

ОСОБЕННОСТИ ВЫЖИВАНИЯ И РОСТА КЛИМАТИПОВ ЛИСТВЕННИЦЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. Наквасина^{1✉}, А.П. Богданов^{1,2}, О.А. Юдина¹

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), Россия, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17

²ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ), Россия, 163062, г. Архангельск, ул. Никитова, д. 13

nakvasina@yandex.ru

Рассмотрены особенности выживаемости и роста лиственницы 14 климатипов рода *Larix* (6 видов, часть из которых представлена несколькими географическими расами) в географических культурах, созданных в 1978 г. в Архангельской области (подзона средней тайги). Установлено, что наиболее выраженный отпад климатипов лиственницы наблюдался в первом классе возраста и не зависел от параметров климато-географической характеристики мест произрастания исходных насаждений и сходства с условиями места испытания. Показано, что основной причиной гибели лиственниц разных видов и географических рас в условиях севера были местные почвенно-гидрологические и погодные условия (ранние заморозки), а также обмерзание вследствие выхода деревьев из-под защитного полога снегового покрова. Приведены материалы по динамике сохранности и роста различных климатипов лиственницы. Выявлено два происхождения, относительно устойчивых к несвойственным им условиям произрастания при сверхдальней переброске в меридианальном направлении климатипа — лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.) из Иркутской области и лиственница охотская (*L. ochotensis* Kolesn.) из Хабаровского края, сохранность которых в 47-летнем возрасте культур составила 5,7 и 7,4 % соответственно. Отмечено отсутствие репродуктивной активности потомств. Установлено, что по числу живых деревьев, таксационным характеристикам, состоянию и качеству ствола преимущество имеет лиственница сибирская по сравнению с лиственницей охотской. Рекомендовано использовать данные популяции для рассмотрения в качестве объектов при разработке стратегий селекционного улучшения породы.

Ключевые слова: лиственница, происхождения, виды, условия произрастания, географические культуры, рост, качество ствола, сохранность

Ссылка для цитирования: Наквасина Е.Н., Богданов А.П., Юдина О.А. Особенности выживания и роста климатипов лиственницы в географических культурах Архангельской области // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 4. С. 20–32. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-4-20-32

Лиственница широко распространена в России, однако даже в регионе ее повсеместного произрастания (Сибирь) площади породы сокращаются [1]. Согласно данным государственной инвентаризации лесов за 2018 г. [2], в Северо-таежном районе европейской части Российской Федерации лиственница занимает 158,8 тыс. га, что составляет 0,62 % лесопокрываемой площади лесного района, причем древостои возрастом свыше 120 лет занимают 79 % в общем распределении насаждений с преобладанием лиственницы. В Архангельской области, по материалам государственного учета, доля лиственничников составляет 0,2 % покрытой лесом площади. Средний возраст

произрастающей в регионе лиственницы составляет свыше 200 лет [3]. Стационарные наблюдения за динамикой строения смешанных лиственничников также наглядно демонстрируют снижение доли лиственницы в смешанных древостоях, а принимаемые меры по отказу от рубок в насаждениях с участием трех и более единиц лиственницы в составе древостоя не дают результатов. На территории Пинежского заповедника, где хозяйственная деятельность отсутствует и нет риска негативного антропогенного воздействия, площади лиственничников также сокращаются [4].

Указанная тенденция связана с влиянием климатических изменений, что также отмечают ученые Китая [5, 6], где лиственница является важной хозяйственной породой — третьей по занимаемой площади (6,3 %). Для поддержа-

ния потенциала лиственничников создаются плантации, занимающие до 5,5 % площади лесных земель [7], прежде всего на северо-востоке страны [8].

Сохранение лиственницы как основной лесобразующей породы стало приоритетной задачей, особенно с учетом прогнозируемых климатических изменений.

Род *Larix* является видом полиморфным, включает в себя, по разным источникам, до 20 видов, статус которых до сих пор остается дискуссионным, несмотря на проведение кариологических исследований [9–12]. При распространении лиственницы в Евразии эволюционно под воздействием абиотических факторов сформировались многочисленные географические расы, которые предлагается [13] называть климаороздафотипы вследствие большого влияния на их формирование абиотических факторов окружающей среды. В процессе исторической миграции после оледенения среди представителей рода *Larix* сохранились виды древнего происхождения из горных рефугиумов, тогда как для равнинных территорий характерны интрогрессивные гибриды с лиственницей сибирской [11]. Подобные комбинации усиливают эколого-географическую и генетическую изменчивость и приводят к сложностям в оценке адаптации видов и географических рас при испытании потомства.

Считается [14], что в селекционной стратегии улучшения породы следует использовать разные виды, что нашло отражение в создании коллекций видов и происхождений лиственницы, заложенных как в России, так и за рубежом [15, 16]. Разные виды, расы, гибриды наследуют признаки, в которых формировался генотип, но по-разному адаптируются к условиям произрастания, проявляют в различных местах испытания специфическую реакцию на сумму абиотических факторов. В большинстве опытов с географическими расами и видами лиственниц установлены их различия в росте и выживаемости, которые однако зависят от условий произрастания в местах расположения пунктов испытания [16–21].

Многие авторы отмечают сильное влияние широтных перемещений потомств, слабое влияние — долготных [16, 18, 21, 22]. Перенос потомства по широте на большие расстояния снижает рост и сохранность лиственницы. В случае переноса южных рас в северном направлении их рост может быть лучше местного потомства [18], а при перемещении в более теплый климат — заметно улучшаться [23]. По крайней мере, для Ленинградской области различия по широте мест заготовки и места использования

семян с удалением на север не должны превышать 4°, на юг — 6...8° [21]. В особую группу с низким адаптационным потенциалом относят горные лесостепные и таежные виды лиственницы сибирской [24], которая в целом считается менее устойчивой к холоду по сравнению с дальневосточными видами [12]. При испытании в европейском регионе и при дальних перебросках (Швеция) лучшие результаты [17, 25] показала лиственница Сукачева (*L. sukaczewii* Dylis) по сравнению с сибирской лиственницей (*Larix sibirica* Ledeb.). По мнению В.П. Тимофеева [26], по причине высокого полиморфизма лиственницы всегда есть возможность найти географические и видовые варианты породы для успешного произрастания в различных условиях окружающей среды, в том числе там, где условия для ее произрастания не являются оптимальными. К таким условиям А.П. Тольский относил и север России — от 62° с. ш. [16].

Цель работы

Цель работы — выявление адаптационных возможностей различных географических происхождений некоторых видов лиственницы при произрастании в географических культурах Архангельской области.

Материалы и методы

Исследования проводили в опытных культурах лиственницы, созданных в 1978 г. в рамках широкомасштабного эксперимента по созданию государственной сети географических культур. Культуры были заложены в Плесецком лесхозе (сейчас лесничество) на старой вейниково-луговой вырубке из-под сосняка черничного с мелкоподзолистыми легкосуглинистыми почвами на тяжелом окорбоначенном моренном суглинке.

Перед посадкой 3-летних сеянцев была проведена частичная обработка почвы плугом ПЛД-1,2 при расстоянии между бороздами 2,5 м. Шаг посадки составлял 0,85 м, посадку проводили под лопату по центру взрыхленных полос. Сеянцы выращивали в местном питомнике открытого грунта.

На площади 2 га было высажено 14 потомств лиственницы различного географического происхождения и видов (табл. 1). Из них ряд климатипов (в табл. 1 отмечены звездочкой *) вследствие малого наличия сеянцев была высажена в количестве 50...80 шт. Остальные климатипы высаживались в одной-двух повторностях с числом растений от 0,45 до 3,6 тыс. шт., которое и определяло количество

Т а б л и ц а 1

**Характеристика мест происхождений лиственницы,
испытываемой в географических культурах Архангельской области**
Characteristics of Larch origins tested in provenance trial plantations of the Arkhangelsk region

Но- мер кли- ма- типа	Происхождение	Вид листвен- ницы	Лесорас- тительная зона/под- зона	Географи- ческие ко- ординаты	Продолжи- тельность вегета- ционного периода, сут.	Сумма эффе- ктивных темпер- выше +5 °С	Годовое коли- чество осадков, мм	Высота над уровнем моря, м
1*	Архангельская обл. РФ, Пинежский лесхоз	Сукачева	Подзона северной тайги	64°45' с. ш. 43°14' в. д.	123	1284	463	57
11	Пермская обл. РФ, Красновишерский лесхоз	То же	Подзона средней тайги	60°12' с. ш. 57°08' в. д.	149	1861	877	165
12	Свердловская обл. РФ, Егоршинский лесхоз	«—»	Подзона средней тайги	57°18' с. ш. 62°00' в. д.	156	2106	438	137
13*	Свердловская обл. РФ, Ново-Лялинский лесхоз	«—»	Подзона средней тайги	59°02' с. ш. 60°32' в. д.	156	2106	438	104
9	Республика Башкор- тостан РФ, Учалин- ский лесхоз	«—»	Зона лесостепи, горная	54°23' с. ш. 59°27' в. д.	163	2342	413	548
29	Иркутская обл. РФ, Вихоревский лесхоз	Сибир- ская	Подзона южной тайги	56°07' с. ш. 101°09' в. д.	143	1872	417	352
30	Республика Бурятия, Закаменский лемхоз	То же	Подзона южной тайги, горная	50°21' с. ш. 103°30' в. д.	145	1960	344	1427
47	Вост.-Казахстанская обл. Республики Ка- захстан, Курчунский лесхоз	«—»	Район лиственнич- ных лесов, горная	48°33' с. ш. 83°36' в. д.	141	1849	652	406
35	Магаданская обл. РФ, Берелихский лесхоз	Даурская	Редкостой- ная тайга	63°06' с. ш. 147°05' в. д.	101	1101	296	909
37	Хабаровский край РФ, Охотский лесхоз	Охот- ская**	Редкостой- ная тайга	59°30' с. ш. 143°10' в. д.	117	1465	412	17
33	Читинская обл. РФ, Могочинский лесхоз	Гмелина	Подзона средней тайги	53°44' с. ш. 119°44' в. д.	146	1193	397	661
39	Хабаровский край РФ, Амгуньский лесхоз	Охотская	Подзона южной тайги	51°05' с. ш. 134°40' в. д.	135	1930	743	372
43	Сахалинская обл. РФ, Онорский лесхоз	Куриль- ская	Подзона южной тайги	50°11' с. ш. 142°55' в. д.	150	1833	900	100
44	Амурская обл. РФ, Слободненский лесхоз	Гмелина	Зона лесостепи, горная	51°21' с. ш. 128°08' в. д.	125	1539	630	149
Пункт испытания (Архангельская обл. РФ, Плесецкий лесхоз)				62°54' с. ш. 40°24' в. д.	146	1729	574	86
Примечание. * — высажены в единичных экземплярах; ** — название дано по [30] — лиственница Каяндера.								

рядов и размер блоков (длина блока принята за 50 м). Куратор объекта — ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ).

Вид лиственницы, по вариантам опыта, принят в соответствии с паспортом государственной регистрации географических культур, в который он был внесен из сопровождавших семена сопроводительных материалов. В коллекции представлено пять потомств лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Djilis), три климатипа лиственницы сибирской (*L. sibirica* Ldb.), по два климатипа лиственницы Гмелина (западная раса лиственницы даурской — *L. dahurica* Tutcz. et Trautv.) и охотской (*L. ochotensis* Kolesn.), а также по одному климатипу лиственницы даурской (*L. dahurica* Tutcz. et Trautv) и курильской (*L. kurilensis* Mayr.).

Для преемственности и синхронизации данных с опубликованными ранее материалами сохранены названия лесхозов и лесничеств, приведенные в реестре. Климатические характеристики мест произрастания взяты из материалов [27] по соответствующим лесосеменным подрайонам. Высота над уровнем моря рассчитана с помощью информационного ресурса определения высот по географическим координатам мест произрастания исходных насаждений [28].

При проведении обследований в 2024 г. было составлено геоботаническое описание участка изучаемых потомств лиственницы по общепринятым методам, определены таксационные показатели (высота, диаметр ствола на высоте 1,3 м от поверхности земли) сплошным перечетом сохранившихся экземпляров лиственницы и сопутствующих пород. На момент обследования возраст культур составлял 47 лет, биологический возраст — 50 лет.

Диаметр ствола измеряли мерной вилкой с точностью до 1 мм. Для построения графика высот измеряли диаметр ствола и высоту у 15...20 деревьев лиственницы. У остальных пород измеряли по три дерева из трех центральных ступеней толщины. Высоту измеряли с помощью высотомера Suunto PM-5/1250 с точностью измерения до $\pm 0,1$ м. Запас древесины в коре определялся по разрядным таблицам [31]. Состав древостоя получен по участвующим породам.

Для каждого дерева лиственницы определяли санитарное состояние [32] по следующим категориям: К1 — здоровое, К2 — ослабленное, К3 — сильно ослабленное, К4 — усыхающее, К5 — погибшее, к которым относятся свежий и старый сухостой (категории санитарного состояния, обозначенные К5 и К6 соответственно),

свежий и старый ветровал (категории состояния К5а и К6а), свежий и старый бурелом (категории состояния К5б и К6б). Аварийные деревья при расчетах относили к одной из вышеперечисленных категорий в соответствии со шкалой. Качество ствола оценивали по баллам: 1 — одноствольные прямые, 2 — прямые двухствольные, 3 — слабо искривленные одноствольные, 4 — слабо искривленные двухствольные, 5 — сильно и многократно искривленные, 6 — кустовидные.

Таксационные показатели обработаны методами описательной статистики для определения основных статистических показателей.

Для анализа динамики показателей использованы отчетные материалы АИЛиЛХ (ныне СевНИИЛХ) и публикации с участием авторов статьи [33–35].

Для статистической обработки данных использовали программу Statistica. Перед проведением регрессионного анализа была проверена нормальность распределения. Для этой цели применяли W-тест Шапиро — Уилка. В результате анализа полученные значения *P* составили от 0,051 до 0,54, т. е. распределение не отличается от нормального.

Результаты и обсуждение

Коллекция потомств лиственницы, испытываемых в географических культурах, весьма различается по географическому положению, видовой представленности и сумме абиотических факторов. Исходные насаждения разных видов лиственниц произрастали в лесорастительных условиях — от северной тайги и редкостойных лесов до лесостепной зоны и были преимущественно горного распространения. Регионы — доноры семян отличались весьма широким разбросом климатических характеристик: часть насаждений по температурному режиму произрастала в условиях лучше, чем в месте испытания, часть — в менее комфортных условиях. Отбор семян для закладки опытного объекта осуществлялся при широком разбросе высоты над уровнем моря — от 17 до 1427 м (причем высота н. у. м. места испытания составляла 86 м).

Несмотря на это, проведенный кластерный анализ (рис. 1) позволил дифференцировать испытываемые происхождения на четыре группы, основой выделения которых выступили географическое положение (восточная долгота), климатические характеристики (сумма эффективных температур выше 5 °С, годовое количество осадков) и высота над уровнем моря, выраженные в единицах стандартного отклонения.

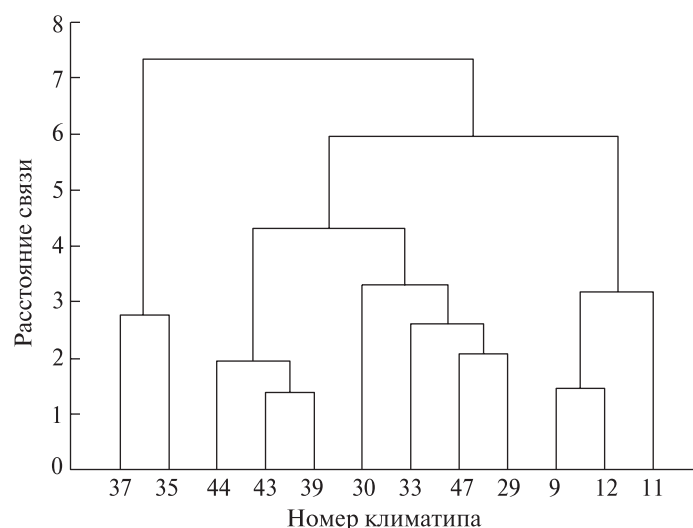


Рис. 1. Дендрограмма сходства климатипов лиственницы по комплексу признаков, выполненная по методу Варда

Fig. 1. Dendrogram of Larch climatic type similarities based on a complex of traits by Ward's method

На существенную значимость высоты над уровнем моря на адаптационный потенциал видов лиственницы указали в работах [6, 21, 22], однако в нашем случае четкой дифференциации по этому показателю не наблюдалось. В отдельную группу выделены популяции, представленные лиственницей сибирской, произрастающей на высотах над уровнем моря 352...1247 м, что значительно выше, чем в месте испытания. Отдельными группами представлены потомства дальневосточных видов лиственниц из редкостойной тайги и южной подзоны тайги, а также лиственницы Сукачева из Республики Бурятия и Свердловской области РФ. В пределах групп возможно выявление локальных устойчивых популяций разных видов, что можно проследить по показателю сохранности в опытных культурах (табл. 2).

Кроме перечисленных выше потомств с низкой адаптацией при выращивании посадочного материала, которые были исключены из учета в первый год приживаемости культур, т. е. лиственница Сукачева из Архангельской (1) и Свердловской (13) областей РФ, а также климатип лиственницы сибирской из горных районов Восточного Казахстана Республики Казахстан (47), к четвертому году жизни культур низкую сохранность (менее 10 %) имели потомства лиственницы даурской из редкостойной тайги Магаданской обл. РФ (35), лиственницы Гмелина из Амурской области РФ (44) и лиственницы Сукачева из Пермской области РФ (13) и Республики Башкортостан РФ (9). Это связано с неравномерной поставкой количества семян

Т а б л и ц а 2

Динамика сохранности климатипов лиственницы в географических культурах Архангельской области

Dynamics of Larch climatic type preservation in provenance trial plantations of the Arkhangelsk region

Номер климатипа	Сохранность в возрасте культур, %		
	4 года	26 лет	47 лет
11	3,2	0	0
12	27,5	6,1	Ед.
9	6,9	4,6	Ед.
29	68,2	12,4	5,7
30	38,4	5,6	Ед.
35	2,3	0	0
37	63,5	12,5	7,4
33	19,4	0	0
39	43,4	0	0
43	75,5	0	0
44	5,0	0	0

на испытание и с низким их качеством, что привело к снижению приживаемости семян в питомнике, а позднее — и на лесокультурной площади, особенно после первых перезимовок. Сохранность остальных потомств составляла от 19 до 75 %.

Проведенный регрессионный анализ между сохранностью 4-летних культур лиственницы и географическими координатами, абиотическими факторами мест происхождения исходных

насаждений показал достоверную связь (p -level 0,00029–0,029). Оценка приживаемости культур в первые годы жизни показала прямую зависимость сеянцев от географических координат, суммы эффективных температур выше 5 °C и продолжительности вегетационного периода. Установлено, что гидротермический коэффициент и высота над уровнем моря оказывают отрицательное влияние на сохранность культур. Повышение значений этих показателей может негативно сказываться на приживаемости климатипов лиственницы.

Спустя 22 года адаптационные показатели лиственницы проявились достаточно резко и по другим потомствам. К числу погибших были отнесены климатипы, показавшие достаточную сохранность в первые годы после посадки (см. табл. 2). Из общего числа высаженных потомств остались только пять с сохранностью от 4,6 до 12,5 %, представленные различными видами лиственницы и исходными климато-орографическими характеристиками.

К настоящему времени сохранилось (сохранность 5,7 и 7,4 % соответственно) лишь два потомства — лиственницы сибирской из южной подзоны Иркутской области РФ (29) и лиственницы охотской из редкостойной тайги Хабаровского края РФ (35). По сумме температур они достаточно близки к показателям места испытания — 1872 и 1465 град. соответственно, однако отличаются по высоте над уровнем моря — 352 и 17 м соответственно в допустимых пределах (не более 450 м) по сравнению с местом испытания [21]. Отмечается [36], что отпад лиственниц разного географического происхождения в географических культурах той же серии в Забайкальском крае РФ в первую очередь наблюдался у климатипов с мягким климатом и оптимальными условиями увлажнения.

Отпад лиственницы в первом классе возраста, несомненно, был связан с достижением деревьями высоты, превышающей уровень снегового покрова. К 13-летнему возрасту культур их высота варьировала от 1,2 до 1,7 м [34]. Осенне-зимние повреждения проявлялись весной массовым усыханием лиственницы, что могло быть связано с повреждением раннеосенними заморозками, частыми на севере, которые сказывались на выживаемости лиственницы в южной подзоне тайги [37]. Однако на выживаемость лиственницы могла повлиять еще одна причина — почвенно-гидрологические условия. Формирование почв участка произрастания коллекции на тяжелых почвообразующих породах привело к застою влаги весной и осенью, вызвало угнетение роста корней и снизило устойчивость деревьев, что и обусло-

вило массовую гибель при перезимовке. По мнению, изложенному в работе [24], ведущим фактором устойчивости лиственницы в новых условиях произрастания являются различия во влажности корнеобитаемого слоя, которые в условиях произрастания коллекции могут быть связаны с большим количеством осадков в сентябре. Именно сентябрьские осадки были определяющим климатическим параметром роста и формирования годичного кольца лиственницы европейской в опытах, проведенных в Польше [19]. Лиственница реагирует также на накопление снега и аномалии влажности почвы, на недостаток почвенного кислорода и тепла в ходе вегетации [38]. Предпочтительнее для нее свежие, хорошо дренированные почвы без перепадов увлажнения [21]. Наиболее негативно избыток и застой влаги в почве переносит лиственница сибирская и ее экотипы, произрастающие высоко над уровнем моря [22], что и наблюдалось в проведенных нами опытах.

Вследствие влияния местных микроклиматических факторов выделить какие-либо признаки географического, климатического или орографического характера, влияющие на устойчивость лиственниц в коллекции в географических культурах Архангельской области, не представляется возможным. Стабилизация выживаемости климатипов в географических культурах установилась ко второму классу возраста, что согласуется с выводами, изложенными в работе [36], по объекту подобных культур географической сети в Забайкальском крае РФ.

В 2024 г. нами были обследованы сохранившиеся насаждения лиственницы (29 и 37 климатипы), представленные лиственницей сибирской из Иркутской области РФ и лиственницей охотской из Хабаровского края РФ. Иркутский климатип лиственницы сибирской хорошо показал себя по устойчивости в посадках на территории Воронежской обл. [39], но не проявил себя в Ленинградской обл. [21]. Восточные популяции лиственницы сибирской граничат с лиственницей Гмелина и могут нести ее признаки в результате интрогрессивной гибридизации [12].

Поскольку уходы во втором классе возраста культур не проводились, сформировалось насаждение состава 2С2Лц6Б+Е, с полнотой 1,07 (0,18 по лиственнице), с запасом 215 м³/га древесины (в том числе 68 м³/га деловой). Живой напочвенный покров достаточно разнообразен и представлен кустарничко-злаково-разнотравной зеленомошной ассоциацией, в которой учтено до 19 видов трав и кустарничков и два вида мха, покрывающих дневную поверхность на 80...90 %. 38...40 % проектив-

ного покрытия живого напочвенного покрова составляет костяника обыкновенная (*Rubus saxatilis* L.), 22...25 % — щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.), 10...12 % — вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), в небольшом количестве представлены лесные травы и кустарнички. Моховое покрытие представлено дикранумом волнистым (*Dicranum undulatum*) и плеурозиумом Шребера (*Pleurozium schreberi*).

Подлесок на участке лиственницы редкий, представлен группами ивы, рябины, малины высотой до 1 м, единичным можжевельником высотой до 2 м. Подрост — елью разной крупности (1000 шт./га), березой, главным образом крупной и тонкомером (2100 шт./га). Подроста лиственницы нет, так как семяношение ее полностью отсутствует: нет шишек в кроне и опавших на земле. Это не позволило нам уточнить вид лиственницы.

Таксационная характеристика лиственницы сибирской (29) и охотской (35) приведена в табл. 3. Несмотря на низкую сохранность, рост и продуктивность лиственниц соответствуют I–II классу бонитета и близки к показателям местной лиственницы в естественных насаждениях, согласно данным хода роста одновозрастных местных лиственничных древостоев, приведенным в [31]. Запас древостоя лиственницы в опытных культурах определяется ее сохранностью.

По числу живых деревьев (здоровые и ослабленные) на первом месте лиственница сибирская (68 %), по сравнению с лиственницей охотской (46 %). Как правило, это наиболее крупные деревья в насаждении (рис. 2, 3). Много старого сухостоя — соответственно 30 и 42 % у сибирской и охотской лиственниц, представлено искривленными и многовершинными деревьями, что, возможно, связано с освещением смешанного насаждения под пологом. Плохая освещенность сказывается и на кроне лиственницы и очищаемости от сучьев, которые появляются с высоты не более 0,4 м от поверхности земли. Крона ажурная, имеет ширину от 1 до 3 м, высоко поднята, занимает 20...25 % ствола.

Для обеих лиственниц характерно хорошее качество ствола. Преобладают одноствольные прямоствольные и слабо искривленные — 74 и 83 % соответственно. При этом стволы плохо очищены от сучьев, сохраняющихся по всей высоте ствола. Однако заметно (рис. 3), что лиственница охотская чаще побивалась морозом, что привело к формированию большой доли двухствольных деревьев с разным качеством стволов и многократно искривленных

Т а б л и ц а 3

**Таксационная характеристика
лиственницы в географических культурах
Архангельской области**

**Inventory characteristics of Larch in provenance
trial plantations of the Arkhangelsk region**

Показатель	Климатип	
	29	37
Бонитет	I	II
Высота (средняя), м	17,7	14,1
Диаметр (средний), см	21,4 ± 0,9	16,1 ± 0,8
Сумма площадей сечений, м²/га	8,3	6,0
Относительная полнота	0,26	0,22
Запас древесины, м³/га	80	52
Объем сухостоя, 5 м³/га	5	5

Т а б л и ц а 4

**Динамика роста сибирской (29)
и охотской (37) лиственниц
в географических культурах
Архангельской области**

**Growth dynamics of Siberian (29) and Okhotsk (37)
Larches in provenance trial plantations
of the Arkhangelsk region**

Номер клима- типа	Показатель	Возраст, лет			
		7 [33]	16 [34]	29 [35]	50
29	Высота, м	1,0	1,7 ± 0,05	7,4	17,7
	Диаметр ствола, см	1,9*	3,6 ± 0,10*	11,0	21,4 ± 0,9
37	Высота, м	0,9	1,3 ± 0,06	3,7	14,1
	Диаметр ствола, см	1,3*	2,7 ± 0,10*	5,7	16,1 ± 0,8

Примечание. * — диаметр у шейки корня.

достаточно крупных по диаметрам стволов деревьев. Их доля в сумме составляет 28 %. Средний балл качества стволов и состояния деревьев составляет у охотской лиственницы — 2,5 и 3,8, у иркутской — 2,9 и 4,6 соответственно.

Различия по динамике роста в высоту и по диаметру ствола, существенные на 5%-м уровне значимости, у климатипов сибирской (29) и охотской (37) лиственниц начали проявляться к 15-летнему возрасту (табл. 4) и сохранились до 50-летнего возраста. При близкой сохранности приоритет по росту в условиях подзоны средней тайги сохраняет южнотаяжская лиственница сибирская.

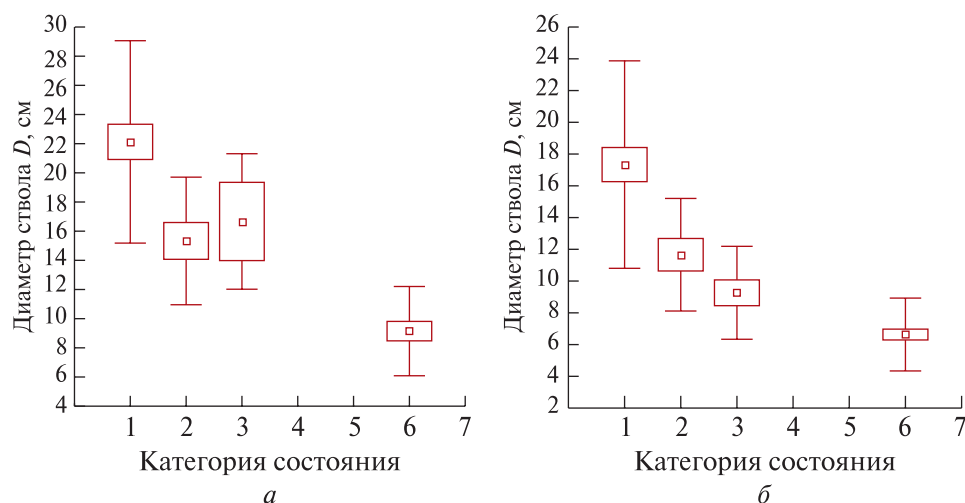


Рис. 2. Распределение деревьев лиственницы по категориям состояния в зависимости от диаметра ствола на высоте 1,3 м от поверхности земли в климатипе 29 (а) и 37 (б)

Fig. 2. Distribution of Larch trees by condition categories by trunk diameter at 1.3 m above ground in climatic types 29 (a) and 37 (b)

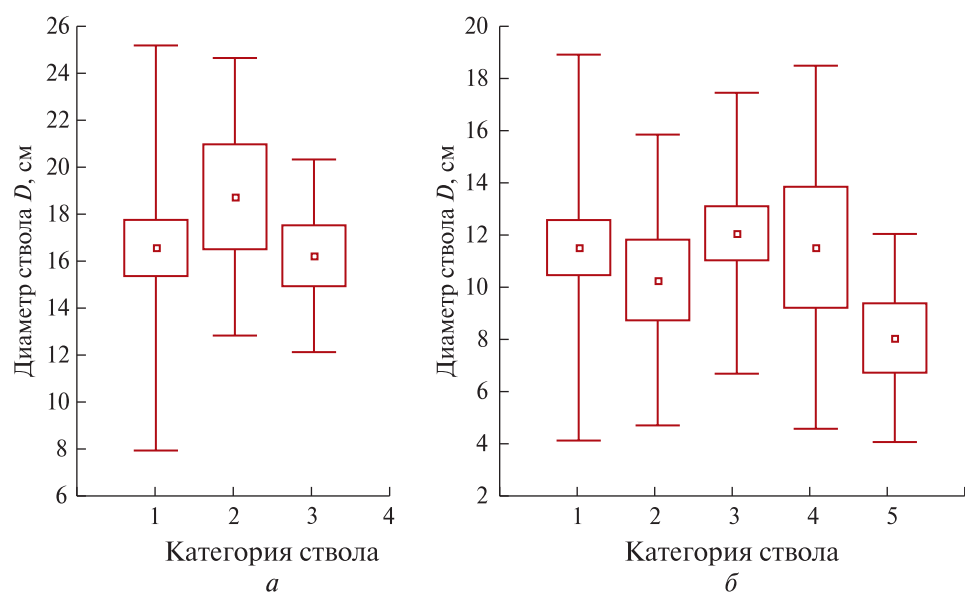


Рис. 3. Распределение деревьев лиственницы по категориям качества в зависимости от диаметра ствола на высоте 1,3 м от поверхности земли в климатипе 29 (а) и 37 (б)

Fig. 3. Distribution of Larch trees by quality categories based on trunk diameter at 1.3 m above ground in climatic types 29 (a) and 37 (b)

Сибирская лиственница, по данным В.Я. Попова и соавторов [35], в возрасте культур 26 лет отличалась большей высотой поднятия грубой корки на стволе (1,7 м), по сравнению с охотской (0,2 м), что служит признаком ускоренного роста. Наследственные особенности роста лиственниц заложены генетически, при произрастании в других местах испытания [30] лиственница из Хабаровского края РФ также росла хуже по сравнению с иркутским климатипом.

Выводы

Ведущим фактором дифференциации потомств лиственницы по местам произрастания исходных насаждений является высота над уровнем моря. В первые годы после посадки выживаемость лиственницы определяется комплексом наследственных генетических и эколого-географических факторов. В суровых условиях севера выживаемость различных видов

и географических происхождений лиственниц больше определяется климатическими и почвенно-гидрологическими особенностями местной среды произрастания в пункте испытания. В сложившихся условиях произрастания испытываемой коллекции климатипов лиственницы (застой влаги в корнеобитаемом слое почвы, раннеосенние и поздневесенние заморозки) гибель потомства происходит в первом классе возраста культур и связана с выходом саженцев из-под полога снегового покрова.

При испытании в северных районах страны выделяются локальные популяции лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.) из Иркутской области и лиственницы охотской (*L. ochotensis* Kolesn.) из Хабаровского края, в генотипе которых заложен потенциал устойчивой адаптации к несвойственным им условиям произрастания при сверхдальней переброске в меридианальном направлении. Эти географические расы лиственницы могут быть рекомендованы для использования при разработке стратегий селекционного улучшения породы.

Список литературы

- [1] Runova E.M., Garus I.A., Serkov D.V. Growth and formation patterns of pine-larch saplings in conditions of Eastern Siberia // J. For. Sci., 2018, v. 64, pp. 387–393.
- [2] Аналитический обзор о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках по Северо-таежному району европейской части Российской Федерации. М.: Рослесинфорг, 2018. 59 с.
- [3] Богданов А.П., Третьяков С.В., Копейкин М.А. Разработка алгоритма дешифрования мультиспектральных спутниковых снимков среднего разрешения с целью выделения древостоев лиственницы // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.П. Филиппова, 2023. № 3(72). С. 61–71. DOI 10.34655/bgsha.2023.72.3.007
- [4] Амосова И.Б., Бузова Н.В., Малков В.Н., Мамонтов В.Н., Пучнина Л.В., Рай Е.А., Сидорова О.В., Чуракова Е.Ю. Редкие экосистемы Архангельской области. Архангельск: КИРА, 2024. 146 с.
- [5] Lei X., Yu L., Hong L. Climate-sensitive integrated stand growth model (CSISGM) of Changbai larch (*Larix olgensis*) plantations // For. Ecol. Manag., 2016, v. 376, pp. 265–275. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.024>
- [6] Cheng R., Zhang J., Wang X., Ge Z., Zhang Z. Predicting the growth suitability of *Larix principis-rupprechtii* Mayr based on site index under different climatic scenarios // Front. Plant Sci., 2023, Sec. Plant Biophysics and Modeling, v. 14. DOI:10.3389/fpls.2023.1097688
- [7] The 9th National Forest Inventory Forest Resources in China, 2019. URL: <https://www.china-ceedforestry.org> (дата обращения 19.09.2024).
- [8] Yu T., Pang Y., Liang X., Jia W., Bai Y., Fan Y., Chen D., Liu X., Deng G., Li C., Sun X., Zhang Z., Jia W., Zhao Z., Wang X. China's larch stock volume estimation using Sentinel-2 and LiDAR data // Geo-spatial Information Science, 2023, v. 26, no. 3, pp. 392–405. DOI: 10.1080/10095020.2022.2105754
- [9] Брынцев В.А., Лавренов М.А. Селекционно-генетический анализ лиственниц сибирской и Сукачева, интродуцированных в Москву и Подмоскowie // ИзВУЗ Лесной журнал, 2019. № 4. С. 9–19.
- [10] Милютин Л.И. Биоразнообразие лиственниц России // Хвойные бореальной зоны, 2003. № 1. С. 6–9.
- [11] Путенихин В.П., Фарушкина Г.Г., Шигапов Э.Х. Лиственница Сукачева на Урале: изменчивость и популяционно-генетическая структура. М.: Наука, 2004. 276 с.
- [12] Биоразнообразие лиственниц Азиатской России / под ред. С.П. Ефремова, Л.И. Милютина. Новосибирск: Гео, 2010. 159 с.
- [13] Глазунов Ю.Б., Мерзленко М.Д., Лобова С.Л. Результат 60-летнего опыта уникальных географических посадок лиственницы // Ученые записки ПетГГУ, 2017. № 8(169). С. 44–48.
- [14] Bailian L., Gary W. W. Breeding strategies for *Larix desudua*, *L.leptolepis* and hybrids in the United States // Forest Genetics, 1994, no. 1(2), pp. 61–72.
- [15] Martinsson O., Levinski J. Siberian larch-Forestry and Timber in a Scandinavian Perspective // Prinfor Accidenstryckeriet, 2007, 92 p.
- [16] Корешков Н.В., Царева Е.А. Географические культуры лиственницы. СПб.: Наукоемкие технологии, 2021. 414 с.
- [17] Fedorkov A. Stem Growth and Quality of Six Provenances of *Larix sukaczewii* Dyl. and *Larix sibirica* Ledeb. in a Field Trial Located in North-West Russia // Baltic Forestry, 2017, v. 23, no. 3(46), pp. 603–607.
- [18] Николаева М.А., Орлова Л.В., Крестьянов А.А., Каматов Д.Н. Географическая изменчивость лиственницы в опытных культурах республики Башкортостан // Сибирский лесной журнал, 2019. № 1. С. 30–43
- [19] Szymański N., Wilczyński S. Radial Growth Response of European Larch Provenances to Interannual Climate Variation in Poland // Forests, 2021, no. 12, p. 334. <https://doi.org/10.3390/f12030334>
- [20] Галдина Т.Е., Чернодубов А.И. Продуктивность лиственницы различного происхождения в условиях Воронежской области // ИзВУЗ. Лесной журнал, 2022. № 4. С. 101–114. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-101-114>
- [21] Николаева М.А., Орлова Л.В., Жигунов А.В., Николаев С.А., Беглецов М.С. Оценка развития лиственницы в географических культурах Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2024. Вып. 249. С. 103–126.
- [22] Надеждин В.В. Влияние географического происхождения семян лиственницы на ее рост. М.: Наука, 1971. 131 с.
- [23] Rehfeldt G.E., Tchekakova N.M., Milutin L.I., Parfenova E.I., Wykoff W., Kouzmina N.A. Assessing Population Responses to Climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with Climate-Transfer Models // Eurasian J. For. Res., 2003, no. 6–2, pp. 83–98.
- [24] Barchenkov A.P., Petrov I.A., Shushpanov A.S., Golyukov A.S. Climatic response of larch (*Larix* sp.) radial increment in provenances on the Krasnoyarsk forest-steppe // Contemporary Problems of Ecology, 2023, no. 5, v. 16, pp. 620–630.

- [25] Karman L., Fries A., Martisson O., Westin J. Juvenile growth of provenances and open pollinated families of four Russian larch species (*Larix* Mill.) in Swedish field tests // *Silvae Genetica*, 2011, no. 60–5, pp. 165–177.
- [26] Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесная пром-сть, 1977. 216 с.
- [27] Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. М.: Лесная пром-сть, 1982. 368 с.
- [28] Calcmeps.com 2015. URL: <https://www.calcmeps.com/ru/map-elevation/> (дата обращения 19.09.2024).
- [29] Курнаев Л.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Лесная пром-сть, 1973. 240 с.
- [30] Пак Л.Н. Оценка выживаемости и роста потомства лиственницы (*Larix*) разного географического происхождения в Восточном Забайкалье // *Теоретическая и прикладная экология*, 2021. № 2. С. 189–195. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-189-195
- [31] Лесотаксационный справочник по северо-востоку Европейской части Российской Федерации (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской области и республики Коми). Архангельск: ОАО ИПП Правда Севера, 2012. 672 с.
- [32] Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 года № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах». URL: <https://base.garant.ru/75037636/> (дата обращения 19.09.2024).
- [33] Изучить географическую и экологическую изменчивость главных лесообразующих пород для совершенствования лесосеменного районирования (Заключительный отчет). Тема IV.3.1. Архангельск: АИЛИХ, 1985. 154 с.
- [34] Бедрицкая Т.В., Наквасина Е.Н. Состояние и рост лиственницы различного географического происхождения в культурах средней подзоны тайги // *Лиственничные леса Архангельской области, их использование и воспроизводство: Материалы регионального рабочего совещания*, Архангельск, 01–03 июля 1998 г. Архангельск, 2002. С. 53–55.
- [35] Попов В.Я., Шумилова Г.В., Бедрицкая Т.В., Гвоздухина О.А. Селекционная оценка климатипов лиственницы в географических культурах Архангельской и Мурманской областей // *Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. научных трудов*, 2001. Вып. 4. С. 110–121.
- [36] Пак Л.Н., Бобринев В.П. Географические культуры лиственницы 1980 года посадки в Забайкальском крае // *Лесотехнический журнал*, 2016. Т. 6. № 1. Ч. 21. С. 42–52.
- [37] Багаев С.С. К изучению климатипов лиственницы в условиях Южнотаежного района европейской части Российской Федерации // *Лесохозяйственная информация*, 2015. № 2. С. 35–45.
- [38] Kharuk V.I., Ranson K.J., Im S.T. and Petrov I.A. Climate-induced larch growth response within the central Siberian permafrost zone // *Environmental Research Letters*, 2015, v. 10(12), p. 125009. DOI:10.1088/1748-9326/10/12/125009 Forestry information
- [39] Дерюжкин Г.И. Результаты изучения географических культур лиственницы в Воронежской области: Вопросы повышения интенсивности лесного хозяйства. Т. 32. Вып. 3. Воронеж: ВЛТИ, 1969. С. 38–52.

Сведения об авторах

Наквасина Елена Николаевна✉ — д-р с.-х. наук, профессор, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), nakvasina@yandex.ru

Богданов Александр Петрович — кандидат с.-х. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ); ст. науч. сотр. науч.-исслед. отдела ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ), aleksandr_bogd@mail.ru

Юдина Ольга Альбертовна — канд. с.-х. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ), o.judina@narfu.ru

Поступила в редакцию 29.04.2024.

Одобрено после рецензирования 30.03.2026.

Принята к публикации 31.02.2026.

SURVIVAL AND GROWTH OF LARCH CLIMATIC TYPES IN PROVENANCE TRIAL PLANTATIONS IN ARKHANGELSK REGION

E.N. Nakvasina¹✉, A.P. Bogdanov^{1,2}, O.A. Yudina¹

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

²Northern Scientific Research Institute of Forestry, 13, Nikitova st., 163062, Arkhangelsk, Russia

nakvasina@yandex.ru

The paper considers the features of survival and growth of 14 *Larix* provenances (6 species, some of which are represented by several geographical races) in provenance trial plantations created in 1978 in the Arkhangelsk region (subzone of the middle taiga). It was found that the most pronounced loss of larch provenances was observed in the 1st age class, and did not depend on the parameters of the climatic and geographical characteristics of the growth places of the original plantations and its similarity with the conditions of the test site. It is shown that the main cause of larches death of different species and geographical races in the conditions of the north were local soil-hydrological and weather conditions (frosts), as well as freezing due to losing by trees the protective snow cover. The materials on the preservation and growth dynamics of various provenances of larch are presented. The collection revealed two relatively resistant to unusual growing conditions with an ultra-long transfer in the meridian direction of the climate — Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb.) from the Irkutsk region and Okhotsk larch (*L. ochotensis* Kolesn.) from the Khabarovsk Territory, the preservation of which at the age of 47 was 5.7 and 7.4%, respectively. The absence of reproductive activity of offspring was noted. It is shown that Siberian larch has an advantage in terms of the number of living trees, taxational characteristics, condition and quality of the trunk, compared with Okhotsk larch. It is recommended to use these two populations for consideration for breeding improvement.

Keywords: larch, origin, species, growing conditions, geographical crops, growth, trunk quality, preservation

Suggested citation: Nakvasina Ye.N., Bogdanov A.P., Yudina O.A. *Osobennosti vyzhivaniya i rosta klimatipov listvennitsy v geograficheskikh kul'turakh Arkhangel'skoy oblasti* [Survival and growth of larch climatic types in provenance trial plantations in Arkhangelsk region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2026, vol. 30, no. 4, pp. 20–32. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-4-20-32

References

- [1] Runova E.M., Garus I.A., Serkov D.V. Growth and formation patterns of pine-larch saplings in conditions of Eastern Siberia. *J. For. Sci.*, 2018, v. 64, pp. 387–393.
- [2] *Analiticheskiy obzor o sostoyanii lesov, ikh kolichestvennykh i kachestvennykh kharakteristikakh po Severo-taizhnomu rayonu evropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii* [Analytical review of the state of forests, their quantitative and qualitative characteristics in the North-taiga region of the European part of the Russian Federation]. Moscow: Roslesinforg, 2018, 59 p.
- [3] Bogdanov, A. P., Tret'yakov S. V., Kopeykin M. A. *Razrabotka algoritma deshifrovaniya mul'tispektral'nykh sputnikovykh snimkov srednego razresheniya s tsel'yu vydeleniya drevostoev listvennitsy* [Development of an algorithm for decoding multispectral satellite images of medium resolution in order to identify larch stands]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova* [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov], 2023, no. 3(72), pp. 61–71. DOI 10.34655/bgsha.2023.72.3.007
- [4] Amosova I.B., Burova N.V., Malkov V.N., Mamontov V.N., Puchnina L.V., Ray E.A., Sidorova O.V., Churakova E.Yu. *Redkie ekosistemy Arkhangel'skoy oblasti* [Rare ecosystems of the Arkhangelsk region]. Arkhangel'sk: KIRA, 2024, 146 p.
- [5] Lei X., Yu L., Hong L. Climate-sensitive integrated stand growth model (CSISGM) of Changbai larch (*Larix olgensis*) plantations. *For. Ecol. Manag.*, 2016, v. 376, pp. 265–275. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.024>
- [6] Cheng R., Zhang J., Wang X., Ge Z., Zhang Z. Predicting the growth suitability of *Larix principis-rupprechtii* Mayr based on site index under different climatic scenarios. *Front. Plant Sci.*, 2023, Sec. Plant Biophysics and Modeling, v. 14. DOI:10.3389/fpls.2023.1097688
- [7] The 9th National Forest Inventory Forest Resources in China, 2019. Available at: <https://www.china-ccecforestry.org> (accessed 19.09.2024).
- [8] Yu T., Pang Y., Liang X., Jia W., Bai Y., Fan Y., Chen D., Liu X., Deng G., Li C., Sun X., Zhang Z., Jia W., Zhao Z., Wang X. China's larch stock volume estimation using Sentinel-2 and LiDAR data. *Geo-spatial Information Science*, 2023, v. 26, no. 3, pp. 392–405. DOI: 10.1080/10095020.2022.2105754
- [9] Bryntsev V.A., Lavrenov M.A. *Seleksionno-geneticheskiy analiz listvennits sibirskoy i Sukacheva, introdutsirovannykh v Moskvu i Podmoskov'e* [Selection and genetic analysis of Siberian and Sukachev larches introduced to Moscow and the Moscow region]. *Russian Forestry J.*, 2019, no. 4, pp. 9–19.
- [10] Milyutin L.I. *Bioraznoobrazie listvennits Rossii* [Biodiversity of Russian larches]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Coni-

- fers of the boreal zone], 2003, v. 1, pp. 6–9.
- [11] Putenikhin V.P., Farukshina G.G., Shigapov E.Kh. *Listvennitsa Sukacheva na Urale: izmenchivost' i populyatsionno-geneticheskaya struktura* [Sukachev larch in the Urals: variability and population-genetic structure]. Moscow: Nauka, 2004, 276 p.
- [12] *Bioraznoobrazie listvennits Aziatskoy Rossii* [Biodiversity of Asian Russian larches]. Ed S.P. Efremov, L.I. Milyutin. Novosibirsk: Geo, 2010, 159 p.
- [13] Glazunov Yu.B., Merzlenko M.D., Lobova S.L. *Rezul'tat 60-letnego opyta unikal'nykh geograficheskikh posadok listvennitsy* [The result of 60 years of experience in unique geographical plantings of larch]. Uchen. zap. PetrGU [Scientific Notes of PetrSU], 2017, no. 8(169), pp. 44–48.
- [14] Bailian L., Gary W. W. Breeding strategies for *Larix desudua*, *L. leptolepis* and hybrids in the United States. Forest Genetics, 1994, no. 1(2), pp. 61–72.
- [15] Martinsson O., Levinski J. Siberian larch-Forestry and Timber in a Scandinavian Perspective. Prinfo Accidenstryckeriet, 2007, 92 p.
- [16] Koreshkov N.V., Tsareva E.A. *Geograficheskie kul'tury listvennitsy* [Geographical cultures of larch]. Sankt-Peterburg: Naukoemkie tekhnologii, 2021, 414 p.
- [17] Fedorkov A. Stem Growth and Quality of Six Provenances of *Larix sukaczewii* Dyl. and *Larix sibirica* Ledeb. in a Field Trial Located in North-West Russia. Baltic Forestry, 2017, v. 23, no. 3(46), pp. 603–607.
- [18] Nikolaeva M. A., Orlova L. V., Krest'yanov A. A., Kamatov D. N. *Geograficheskaya izmenchivost' listvennitsy v opyt'nykh kul'turakh respubliki Bashkortostan* [Geographical variability of larch in experimental cultures of the Republic of Bashkortostan]. Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forestry J.], 2019, no. 1, pp. 30–43.
- [19] Szymański N., Wilczyński S. Radial Growth Response of European Larch Provenances to Interannual Climate Variation in Poland. Forests, 2021, no. 12, p. 334. <https://doi.org/10.3390/f12030334>
- [20] Galdina T.E., Chernodubov A.I. *Produktivnost' listvennitsy razlichnogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Voronezhskoy oblasti* [Productivity of larch of different origin in the conditions of the Voronezh region]. Russian Forestry J., 2022, no. 4, pp. 101–114. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-4-101-114>
- [21] Nikolaeva M.A., Orlova L.V., Zhigunov A.V., Nikolaev S.A., Begletsov M.S. *Otsenka razvitiya listvennitsy v geograficheskikh kul'turakh Leningradskoy oblasti* [Assessment of larch development in geographical cultures of the Leningrad region]. Sankt-Peterburg: Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii [News of the Saint Petersburg Forest Engineering Academy], 2024, v. 249, pp. 103–126.
- [22] Nadezhdin V.V. *Vliyaniye geograficheskogo proiskhozhdeniya semyan listvennitsy na ee rost* [Influence of the geographical origin of larch seeds on its growth]. Moscow: Nauka, 1971, 131 p.
- [23] Rehfeldt G.E., Tchebakova N.M., Milutin L.I., Parfenova E.I., Wykoff W., Kouzmina N.A. Assessing Population Responses to Climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with Climate-Transfer Models. Eurasian J. For. Res., 2003, no. 6–2, pp. 83–98.
- [24] Barchenkov A.P., Petrov I.A., Shushpanov A.S., Golyukov A.S. Climatic response of larch (*Larix* sp.) radial increment in provenances on the Krasnoyarsk forest-steppe. Contemporary Problems of Ecology, 2023, no. 5, v. 16, pp. 620–630.
- [25] Karman L., Fries A., Martisson O., Westin J. Juvenile growth of provenances and open pollinated families of four Russian larch species (*Larix* Mill.) in Swedish field tests. Silvae Genetica, 2011, no. 60–5, pp. 165–177.
- [26] Timofeev V.P. *Lesnye kul'tury listvennitsy* [Forest crops of larch]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forestry industry], 1977, 216 p.
- [27] *Lesosemennoye rayonirovaniye osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod v SSSR* [Forest seed zoning of the main forest-forming species in the USSR]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forestry industry], 1982, 368 p.
- [28] Calcmeps.com 2015. Available at: <https://www.calcmeps.com/ru/map-elevation/> (accessed 19.09.2024).
- [29] Kurnaeve L.F. *Lesorastitel'noye rayonirovaniye SSSR* [Forest vegetation zoning of the USSR]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forestry industry], 1973, 240 p.
- [30] Pak L.N. *Otsenka vyzhivaemosti i rosta potomstva listvennitsy (Larix) raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v Vostochnom Zabaykal'e* [Assessment of survival and growth of larch (*Larix*) progeny of different geographical origins in Eastern Transbaikalia]. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and applied ecology], 2021, no. 2, pp. 189–195. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-2-189-195
- [31] *Lesotaksatsionnyy spravochnik po severo-vostoku Evropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii (normativnye materialy dlya Nenetskogo avtonomnogo okruga, Arkhangel'skoy, Vologodskoy oblasti i respubliki Komi)* [Forest management handbook for the north-east of the European part of the Russian Federation (regulatory materials for the Nenets Autonomous Okrug, Arkhangelsk, Vologda regions and the Komi Republic)]. Arkhangel'sk: Pravda Severa, 2012, 672 p.
- [32] *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 9 dekabrya 2020 goda № 2047 «Ob utverzhdenii Pravil sanitarnoy bezopasnosti v lesakh»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 No. 2047 «On approval of the Rules for sanitary safety in forests»]. Available at: <https://base.garant.ru/75037636/> (accessed 19.09.2024).
- [33] *Izuchit' geograficheskuyu i ekologicheskuyu izmenchivost' glavnykh lesoobrazuyushchikh porod dlya sovershenstvovaniya lesosemennogo rayonirovaniya (Zaklyuchitel'nyy otchet)* [Study the geographical and ecological variability of the main forest-forming species to improve forest seed zoning (Final report)]. Tema IV.3.1. Arkhangel'sk: AILiLKh, 1985, 154 p.
- [34] Bedritskaya T.V., Nakvasina E.N. *Sostoyaniye i rost listvennitsy razlichnogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v kul'turakh sredney podzony taygi* [The state and growth of larch of different geographical origin in the cultures of the middle taiga subzone]. Listvennichnye lesa Arkhangel'skoy oblasti, ikh ispol'zovanie i vosproizvodstvo: mater. regional'nogo rabochego soveshchaniya [Larch forests of the Arkhangelsk region, their use and reproduction: materials

- of the regional working meeting], Arkhangel'sk, 01–03 July 1998. Arkhangel'sk, 2002, pp. 53–55.
- [35] Popov V.Ya., Shumilova G.V., Bedritskaya T.V., Gvozdukhina O.A. *Selektsionnaya otsenka klimatipov listvennitsy v geograficheskikh kul'turakh Arkhangel'skoy i Murmanskoy oblastey* [Selection assessment of larch climatypes in geographical crops of the Arkhangelsk and Murmansk regions]. *Ekologicheskie problemy Severa: mezhvuz. sbornik nauchnykh trudov* [Environmental Problems of the North: Interuniversity Collection of Scientific Papers], 2001, v. 4, pp. 110–121.
- [36] Pak L.N., Bobrinev V.P. *Geograficheskie kul'tury listvennitsy 1980 goda posadki v Zabaykal'skom krae* [Geographical crops of larch planted in 1980 in the Trans-Baikal Territory]. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry journal], 2016, t. 6, no. 1, part. 21, pp. 42–52.
- [37] Bagaev S.S. *K izucheniyu klimatipov listvennitsy v usloviyakh Yuzhnataezhnogo rayona evropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii* [On the study of larch climatypes in the conditions of the South-taiga region of the European part of the Russian Federation]. Moscow: Lesokhozyaystvennaya informatsiya [Forestry information], 2015, no. 2, pp. 35–45.
- [38] Kharuk V.I., Ranson K.J., Im S.T. and Petrov I.A. Climate-induced larch growth response within the central Siberian permafrost zone. *Environmental Research Letters*, 2015, v. 10(12), p. 125009. DOI:10.1088/1748-9326/10/12/125009
- [39] Deryuzhkin G.I. *Rezul'taty izucheniya geograficheskikh kul'tur listvennitsy v Voronezhskoy oblasti* [Results of the study of geographical cultures of larch in the Voronezh region]. *Voprosy povysheniya intensivnosti lesnogo khozyaystva* [Issues of increasing the intensity of forestry], t. 32. Voronezh: VLTI, 1969, v. 3, pp. 38–52.

Authors' information

Nakvasina Elena Nikolaevna✉ — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, nakvasina@yandex.ru

Bogdanov Aleksandr Petrovich — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; Senior Researcher at the Scientific Research Department of Northern Research Institute of Forestry, aleksandr_bogd@mail.ru

Yudina Ol'ga Al'bertovna — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, o.judina@narfu.ru

Received 29.04.2024.

Approved after review 30.03.2026.

Accepted for publication 31.03.2026.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest