

На правах рукописи

**Иванчина Людмила Александровна**

**СОСТОЯНИЕ ЕЛЬНИКОВ ЗОНЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ  
ЛЕСОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ  
УСТОЙЧИВОСТИ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена в  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель:	Кожевников Алексей Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент.
Официальные оппоненты:	Чураков Борис Петрович, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», кафедра лесного хозяйства, заведующий;  Поповичев Борис Георгиевич, кандидат биологических наук, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», кафедра защиты леса, древесиноведения и охотоведения, доцент.
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

Защита состоится 16 сентября 2020 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» ([www.usfeu.ru](http://www.usfeu.ru)).

Автореферат разослан «\_\_» июля 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова  
Альфия Гаптрауфовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В последние десятилетия во многих регионах нашей страны и за её пределами наблюдается усыхание еловых насаждений. Усыхание наблюдается преимущественно в зонах хвойно-широколиственных лесов и южной тайги (Маслов, 2010). Кроме того, усыхания еловых лесов также отмечены в зоне средней тайги (Архангельская область) (Неволин и др., 2005). В Белоруссии только за 1996 г. площадь усохших ельников составила 13,6 тыс. га (2 % от общей площади еловых насаждений) (Сарнацкий, 2009). Согласно сведениям А.Д. Маслова (2010), в 1993-1997 гг. в Литве погибло 2/3 припевающих, спелых и перестойных ельников. В Калининградской области в период с 1987 по 1991 гг. усохло 70-90 % еловых насаждений в возрасте от 60 лет. На территории Московской области с 1998 по 2007 гг. сплошными санитарными рубками пройдено почти 44 тыс. га, что составляет около 15 % от общей площади еловых насаждений (Лесной план..., 2010). Одним из регионов России, страдающих от неудовлетворительного состояния ельников, является Пермский край.

Указанная проблема влечет за собой множество негативных последствий: сокращение площадей, покрытых лесной растительностью, изменение ландшафта, огромный материальный ущерб. Ослабленные и разрушенные насаждения утрачивают способность выполнять экологические функции. Кроме того, усыхающие и усохшие деревья являются рассадником опасных вредителей и болезней. Накопление сухостоя опасно в пожарном отношении. В связи с этим, исследования состояния и устойчивости ельников к усыханию, а также поиск путей сохранения насаждений являются актуальной задачей лесохозяйственной науки.

Степень разработанности темы исследований. Несмотря на обширный перечень работ, посвященный проблеме усыхания еловых насаждений, указанная тема изучена недостаточно. Среди ученых нет единого мнения о причинах этого явления. Следовательно, отсутствуют четкие рекомендации по предотвращению процесса усыхания ельников. На территории Пермского края, за редким исключением, исследования по усыханию еловых насаждений не проводились.

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель и задачи исследований. Целью исследований является оценка состояния и устойчивости еловых насаждений в условиях зоны хвойно-широколиственных лесов Пермского края и разработка рекомендаций по повышению их устойчивости к усыханию.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Лесопатологическое обследование еловых насаждений и определение их санитарного состояния;
2. Установление влияния лесоводственно-таксационных характеристик ельников на их устойчивость;
3. Изучение успешности естественного лесовосстановления на пробных площадях;
4. Изучение эффективности проведенных сплошных (ССР) и выборочных санитарных рубок (ВСР);
5. Разработка рекомендаций по повышению устойчивости ельников к усыханию.

Научная новизна. Комплексные исследования по состоянию и устойчивости ельников в зоне хвойно-широколиственных лесов Пермского края ранее не проводились. Впервые в исследовательских целях использованы акты лесопатологического обследования и проведен анализ содержащейся в них информации. Впервые выполнены лабораторные исследования по влиянию общей фитотоксичности почв на состояние еловых насаждений. Получено уравнение зависимости количества пораженных короедом деревьев ели от их диаметра.

Теоретическая и практическая значимость. Проведенные исследования значительно дополняют существующие знания об усыхании еловых лесов. Установлен комплекс факторов, влияющих на устойчивость ельников зоны хвойно-широколиственных лесов Пермского края, и предложены рекомендации по сохранению их устойчивости с помощью лесоводственных приемов. Практическая значимость работы состоит в возможности применения полученных результатов при назначении рубок ухода и выборочных рубок с целью формирования устойчивых к усыханию насаждений. Материалы исследований могут быть полезны лесопользователям при назначении и проведении санитарно-оздоровительных мероприятий.

Методология и методы исследований. В основу исследований положен традиционный метод закладки пробных площадей. Ряд исследований осуществлен за счет анализа информации, содержащейся в материалах лесоустройства и в актах лесопатологического обследования. В исследовании также применены дендрохронологические методы.

Положения, выносимые на защиту:

- в зоне хвойно-широколиственных лесов Пермского края наблюдается общее ухудшение санитарного состояния еловых древостоев и их куртинно-групповое усыхание;
- устойчивость ельников к усыханию определяется комплексом факторов;
- повышение устойчивости ельников к усыханию возможно регулированием состава и полноты древостоев.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов исследования подтверждается значительным объёмом полевого материала, применением традиционных научно-обоснованных апробированных методик, обработкой полученных данных с помощью математических и статистических методов с применением компьютерных программ (Microsoft Office Excel 2010), а также апробацией результатов исследований.

Основные результаты работы по теме диссертационного исследования представлены на международных и всероссийских научно-практических конференциях: «Повышение эффективности лесного комплекса» (Петрозаводск, 2017); «Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России» (Благовещенск, 2017); «Современная экология: образование, наука, практика» (Воронеж, 2017); «Лесная наука Казахстана: достижения, проблемы и перспективы развития» (Щучинск, 2017); «Актуальные проблемы экологии и природопользования в современных условиях» (Киров, 2017); 81-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Минск, 2017); «Состояние и перспективы развития лесного хозяйства» (Омск, 2017); «Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: со-

циально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики» (Екатеринбург, 2017); «Научное творчество молодежи - лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2017, 2018, 2019); «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития» (Брянск, 2017); «Аграрная наука – сельскому хозяйству» (Барнаул, 2018, 2019); «The latest research in modern science: experience, traditions and innovations» (North Charleston, 2018); «Студенческий научный форум – 2018» (Москва, 2018); «Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности» (Екатеринбург, 2018); «Научные инновации – аграрному производству» (Омск, 2018); «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» (Санкт-Петербург, 2018); «Лес – 2018» (Брянск, 2018); «Лесные ресурсы – Белорусское Полесье» (Гомель, 2018); «Актуальные вопросы биогеографии» (Санкт-Петербург, 2018); «Актуальные проблемы устойчивого развития лесного комплекса» (Алматы, 2018); «Трешниковские чтения – 2019: Современная географическая картина мира и технологии географического образования» (Ульяновск, 2019); «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования» (Соленое Займище, 2019); «Актуальные проблемы профессиональной сферы в современном мире» (Екатеринбург, 2019); «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии» (Москва, 2019); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения С.И. Леонтьева (Омск, 2019); «Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения» (Киров, 2019). Результаты работы также представлены на выставке «VI Московский международный салон образования» (Москва, 2019).

По материалам диссертации опубликовано 37 работ, в том числе 8 в журналах из списка ВАК и 3 работы в журналах, входящих в международные базы данных Scopus/Web of Science.

Благодарности. Диссертант выражает глубокую признательность канд. хим. наук Н.В. Мариной за помощь в проведении лабораторных исследований, канд. с.-х. наук А.А. Григорьеву за помощь в осуществлении дендрохронологических исследований. Особая благодарность канд. с.-х. наук Л.П. Абрамовой, канд. с.-х. наук Н.А. Кряжевских, канд. с.-х. наук Л.А. Белову, канд. с.-х. наук А.Е. Морозову, канд. с.-х. наук Г.А. Годовалову, д-ру биол. наук П.А. Моисееву, д-ру биол. наук В.А. Мухину, д-ру биол. наук Е.В. Колтунову за оказание консультативной помощи в исследованиях. Отдельная благодарность сотрудникам Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, директору ГКУ «Чайковское лесничество» С.Ф. Аглямому, сотрудникам ГКУ «Очерское лесничество», Индивидуальному предпринимателю Л.В. Калугиной, руководителю компании ООО «Омикрон» В.А. Решетникову за оказание содействия в проведении исследований.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 213 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав основного текста, заключения и рекомендаций производству, списка литературы и 8 приложений. Библиографический список включает 264 наименования, в том числе 27 на иностранных языках. Текст диссертации содержит 66 таблиц, 52 рисунка, 14 формул и уравнений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1. Природные условия района исследования

Пермский край расположен на границе Европы и Азии. Зона хвойно-широколиственных лесов занимает южную часть Пермского края, включает в себя лесной район хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации.

Климат района исследований умеренно-континентальный. Рельеф территории увалисто-всхолмленный, пересеченный сетью заросших логов и долин. Преобладают дерново-подзолистые почвы.

В зоне хвойно-широколиственных лесов преобладают смешанные леса с господством ели. В южной части зоны распространены липняки с примесью ели.

### 2. Состояние вопроса

Усыхание еловых лесов наблюдается во всем мире, в пределах их ареала (Сарнацкий, 2009). В литературных источниках приводится более 170 гипотез о причинах усыхания ельников (Сарнацкий, 2009). Большинство современных авторов (Allen, 2010; Mezei et al, 2017; Ivantsova et al, 2019) полагает, что основной причиной усыхания ельников является глобальное изменение климата и вспышки массового размножения короеда-типографа (*Ips typographus* (L.)). По мнению других авторов (Meyer, 1985; Russmann, 1985), основными причинами усыхания ельников в лесах Европы являются повреждение хвои, вызванное кислотными осадками, и повреждение корней вследствие увеличения кислотности почв. А.М. Межибовский (2015) полагает, что основной причиной усыхания ельников является зараженность почвы корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). В то же время другие авторы (Манько и др., 2009) связывают массовое усыхание ельников с естественными эволюционными перестройками лесных экосистем и многовековой их динамикой.

Таким образом, единое мнение среди ученых о причинах усыхания ели отсутствует, что свидетельствует о необходимости комплексного изучения вопроса.

### 3. Методика и объём выполненных работ

Объектом исследований служили ельники Кишертского, Куединского, Октябрьского, Осинского, Очерского и Чайковского лесничеств Пермского края, расположенные в зоне хвойно-широколиственных лесов. В процессе сбора информации о состоянии ельников района исследований использован апробированный метод пробных площадей (ПП), которые закладывались в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83. Категория санитарного состояния каждого дерева определялась в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2017 г. № 607 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». Оценка санитарного состояния древостоев выполнена по Б.И. Ковалеву (1993). Распределение древостоев по типам усыхания выполнено в соответствии с классификацией В.П. Цуранова (1965). Тип усыхания определялся по снимкам, полученным с помощью квадрокоптера. Естественное лесовосстановление изучалось методом учетных площадок (Бунькова и др., 2011). Оценка обеспеченности подростом осуществлена в соответствии с приказом Минприроды России от

25.03.2019 № 188 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений». В исследовании применены методы дендрохронологии (Шиятов и др., 2000). Общую фитотоксичность почв определяли по методике, одобренной ФБУ «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия» (Токсикологические методы..., 2014). Влияние гнилей на состояние деревьев ели изучалось на ПП, заложенных на свежих вырубках (Федоров, 1987; Кузьмичев и др., 2004). В ходе исследований проанализированы материалы лесоустройства и акты лесопатологического обследования.

За 4 года исследований заложено в насаждениях 37 ПП, в том числе 8 контрольных, на вырубках 5 ПП, среди них 1 ПП – контрольная. С помощью квадрокоптера снято 37 выделов общей площадью 450,3 га. Для изучения естественного лесовосстановления в насаждениях заложено 740 учетных площадок, на вырубках – 100. Проанализировано 2 229 актов лесопатологического обследования.

#### 4. Состояние ельников района исследования

Ель европейская (*Picea abies* (L.) Н.Карст.) является преобладающей лесобразующей породой в зоне хвойно-широколиственных лесов Пермского края. В районе исследований сокращается площадь приспевающих и спелых еловых древостоев. Средний возраст ельников уменьшается. Наблюдается омоложение еловых древостоев. Одной из причин данного обстоятельства являются периодические вспышки усыхания ельников.

Усыхание ельников на юге Пермского края наблюдается с 1945 года (Проект организации..., 1969). С этого времени незначительные очаги усыхания ели возникали постоянно. Массовые усыхания еловых лесов возникали периодически через 10-12 лет. При этом проведение выборочных санитарных рубок не приводило к улучшению санитарного состояния еловых древостоев (Проект организации..., 1978, 1980). Зараженность почв корневой губкой не имела значительного распространения. Динамика сокращения площадей корневой губки в Чайковском лесничестве в период с 1973 по 1980 гг. (Проект организации..., 1980) представлена на рис. 1.

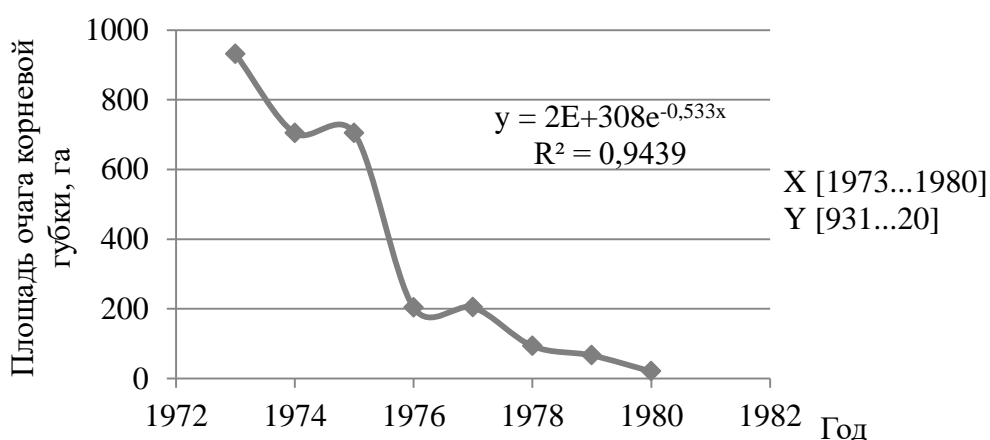


Рисунок 1. – Динамика очагов корневой губки в Чайковском лесничестве Пермского края

Последняя вспышка усыхания ельников наблюдается после 2010 г. В период с 2010 по 2017 гг. в районе исследования выполнены санитарные рубки в ельниках на площади 23837,3 га с охватом 2229 лесных участков. При этом наблюдается тенденция увеличения со временем площади сплошных санитарных рубок.

Средневзвешенный балл санитарного состояния ели в очагах усыхания на юге Пермского края варьирует от 2,3 (ослабленная) до 5 (погибшая). Запас сухостоя в очагах усыхания ели в районе исследования варьирует от 8 до 100 %. Запас сухостоя ели в здоровых насаждениях не превышает 4 %.

На территории Пермского края встречаются все типы усыхания ели: диффузно-рассеянное, куртинно-групповое и сплошное. При этом доминирует куртинно-групповой характер усыхания ели (56,8 %).

Снижения прироста перед гибелью у деревьев ели не наблюдается, что свидетельствует о том, что процесс усыхания ели происходит стихийно, сразу после действия губительного фактора (рис. 2). Указанное позволяет исключить влияние долгодействующих факторов: хроническое воздействие воздушных поллютантов низкой концентрации, климат (Matzner, Ulrich, 1985).

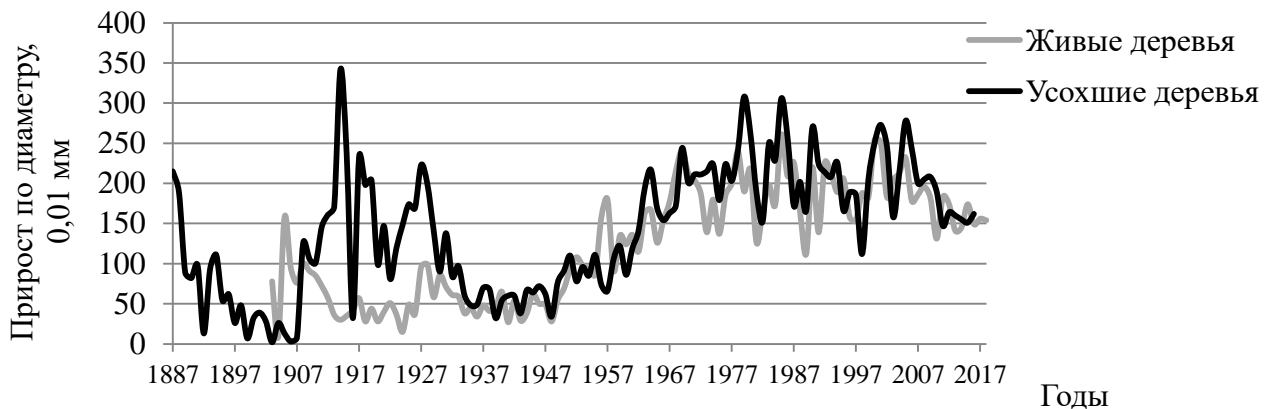


Рисунок 2. – Древесно-кольцевые хронологии живых и усохших деревьев ели на примере насаждений Чайковского лесничества

Статистические показатели прироста и возраста деревьев, использованных для построения хронологий, представлены в табл. 1.

Таблица 1. – Статистические показатели прироста и возраста деревьев, использованных для построения хронологий

Статистический показатель	Значения		
	Живые деревья	Усохшие деревья	Общие
Средний возраст ( $A_{cp}$ ), лет	70±9	71±9	70±6
Минимальный возраст ( $A_{min}$ ), лет	33	38	33
Максимальный возраст ( $A_{max}$ ), лет	116	117	117
Средняя ширина кольца, 0,01 мм	153±4,5	170±4,3	161±3,2
Максимальная ширина кольца, 0,01 мм	955	534	955
Средний коэффициент чувствительности ( $K_s$ )	0,013	0,013	-
Выраженный сигнал популяции (EPS)	0,83	0,82	-



## 5. Влияние различных факторов на устойчивость ельников района исследования

В процессе исследований рассмотрено влияние следующих факторов на устойчивость ельников района исследований: тип леса и тип лесорастительных условий, возраст, состав и полнота древостоев, общая фитотоксичность почв, стволовые вредители, фаунальные признаки и болезни, размер деревьев, колебания климата в последние десятилетия.

С улучшением лесорастительных условий устойчивость ельников к усыханию повышается: усыханию наиболее подвержены ельники, произрастающие в условиях местопроизрастания В<sub>2</sub>, характеризующихся низкой трофностью почв, а наименее – ельники, произрастающие в лесорастительных условиях С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub>, характеризующихся высокой трофностью почв. Наименьшей устойчивостью к усыханию характеризуются ельники зеленомошные и кисличные. А наиболее устойчивыми к усыханию оказались ельники липняковые и травяные.

Усыханию подвержены как одновозрастные, так и разновозрастные ельники. Среди разновозрастных древостоев в основном наименее устойчивым является старшее поколение ели. Усыхание наблюдается среди древостоев 2 класса возраста и выше. В одновозрастном древостое средний возраст живых деревьев почти не отличается от среднего возраста усохших деревьев.

В условиях зеленомошного и кисличного типов леса с увеличением доли ели и сосны в составе древостоев их устойчивость к усыханию уменьшается (табл. 2-3). С увеличением доли лиственных пород наблюдается другая ситуация: устойчивость ели к усыханию повышается.

Таблица 2. – Распределение одновозрастных ельников кисличных Чайковского лесничества по доле участия различных пород в составе древостоев, %

Порода	Доля участия породы в составе древостоев, %											Итого
	2-5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Ель	6,56	21,96	20,71	8,93	20,53	13,0	5,26	2,25	0,43	0,14	0,23	100
Сосна	13,49	47,78	28,5	9,76	0,41	-	-	0,01	0,05	-	0,002	100
Береза	0,79	7,86	22,4	10,86	7,78	7,63	13,51	10,1	8,39	5,73	4,97	100
Осина	20,79	47,53	22,84	3,59	1,04	1,34	1,99	0,57	0,09	0,12	0,1	100

Таблица 3. – Распределение усохших одновозрастных ельников кисличных Чайковского лесничества по доле участия различных пород в составе древостоев, %

Порода	Доля участия породы в составе древостоев, %											Итого
	2-5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Ель	-	-	2,88	4,24	41,06	24,57	18,47	6,55	1,41	0,32	0,5	100
Сосна	4,43	25,28	49,78	20,1	0,41	-	-	-	-	-	-	100
Береза	1,59	28,28	55,6	9,89	3,85	0,78	-	-	-	-	-	100
Осина	50,34	49,62	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	100

Полученные результаты подтверждаются высокими значениями коэффициентов корреляции (табл. 4).

Таблица 4. – Корреляционная связь между распределениями одновозрастных ельников кисличных по доле участия различных пород в составе древостоев в целом по Чайковскому лесничеству и в очагах усыхания

Порода	Коэффициент корреляции	Оценка корреляции
Ель	0,610	средняя
Сосна	0,607	средняя
Береза	-0,853	сильная
Осина	-0,428	средняя

Влияние полноты древостоя на санитарное состояние ели зависит от состава древостоя: при высокой доле участия ели и сосны в составе древостоев с увеличением полноты древостоя санитарное состояние ели ухудшается, а при высокой доле участия лиственных пород в составе древостоев с увеличением полноты древостоя санитарное состояние ели улучшается (рис. 3).

Лесные почвы характеризуются высокой степенью фитотоксичности. Токсичными оказались почвы как усыхающих, так и контрольных насаждений.

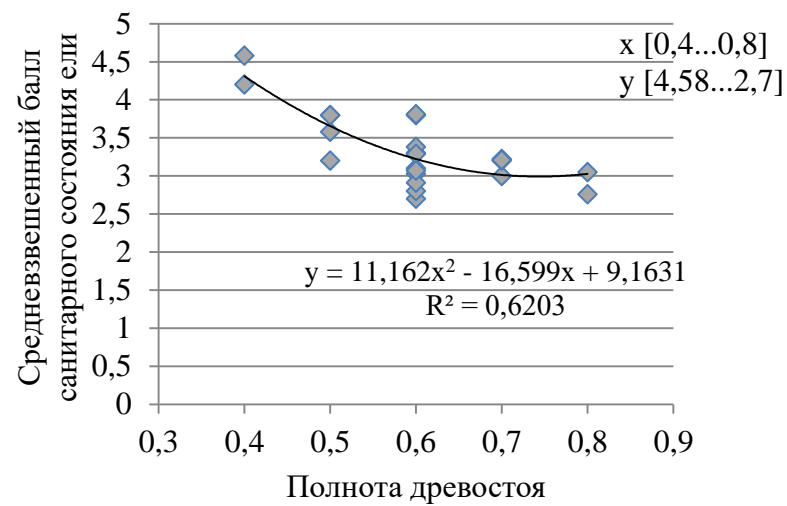
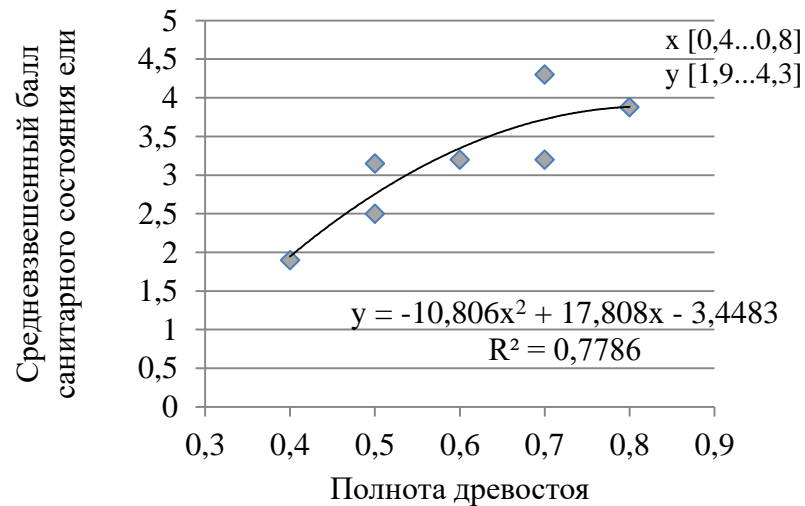
Короед-типограф поражает частично деревья ели ступени 16 см, и почти все деревья последующих ступеней толщины. Единично встречается старый сухостой ели ступеней толщины 20 и 24 см, не отработанный короедом-типографом. Деревья ели диаметром 8 и 12 см никогда не заселяются насекомым (рис. 4).

Вероятно, это связано с тем, что у данных деревьев тонкая кора, и жуку не хватает толщины коры для прокладки внутри неё маточного хода, а личинкам для последующего питания. Ранее учеными установлено (Храмцов, Падий, 1965), что короед-типограф предпочитает заселять деревья в области толстой коры. Насекомое, нападая на средние и крупные по диаметру деревья ели, ускоряет процесс их гибели.

В насаждениях с отсутствием очага сухостоя ели встречаемость деревьев с наличием серки значительно выше, чем в очагах усыхания, и достигает 69 % в условиях ельника кисличного (табл. 6). В очагах усыхания встречаемость указанных деревьев не превышает 6,8 %.

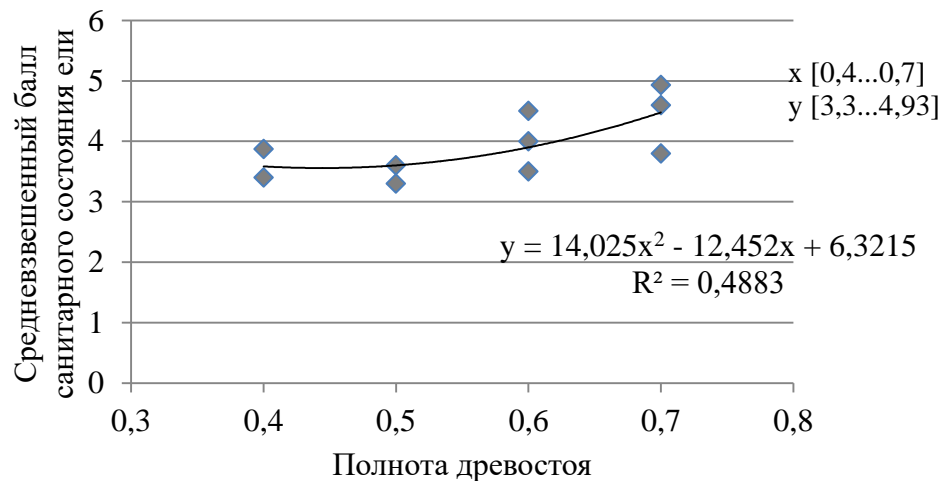
Таблица 6. – Встречаемость деревьев ели с наличием серки (смолоподтеков) в насаждениях ельника кисличного, %

№ ПП	Встречаемость деревьев ели с наличием серки (смолоподтеков), %	
	Среди живых	Среди сухих
2	4,1	-
4	0,6	0,6
8	5,2	-
9	6,8	1,9
10	-	1,8
13	3,3	-
14	1,1	-
17	4,2	-
22 (контроль)	10,0	-
33 (контроль)	40,6	-
35 (контроль)	69,0	-



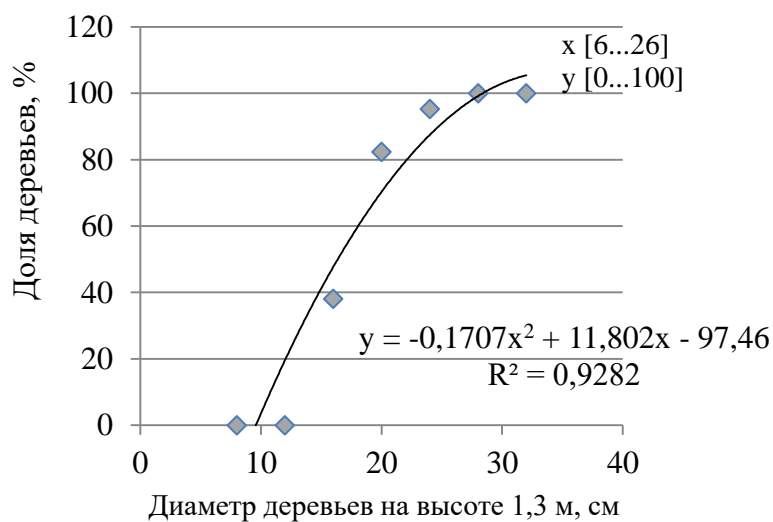
а

б



в

Рисунок 3. – Связь между полнотой древостоя и санитарным состоянием ели в насаждениях: а – сосняка зеленомошного 4 класса возраста (доля участия ели до 30 %); б – ельника липнякового 4 класса возраста (доля участия ели до 60 %); в – ельника зеленомошного 4 класса возраста (доля участия ели 80-100 %)



а

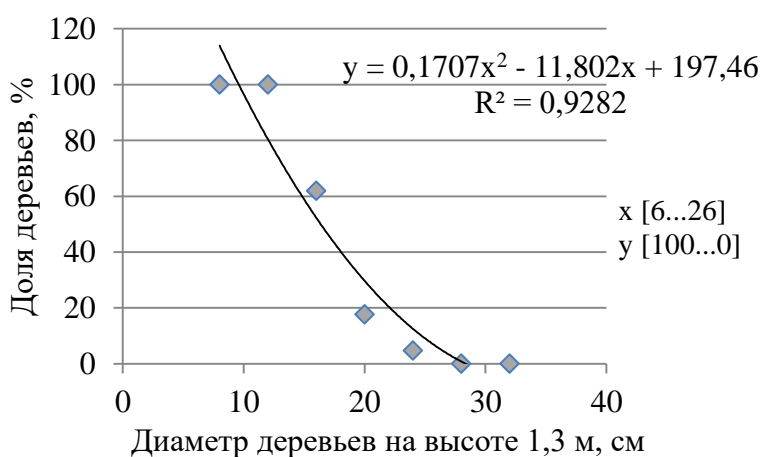


Рисунок 4. – Доля усохших деревьев ели 4 класса возраста кисличного типа леса: а) с наличием ходов короёда-типографа; б) с отсутствием ходов короёда-типографа

б

Обнаружена обратная корреляционная связь между долей деревьев с наличием еловой серки и долей сухостоя по густоте (табл. 7).

Таблица 7. – Корреляционная связь между встречаемостью деревьев ели с наличием еловой серки и долей сухостоя по густоте

Тип леса	Коэффициент корреляции	Оценка связи
Ельник зеленомошный	-0,751	Сильная
Ельник кисличный	-0,551	Средняя
Ельник липняковый	-0,335	Средняя

Язвенный рак и заболевания, вызываемые корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) и опенком осенним (*Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm.), значительно ослабляют состояние дерева, и тем самым понижают его устойчивость к иным неблагоприятным факторам. Ризоморфы опенка осеннего встречаются редко. Встречаемость деревьев ели, пораженных язвенным раком, достигает 83,5 % в очагах усыхания, и 77,8 % в контрольных насаждениях. До проведения сплошной санитарной рубки в очагах усыхания встречаемость усохших деревьев, зараженных корневой губкой, достигает 38,7 %, а встречаемость зараженных живых деревьев – 51 %. Встречаемость усохших деревьев с отсутствием гнили может дости-

гать 11 %. В контрольном насаждении встречаемость живых зараженных деревьев составила 55 % (табл. 8).

Таблица 8. – Встречаемость пней срубленных деревьев ели с наличием или отсутствием гнили, %

Тип леса	№ ПП, вид рубки	Живые деревья		Усохшие деревья		
		пестрая ямчато-волокнистая (ситовая) гниль корней	с отсутствием гнили	пестрая ямчато-волокнистая (ситовая) гниль корней	светло-бурая ядрово-заболонная гниль	с отсутствием гнили
Е.з.м.	1 - ССР	45,1	28,4	12,7	13,8	-
Е.тр.	2 - ССР	25,8	6,5	38,7	22,5	6,5
Е.к.	3 - ССР	16,8	31,7	27,0	13,6	10,9
	4 - ССР	51,0	12,7	21,4	7,1	7,8
	5 – СР (контроль)	55,0	38,0	7,0	-	-

По размерам деревьев процесс усыхания можно условно разделить на три стадии. На первой стадии усыхание наблюдается во всех ступенях толщины. На второй стадии отмирают наиболее крупные деревья, что служит сигналом затухания очага усыхания. На третьей стадии в отпад постепенно переходят отставшие в росте ослабленные деревья. Распределение средних значений диаметров по категориям санитарного состояния для большей части древостоев в очагах усыхания описывается выпуклой полиномиальной кривой и уравнением вида (1):

$$y = -ax^2 + bx + c \quad (1)$$

где  $x$  – категория (балл) санитарного состояния деревьев;  $y$  – средний диаметр деревьев на высоте 1,3 м, см. Справедливость уравнения распределения подтверждается высокими значениями коэффициента детерминации.

В южной части Пермского края, как и во всем мире, в последние годы наблюдается изменение климата, в частности, повышается температура воздуха и увеличивается количество атмосферных осадков (рис. 5-6).

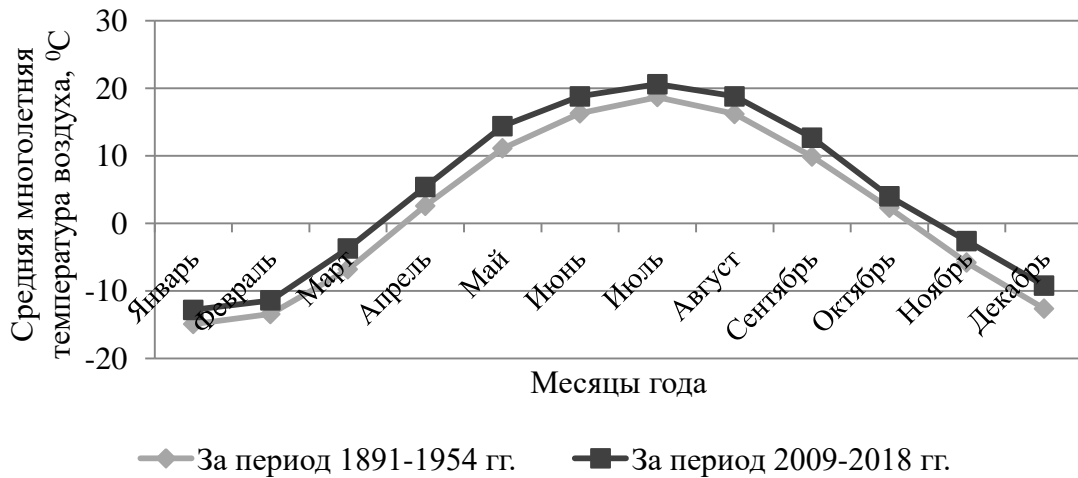


Рисунок 5. – Средняя многолетняя температура воздуха в различные месяцы года за период 1891-1954 гг. и за последние годы (2009-2018 гг.) по метеостанции «Чайковский»

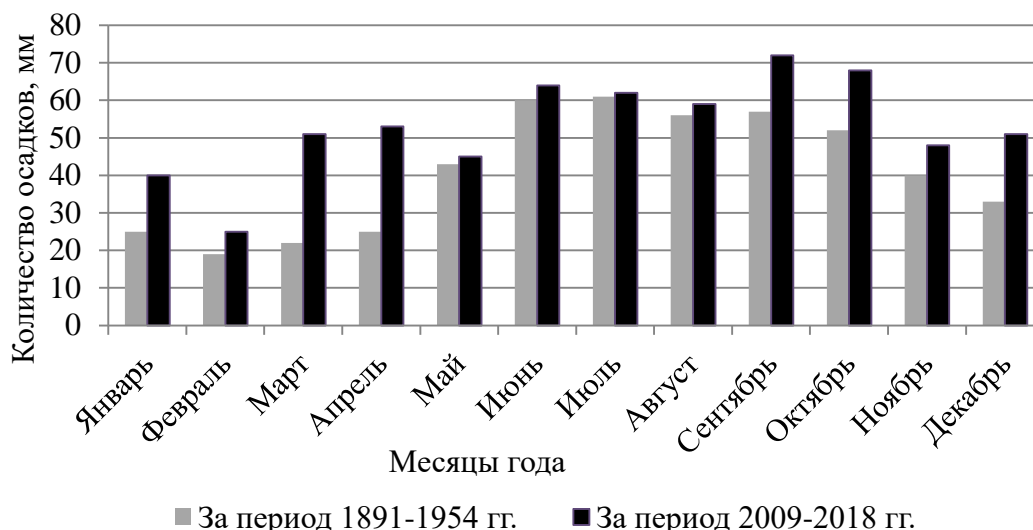


Рисунок 6. – Среднее многолетнее количество атмосферных осадков в различные месяцы года за период 1891-1954 гг. и за последние годы (2009-2018 гг.) по метеостанции «Чайковский»

При этом первые упоминания об усыхании ельников встречаются еще в Средние века. Так, V.S. Skuhavy (2002) отмечал, что в странах Западной Европы хроника массового усыхания еловых древостоев ведется с 1473 г. Следует отметить, что указанный год относится к Малому ледниковому периоду (Леви, 2014), который характеризовался обилием осадков и относительным понижением температуры.

## 6. Способы сохранения еловых насаждений

В очагах усыхания, в том числе с примесью лиственных пород, присутствует подрост хвойных пород. Обеспеченность подростом предварительной генерации значительно лучше в условиях ельника зеленомошного (70 % насаждений способно восстановиться путем сохранения подроста). Наименее обеспечены подростом предварительной генерации насаждения ельника липнякового (путем сохранения подроста способно восстановиться 33 % насаждений). С увеличением высоты и возраста густота жизнеспособного подроста уменьшается, а густота нежизнеспособного – увеличивается. Указанное объясняется действием естественного отбора. С улучшением лесорастительных условий возрастает количество лесных участков с групповым размещением подроста: в насаждениях ельника зеленомошного встречается 30 % участков с групповым размещением подроста, ельника кисличного – 50 %, ельника липнякового – 67 %.

В усохших насаждениях, пройденных сплошными санитарными рубками, присутствует подрост хвойных пород, в основном редкой густоты. При этом наблюдается значительная доля нежизнеспособного подроста. Самосев отсутствует. Насаждение, пройденное сплошнолесосечной рубкой спелых и перестойных насаждений, зарастает осиной, то есть наблюдается смена пород. Большинство вырубок нуждается в искусственном лесовосстановлении.

Проводимые в условиях зоны хвойно-широколиственных лесов Пермского края с целью оздоровления насаждений санитарные рубки не эффективны. После выборочной санитарной рубки продолжает усыхать сохранившаяся часть деревьев, а после сплошной санитарной рубки начинают отмирать деревья ели, примы-

кающие к вырубке. Согласно материалам актов лесопатологического обследования, 149 лесных выделов в районе исследования неоднократно пройдены санитарными рубками.

### Заключение

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о неудовлетворительном санитарном состоянии ельников района исследований и об их усыхании. Усыхание еловых лесов в отличие от прошлых лет из периодически повторяющегося превращается в «перманентное».

На устойчивость еловых насаждений к усыханию оказывает влияние комплекс факторов: тип лесорастительных условий и тип леса, возраст, размер деревьев, встречаемость деревьев ели с наличием серки, состав и полнота древостоев.

Устойчивость еловых древостоев к усыханию выше в насаждениях с более благоприятными лесорастительными условиями. Наиболее подвержены усыханию древостои 3-5 классов возраста. В разновозрастных древостоях в большинстве случаев наименее устойчивым к усыханию является старшее поколение ели. По размеру деревьев процесс усыхания ели происходит в три стадии. На первом этапе усыханию подвержены деревья всех диаметров. На второй стадии усыхают наиболее крупные деревья в древостое. На третьей стадии в отпад переходит оставшаяся часть древостоя. В насаждениях без массового сухостоя ели встречаемость деревьев с наличием еловой серки значительно выше, чем в очагах усыхания.

Наиболее устойчивы к усыханию высокополнотные смешанные еловые древостои с участием лиственных пород не менее 20 %. В условиях ельников кисличного и зеленомошного усыхание ели не зафиксировано в насаждениях с долей участия березы 60 % и выше в составе древостоев. Пониженной устойчивостью к усыханию характеризуются насаждения с участием сосны 20 % и более в составе древостоев. В смешанных насаждениях ельника липнякового с примесью лиственных пород полная гибель древостоев наблюдается при относительной полноте 0,4 и ниже. Чистые и условно чистые еловые древостои, которые формируются в насаждениях зеленомошного и кисличного типов леса, погибают при полнотах 0,6-0,7. В смешанных насаждениях сосняка зеленомошного с примесью ели в составе древостоев до 3 единиц полная гибель деревьев ели наблюдается при относительной полноте древостоев 0,7 и выше.

Усилению процесса усыхания ели способствуют следующие факторы: заселение ксилофагом короедом-типографом, язвенный рак, заболевание, вызываемое корневой губкой.

Короед-типограф, являясь деструктором отпада, значительно ускоряет процесс гибели средних и крупных по диаметру угнетенных деревьев ели. Язвенный рак ослабляет состояние дерева, снижает его защитные функции к воздействию иных неблагоприятных факторов.

Поскольку корневая гниль значительно ослабляет состояние дерева и его способность сопротивляться другим неблагоприятным факторам, заражение корневой губкой способствует усыханию деревьев ели. Корневая губка может быть фактором, первично ослабляющим деревья ели. При этом следует отметить, что в насаждениях с отсутствием процесса массового усыхания ели зафиксировано зна-

чительное количество пораженных корневой губкой деревьев ели (55 %), а также обнаружены усохшие деревья с отсутствием гнили в очагах усыхания.

Не установлено влияние следующих факторов: фитотоксичность почв, заболевание, вызываемое опенком осенним, колебания климата в последние десятилетия. Дендрохронологическими исследованиями исключено влияние долгодействующих факторов: климата, хронического воздействия воздушных поллютантов низкой концентрации.

Исключение долгодействующих факторов позволяет заключить, что губительный фактор является коротким по продолжительности действия. Быстродействующими факторами являются воздействие поллютантов высокой концентрации и дефолиация, вызванная насекомыми. Усыхание ели наблюдается не только вблизи крупных городов с наличием заводов, но и на территории всей зоны хвойно-широколиственных лесов Пермского края, в том числе далеко от населенных пунктов. При визуальном осмотре не обнаружено наличие хвоегрызущих вредителей. Возможным быстродействующим фактором, приводящим к усыханию, является воздействие патогена: гриба или бактерии.

### **Рекомендации производству**

Усыхание ели после проведения санитарно-оздоровительных мероприятий (санитарные рубки) свидетельствует об их неэффективности. Процесс массового усыхания ельников необходимо предотвращать заранее практическими мерами. С этой целью предлагаются следующие мероприятия, позволяющие повысить устойчивость ельников к усыханию:

1. При проведении выборочных санитарных рубок и рубок ухода в разновозрастных ельниках с целью минимизации ущерба в первую очередь следует назначать в рубку деревья ели старшего возрастного поколения.

2. Рубки ухода должны быть направлены на формирование к 50 годам смешанных еловых древостоев с примесью лиственных пород. Наиболее устойчивы к усыханию ельники зеленомошные и кисличные с составом древостоев 5Е4Б1С или 6Е3Ос1С.

3. Не выращивать ель в лесорастительных условиях А<sub>0</sub>-А<sub>5</sub> и В<sub>2</sub>, характеризующихся низкой трофностью почв.

4. В зоне усыхания ели для чистых и условно чистых еловых древостоев зеленомошного и кисличного типов леса рекомендуется снижать относительную полноту при проведении ВСП до 0,5. В смешанных насаждениях ельника липнякового с примесью лиственных пород оптимальная относительная полнота древостоев не должна опускаться ниже 0,7. В сосняках с участием ели допускается относительная полнота древостоев 0,6.

5. При назначении деревьев в рубку при проведении рубок ухода и выборочных санитарных рубок оставлять на выращивание деревья ели, на которых имеются смолоподтеки, образовавшиеся при попытке внедрения стволовых вредителей.

6. При назначении выборочной санитарной рубки на первом этапе усыхания ели следует удалять деревья 4 категории санитарного состояния с изреженной, светло-зеленой кроной, имеющие диаметр выше среднего по древостою.



7. В очагах усыхания ели рекомендовано уменьшение возраста рубки до 61 года.

8. В зонах усыхания максимально сократить промежуток времени между обнаружением очага и проведением санитарной рубки.

### Список работ, опубликованных по теме диссертации

*Публикации в изданиях, входящих в базы данных Scopus/Web of Science:*

**Ivanchina, L.** The problem of drying up spruce stands and ways to solve it / L. Ivanchina, A. Koltyrin // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2019. – Vol. 274.012124. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/274/1/012124/pdf> (DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012124).

**Ivanchina, L.A.** The effect of spruce plantation density on resilience of mixed forests in the Perm Krai / L.A. Ivanchina, S.V. Zalesov // Journal of forest science. – 2019. – Vol. 65. – No. 7. – Pp. 263-271. – URL: [https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=14\\_2019-JFS](https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=14_2019-JFS).

**Ivanchina, L.A.** Influence of Drying out on Forest Valuation Indicators of Even-Aged Spruce Stands / L.A. Ivanchina, S.V. Zalesov // Lesnoy zhurnal-forestry journal. – 2018. – No. 6. – Pp. 48-56 (DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.48).

*Публикации в изданиях из перечня ВАК:*

**Иванчина, Л.А.** Влияние типа леса на устойчивость еловых древостоев Прикамья / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 1 (17). – С. 38-43.

**Иванчина, Л.А.** Влияние условий местопроизрастания на усыхание еловых древостоев / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (64). – С. 56-60.

**Иванчина, Л.А.** Влияние примеси лиственных пород в составе древостоев ельника зеленомошного на их устойчивость / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 6. – С. 61-66.

**Иванчина, Л.А.** Влияние состава древостоев на усыхание ели / Л.А. Иванчина, В.Н. Залесов, Е.С. Залесова // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 3. – С. 66-74.

**Иванчина, Л.А.** Примесь сосны в составе древостоев насаждений ельника зеленомошного как индикатор их устойчивости / Л.А. Иванчина, В.Н. Залесов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4. – С. 106-110.

**Иванчина, Л.А.** Влияние размера деревьев ели на их устойчивость в условиях Прикамья / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов, Е.И. Косенкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 147-154.

Залесов, С.В. Определение санитарного состояния древостоев / С.В. Залесов, Е.А. Ведерников, Е.С. Залесова, Л.А. Иванчина, Д.Э. Эфа // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 4. – С. 54-62.

**Иванчина, Л.А.** Влияние полноты ельников Прикамья на их санитарное состояние / Л.А. Иванчина, А.П. Кожевников, Н.А. Кряжевских, С.В. Залесов // Лесотехнический журнал. – 2019. – № 1. – С. 68-75.

*Публикации в прочих изданиях:*

**Иванчина, Л.А.** Усыхание еловых древостоев на юге Пермского края / Л.А. Иванчина // *Аграрное образование и наука: электронный журнал*. – 2016. – № 3. – URL: <http://aon.urgau.ru/ru/issues/17/articles/304>.

**Иванчина, Л.А.** Роль почв в формировании устойчивых еловых насаждений / Л.А. Иванчина, Е.С. Залесова // *Вестник биотехнологии: электронный журнал*. – 2017. – № 1. – URL: <http://bio.beonrails.ru/ru/issues/2017/1/75>.

**Иванчина, Л.А.** Влияние доли участия ели в составе древостоев ельника зеленомошного на их устойчивость / Л.А. Иванчина // *Леса России и хозяйство в них*. – 2017. – № 1 (60). – С. 18-25.

**Иванчина, Л.А.** Особенности состава насаждений типа леса ельник зеленомошный в очагах усыхания / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // *Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф.* – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – С. 203-206.

**Иванчина, Л.А.** Влияние возраста на усыхание древостоев в условиях ельника зеленомошного / Л.А. Иванчина, В.Н. Залесов // *Состояние и перспективы развития лесного хозяйства: материалы Национ. науч.-практ. конф.* – Омск: Омский ГАУ, 2017. – С. 145-148.

**Иванчина, Л.А.** Влияние примеси лиственных пород в составе древостоев IV класса возраста на их устойчивость в условиях ельника зеленомошного / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // *Современная экология: образование, наука, практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф.* – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – Том 1. – С. 284-287.

**Иванчина, Л.А.** Влияние примеси осины в составе древостоев ельника зеленомошного на их устойчивость / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов, Д.В. Давидюк // *Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр.* – Выпуск 49. – Брянск: БГИТУ, 2017. – С. 88-91.

**Иванчина, Л.А.** Влияние примеси березы в составе древостоев ельника зеленомошного на их устойчивость / Л.А. Иванчина // *Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. в 8 т.* – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ, 2017. – Т. 5. Биоразнообразие и рациональное природопользование. – С. 16-20.

**Иванчина, Л.А.** Особенности усыхания еловых древостоев в различных почвенных условиях / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // *Повышение эффективности лесного комплекса: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием.* – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2017. – С. 78-80.

**Иванчина, Л.А.** Особенности усыхания еловых древостоев в различных типах лесорастительных условий / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // *Лесное хозяйство: тезисы 81-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием).* – Минск: БГТУ, 2017. – С. 159-161.

**Иванчина, Л.А.** Особенности усыхания ели в условиях ельника зеленомошного в зависимости от доли участия указанной породы в составе древостоя / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // *Лесная наука Казахстана: достижения, проблемы и пер-*

спективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию создания КазНИИЛХА. – Щучинск: КазНИИЛХА, 2017. – С. 136-139.

**Иванчина, Л.А.** Примесь лиственных пород в составе древостоев насаждений ельника зеленомошного как индикатор их устойчивости / Л.А. Иванчина // Актуальные проблемы экологии и природопользования в современных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Киров: ВГСХА, 2017. – Ч. 1. – С. 35-40.

**Иванчина, Л.А.** Влияние короэда-типографа на усыхание одновозрастных древостоев Прикамья в условиях ельника зеленомошного / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 4 (Ч. 4). – С. 641-645.

**Иванчина, Л.А.** Санитарное состояние ели в лесах Прикамья / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов, Д.В. Давидюк // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. в 2 кн. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – Кн. 1. – С. 310-311.

**Иванчина, Л.А.** Усыхание еловых насаждений различных типов леса в Прикамье / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Научные инновации – аграрному производству: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ [Электронный ресурс]. – Омск: Омский ГАУ, 2018. – С. 1036-1040.

**Иванчина, Л.А.** Влияние размера деревьев ели на их устойчивость в условиях ельника зеленомошного / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Выпуск 51. – Брянск: БГИТУ, 2018. – С. 34-37.

**Иванчина, Л.А.** Степень усыхания еловых древостоев Прикамья в различных лесорастительных условиях / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов, А.Е. Осипенко, Д.В. Калугина // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы III Междунар. науч.-техн. конф. – СПб.: СПбГЛТУ, 2018. – Том 1. – С. 136-139.

**Иванчина, Л.А.** Усыхание еловых древостоев Прикамья в различных условиях местопроизрастания / Л.А. Иванчина // Новая наука и формирование культуры знаний современного человека: материалы Междунар. науч.-практ. мероприятий Общества науки и творчества. – Казань: ОНТ, 2018. – С. 399-403.

**Иванчина, Л.А.** Использование квадрокоптера для изучения устойчивости еловых древостоев в различных условиях местопроизрастания / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов, Д.В. Калугина // Актуальные вопросы биогеографии: материалы Междунар. конф. – СПб.: СПбГУ, 2018. – С. 158-160.

**Иванчина, Л.А.** Усыхание ельников Прикамья / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Инновации – основа развития целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности: материалы VI Всерос. отраслевой науч.-практ. конф. «Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности». – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. – С. 236-239.

**Ivanchina, L.A.** Austrocknung der Fichtenwälder ist ein ernstes ökologisches problem / L.A. Ivanchina // Актуальные проблемы профессиональной сферы в со-

временном мире: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых на иностранных языках. – Екатеринбург: УрГПУ, 2019. – Ч. III. – С. 46-47.

**Иванчина, Л.А.** Влияние размера деревьев ели на их устойчивость в условиях ельника кисличного / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения С.И. Леонтьева: сб. материалов [Электронный ресурс]. – Омск: ОГАУ, 2019 – С. 459-462.

**Иванчина, Л.А.** Влияние полноты ельников на их санитарное состояние в условиях Чайковского лесничества Пермского края / Л.А. Иванчина, А.П. Кожевников, С.В. Залесов // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2019. – Кн. 1. – С. 188-189.

**Иванчина, Л.А.** Влияние усыхания на таксационные показатели одновозрастных еловых древостоев кисличного типа леса / Л.А. Иванчина // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Киров: ВятГУ, 2019. – С. 98-102.

**Иванчина, Л.А.** Усыхание ельников Пермского края в различных условиях местопроизрастания / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище: ПАФНЦ РАН. – 2019. – С. 10-14.

**Иванчина, Л.А.** Последствия усыхания одновозрастных еловых древостоев в условиях липнякового типа леса Пермского края / Л.А. Иванчина, С.В. Залесов // Трешниковские чтения – 2019: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Ульяновск: УлГПУ им. И.Н. Ульянова, 2019. – С. 32-34.

Отзывы на автореферат просим направить в 3 экземплярах по адресу: 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Д212.281.01 Магасумовой А.Г. E-mail: [dissovet.usfeu@mail.ru](mailto:dissovet.usfeu@mail.ru)

Подписано в печать 15.07.2020. Объем 1.0 авт.л. Заказ № 155. Тираж 100.  
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Сектор оперативной полиграфии РИО