

Научная статья  
УДК 630.232:630.81  
EDN WHCUDA  
DOI 10.24419/LNI.2304-083.2026.1.03

## Макроструктура древесины климатипов ели в географических культурах Архангельской области

Наталья Юрьевна Дробнова<sup>1</sup>

Елена Николаевна Наквасина<sup>2</sup>

доктор сельскохозяйственных наук

**Аннотация.** Изучена макроструктура древесины (ширина годичных колец, число годичных слоев в 1 см, % поздней древесины) 21 климатипа ели в географических культурах Архангельской обл. (подзона средней тайги). Коллекция климатипов включает два вида ели (сибирская и европейская) и две формы интрогрессивных гибридов (с преобладанием ели европейской и с преобладанием ели сибирской). Показаны различия в макроструктуре древесины различных климатипов ели: доля поздней древесины варьирует от 18,4 до 32,9%, ширина годичных слоев – от 1,20 до 1,99 мм, а количество годичных колец на 1 см – от 4,5 до 7,7. Доказано отсутствие клинальной географической изменчивости показателей макроструктуры древесины разных климатипов ели, что связано как с видовыми, так и с популяционными особенностями породы, которые могут нивелироваться новыми условиями произрастания потомства. Различия в ширине годичных слоев между елью сибирской и елью европейской отсутствуют. Существенные расхождения в доле поздней древесины между двумя видами связаны с их генетическими особенностями и отличиями в ростовых стратегиях. Обнаружено, что наличие европейских аллелей в геноме ели способствует увеличению ширины годичного кольца с возрастом и повышению адаптивных возможностей гибридных форм. В новых условиях произрастания ель европейская проявляет наследственно обусловленный лучший рост по диаметру по сравнению с елью сибирской.

**Ключевые слова:** географические культуры, ель сибирская, ель европейская, макроструктура древесины, климатипы, интрогрессивные гибриды.

**Для цитирования:** Дробнова Н.Ю., Наквасина Е.Н. Макроструктура древесины климатипов ели в географических культурах Архангельской области. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация. 2026. № 1. С. 25–36. DOI 10.24419/LNI.2304-083.2026.1.03. <https://elibrary.ru/whcuda>.

<sup>1</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, эксперт отдела делопроизводства, преподаватель-исследователь (Архангельск, Российская Федерация), n.drobnova@mail.ru

<sup>2</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, профессор кафедры лесоводства и лесостроительства (Архангельск, Российская Федерация), nakvasina@yandex.ru

Original article

EDN WHCUDA

DOI 10.24419/LHI.2304-083.2026.1.03

## Wood Macrostructure of Spruce Origins in the Provenance Test in Arkhangelsk region

**Natalia Yu. Drobnova<sup>1</sup>**

**Elena N. Nakvasina<sup>2</sup>**

*Doctor of Agricultural Sciences*

**Abstract.** The macrostructure of wood (annual ring width, number of annual layers per 1 cm, percentage of latewood) was studied in 21 climatic types of Norway spruce grown in the geographical cultures of the Arkhangelsk region (middle taiga subzone). The collection of climatic types includes two spruce species (Siberian spruce and Norway spruce) and two forms of introgressive hybrids (with a predominance of Norway spruce and with a predominance of Siberian spruce). Differences in the wood macrostructure of various climatic types of Norway spruce were revealed: the percentage of latewood ranges from 18.4% to 32.9%, annual ring width – from 1.20 to 1.99 mm, and the number of annual rings per 1 cm – from 4.5 to 7.7. The absence of clinal geographic variability in the wood macrostructure indicators of the different spruce climatic types is associated with both species and population characteristics of the breed, which can be leveled out by the new growing conditions of the offspring. There were no differences in annual ring width between Siberian spruce and Norway spruce. Significant differences in the proportion of latewood between the two species are associated with their genetic characteristics and differences in growth strategies. The study found that the presence of European alleles in the spruce genome increases the ring width with age and increases the adaptive capabilities of hybrid forms.

**Key words:** provenances test, Siberian spruce, Norway spruce, wood macrostructure, provenances test, provenances, introgressive hybrids.

**For citation:** Drobnova N., Nakvasina E. Wood Macrostructure of Spruce Origins in the Provenance Test in Arkhangelsk region. – Text : electronic // Forestry Information. 2026. № 1. P. 25–36. DOI 10.24419/LHI.2304-083.2026.1.03. <https://elibrary.ru/whcuda>.

<sup>1</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Document Management Specialist, Research Teacher (Arkhangelsk, Russian Federation), n.drobnova@mail.ru

<sup>2</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Professor of the Department of Forestry and Forest Management (Arkhangelsk, Russian Federation), nakvasina@yandex.ru

## Введение

Ель относится к одной из важнейших лесообразующих пород в России и играет значительную роль в лесном хозяйстве. В условиях изменения климата и расширения географических границ произрастания особое значение приобретает изучение морфологических и структурных особенностей древесины различных климатипов данной породы. В последние годы большое внимание уделяется исследованию макроструктуры древесины как показателя адаптационных механизмов растений к условиям среды, а также факторов, влияющих на качество древесины [1–3].

Различия в качестве древесины разных древесных пород, включая ель, обусловленные широтными и экологическими факторами произрастания, давно интересовали учёных [4, 5]. В то же время вопросы макроструктурных характеристик географической изменчивости, определяемой наследственными свойствами, и их сохранения при интродукции остаются недостаточно изученными [6–8].

Многочисленные исследования учёных-лесоводов демонстрируют влияние географических факторов на структурные особенности древесины ели. Отмечается тенденция к уменьшению ширины годичных колец с увеличением широты местопроизрастания породы, что свидетельствует о сужении годичных слоев и снижении содержания поздней древесины при продвижении на север. В то же время у ели, произрастающей в более благоприятных условиях (подзона южной тайги), происходит повышение доли поздних трахеид, формирующихся к концу вегетационного периода и улучшающих качество древесины [5, 9]. Однако потомства южно-таёжных елей, хотя и формируют стволы бóльших объёмов, не могут быть использованы при лесовосстановлении в северных регионах из-за их низкой сохранности [10]. Проследить возможные вариации в формировании древесины при изменении условий произрастания, их наследуемость в потомстве позволяют опытные культуры, заложенные с использованием семенного или посадочного материала различного

географического происхождения, – географические культуры [11].

Макроструктуру древесины ели обыкновенной в географических культурах Европейского Севера изучали и ранее, однако при этом использовали ограниченное число потомств и керны отбирали, в силу молодого возраста культур, на высоте 0,2 м [10, 12]. В ходе этих исследований были учтены также особенности роста и продуктивности потомств ели, что позволило сформулировать рекомендации по уточнению дальности возможной поставки семян для лесовосстановления [13]. Многие исследователи полагают, что окончательные выводы о состоянии, росте и развитии провениенций можно сделать только после достижения ими возраста, равного одной трети возраста рубки, установленного для данной породы [14]. В настоящее время географические культуры государственной сети Российской Федерации соответствуют этим критериям.

Цель исследования – изучение особенностей макроструктуры древесины ели в коллекции климатипов географических культур, заложенных в Архангельской обл. Культуры, входящие в государственную сеть географических культур Российской Федерации, достигли III класса возраста и в них прошла дифференциация, в связи с чем появилась возможность изучить особенности формирования макроструктуры древесины на общепринятой высоте ствола (1,3 м).

Архангельская обл., расположенная в подзоне средней тайги, характеризуется суровым климатом и высокой вариабельностью экологических условий. В рамках современных исследований актуальной задачей является выявление различий в макроструктуре древесины климатипов ели в изменённых условиях произрастания потомства, что может способствовать более глубокому пониманию процессов адаптации видов и успешному выращиванию культур целевого назначения.

## Объекты и методы исследований

Объекты исследования – географические культуры ели, заложенные в 1977 г. под

руководством Т.С. Непогодьева на территории Плесецкого лесничества (ранее – Плесецкого лесхоза) Архангельской обл. (подзона средней тайги по Курнаеву) [15]. Куратор объекта – Северный НИИ лесного хозяйства (ранее – АИЛиЛХ). Общая площадь исследуемых культур – 8 га, на ней произрастают 27 климатипов ели в трёх повторностях, что обеспечивает репрезентативность данных для анализа вариаций изучаемых признаков.

Географические культуры заложены на вырубке 1950-х гг., вышедшей из-под ельника черничного и используемой под выгон. Почва – подзолистая, легкосуглинистая. Посадочным материалом для создания объекта исследования стали 3-летние сеянцы, которые выращены в питомнике Плесецкого лесхоза. Сеянцы высаживали рядами под меч Колесова, обработка почвы сплошная с предварительной корчёвкой пней. Между рядами культур расстояние составляет 2,5 м, в ряду между деревьями – 0,7–0,8 м.

К 2022 г. культуры достигли возраста 46 лет. Для нашего исследования был выбран 21 климатип ели разного географического и видового

происхождения, включая потомство местной ели из Плесецкого лесничества (№ 19). Близкорасположенные климатипы одного региона в исследовании не включали. Указанные географические культуры представляют ареалы произрастания елей европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и сибирской (*P. obovata* L.) в зоне их интрогрессивной гибридизации на территории европейской части России: в частности, от северной подзоны тайги до южной подзоны смешанных лесов и северной подзоны лиственных лесов.

Перед проведением исследований было изучено состояние и рост отобранных потомств (табл. 1). Работы проводили по общепринятым для географических культур методикам [16]. Средний диаметр потомства каждого климатипа устанавливали путём перечёта не менее 100 деревьев, среднюю высоту определяли по графику высот.

Вид ели и распределение гибридных форм по отношению к ним устанавливали по Л.Ф. Правдину [17].

Отбор образцов древесины осуществляли с помощью возрастного бурава Пресслера. Для

**Таблица 1. Данные по приживаемости и росту изученных климатипов ели в географических культурах Архангельской обл.**

№ климатипа <sup>†</sup>	Происхождение (область, республика, лесхоз)*	Число рядов/высаженных растений в блоке, шт.	Сохранность, %	Средняя высота, м	Средний диаметр на высоте 1,3 м, см
<b>Ель сибирская</b>					
1	Мурманская, Мончегорский	4/157	66,5	8,0	7,9
20	Архангельская, Пинежский	12/720	76,3	9,1	9,7
23	Архангельская, Холмогорский	11/660	64,2	10,3	12,0
25	Коми, Корткеросский	14/728	69,5	9,9	13,0
38	Пермская, Красновишерский	38/605	65,2	8,3	12,7
40	Свердловская, Карпинский	6/385	54,1	10,9	12,5
<b>Ель гибридная с признаками сибирской</b>					
1а	Карелия, Медвежьегорский	12/875	93,8	9,4	8,6
2	Карелия, Сегежский	13/705	85,3	9,5	8,6
22	Архангельская, Котласский	20/1 256	85,2	9,7	11,0
28	Кировская, Слободской	17/1 020	90,9	9,5	9,5
35	Удмуртия, Ижевский	5/298	84,9	9,7	9,9
19	Архангельская, Плесецкий	20/1 220	89,3	9,0	9,3

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛ. 1

№ климатипа <sup>1</sup>	Происхождение (область, республика, лесхоз)*	Число рядов/высаженных растений в блоке, шт.	Сохранность, %	Средняя высота, м	Средний диаметр на высоте 1,3 м, см
<i>Ель гибридная с признаками европейской</i>					
4	Карелия, Пудожский	31/1 345	90,9	11,1	11,2
24	Вологодская, Череповецкий	9/486	91,5	10,3	12,4
27	Костромская, Галичский	12/736	91,2	8,5	9,4
3	Карелия, Пряжинский	13/715	91,0	10,8	10,6
<i>Ель европейская</i>					
7	Псковская, Великолукский	14/708	88,8	10,4	12,0
5	Ленинградская, Тосненский	10/482	86,2	11,6	12,6
8	Эстония, Вильядинский	8/656	88,6	10,4	11,1
10	Латвия, Даугавпилский	4/263	89,4	8,7	13,8
29а	Московская, Загорский	11/660	92,6	8,3	7,9

\* Номера климатипов и наименование лесхозов приведены в соответствии с Реестром государственной регистрации географических культур.

оценки характеристик древесины в каждом климатипе отбирали по два радиальных керна у 10–12 средних по параметрам роста деревьев [8]. Высота отбора кернов – 1,3 м от уровня земли – соответствует стандартам для получения репрезентативных образцов. Всего проанализированы 504 керна.

Ширину ранней и поздней древесины измеряли с помощью микроскопа МИР-12 с микрометром точностью до 0,01 мм. Число годичных слоёв в 1 см и содержание поздней древесины определяли согласно ГОСТ 16483.18–72 [18].

Статистическую обработку материалов проводили в программе Excel с использованием методов вариационной и сравнительной статистики.

## Результаты и обсуждение

В ходе исследования установлены различия в макроструктуре древесины ели разных климатипов.

Средняя ширина годичных слоёв древесины потомства ели различного географического происхождения варьирует в диапазоне от 1,20 до 1,99 мм (табл. 2). Наиболее широкие слои зафиксированы у потомства ели сибирской, происходящей из подзоны южной тайги Свердловской обл.

(№ 40): ширина годичного слоя больше на 64% по сравнению с местным климатипом (№ 19). Это свидетельствует о том, что у ряда популяций южных климатипов ели при перемещении в Архангельскую обл. сохраняются наследственные характеристики, проявляющиеся в показателях радиального прироста. В то же время минимальные размеры годичных слоёв наблюдаются у климатипов из Московской обл. (№ 29а) и Латвии (№ 10); они близки к местной популяции из Архангельской обл.

Исследования не выявили клинальной географической изменчивости в ширине годичных колец у различных климатипов ели обыкновенной. Это объясняется как видовыми, так и популяционными характеристиками данного вида. По данным И.В. Тихоновой и М.А. Кравец [19], некоторые популяции хвойных, включая ель обыкновенную, демонстрируют потенциал адаптации к новым условиям произрастания.

Особый интерес представляют краевые популяции. Так, самый северный мурманский климатип имеет более широкие кольца и устойчивый радиальный прирост по сравнению с местным среднетаёжным потомством ели из Плесецкого лесхоза. Тем не менее стоит отметить, что северная ель, растущая в материнском насаждении, является мелкослойной, что связано с условиями

**Таблица 2. МАКРОСТРУКТУРА ЕЛИ РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
В ПЛЕСЕЦКОМ ЛЕСХОЗЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛ.**

№ климата <sup>1</sup>	ПРОИСХОЖДЕНИЕ СЕМЯН		ШИРИНА ГОДИЧНОГО СЛОЯ, мм	Доля поздней древесины	КОЛИЧЕСТВО ГОДИЧНЫХ СЛОЕВ в 1 см, шт.
	Область, край, республика, лесхоз <sup>1</sup>	Лесорастительная подзона <sup>2</sup>			
<b><i>Ель сибирская</i></b>					
1	Мурманская, Мончегорский	СТ	1,60±0,17	18,4±1,55	5,3±0,19
20	Архангельская, Пинежский	СТ	1,59±0,12	20,5±1,18	4,6±0,11
23	Архангельская, Холмогорский	СТ	1,62±0,11	29,6±0,40	6,1±0,07
25	Коми, Корткеросский	СрТ	1,75±0,08	31,0±0,66	5,5±0,08
38	Пермская, Красновишерский	ЮТ	1,50±0,10	30,8±0,43	6,6±0,07
40	Свердловская, Карпинский	ЮТ	1,99±0,13	26,4±0,57	4,9±0,05
<b><i>Ель гибридная с признаками сибирской</i></b>					
1а	Карелия, Медвежьегорский	СрТ	1,53±0,12	31,4±0,78	6,3±0,08
2	Карелия, Сегежский	СрТ	1,58±0,13	23,6±1,44	5,4±0,13
22	Архангельская, Котласский	СрТ	1,59±0,11	29,4±0,30	6,3±0,06
28	Кировская, Слободской	ЮТ	1,37±0,10	32,9±0,40	7,3±0,07
35	Удмуртия, Ижевский	СмЛ	1,74±0,13	29,5±0,53	5,7±0,08
19	Архангельская, Плесецкий	СрТ	1,21±0,07	28,9±0,88	7,3±0,17
<b><i>Ель гибридная с признаками европейской</i></b>					
4	Карелия, Сегежский	СрТ	1,59±0,09	27,7±0,63	6,10±0,10
24	Вологодская, Череповецкий	ЮТ	1,65±0,09	28,5±0,82	5,7±0,06
27	Костромская, Галичский	ЮТ	1,35±0,09	30,9±1,08	6,9±0,10
3	Карелия, Пряжинский	СрТ	1,60±0,10	29,3±0,62	6,0±0,06
<b><i>Ель европейская</i></b>					
7	Псковская, Великолукский	СмЛ	1,73±0,10	28,8±0,59	5,6±0,04
5	Ленинградская, Тосненский	ЮТ	1,69±0,10	28,4±0,47	5,8±0,06
8	Эстония, Вильядинский	СмЛ	1,74±0,12	22,1±1,08	5,2±0,16
10	Латвия, Даугавпилский	СмЛ	1,36±0,10	32,8±0,30	7,4±0,13
29а	Московская, Загорский	СмЛ	1,20±0,08	29,8±1,14	7,7±0,13

<sup>1</sup> Номера климатических типов и наименование лесхозов даны в соответствии с Реестром государственной регистрации географических культур.

<sup>2</sup> По С.Ф. Курнаеву [1973] согласно паспортам географических культур: СТ – северная подзона тайги, СрТ – средняя подзона тайги, ЮТ – южная подзона тайги, СмЛ – зона смешанных лесов.

произрастания в умеренно-холодном с элементами арктического климате [20]. Однако изменение условий произрастания потомства в подзоне средней тайги оказывает влияние на скорость роста, дифференциацию деревьев в культурах и отражается на структуре древесины.

Снижение темпов радиального прироста у потомства мурманской ели, произрастающей в географических культурах, произошло во II классе возраста, когда началось смыкание

культур. У местной плесецкой ели смыкание культур и снижение радиального прироста началось в I классе возраста. К настоящему времени размеры годичного кольца мурманской и плесецкой ели сравнялись. Однако различия в динамике радиального прироста сказываются на средних значениях ширины годичного кольца за период исследования. К тому же у мурманской ели сохраняются наследственные признаки медленного роста, закреплённые при

произрастании материнских насаждений на фоне короткого вегетационного периода и низких температур. В результате в новых условиях роста мурманская ель достигает высоты 1,3 м на 10 лет позже, чем местная, и в зону учёта на высоте 1,3 м в 46-летнем возрасте попадают не все годовые кольца.

Средние значения доли поздней древесины у климатипов ели варьируют от 18,4 до 32,9%. Наибольшее содержание поздних трахеид зафиксировано в потомстве популяции из Кировской обл. (32,9%), а наименьшее – из Мурманской обл. (18,4%). Самые северные популяции ели из Мурманской обл. характеризуются низким содержанием поздней древесины, наследуемым в потомстве и обусловленным коротким вегетационным периодом в северных регионах, резкими холодами и низкими температурами в сентябре, что препятствует полноценному формированию годового кольца. По мнению А.Н. Пеккоева, именно показатель доли поздней древесины является высоконаследуемым признаком и определяет её плотность [21], что согласуется с нашими данными [22].

Считается, что для классификации древесины ели как высококачественной необходимо наличие от 2 до 20 годовых колец в 1 см [23]. Анализ образцов показал, что древесина климатипов ели в географических культурах Архангельской обл. соответствует этому критерию: количество слоёв варьирует от 4,5 до 7,7 в 1 см. Подобные данные (5,73 годовых кольца в 1 см) приводит и Н.А. Неверов с соавт. [24] для ели того же географического региона, близкой по возрасту.

В коллекции климатипов наибольшее количество колец в 1 см зафиксировано в потомстве ели популяций Загорского лесхоза Московской обл. и составляет 7,7 шт., в то время как минимальное значение (4,6 шт.) наблюдается в потомстве из Пинежского лесхоза Архангельской обл.

Макроструктура древесины потомства ели зависит не только от условий формирования исходных насаждений (климат, орография, плодородие почв), но и от биологических особенностей конкретных видов, а также морфологических форм ели, включая *Picea obovata* и *Picea abies*, которые в лесоводственном отношении рассматриваются как один вид [25].

Считается, что гибридные формы ели сибирской и европейской обладают повышенной адаптивной способностью, что связано с их большей гетерогенностью [26]. Это свойство растительности позволяет гибридам более эффективно приспосабливаться к условиям окружающей среды, так как они могут применять широкий спектр адаптивных стратегий, чтобы реагировать на изменения климата, болезни или другие стрессовые факторы.

В нашем случае ель гибридная с признаками сибирской и ель гибридная с признаками европейской обладают наибольшими содержанием поздней древесины и числом слоёв в 1 см (табл. 3). Однако различия статистически не доказаны (табл. 4).

Статистический анализ, проведённый в рамках данного исследования на 5%-м уровне значимости, показал отсутствие статически достоверных различий в ширине годовых слоёв

**Таблица 3. Средние показатели макроструктуры древесины ели различной видовой принадлежности**

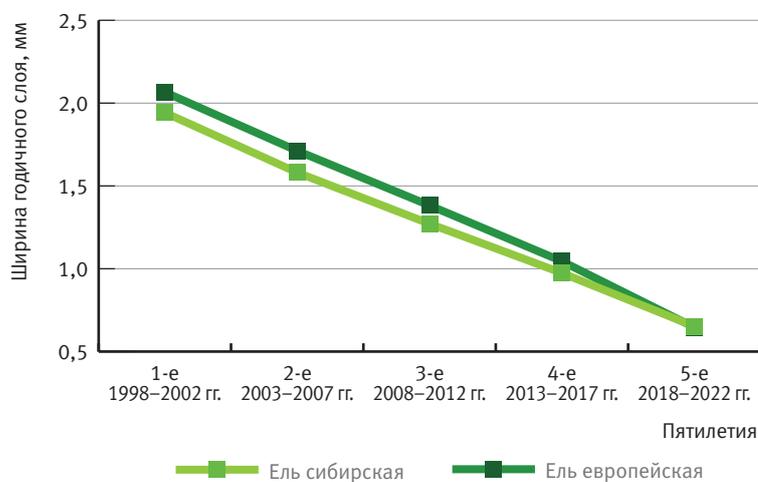
Видовая принадлежность ели	Показатель макроструктуры		
	Ширина годового слоя, мм	Содержание поздней древесины, %	Количество годовых слоёв в 1 см, шт.
Ель сибирская	1,68±0,12	26,1±0,80	5,5±0,10
Ель гибридная с признаками сибирской	1,50±0,11	29,2±0,72	6,4±0,10
Ели гибридная с признаками европейской	1,55±0,09	29,1±0,79	6,2±0,08
Ель европейская	1,54±0,10	28,4±0,71	6,3±0,10

**Таблица 4.** Коэффициент Стьюдента между группами по показателям макроструктуры древесины ели ( $t_{0,05} = 2,086$ )

Виды и формы ели	Ель гибридная с признаками сибирской	Ель гибридная с признаками европейской	Ель европейская
<i>Ширина годичного слоя</i>			
Ель сибирская	1,11	0,87	0,90
Ель гибридная с признаками сибирской	–	0,35	0,27
Ель гибридная с признаками европейской	–	–	0,07
<i>Содержание поздней древесины</i>			
Ель сибирская	2,91	2,67	2,13
Ель гибридная с признаками сибирской	–	0,12	0,84
Ель гибридная с признаками европейской	–	–	0,68
<i>Число годичных слоев в 1 см</i>			
Ель сибирская	6,36	5,39	6,08
Ель гибридная с признаками сибирской	–	1,64	0,28
Ель гибридная с признаками европейской	–	–	1,33

Примечание: жирным выделены значения, достоверные на 5%-м уровне значимости.

между потомствами елей сибирской и европейской при выращивании их в средней подзоне тайги. Это свидетельствует о сходных темпах роста и физиологических особенностях культур данных



**ФОРМИРОВАНИЕ ШИРИНЫ ГОДИЧНОГО СЛОЯ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛЕЙ СИБИРСКОЙ И ЕВРОПЕЙСКОЙ ПО 5-ЛЕТИЯМ ВОЗРАСТА КУЛЬТУР**

видов во II классе возраста. Однако между этими двумя видами выявлены существенные различия (см. табл. 4) в числе годичных слоёв в 1 см и содержании поздней древесины, что связано с их генетическими особенностями и различиями в ростовых стратегиях, закреплённых наследственно при формировании исходных насаждений в определённых климатических условиях.

В частности, у ели сибирской количество годичных слоев в 1 см меньше (5,5 шт.), чем у других видов и форм (6,2–6,4 шт.), что свидетельствует о её более медленном росте. У ели европейской наблюдается более высокая доля поздней древесины (28,4%) по сравнению с потомством ели сибирской. Для гибридных форм характерны более однородные характеристики структуры древесины и роста, при этом статистические различия сохраняются.

Ель европейская при произрастании потомства в новых условиях среды проявляет свои адаптивные способности, сохраняя наследственно

обусловленную скорость роста (рисунок). Однако с возрастом различия между видами нивелируются. Возрастные изменения макроструктуры древесины ели отмечались нами ранее [12].

Эти изменения у климатипов ели в рамках коллекций зависят от нескольких факторов, включая географическое происхождение материнского насаждения, расстояние, на которое были перенесены семена, а также видовую принадлежность.

## Выводы

В ходе проведённого исследования установлены различия в макроструктуре древесины ели в зависимости от географического происхождения, её вида и гибридных форм. В целом результаты исследования свидетельствуют о том, что макроструктура древесины ели в определённой

мере закреплена наследственно, но может нивелироваться при изменении условий произрастания. В начале III класса возраста культур клинальной изменчивости макроструктуры не отмечается. Большое влияние на формирование древесины оказывают биологические особенности вида ели. Сохранение видовых наследственных характеристик в потомстве (медленный рост ели сибирской и повышенный ели европейской) отражается в динамике радиального прироста породы.

Полученные результаты актуальны при оценке качества древесины и обоснованном отборе исходного семенного материала при мероприятиях по лесовосстановлению в Архангельской обл. и других регионах со схожими климатическими условиями. Кроме того, эти данные могут стать основой для прогнозирования изменений в росте и качестве стволовой древесины ели обыкновенной в условиях меняющегося климата.

*Благодарности.*

*Авторы выражают искреннюю благодарность канд. биол. наук Н.А. Прожериной за помощь в статистической обработке данных*

## Список источников

1. Wood anatomy of boreal species in a warming world: a review. – Текст : электронный / S. Zhang, E. Belien, R. Hai, S. Rossi, J.-G. Huang // *iForest – Biogeosciences and Forestry*. – 2020. – Vol. 13(1). – P. 130–138. DOI:10.3832/ifer3230-013. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3832/ifer3230-013>.
2. Variation in Tracheid Dimensions of Conifer Xylem Reveals Evidence of Adaptation to Environmental Conditions. – Текст : электронный / J. Zheng, Y. Li, H. Morris, F. Vandellook, S. Janes // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. DOI:10.3389/fpls.2022.774241. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.774241>.
3. Wiemann, M.C. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature and precipitation / M.C. Wiemann, G.B. Williamson // *Wood and Fiber Science*. – 2002. – Vol. 34. – № 1. – P. 96–107.
4. Львов, П.Н. Природа лесов Европейского Севера и ведение в них хозяйства / П.Н. Львов. – Архангельск, 1971. – 143 с.
5. Чибисов, Г.А. Качество древесины сосны и ели, метод его определения / Г.А. Чибисов, С.А. Москалева, Л.Е. Крыжановская // *Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере : сборник научных трудов*. – Архангельск : СевНИИЛХ, 2005. – С. 89–99.
6. Тарханов, С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми / С.Н. Тарханов. – Екатеринбург : УрО РАН, 1998. – 194 с.
7. Леонтьев, Л.Л. Изучение свойств древесины ели в географических культурах на Северо-западе России / Л.Л. Леонтьев, М.А. Николаева // *Лесные ресурсы таежной зоны России: проблемы лесопользования и лесовосстановления : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Петрозаводск, 30 сентября – 3 октября 2009)*. – Петрозаводск, 2009. – С. 128–129.
8. Кузьмин, С.Р. Реакция ширины годичного кольца и доли поздней древесины у сосны обыкновенной на погодные условия в географических культурах / С.Р. Кузьмин // *Лесной журнал*. – 2020. – № 5. – С. 64–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-64-80ж.
9. Мелехов, И.С. Значение структуры годичных слоев и ее динамики в лесоводстве и дендроклиматологии / И.С. Мелехов // *Лесной журнал*. – 1979. – № 4. – С. 6–14.
10. Демина, Н.А. Географическая изменчивость качества древесины ели и ее значение в целевом лесовыращивании / Н.А. Демина, Е.Н. Наквасина // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер.: естественные науки*. – 2013. – № 2. – С. 67–74. EDN: QCOPST.
11. Влияние географической изменчивости на продуктивность и физико-механические свойства древесины ели / П.Г. Мельник, О.В. Пронина, Я.Н. Станко, И.А. Дюжина // *Лесной вестник*. – № 1. – 2014. – С. 45–52. EDN: RWXНJB.
12. Наквасина, Е.Н. Изменчивость структуры годичных колец и плотности древесины в географических культурах ели в Архангельской области / Е.Н. Наквасина, Н.С. Минин // *Вестник Поморского университета*. – 2007. – № 2 (12). – С. 78–85. EDN: JWCCYP.
13. Наквасина, Е.Н. Адаптационная изменчивость ели *Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.) при испытании в географических культурах Архангельской области / Е.Н. Наквасина, И.А. Юдин, А.Г. Волков // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. – 2017. – Вып. 218. – С. 31–42. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.218.31-42.
14. Ростовцев, С.А. Географические культуры ели обыкновенной в Европейской части СССР / С.А. Ростовцев, Б.Н. Куракин // *Лесное хозяйство*. – 1981. – № 12. – С. 14–17.
15. Курнаев, С.Ф. Лесорастительное районирование СССР / С.Ф. Курнаев. – Москва : Наука, 1973. – 204 с.
16. Географические культуры в ген-экологических исследованиях на Европейском Севере / Е.Н. Наквасина, О.А. Юдина, Н.А. Прожерина [и др.]. – Архангельск, 2008. – 307 с.
17. Правдин, Л.Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР / Л.Ф. Правдин. – Москва : Наука, 1975. – 178 с.

18. ГОСТ 16483.18–72. Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое. – Москва : изд-во стандартов, 1999. – 4 с.
19. Тихонова, И.В. Изучение адаптивной нормы реакции популяций основных лесобразующих видов хвойных в Средней Сибири на основе косвенных данных / И.В. Тихонова, М.А. Кравец // Журнал общей биологии. – 2019. – Т. 80. – № 1. – С. 68–80. DOI: 10.1134/S0044459619010068.
20. Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. – Москва : Лесная промышленность, 1980. – 408 с.
21. Пеккоев, А.Н. Качество древесины культур ели при ускоренном лесовыращивании / А.Н. Пеккоев // Лесной журнал. – 2016. – № 1. – С. 89–99. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.1.89.
22. О плотности древесины климатипов ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.)) в географических культурах Архангельской области / Е.Н. Наквасина, Н.Ю. Дробнова, Н.А. Прожерина, О.А. Юдина // Труды СПбНИИЛХ. – 2024. – № 3. – С. 41–50. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.3.41 / EDN: SUJHQM.
23. Перельгин, Л.М. Строение древесины / Л.М. Перельгин. – Москва : изд-во АН СССР, 1954. – 200 с.
24. Неверов, Н.А. Качество древесины хвойных видов в Кенозерском национальном парке / Н.А. Неверов, В.В. Беляев, В.В. Старицын // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 8. – С. 161–165.
25. Попов, П.П. Ель европейская и сибирская: структура, интеграция и дифференциация популяционных систем / П.П. Попов. – Новосибирск : Наука, 2005. – 231 с.
26. Щербаков, Н.М. Эколого-генетические адаптации ели в условиях Севера / Н.М. Щербаков, М.А. Щербакова // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды. – Петрозаводск : КФ АН ССР, 1984. – С. 78–89.

## References

1. Wood anatomy of boreal species in a warming world: a review. – Текст : электронный / S. Zhang, E. Belien, R. Hai, S. Rossi, J.-G. Huang // iForest – Biogeosciences and Forestry. – 2020. – Vol. 13(1). – P. 130–138. DOI:10.3832/ifer3230-013. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3832/ifer3230-013>.
2. Variation in Tracheid Dimensions of Conifer Xylem Reveals Evidence of Adaptation to Environmental Conditions. – Текст : электронный / J. Zheng, Y. Li, H. Morris, F. Vandellook, S. Janes // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. DOI:10.3389/fpls.2022.774241. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.774241>.
3. Wiemann, M.C. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature and precipitation / M.C. Wiemann, G.B. Williamson // Wood and Fiber Science. – 2002. – Vol. 34. – № 1. – R. 96–107.
4. L'vov, P.N. Priroda lesov Evropejskogo Severa i vedenie v nih hoz'yajstva / P.N. L'vov. – Arhangel'sk, 1971. – 143 s.
5. Chibisov, G.A. Kachestvo drevesiny sosny i eli, metod ego opredeleniya / G.A. Chibisov, S.A. Moskaleva, L.E. Kryzhanovskaya // Voprosy taezhnogo lesovodstva na Evropejskom Severe : sbornik nauchnyh trudov. – Arhangel'sk : SevNIILH, 2005. – S. 89–99.
6. Tarhanov, S.N. Izmenchivost' eli v geograficheskikh kul'turah Respubliki Komi / S.N. Tarhanov. – Ekaterinburg : UrO RAN, 1998. – 194 s.
7. Leont'ev, L.L. Izuchenie svojstv drevesiny eli v geograficheskikh kul'turah na Severo-zapade Rossii / L.L. Leont'ev, M.A. Nikolaeva // Lesnye resursy taezhnoj zony Rossii: problemy lesopol'zovaniya i lesvosstanovleniya : materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (Petrozavodsk, 30 sentyabrya – 3 oktyabrya 2009). – Petrozavodsk, 2009. – S. 128–129.
8. Kuz'min, S.R. Reakciya shiriny godichnogo kol'ca i doli pozdnej drevesiny u sosny obyknovЕННОj na pogodnye usloviya v geograficheskikh kul'turah / S.R. Kuz'min // Lesnoj zhurnal. – 2020. – № 5. – S. 64–80. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-64-80zh.
9. Melekhov, I.S. Znachenie struktury godichnyh sloev i ee dinamiki v lesovodstve i dendroklimatologii / I.S. Melekhov // Lesnoj zhurnal. – 1979. – № 4. – S. 6–14.

10. Demina, N.A. Geograficheskaya izmenchivost' kachestva drevesiny eli i ee znachenie v celevom lesovyrashchivanii / N.A. Demina, E.N. Nakvasina // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: estestvennye nauki. – 2013. – № 2. – S. 67–74. EDN: QCOPST.
11. Vliyanie geograficheskoy izmenchivosti na produktivnost' i fiziko-mekhanicheskie svoystva drevesiny eli / P.G. Mel'nik, O.V. Pronina, Ya.N. Stanko, I.A. Dyuzhina // Lesnoj vestnik. – № 1. – 2014. – S. 45–52. EDN: RWXHJB.
12. Nakvasina, E.N. Izmenchivost' struktury godichnyh kolec i plotnosti drevesiny v geograficheskikh kul'turah eli v Arhangel'skoj oblasti / E.N. Nakvasina, N.S. Minin // Vestnik Pomorskogo universiteta. – 2007. – № 2 (12). – S. 78–85. EDN: JWCCYP.
13. Nakvasina, E.N. Adaptacionnaya izmenchivost' eli *Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.) pri ispytanii v geograficheskikh kul'turah Arhangel'skoj oblasti / E.N. Nakvasina, I.A. Yudin, A.G. Volkov // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. – 2017. – Vyp. 218. – S. 31–42. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.218.31-42.
14. Rostovcev, S.A. Geograficheskie kul'tury eli obyknovЕННОj v Evropejskoj chasti SSSR/ S.A. Rostovcev, B.N. Kurakin // Lesnoe hozyajstvo. – 1981. – № 12. – S. 14–17.
15. Kurnaev, S.F. Lesorastitel'noe rajonirovanie SSSR / S.F. Kurnaev. – Moskva : Nauka, 1973. – 204 s.
16. Geograficheskie kul'tury v gen-ekologicheskikh issledovaniyah na Evropejskom Severe / E.N. Nakvasina, O.A. Yudina, N.A. Prozherina [i dr.]. – Arhangel'sk, 2008. – 307 s.
17. Pravdin, L.F. El' evropejskaya i el' sibirskaya v SSSR / L.F. Pravdin. – Moskva : Nauka, 1975. – 178 s.
18. GOST 16483.18–72. Drevesina. Metod opredeleniya chisla godichnyh sloev v 1 sm i sodержaniya pozdnej drevesiny v godichnom sloe. – Moskva : izd-vo standartov, 1999. – 4 s.
19. Tihonova, I.V. Izuchenie adaptivnoj normy reakcii populyacij osnovnyh lesoobrazuyushchih vidov hvojnyh v Srednej Sibiri na osnove kosvennyh dannyh / I.V. Tihonova, M.A. Kravec // Zhurnal obshchej biologii. – 2019. – T. 80. – № 1. – S. 68–80. DOI: 10.1134/S0044459619010068.
20. Melekhov, I.S. Lesovedenie / I.S. Melekhov. – Moskva : Lesnaya promyshlennost', 1980. – 408 s.
21. Pekkoev, A.N. Kachestvo drevesiny kul'tur eli pri uskorenном lesovyrashchivanii / A.N. Pekkoev // Lesnoj zhurnal. – 2016. – № 1. – S. 89–99. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.1.89.
22. O plotnosti drevesiny klimatipov eli obyknovЕННОj (*Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.)) v geograficheskikh kul'turah Arhangel'skoj oblasti / E.N. Nakvasina, N.Yu. Drobnova, N. A. Prozherina, O. A. Yudina // Trudy SPbNILH. – 2024. – № 3. – S. 41–50. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.3.41 / EDN: SUJHQM.
23. Perelygin, L.M. Stroenie drevesiny / L.M. Perelygin. – Moskva : izd-vo AN SSSR, 1954. – 200 s.
24. Neverov, N.A. Kachestvo drevesiny hvojnyh vidov v Kenozerskom nacional'nom parke / N.A. Neverov, V.V. Belyaev, V.V. Staricyn // Vestnik KrasGAU. – 2014. – № 8. – S. 161–165.
25. Popov, P.P. El' evropejskaya i sibirskaya: struktura, integraciya i differenciaciya populyacionnyh sistem / P.P. Popov. – Novosibirsk : Nauka, 2005. – 231 s.
26. Shcherbakov, N.M. Ekologo-geneticheskie adaptacii eli v usloviyah Severa / N.M. Shcherbakov, M.A. Shcherbakova // Adaptaciya drevesnyh rastenij k ekstremal'nym usloviyam sredy. – Petrozavodsk : KF AN SSR, 1984. – S. 78–89.