условиями среды (подпологовое выращивание и на открытом пространстве) использовался критерий Краскела-Уолиса (Kruskal-Wallis test, далее K-W test) и медианный тест.

Характеристика контрастных условий среды исследуемых делянок проводилась с использованием фитоиндикации методом экологических шкал Элленберга. Перед этим были составлены списки видов (Приложение 1.) травянистой растительности для каждого типа местообитания, названия приводились в соответствии с Plant List.

## Глава 3. Результаты и обсуждения

### 3.1. Характеристика района исследований.

Данные были собраны в двух различных лесничествах: Анисимовское и Радогощинское, в период с 8 по 22 июня 2018 года. Сеянцы ели с закрытой корневой системой использовались для посадки в Радогощинском лесничестве, в Анисимовском же – сеянцы ели с ОКС. Лесничества имеют разное географическое расположение, Анисимовское – на юге Бокситогорского района, а Радогощинское – на севере.

#### 3.1.1. Условия делянки № 1 Анисимовского лесничества.

На территории делянки происходила частичная обработка почвы, характерная для не раскорчёванных рубок [18]. Была произведена пропашка с плугом, после чего образовались борозды через каждые 3-3,5 м (в местах, где это было возможно). На дно канав были высажены чистые культуры ели с ОКС в шахматном порядке на расстоянии 0,7-1 м друг от друга. Посадка велась вручную при помощи меча Колесова. Уборка порубочных остатков и выкорчевывание пней на данной территории не производилась.

Часть делянки занимают культуры на открытом пространстве (на переднем плане, Рис. 2). В другой части вырубке был оставлен осиновый сильноразреженный древостой (на заднем плане, Рис. 2). Таким образом, лесорастительные условия здесь делятся на два типа: подпологовые и открытые. Для данной территории свойственны такой тип почвенного субстрата, как свежая супесь, тип леса – осинник кисличный на дренированных супесях и песках.

В условиях отсутствия древесного полога (Рис. 3) в напочвенном покрове преобладают (доминируют пятнами, в виду гетерогенности среды, вследствие мероприятий по вырубке леса и подготовки почв для посадки культур): *Fragaria vesca* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Juncus effusus* L., *Rubus saxatilis* L. Всего при геоботаническом описании было выявлено 19 видов травянистых растений и два вида мхов (*Polytrichum juniperinum* Hedw., *Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv). А так же множество побегов рябины и осины высотой до 0,5 м. Был оставлен подрост ели, а так же просматривалось естественное возобновление, но в небольших количествах (Рис. 2).



**Рис. 2.** Общий вид на делянку с культурами ели при сохранении осинового полога (квартал 86, делянка 1, выдел 2/17, Анисимовское лесничество). Автор фотографии: Кузьмина Ю.В.



**Рис. 3.** Посадки сеянцев с ОКС; делянка 1, выдел 2/17, Анисимовское лесничество. Автор фотографии: Чеснокова Полина Дмитриевна.

В напочвенном покрове в условиях наличия древесного полога (Рис. 4) доминируют: *Fragaria vesca* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Juncus effusus* L. Всего было описано 29 видов травянистых растений и три вида мхов: *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv, *Dicranella heteromalla* (Hedw.) Schimp. Сеянцы здесь были посажены на дно канавы на расстоянии 1м в 2016 году (Рис. 5).



**Рис. 4.** Анисимовское лесничество, Сохранение древесного яруса – осина. Автор фотографии: Чеснокова П.Д.



**Рис. 5.** Сеянец ели среди разнообразия растений напочвенного покрова. Анисимовское лесничество, под пологом осин. Автор фотографии: Чеснокова П. Д.

### 3.1.2. Условия делянки №1 Радогощинского лесничества.

На территории данной делянки обработка почвы, а именно формирование борозд не происходило. Производилось создание чистых культур. Высаживание сеянцев с ЗКС совершалось в ненарушенный травянистый покров друг за другом на расстоянии 1 м. Ряды сеянцев располагались на расстоянии 3-3,5 м друг от друга. Наравне с предыдущим лесничеством, здесь условия так же различаются. Часть сеянцев растут на открытом пространстве (на переднем плане, Рис. 6), а другая часть – под осиновым пологом (на заднем плане, Рис. 6). Для данной территории характерен такой тип почвенного субстрата, как сырой суглинок, тип леса – осинник травяно-дубравный на дренированных суглинках. На открытом участке (Рис. 7) при сборе геоботанического материала было описано 43 вида травянистых растений. Растительность на делянках неравномерная, выделяется несколько локально доминирующих видов: *Juncus filiformis* L., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Prunella vulgaris* L., *Trifolium medium* L. Моховой покров представлен двумя видами: *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J.Кор., *Polytrichum juniperinum* Hedw. и выражен слабо (встречаются виды только в 3 описаниях).



**Рис. 6.** Общий вид вырубki. Радогощинское лесничество, квартал 205, делянка 1, выдел 5.  
Автор фотографии: Кузьмина Ю.В.



**Рис. 7.** Описание пробной площадки. Культуры ели с ЗКС на открытом пространстве, Радогощинское лесничество, квартал 205, делянка 1, выдел 5. Автор фотографии: Кузьмина Ю.В.

В подпологовых условиях (Рис. 8) в травяно-кустарничковом ярусе встречаются 43 вида травянистых растений. Растительность также гетерогенна. Доминантами на вырубке являются: *Aegopodium podagraria* L., *Convallaria majalis* L., *Fragaria vesca* L., *Melampyrum pratense* L., *Pulmonaria officinalis* L., *Pyrola rotundifolia* L., *Rubus saxatilis* L. И три вида мхов - *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J.Kop., *Polytrichum juniperinum* Hedw.



**Рис. 8.** Лесные культуры с ЗКС под пологом древесного яруса, Радогощинское лесничество, квартал 205, делянка 1, выдел 5. Автор фотографии: Кузьмина Ю.В.



3.2. Характеристика делянок по фитоценотическим, экотопическим и биотопическим условиям выращивания культур ели в лесничествах.

**Таблица 3.** Таблица средних значений параметров фитоценоза делянок с различными типами местообитаний (подпологовые/открытые).

Культуры:	ОКС – Анисимовское		ЗКС - Радогощинское	
	Под пологом	Без полога	Под пологом	Без полога
Параметры (мм):				
Среднее значение высоты травостоя	350±30	310±20	360±20	480±20
Среднее значение проективного покрытия травянистого яруса (%)	40±5	46±5	71±3	76±2
Среднее значение проективного покрытия мохового яруса (%)	18±3	12±2	6,5±1,5	0,7±0,5
Среднее значение сомкнутости древесного яруса (в долях от 1)	0,25±0,03	0	0,36±0,02	0

Местообитания (подпологовые и открытые) в исследуемых делянках характеризовались следующими фитоценотическими критериями: высота и проективное покрытие травянистого покрова, проективное покрытие мохового яруса и сомкнутостью древесного яруса (при наличии). Так, исходя из данных, представленных в таблице 3, на открытом пространстве в Радогощинском лесничестве моховой покров практически отсутствует, среднее значения ПП (проективное покрытие) менее 1 %, а проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса больше, чем под пологом осин (Табл. 3). Это объясняется тем, что в основном на открытом пространстве доминируют злаковые травянистые растения, которые дают значительное покрытие, что угнетает развитие мохового покрова. Высота травостоя меньше (достоверность разницы при  $p < 0.05$ , Kruskal-Wallis test;  $p = 0,0001$ ) в подпологовых условиях, так как подвергается угнетающему действию со стороны древесного яруса, которое выражается в затенении, а, следовательно, в недостатке света (теснота связи между высотой травостоя и сомкнутостью является статистически достоверной, коэффициент корреляции Спирмена = -0,33). С другой стороны в Анисимовском (Табл. 3) лесничестве высота травянистого покрова больше под пологом (Kruskal-Wallis test:  $p = 0,046$ ), так же разница наблюдается и в проективном покрытии травостоя в контрастных условиях. По проективному покрытию мохового яруса различий не выявлено.

**Таблица 4.** Таблица средних значений показателей экологических факторов местообитаний исследуемых делянок.

Лесничество	Условия	Факторы среды			
		Освещенность	Влажность	Реакция среды	Богатство почвы
Анисимовское	под пологом	6,6±0,1	5,8±0,1	4,4±0,1	4,3±0,1
	без полога	6,2±0,1	5,2±0,1	4,5±0,1	4,9±0,2
Радогощинское	под пологом	5,7±0,1	5,8±0,1	5,5±0,1	4,5±0,2
	без полога	6,7±0,1	6,6±0,1	5,4±0,1	4,9±0,1

По таким параметрам как реакция среды и почвенное богатство различий практически нет внутри одной делянки (Табл. 4). Для Радогощинского лесничества различия в освещенности в подпологовых условиях и на открытых площадках составили 1 балл. Это лишь говорит о том, что под пологом больше теневыносливых растений, что логично. А вот влажность в условиях наличия полога ниже на 0,8. Для Радогощинского лесничества разница по данным факторам между контрастными условиями оказалась еще менее выраженной, чем для Радогощинского.

При проведении корреляционного анализа между данными параметрами (Табл. 4) и количеством почек и жизненностью семян значимая связь была обнаружена только для семян с открытой корневой системой (Табл. 5). Чем выше влажность, тем лучшим жизненным состоянием характеризуются культуры. Это можно объяснить тем, что для семян с открытой корневой системой в данных условиях основным фактором из предложенных является степень увлажнения почв.

**Таблица 5.** Теснота связи между факторами биотопа и экотопа анализируемых делянок и параметрами исследуемых семян.

Variable	Spearman Rank Order Correlations $p < 0,05000$			
	освещенность	влажность	реакция среды	богатство почвы
ЗКС-культуры под пологом				
Количество почек	0,009	-0,105	0,061	0,030
Жизненность	-0,055	-0,153	0,019	0,074
ЗКС-культуры в отсутствии полога				
Количество	-0,143	-0,144	0,070	0,044

почек				
Жизненность	-0,078	-0,140	-0,015	-0,070
ОКС культуры под пологом				
Количество почек	0,099	0,026	-0,242	0,228
Жизненность	0,069	0,089	-0,183	-0,080
ОКС-культуры в отсутствии полога				
Количество почек	-0,288	0,217	0,079	-0,119
Жизненность	-0,019	0,471	0,536	0,401

3.3. Сравнительная характеристика культур ели, созданных разным типом посадочного материала в подпологовых условиях и на открытых пространствах.

В таблице 6 представлены средние значения биометрических параметров сеянцев ели, созданных различным типом посадочного материала.

**Таблица 6.** Средние значения параметров культур ели, созданных в отличающихся лесокультурных условиях, посадочным материалом разного типа

Культуры:	ОКС – Анисимовское		ЗКС - Радогощинское	
	Под пологом	Без полога	Под пологом	Без полога
Параметры (мм):				
Среднее значение прироста во второй жизни год на вырубке	32±2	40±4	40±3	31±2
Среднее значение в первый год жизни на вырубке	20±2	28±5	23±2	24±2
Среднее значение прироста в питомнике	25±2	27±3	25±2	26±2
Среднее значение высоты сеянца	158±7	180±12	160±6	170±4
Среднее количество почек (шт.)	7±1	9±1	11±1	10±1

3.3.1. Сравнение параметров ЗКС-культур в различных условиях за период роста в питомнике и на вырубке:

При сравнении средних значений приростов по главной оси ЗКС-культур в подпологовых и открытых условиях за второй год жизни на вырубке, разница составила 9 мм. Статистический анализ подтвердил, что данная разница существенна (K-W test:  $p = 0,0072$ ). Таким образом, в условиях сохранения полога осин на второй год в составе лесных культур сеянцы ели дают в среднем больший прирост. Разница в приростах за первый год жизни в условиях вырубки не существенна (около 1 мм). Сравнивая средние

значения по приростам сеянцев за первый год жизни в делянке, как в подпологовых условиях, так и на открытом пространстве, и средним приростам в питомнике различий не наблюдается, что подтверждено статистически (Kruskal-Wallis test:  $p = 0,25$  и  $p = 0,6$ ). Таким образом, фаза приживания сеянцев в данном случае характеризуется сходными значениями прироста в первый год на вырубке и прироста в условиях питомника. В среднем общая высота сеянцев больше на 10 мм в условиях отсутствия полога. Статистический анализ подтвердил значимость этой разницы (K-W test:  $p = 0,03$ ). Значительной разницы в количестве почек в различных условиях между сеянцами выявлено не было (K-W test:  $p = 0,6$ ). Из данного сравнения следует, что рост в высоту у сеянцев под пологом выражен сильнее. По-видимому, в условиях затенения древесным ярусом фактор света имеет большое значение для ЗКС культур ели.

### 3.3.2. Сравнение посадочного материала с открытой корневой системой в отличающихся условиях произрастания:

Статистический анализ выявил, что разница в приростах на второй год жизни в делянке существенна (Kruskal-Wallis test:  $p = 0,02$ ), составляет в среднем  $8 \pm 3$  мм, в пользу ОКС-культур в условиях отсутствия полога (Табл. 6). Но значимость разницы в  $8 \pm 3$  мм в первый год жизни сеянцев статистически не подтвердилась (K-W test:  $p = 0,2$ ). По количеству почек и общей высоте сеянцы не различаются (K-W test:  $p = 0,2$ ,  $p = 0,2$  соответственно). Явное торможение роста замечено у культур ели созданных в подпологовых условиях (K-W test:  $p = 0,037$ ), чего не было выявлено для насаждений, растущих на открытом пространстве (K-W test:  $p = 0,5$ ). Таким образом, сеянцы с ОКС оказываются успешнее на открытых участках, чем в подпологовых условиях.

### 3.4. Анализ жизненности сеянцев ели при различных технологиях выращивания посадочного материала.

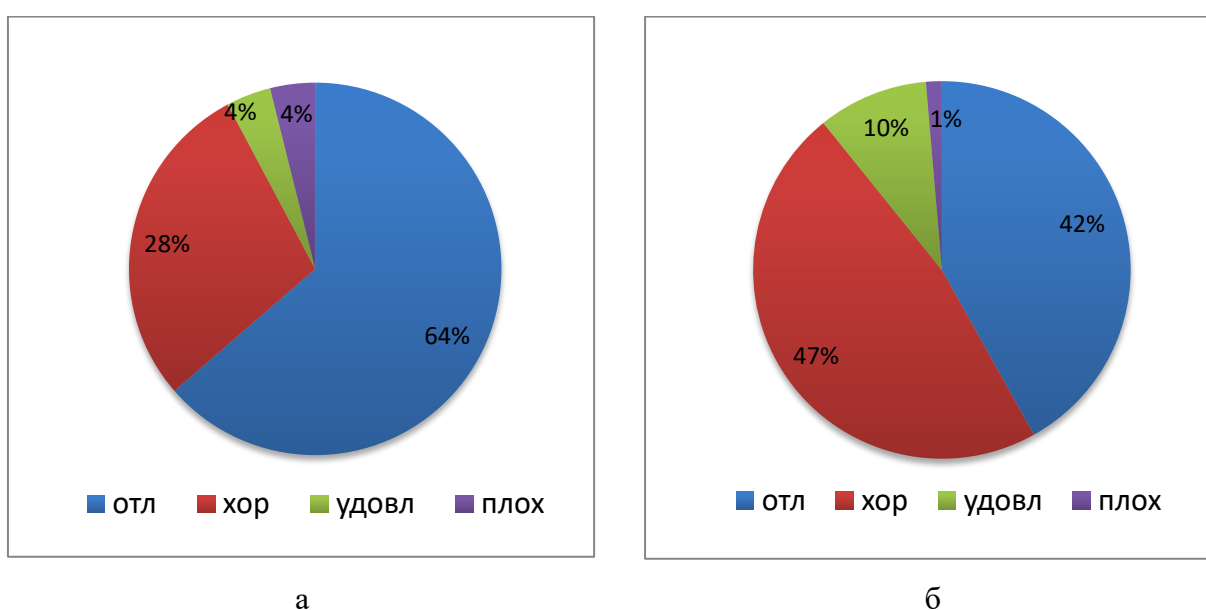
Исследуемые сеянцы находятся на стадии приживания, которая длится несколько лет и начинается сразу после перехода посадочного материала в лесные культуры [29]. Далее следует уже фаза индивидуального роста и развития (классификация Кобранова П.Н.). В фазу приживания наблюдается значительный отпад сеянцев [24], а так же снижение роста в высоту [53], связанный с восстановлением поврежденной корневой системы и адаптации к новым условиям среды.

Опытным путем был установлен факт, что у двухлетних сеянцев ели эта фаза продолжается год и характеризуется торможением роста в высоту и ширину. Окончанием стадии, когда сеянцы испытывают послепересадочный стресс, является период, когда прирост в высоту становится равным или большим, чем прирост за последний год пребывания в питомнике. При этом так же необходимо учитывать экологические и

топографические особенности местоположения вырубки, а так же методы обработки почв и лесохозяйственные работы по уходу за лесными культурами [27].

Фаза приживания является одной из самой важных стадий в жизни насаждений, так именно тогда происходит их взаимодействие с окружающей средой. В этот период сеянцы демонстрируют свой потенциал в зависимости от физиологических и морфологических параметров, что в дальнейшем и определит их полевые характеристики [53]. Считается, что контейнеризованные сеянцы лучше переносят данный период, так как за счет торфа их корневая система развивается быстрее и становится более конкурентоспособной, чем у сеянцев с голыми корнями [14].

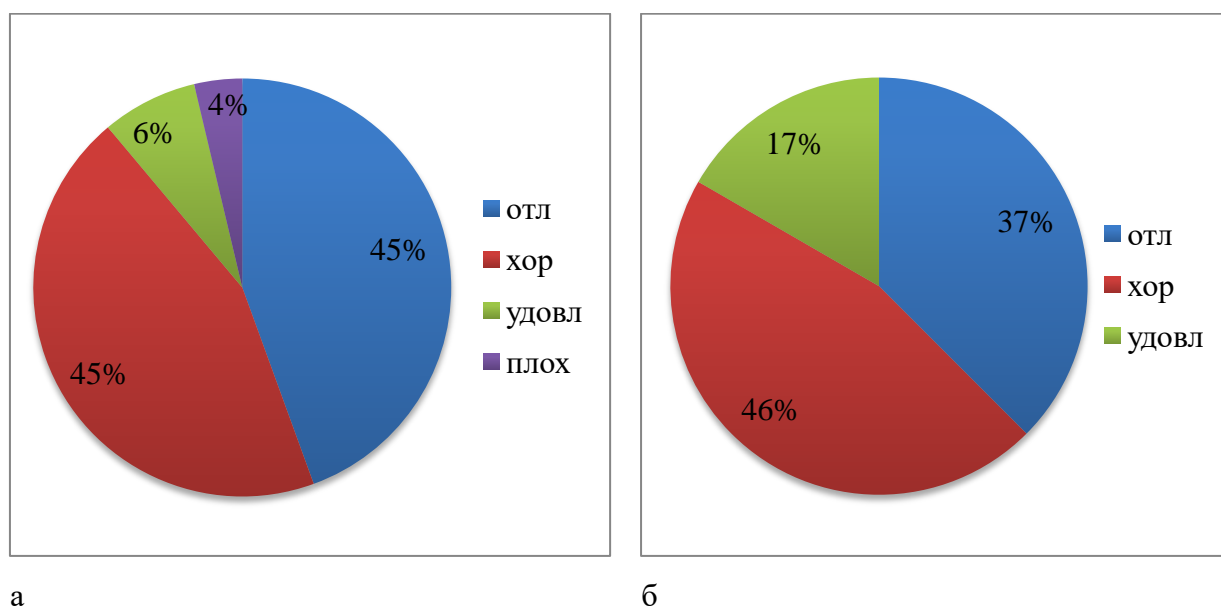
### 3.4.1. Сравнение сеянцев с ЗКС в разных условиях произрастания:



**Рис. 9.** Соотношение сеянцев ЗКС – культур ели европейской с разной жизненностью при подпологовом выращивании (а) и без полога (б).

На диаграммах показано, что в целом сеянцы с ЗКС в разных условиях выращивания имеют хорошую или отличную жизненность – 92 % (Рис. 9а) и 89 % (Рис. 9б). Доля сеянцев с оценками «плохо» и «удовлетворительно» составляет 8 % и 11 % соответственно. Но для ЗКС-культур в подпологовых условиях большее количество сеянцев имеют оценку «отлично» – 64 %, тогда как для сеянцев ели на открытом пространстве всего 42 %. Статистический анализ (K-W test:  $p=0,0074$ ) так же подтверждает наличие разницы в качестве сеянцев ели обыкновенной в различных условиях среды. А именно, что в подпологовых условиях сеянцы обладают лучшими жизненными показателями.

### 3.4.2. Сравнение ОКС-культур при контрастных условиях среды:



**Рис. 10.** Соотношение сеянцев с ОКС разной жизненности при выращивании под пологом (а) и в условиях его отсутствия (б).

Из соотношений качества сеянцев (Рис. 10) видно, что большее количество растений имеют оценки «отлично» и «хорошо». Суммарно они составляют для ОКС-культур под пологом и без 90 % и 83 % соответственно. Но сеянцы в условиях отсутствия древесного полога в основном имеют оценку «хорошо» - 46 %, а 37 % – «отлично», когда как доля сеянцев с оценкой «хорошо» и «отлично» в подпологовых условиях равна (по 45 %). Также замечено, что доля сеянцев с оценкой «удовлетворительно» на открытом участке составляет 17 % - это наибольший показатель для 4 видов участков. Но при этом анализ Краскела-Уолиса ( $p=0,14$ ) не подтверждает наличие разницы в качестве сеянцев ели обыкновенной в разных условиях произрастания.

### 3.5. Взаимосвязь параметров сеянцев с фитоценоотическими характеристиками делянок. Корреляционный анализ.

Из таблицы 7 видно, что чем выше проективное покрытие травянистой растительности в подпологовых условиях, тем меньше образуется жизнеспособных почек у культур ели с ЗКС. Напротив, на открытых территориях травянистый покров положительно коррелирует с количеством почек и в данной ситуации выполняет защитную роль (к примеру, защищают от прямых солнечных лучей) на культуры, которые характеризуются лучшей сохранностью в данных условиях (смотри выше анализ жизненности). Проективное покрытие мохового покрова, которое в среднем составляет всего  $6,5 \pm 1,5$  %, благоприятно сказывается на развитии сеянцев в подпологовых условиях. Информации о связи между успешностью культур ели и наличием мохового яруса найти не удалось.

**Таблица 7.** Теснота связи между факторами местообитания и количеством почек культур ели, созданных разным типом посадочного материала в условиях наличия и отсутствия древесного яруса.

Spearman Rank Order Correlations $p < 0,05$				
Лесничество	Анисимовское		Радогощинское	
Признак сеянцев	Количество почек			
Параметры фитоценоза/ условия среды	Под пологом	Без полога	Под пологом	Без полога
Сомкнутость	-0,24	-	-0,1	-
Проективное покрытие мохового яруса	0,22	-0,32	0,23	0,05
Проективное покрытие травянистого яруса	-0,37	-0,20	-0,3	0,26
Высота травостоя	-0,51	-0,03	-0,04	-0,01

Образование почек у сеянцев с ОКС в подпологовых условиях тесно связано с высотой травостоя, чем он выше, тем меньше почек будет образовывать сеянец (Табл. 7). Значимой связи между сомкнутостью древостоя и количеством почек как сеянцев с ЗКС, так и с ОКС выявлено не было. Основную роль на данном этапе в жизни сеянцев играет травостой.

**Таблица 8.** Теснота связи между параметрами фитоценоза и жизненным состоянием культур ели.

Spearman Rank Order Correlations $p < 0,05$				
Лесничество	Анисимовское		Радогощинское	
Признак сеянцев	Жизненность			
Параметры фитоценоза/ условия среды	Под пологом	Без полога	Под пологом	Без полога
Сомкнутость древостоя	0,05	-	-0,01	-
Проективное покрытие мохового яруса	0,12	-0,44	0,08	0,03

Проективно покрытие травостоя	-0,05	0,21	0,06	0,27
Высота травостоя	-0,12	-0,2	-0,05	-0,06

На жизненное состояние культур ели, созданных с использованием ПМЗК на открытых участках, благоприятно воздействует травянистый покров и, как уже было сказано ранее, скорее всего, выполняет защитную роль. В подпологовых условиях значимой связи между фитоценотическими параметрами делянок и жизненностью культур обнаружено не было, как и для ОКС-культур в том числе. Для сеянцев с ОКС можно отметить, что исходя из таблицы 8, травянистый покров имеет тенденцию к негативному влиянию. А моховой ярус значительной степени отрицательно сказывается на жизненном состоянии культур.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В заключении можно сказать, что в фазу приживания наибольшее влияние на рост и развитие лесных культур оказывает травянистый ярус, а именно его проективное покрытие, нежели сомкнутость древесного яруса. Проективное покрытие травостоя (ППТ) на открытых участках положительно коррелирует с параметрами сеянцев с закрытой корневой системой, что говорит о защитной роли травянистого яруса в данных условиях. С другой стороны отношения параметров ЗКС-культур с ППТ в подпологовых условиях характеризуются отрицательной корреляцией. Для культур ели, созданных посадочным материалом с открытой корневой системой, в подпологовых условиях основным фактором, отрицательно сказывающимся на количестве почек сенца, является высота травостоя. Влияние сомкнутости древесного яруса, а так же проективного покрытия травянистой растительности, выявлено не было. Но, исходя из значений коэффициентов корреляции, имеют тенденцию к отрицательному воздействию на рост и развитие насаждений, созданных сеянцами с открытой корневой системой. Из таких факторов среды как, освещенность, влажность субстрата и почвенное питание, тесная связь характерна между жизненным состоянием культур с открытой корневой системой и влажностью субстрата. Древесный ярус оказывает влияние на культуры через трансформацию основных экологических факторов, как абиотической природы (освещенность, влажность), так и биотической (под пологом покров лесных трав обычно более разрежен и более низкий, чем на открытых пространствах).

Таким образом, после сравнения культур ели, высаженных в контрастные условия среды (наличие и отсутствие сомкнутого древостоя осины) можно сделать следующие **выводы**:

- 1) В подпологовых условиях культуры ели, созданные посадочным материалом с закрытой корневой системой, обладают наилучшими показателями жизненности, в отличие от культур, созданных на открытых участках (с оценкой «отличная» - 64 % и 42% соответственно) и характеризуются большим приростом по главной оси на второй год после посадки (40 мм в среднем).
- 2) Сеянцы ели с открытой корневой системой, напротив, в условиях отсутствия полога имеют наибольшие показатели прироста на второй год после пересадки в лесокультурные условия (в среднем 40 мм), чем в подпологовых условиях. Значительной разницы в жизненном состоянии сеянцев выявлено не было.

- 3) В условиях сохранения древесного полога увеличение проективного покрытия травостоя приводит к подавлению процессов образования почек у сеянцев ели с закрытой корневой системой.
- 4) Напротив, в условиях открытых участков с увеличением проективного покрытия травостоя, увеличивается количество жизнеспособных почек, а так же улучшается жизненное состояние контейнеризированных сеянцев.
- 5) С увеличением средней высоты травянистого покрова в подпологовых условиях, уменьшается количество жизнеспособных почек у культур ели с открытой корневой системой.
- 6) На открытой территории вне влияния древесного полога жизненное состояние сеянцев с открытой корневой системой зависит от влажности почв. Наилучшими показателями жизненности обладали сеянцы в условиях влажности около 5 баллов по шкале Элленберга.
- 7) Прямого влияния сомкнутости крон сохраненного древесного полога на биометрические показатели и жизненность сеянцев выявлено не было вне зависимости от типа посадочного материала.

### **Рекомендации**

В результате проведенного исследования можно с осторожностью дать следующие рекомендации. Поскольку это всего лишь фаза приживания.

1. При выращивании насаждений, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой в подпологовых условиях, для увеличения освещения данного местообитания предлагается агротехнический уход за травянистым покровом (скашивание его на уровне сеянца).
2. Для повышения успешности еловых насаждений, созданных с использованием посадочного материала с открытой корневой системой в первые несколько лет так же необходимо проводить агротехнический уход, путем механической (скашивание) обработки напочвенного покрова на участках, где древесный ярус отсутствует.

### **Благодарности**

Выражаем благодарность компании: ООО «Майер-Мелнхоф Хольц Ефимовский», в содействии в работе и предоставлении необходимых ресурсов для сбора данных.

## Список использованной литературы

1. Агеев А. А. Лесные культуры: учебное пособие для студентов направления 35.03.01 Лесное дело. Красноярск, 2017; 95 с.
2. Александрова В. Д., Юрковская Т. К. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР; Наука: Ленинград, 1989; 63 с.
3. Бабич Н.А., Гаевский Н.П., Канюшатов О.А. Культуры ели Вологодской области. Архангельск, 2000; 160 с.
4. Бабич Н. А., Словарь справочник таежного лесокulturника; СевНИИЛХ; Архангельск, 2003; 264 с.
5. Бабич. Н. А., Нечаева И.С., Сорная растительность лесных питомников: монография; Архангельск, 2010; 187 с.
6. Багаев, С. С. Оценка состояния опытно-производственных культур ели, заложенных по разным технологиям; Санкт-Петербург, 2016; 13с.
7. Бартенев И.М. К вопросу создания лесных культур посадкой ПЗМК; Лесотехнический журнал 2013, 2(10), 123-130 с.
8. Бурцев Д.С. Развитие исследований в области совершенствования технологий выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте лесного хозяйства; Труды научно-исследовательского института лесного хозяйства 2014, 2, 27-31 с.
9. Грибов С. Е., Ганжа Н. В. Лесоводственно - экономическая оценка лесных культур, созданных различным видом посадочного материала; Молочнохозяйственный вестник 2015, 1 (17), 14-22 с.
10. Гузюк М.Е., Степанова О.П. Состояние опытных культур ели в Лисинском учебно-опытном лесном хозяйстве. Санкт-Петербург.
11. Данилов Ю.П., Попова А.А. Бурцев Д.С. Влияние факторов технологии создания лесных культур ели на приживаемость в Лисинском УОЛХ, Санкт-Петербург.
12. Данченко, А. М., Кабанова С. А., Данченко М. А., Муканов Б. М. Лесные культуры: учебное пособие для академического бакалавриата, Юрайт: Москва, 2018, 235 с.
13. Жигунов А. В., Данилов Д.А., Шестакова Т.А., Неверовский В.Ю., Влияние вида посадочного материала на рост насаждений ели и сосны на постагrogenных землях северо-запада России, Вестник ПГТУ, 2016, 3(31).
14. Жигунов А. В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой для лесовосстановления. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора лесохозяйственных наук, 1998.

15. Кабанова С. А., Данченко М.А. Лесохозяйственные технологии создания устойчивых лесных культур в Казахстане, Щучинск, 2017. – 200стр.
16. Казаков В. И., Проказин Н. Е., Лобанова Е. Н. Особенности создания и роста культур ели на вырубках с влажными и временно переувлажненными почвами. Лесной журнал 2013, 1(9), 32-42 с.
17. Калинин Н. П., Писаренко А. И., Смирнов Н. А. Лесовосстановление на вырубках – 2-е издание, переработанное и дополненное; Экология: Москва, 1991, 384 с.
18. Корчагов. С.А., Грибов С. Е., Карбасникова Е.Б., Карбасников. А.А, Приживаемость и рост смешанных культур ели и лиственницы, Лесотехнический журнал 2017, 1(25), 80-87 с.
19. Корчагов С.А., Грибов С.Е., Обрядина О.Ю. Экономическая оценка создания лесных культур различным видом посадочного материалом, Лесной журнал 2017, 5(359), 92-102 с.
20. Красновидов А.Н., Жигунов А.В., Данилов Д.А., Рябинин Б.Н., Шестакова Т.А. Влияние травянистого покрова на развитие лесных насаждений, созданных на залежных землях. Вестник Поволжского государственного технологического университета, 2016, 55-57 с.
21. Макаров В.А., Влияние травяного покрова на рост сосны и ели в культурах при разных способах подготовки почвы и различных агротехнических уходах, Электронный архив УГЛТУ, 1972.
22. Маслаков Е.Л., Маркова И.А., Жигунов А.В. Лесные культуры. Обобщение опыта создания и ускоренного выращивания высокопродуктивных насаждений хвойных пород. Методические указания по проведению учебной практики в Сиверской лесной научно – производственной станции; Темплан: Санкт-Петербург, 1992, 51с.
23. Мерзленко М.Д., Бабич Н.А., Лесоводство. Искусственное лесовосстановление : учебник для бакалавриата и магистратуры – 2-е издание, переработанное и дополненное; Юрайт: Москва, 2016, 244 с.
24. Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика выращивания сосны и ели в культурах; Архангельск, 2002, 220 с.
25. Миронов В. В. Экология хвойных пород при искусственном лесовосстановлении; Лесная промышленность: Москва, 1977, 232 с.
26. Петухов И. Н. Лесоводственная эффективность создания лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой в условиях Костромской области, Лесной вестник, 2011, 3, 33-35 с.

27. Писаренко А.И., Мерзленко М.Д. Создание искусственных лесов; Агропромиздат: Москва, 1990, 270 с.
28. Правила лесовосстановления 2016. Утверждены приказом МПР РФ от 29 июня 2016 года, N 375.
29. Редько Г.И., Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесные культуры: учебное пособие; Санкт-Петербург, 2005, 556 с.
30. Рекомендации по лесоводственному уходу за молодняками на Северо-Западе России. Научно-исследовательский институт леса Финляндии Исследовательский центр Йюэнсуу, 2005.
31. Родин С.А., Родин А. Р. Повышение результативности выращивания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой. Лесной вестник 2010, 5, 7-10 с.
32. Селименков Р. Ю., Миронов А. В. Эффективность инновационных технологий в воспроизводстве лесов. Проблемы развития территории, 2011, 3(55), 51-58 с.
33. Сидоренков В.М. Влияние условий произрастания на состояние культур ели под пологом средневозрастных мягколиственных насаждений. Актуальные проблемы лесного комплекса, 2003, 7, 24-26 с.
34. Соколов А.И. Лесовосстановление на вырубках Северо-Запада России; Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006, 215 с.
35. Соколов А.И., Харитонов В.А., Создание культур ели посадкой на вырубках с завалуненными почвами в условиях Карелии. Лесной журнал, 2006 3, 7-13 с.
36. Соколов. А.И., Эколого-лесоводственные основы создания лесных культур на не раскорчеванных вырубках с завалуненными почвами северо-запада таежной зоны. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора лесохозяйственных наук, 2012.
37. Соколовский И.В., Юрениа А. В. Опыт выращивания культур ели на дерново-подзолистой временно избыточно увлажняемой супесчаной почве. Труды БГТУ «Лесное хозяйство», 2007, 15, 270-272 с.
38. Степанов С. А., Зайцева М. И. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой ПетрГУ: Петрозаводск, 2016, 32 с.
39. Степанова О.П. Совершенствование способов создания лесных культур в таежной зоне на основе современных способов механической обработки почвы (на примере Ленинградской области). Автореферат на соискание ученой степени кандидат сельскохозяйственных наук, 2010, 18 с.

40. Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р.В. Анализ состояния и роста культур сосны и ели в Северо-таежном районе, Лесной журнал 2015, 2, 70-77 с.
41. Сунгурова Н.Р., Сунгуров Р. В., Гаевский Н. П., Анализ эффективности искусственного лесовосстановления и предложения по его улучшению, Сельскохозяйственные науки, 2014, 8, 71-76 с.
42. Сунгурова Н.Р. Культуры ели на луговиковой вырубке в средней подзоне тайги. Вестник КрасГАУ 2012, 11.
43. Сунгурова Н. Р., Сравнительный анализ состояния и роста культур сосны и ели (на примере северной подзоны тайги Архангельской области), Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, 2004.
44. Сюнев В. С. Интенсивное лесное хозяйство; ПетрГУ: Петрозаводск, 2014, 174 с.
45. Терехов Г. Г., Усольцев В.А., Касаткин А.С. Структура фитомассы и конкурентные отношения культур ели и лиственного молодняка, 2008.
46. Шепелева О.П., Изотова Т.В., Часовская В.В., Фирсов П.В. Исследование культур сосны и ели в Ломоносовском лесничестве Ленинградской области; Сборник научных трудов, Брянск, 2017, 49.
47. Якимов Н. И., Гвоздев В. К., Праходский А. Н. Лесные культуры и защитное лесоразведение : учебное пособие для студентов специальностей «Лесное хозяйство», «Садово-парковое строительство» Минск: БГТУ, 2007, 312 с.
48. Clémentine Pernot, Annie Desrochers, Nelson Thiffault Influence of Root System Characteristics on Black Spruce Seedling Responses to Limiting Conditions, Plants, 2019, Canada.
49. Clémentine Pernot, Nelson Thiffault, Annie Desrochers Root system origin and structure influence planting shock of black spruce seedlings in boreal microsite. Article in Forest Ecology and Management 2019, 433, p.594-605, Canada.
50. Landis T. D., Dumroese R. K., Haase D. L. The Container Tree Nursery Manual. Seedling Processing, Storage, and Outplanting Agriculture Handbook; Vol. 7, Washington DC: U. S. Department of Agriculture Forest Service, 2010, 200p.
51. Pierre Y. Comparing natural and planted black spruce seedlings. I. Water relations and growth, Canadian Journal of Forest Research, 1993, Canada.
52. Steven C. Grossnickle, Yousry A. El-Kassaby. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. New Forests, 2016, Canada.
53. Steven C. Grossnickle Seedling establishment on a forest restoration site-An ecophysiological perspective, Reforesta, 2018, 6, p.110-139, Canada.

54. Steven C. Grossnickle Why seedlings survive: influence of plant attributes, *New Forests*, 2012, 43, p. 711–738.
55. Timo Leinonen, Markku Turtiainen, Ari Siekkinen. Лесовосстановление на Северо-Западе России и сравнение с Финляндией: Комментарии финских специалистов, Научно-исследовательский институт леса Финляндии Йоэнсуу, 2009 год.

**Список Интернет ресурсов**

56. [http://hge.spbu.ru/index.php?Itemid=130&id=535&option=com\\_content&view=article](http://hge.spbu.ru/index.php?Itemid=130&id=535&option=com_content&view=article)
57. <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=23401#p181339>
58. <http://hge.spbu.ru/mapgis/subekt/spb/spb.html>