

М.А. Николаева, М.Е. Гузюк, Н.И. Баранов, А.В. Жигунов

**ИЗУЧЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
В ДВУХ ПОКОЛЕНИЯХ КУЛЬТУР ЕЛИ
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Введение. Изучению географической изменчивости наследственных свойств лесных пород в географических культурах в нашей стране и за рубежом издавна уделяется большое внимание [Тарханов, 1998; Шутяев, 2011; Giertych, 1976; Norway..., 2012]. На основании многолетних испытаний климатипов в географических культурах совершенствуется лесосеменное районирование, которое служит фундаментом для создания лесосеменной базы в отдельных регионах, обеспечивающим оптимизацию генетического состава создаваемых насаждений, перевод лесокультурного производства на использование селекционно ценных семян и сохранение генофонда лесообразующих пород [Лесосеменное..., 1982]. Однако действующее Лесосеменное районирование (Приказ МПР РФ от 2022 г.) игнорирует мнение учёных и сводится к административно-территориальному подразделению лесосеменных районов, что впоследствии может привести к необратимым потерям устойчивости лесов [Санников и др., 2017; Николаева и др., 2019; Раевский и др., 2022]. Таким образом, проблема научно обоснованного лесосеменного районирования в России до сих пор не решена.

Испытание потомств климатипов в ряде поколений географических культур позволит уточнить адаптационную способность инорайонных потомств к изменению физико-географических условий произрастания, оценить перспективность их отбора, выявить и использовать закономерности географической изменчивости наследственных свойств лесообразующих пород, в особенности в условиях изменяющегося климата.

Опыты по изучению географических культур во II, III поколении представляют значительный интерес для лесной селекции [Шутяев, 2007]: в результате внутривидовой гибридизации между географически различающимися популяциями можно ожидать проявления гетерозисного эффекта роста [Park, Gerhold, 1986]. Соответствующие исследования проводились в Воронежской [Шутяев, 2007], Архангельской [Наквасина, Барабин, 2009], Волгоградской [Морозова, Иозус, 2015] областях, на Украине [Патлай, 1974], в Беларуси [Манцевич, 1971; Лацевич, 2003], в Республике Коми

[Наквасина, 2014], Красноярском крае [Матвеева и др., 2019], но посвящены они сосне обыкновенной или сосне кедровой сибирской. В Беларуси в культурах сосны II поколения, благодаря заготовке черенков среди отдельных климатипов и лучших по фенотипу деревьев, создана клоновая гибридно-семенная плантация и впервые зарегистрирован сорт сосны обыкновенной «Негорельская», отличающийся интенсивным ростом и обильным семеношением [Поплавская и др., 2017]. В Костромской области прослежено влияние факторов происхождения семян на развитие потомств в двух поколениях географических культур ели [Багаев, 2014].

Работа посвящена анализу и обобщению результатов, полученных на объектах географических культур ели первого (I) и второго (II) поколений. Цель – изучение географической изменчивости ели на основе сравнительного анализа сохранности, состояния и роста потомств в двух поколениях географических культур и отбор наиболее перспективных климатипов для Ленинградского лесосеменного подрайона.

Объекты и методика исследований. Исследованы географические культуры (ГК) ели двух поколений в Ленинградской области (ЛО). В урожайные годы, в 24- и 31-летних ГК I поколения выполнена заготовка шишек, выращены полусибсовы потомства и созданы ГК II поколения.

Объект ГК I поколения является частью обширного эксперимента, заложенного по единой программе и методике ВНИИЛМ [Изучение..., 1972] в 1977 г. на территории Тосненского лесничества Лисинского лесохозяйственного техникума (в настоящее время относится к Любанскому лесничеству); географические координаты местонахождения объекта – 59°30' с.ш., 30°52' в.д. Высота над уровнем моря – 46 м. До освоения участок представлял собой свежую вырубку на месте берёзово-еловых и берёзово-осиновых насаждений II-III классов бонитета кисличных и черничных типов леса. Почвы дерновые, слабоподзолистые, глееватые, среднесуглинистые на моренном валунном тяжелом суглинке. ГК высажены на площади 24 га, в 3-кратной повторности, 3-летними сеянцами, густота посадки – 5,35 тыс. шт./га. Испытываются потомства 35 климатипов, в том числе *Picea abies* (L.) Karst., *P. obovata* Ledeb. и происходящие из зоны интрогрессивной гибридизации между этими двумя видами.

Сбор шишек в I поколении ГК предусматривал выполнение сравнительного анализа и оценку качества семенного и посадочного материала по всем вариантам [Николаева, 2005]. Однако особого внимания заслуживают потомства с высоким потенциалом самовозобновления. Высокие урожай шишек и качество семян в потомствах *Picea abies* и гибридных форм ели

позволили создать в ЛО три объекта ГК II поколения. Принимая во внимание слабую способность к цветению *P. obovata* в условиях ЛО, активное перекрестное опыление её с *P. abies* маловероятно. В связи с низким урожаем шишек и слабым выходом семян из шишек *P. obovata* не включена в исследования.

Зимой 2000/2001 г. впервые провели заготовку шишек. В результате был выращен посадочный материал – 4-летние саженцы (1+3) – и в 2006 г. создан первый в ЛО объект ГК II поколения, расположенный в Гатчинском лесничестве (59°19' с.ш., 30°01' в.д.). Под посадку занята вырубка 2005 г., на месте которой, вследствие повреждения насаждений ели корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr. (Bref.) и короедом-типографом (*Ips tipographus* L.), проводилась сплошная санитарная рубка; насаждение было представлено спелым-перестойным ельником кисличным (C₂) II класса бонитета. Площадь – 1,5 га. Почвы хорошо дренированные, среднеподзолистые, супесчаные, местами легкосуглинистые. Густота посадки – 2,86 тыс. шт./га.

Другие два объекта ГК II поколения созданы семенным материалом, заготовленным зимой 2007/2008 г. В Лисинском учебно-опытном лесничестве (Лисинское УОЛ) (59°26' с.ш., 30°43' в.д.) ГК были заложены в 2013 г., на площади 5,5 га, в 2-кратной повторности, 5-летними саженцами (2+3); густота посадки – 2,0 тыс. шт./га. Под культуры занята свежая вырубка на месте ельника кислично-черничного (C_{2,3}) II класса бонитета, с количеством пней 600 шт./га и естественным возобновлением берёзой и осиною 1000 шт./га. Почвы грубогумусные, слабоподзолистые, среднесуглинистые на моренном суглинке, с избыточным увлажнением; с целью создания оптимального гидрологического режима создана сеть осушительных канав с собирателями. ГК в Кировском лесничестве (59°40' с.ш., 31°19' в.д.) заложены в 2015 г., на площади 2,0 га, в 2-кратной повторности, 6-летними сеянцами; густота посадки – 1,25 тыс. шт./га. Почвы сильноподзолистые, на суглинках, недостаточно дренированные. Посадка выполнена на участке культур сосны, пройденных пожаром.

Всего в ГК II поколения испытываются потомства 20 климатипов с видовой принадлежностью к *Picea abies* и гибридным формам с признаками *Picea abies* и *P. obovata*.

В табл. 1 приведены сведения об исходном географическом происхождении семян, которые были использованы при создании ГК I поколения, климатические данные (сумма эффективных температур – $\Sigma t > 5^\circ\text{C}$ – и сумма годовых осадков) в районах заготовок семян согласно паспорту на создание объекта, результаты учётов урожайности шишек в год заготовки и сведения о наличии потомств на объектах ГК II поколения.

Таблица 1

Географическое происхождение климатипов ели, урожайность шишек в культурах I поколения и представленность потомств во II поколении

Geographical origin of spruce climatipes, cone yield in first generation crops and representation of offspring in the second generation

№ пункта по гос. реестру. Район заготовки семян (область, республика, лесхоз)		Географ. координаты (с.ш./в.д.)	Σ $t >$ 5°C	Σ год. осад- ков	Балл урожай- ности*	Год закладки		
						2006	2013	2015
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.								
8.	Эстония, Вильяндинский	58°24'/25°38'	2170	660	5,0/ 5,0	—	+	—
32А.	Новгородск., Поддорский	57°17'/31°07'	2320	650	5,0/ 5,0	+	+	—
7.	Псковская, Великолукский	56°23'/30°30'	2320	550	5,0/ 5,0	+	+	+
9.	Литва, Таурагский	55°17'/22°19'	2540	700	5,0/ 5,0	+	+	+
32.	Калужская, Калужский	54°25'/36°16'	2380	680	5,0/ 5,0	—	+	—
30.	Тверская, Нелидовский	56°14'/32°48'	2200	625	5,0/ 4,5	—	+	—
10.	Латвия, Даугавпилсский	56°10'/26°30'	2470	600	5,0/ 4,5	—	+	+
11.	Витебская, Бешенковичский	55°05'/29°28'	2510	660	5,0/ 4,5	+	+	+
17.	Закарпатская, Раховский	48°07'/24°03'	2460	1120	4,9/ 5,0	+	+	+
гибридные формы с преобладанием признаков <i>Picea abies</i> (L.) Karst.								
5.	Ленинградская, Тосненский	59°30'/30°52'	2120	594	5,0/ 5,0	+	+	+
Карелия	4. Пудожский	61°40'/36°40'	1920	570	5,0/ 5,0	+	+	+
	3. Пряжинский	61°40'/33°33'	1830	570	4,5/ 4,5	—	—	+
24.	Вологодская, Череповецкий	59°07'/37°57'	2070	580	4,5/ 5,0	+	+	+
27.	Костромская, Галичский	59°24'/42°20'	2150	600	3,5/ 4,5	—	+	—
Москов- ская	29А. Загорский	56°19'/38°09'	2120	600	4,9/ 4,7	—	+	+
	29. Солнечногорский	56°10'/36°58'	2210	600	4,7/ 4,5	+	+	—
гибридные формы с преобладанием признаков <i>Picea obovata</i> Ledeb.								
Архан- гельская	21. Коношский	60°58'/40°11'	1780	575	1,1/ 3,5	—	+	—
	21А. Плесецкий	62°45'/40°15'	1660	525	1,3/ 4,0		+	+
	20. Пинежский	64°45'/43°14'	1520	490	0,7/ 2,0		—	+
25.	Коми, Корткеросский	61°41'/51°31'	1800	500	0,5/ 1,0		+	—

Примечание.* балл урожайности в год заготовки шишек: в числителе — зима 2000/2001 гг., в знаменателе — зима 2007/2008 гг.

Изучение географических культур выполнено в соответствии с методикой ВНИИЛМ [Изучение..., 1972]. В 45-летних ГК I поколения, в потомствах 20 климатипов, в каждой из трёх повторностей учтено около 100 деревьев на вариант, всего по варианту – не менее 300, причём выбирали ряды с отсутствием или наименьшим наличием снеголома и вывала. На объектах II поколения выполнен сплошной переѐт. Сохранность (%) по потомству определена как отношение числа живых деревьев к фактическому числу посадочных мест. Диаметр стволов замерен на высоте груди с точностью до 1 см. В Любанском и Гатчинском лесничествах высоту находили по графикам; с этой целью в каждом из вариантов (потомств / провений) замерено 20 высот пропорционально числу деревьев по ступеням толщины. В Лисинском УОЛ и Кировском лесничестве сплошной учѐт высот выполнен с помощью нивелирной рейки. Уровень изменчивости показателей роста установлен по шкале С.А. Мамаева [1970], класс бонитета – по таблицам проф. М.М. Орлова [1931]. Определена категория состояния деревьев и рассчитан средневзвешенный балл состояния R по потомству [Мозолевская и др., 1984]. Селекционный коэффициент K рассчитан как отношение процента средней высоты потомства от контроля (ленинградский вариант) к проценту отпада в потомстве [Черепнин, 1980]. Рассчитан показатель целесообразности внедрения климатипа g , учитывающий относительную успешность потомств по сохранности, состоянию, диаметру и высоте в долях стандартного отклонения [Мерзленко, Мельник, 1995]. Проведено распределение потомств по рангам. Результаты исследований обработаны с помощью программы Excel 97-2003 и с применением методов статистики [Бондаренко, Жигунов, 2016].

Результаты исследований и обсуждение. Анализ развития ГК I поколения выполнялся на разных возрастных этапах [Марисая и др., 1980; Филиппова, Уварова, 1988; Николаева, Пелевина, 2000; Николаева и др., 2010; Николаева, Варенцова, 2019]. В первые годы после посадки приживаемость в большей степени зависела от микроусловий посадочных мест. К 10 годам наименьший отпад (30–42%) наблюдался в ленинградском, псковском, новгородском, солнечногорском, калужском, латвийском, эстонском потомствах. В годы заготовок шишек эти же потомства имели лучшую по объекту сохранность (в 2000 г. – 55–67%, в 2007 г. – 47–60%).

В возрасте жердняка в вариантах с видовой принадлежностью *Picea abies* и *P. abies* × *P. obovata* начался период ветровала и вывала крупных деревьев [Николаева, Гузюк, 2009], что связано с развитием неглубокой корневой системы и отсутствием рубок ухода. Зимой 2019 г. наблюдался снеголом; в центре большинства блоков согнувшиеся от тяжести ели ломало по середине стволов, в лучшем случае – вершины (рис. 1).



Рис. 1. Снеголом и вывал ели в потомстве калужского (слева, фото – май 2019 г.) и ленинградского (справа, фото – июль 2022 г.) климатипов

Fig. 1. Snowfall and fall of spruce in the progeny of the Kaluga (left, photo – May 2019) and Leningrad (right, photo – July 2022) climatypes

По данным 2022–2023 гг., высокая сохранность (38–41%) отмечена в потомствах солнечногогорского, ленинградского, эстонского, псковского и прятинского климатипов (табл. 2).

За годы наблюдений прослежена прямая связь сохранности с ростом потомств по высоте ($r = 0,320 \div 0,596$) и диаметру ($r = 0,310 \div 0,380$) и обратная – с факторами географического происхождения (сев. широтой – $r = -0,220 \div -0,569$; вост. долготой – $r = -0,370 \div -0,596$). С удалением материнского климатипа на север и восток сохранность его потомства в районе испытания хуже; однако с возрастом эти связи постепенно ослабевают и доля влияния географических факторов снижается от 32–36 до 5–14%, что объясняется значительным отпадом крупных елей в потомствах *Picea abies* и *P. abies* $\times$ *P. obovata*. Так, в латвийском потомстве сохранность за последние 13 лет учёта снизилась от 53 до 23%; в новгородском, псковском, ленинградском – от 59–60 до 36–38,5%.

В первые 10 лет развития ГК I поколения закарпатский климатип происхождения из юго-западной части ареала *P. abies* опережал местный ленинградский по диаметру на 78%, по высоте – на 14% и был выделен в качестве кандидата в сортовой. Однако южные потомства для вступления в вегетацию наследственно приспособлены к максимальному накоплению сумм эффективных температур (100°C и более); в условиях ЛО они имеют крайне поздние сроки начала и окончания роста и длительный период роста побегов (68–70 дней), соответственно, более других подвержены поздневесенним и раннеосенним заморозкам [Уварова, 1983; Николаева, Жигунов, 2012]. В 22-летних ГК лидирующее положение занимало псковское потомство, опережавшее высоту местного на 11%; в числе лучших – эстонское и вологодское [Николаева, 2005]. В 32 года высокий запас стволовой древесины (355–385 м³/га) был установлен в псковском, калужском, солнечногогорском, эстонском потомствах [Николаева, Гузюк, 2009]; в 45 лет – в ленинградском и пудожском (550–580 м³/га).

Таблица 2

Таксационная характеристика потомств ели в 45-летних географических культурах Любанского лесничества

Taxation characterization of spruce progeny in 45-year provenance trials

№ пункта по гос. реестру. Район заготовки семян		Сохран- ность, %	Параметры роста		Бони- тет*	Балл со- стояния <i>R</i>
			средний $D_{1,3}$, см	$H_{граф.}$, м		
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.						
8. Эстония, Вильяндинский		39,0	17,2±0,39	19,0	I–Ia (1)	2,35
32А. Новгородская, Поддорский		36,0	16,3±0,31	18,1	I (2)	2,32
7. Псковская, Великолукский		38,9	16,9±0,33	19,2	I–Ia (1)	2,26
9. Литва, Таурагский		31,0	16,2±0,35	17,9	I (2)	2,30
32. Калужская, Калужский		33,5	18,8±0,34	20,3	Ia (1)	2,18
30. Тверская, Нелидовский		35,1	17,8±0,41	19,0	I (3)	2,18
10. Латвия, Даугавпилсский		23,6	17,7±0,38	19,8	Ia (2)	2,36
11. Витебская, Бешенковичский		28,0	15,9±0,29	18,8	I (1)	2,26
17. Закарпатская, Раховский		32,8	15,4±0,29	18,4	I (1)	2,43
гибридные формы с преобладанием признаков <i>Picea abies</i> (L.) Karst.						
5. Ленинградская, Тосненский		38,5	18,6±0,34	20,1	Ia (3)	2,01
Карелия	4. Пудожский	31,8	19,9±0,44	20,5	Ia (4)	2,15
	3. Пряжинский	39,0	16,5±0,36	17,6	I (1)	2,35
24. Вологодская, Череповецкий		29,7	19,8±0,41	20,5	Ia (1)	2,15
27. Костромская, Галичский		27,0	18,8±0,40	19,7	Ia (4)	2,18
Москов- ская	29А. Загорский	34,0	17,0±0,34	18,2	I (1)	2,20
	29. Солнечногорский	41,0	17,5±0,31	18,3	I (1)	2,04
гибридные формы с преобладанием признаков <i>Picea obovata</i> Ledeb.						
Архан- гельская	21. Коношский	30,5	14,1±0,37	15,6	II (4)	2,33
	21А. Плесецкий	30,0	15,4±0,33	16,6	I–II (4)	2,35
	20. Пинежский	24,5	13,8±0,28	14,6	II (5)	2,90
25. Коми, Корткеросский		25,0	12,3±0,22	14,1	II (5)	2,46

Примечание: *класс бонитета по потомству; в скобках – исходного насаждения, в котором производилась заготовка шишек для создания ГК I поколения

На данном этапе исследований нельзя утверждать, что идёт активный процесс проявления генотипических особенностей; скорее наблюдается комплексное влияние биотических и абиотических факторов на генотип особей. Класс бонитета насаждения в пределах потомств, по сравнению с бонитетом насаждений, в которых заготавливались семена для создания ГК I поколения, или сохранился на прежнем высоком уровне, или стал выше, что является проявлением фенотипа.

Средневзвешенный балл состояния большинства потомств варьирует в узких пределах, от 2,01–2,46, что свидетельствует об их ослабленном состоянии; пинежское потомство отличается наименьшей приспособленностью к изменившимся условиям произрастания. Высокая доля (39–43%) здоровых елей наблюдалась в местном ленинградском, витебском и московских потомствах.

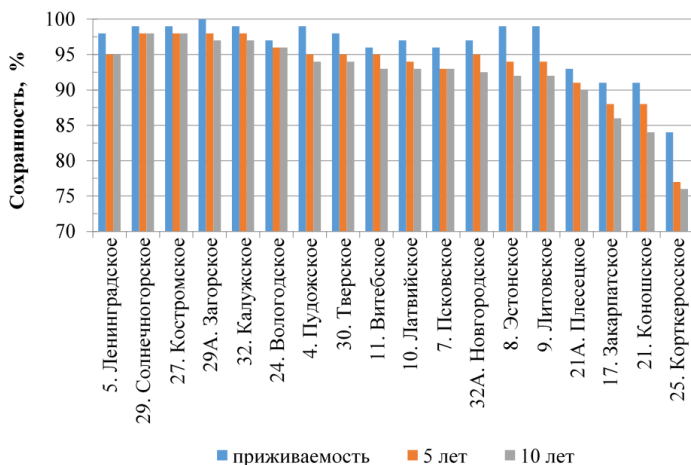
В ГК II поколения, по сравнению с I поколением, сохранность и рост потомств в соответствующих возрастных категориях всегда выше. Расхождения между показателями сохранности на объектах 2006, 2013, 2015 гг. посадки в значительной мере зависят от условий произрастания.

В Лисинском УОЛ в 10-летних культурах (биологический возраст – 15 лет) наблюдалась сплошная сомкнутость крон в ряду; в большинстве потомств сохранность достигала $90 \div 98\%$; в потомствах, исходные климатотипы которых наиболее удалены от места испытания (закарпатское, корткеросское, коношское) она сократилась до уровня 76–86% (рис. 2а). В 18-летних культурах (биологический возраст – 22 года) Гатчинского лесничества сохранность составляла 69 (литовское) $\div$ 78% (новгородское) (рис. 2б); причём в материнских ГК в таком же возрасте новгородский вариант также отличался самой высокой сохранностью. В культурах 4-летнего возраста (биологический возраст – 10 лет) в Кировском лесничестве сохранность большинства вариантов превышала 65%, исключение составили плесецкое и прятинское потомства (рис. 2с).

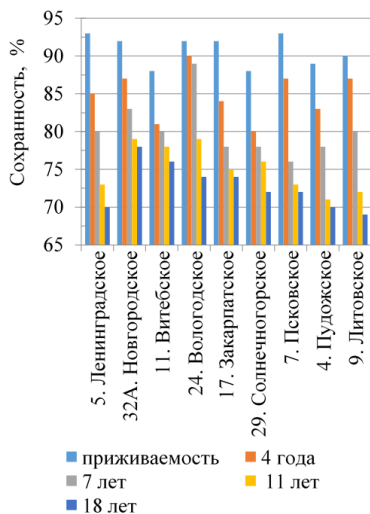
На разных возрастных этапах прослежены слабые или умеренные прямые связи между сохранностью потомств двух поколений ($r = 0,199 \div 0,332$). И в I, и во II поколении чем выше сохранность, тем лучше рост ($r = 0,274 \div 0,502$) (исключение – ГК Гатчинского лесничества).

Анализ роста показал, что лидирующее положение закарпатского потомства в первые годы его развития в I поколении ГК не только не сохранилось в последующие годы, но и не передалось потомству. На всех трёх объектах II поколения лучше местного ленинградского представлено потомство из Псковской обл. (табл. 3).

а)



б)



в)

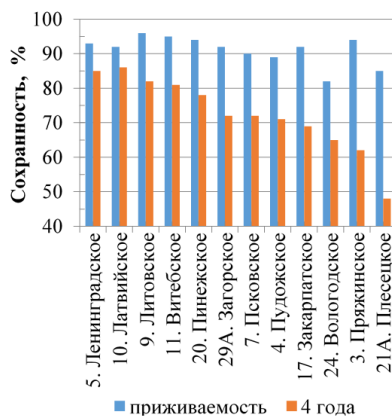


Рис. 2. Сохранность потомств ели в географических культурах II поколения:

а) Лисинское УОЛ; б) Гатчинское лесничество; в) Кировское лесничество

Fig. 2. Survival of spruce progeny in second-generation provenance trials:

а) Lisinskoye UOL; б) Gatchina forestry; в) Kirov forestry

Таблица 3

Рост и состояние потомств во II поколении географических культур
Growth and condition of offspring in the second generation of geographical crops

№ пункта по гос. реестру	Лесничество, год закладки ГК II поколения							
	Гатчинское, 2006			Лисинское УОЛ, 2013		Кировское, 2015		
	ср. диам., $D_{1,3}$, см	$H_{граф.}$, м	балл, R	ср. диаметр, $D_{1,3}$, см	ср. высота, H , м	ср. высота H , см	балл, R	
<i>Picea abies</i> (L.) Karst.								
8	—			$3,55 \pm 0,08$	$4,1 \pm 0,08$	—		
32A	$6,6 \pm 0,27$	7,8	1,82	$3,22 \pm 0,09$	$3,5 \pm 0,08$	—		
7	$8,8 \pm 0,16$	9,7	1,44	$4,12 \pm 0,10$	$4,3 \pm 0,08$	$68,9 \pm 1,95$	1,98	
9	$7,7 \pm 0,19$	8,6	1,50	$3,96 \pm 0,11$	$3,9 \pm 0,09$	$65,7 \pm 1,26$	2,10	
32	—			$3,91 \pm 0,08$	$4,2 \pm 0,07$	—		
30	—			$4,34 \pm 0,10$	$4,6 \pm 0,09$	—		
10	—			$3,08 \pm 0,09$	$3,7 \pm 0,10$	$68,0 \pm 1,57$	1,98	
11	$7,2 \pm 0,28$	8,5	1,74	$4,48 \pm 0,08$	$4,9 \pm 0,07$	$59,6 \pm 1,44$	2,54	
17	$7,0 \pm 0,25$	8,3	1,56	$3,53 \pm 0,08$	$4,0 \pm 0,08$	$57,7 \pm 1,63$	2,76	
гибридные формы с преобладанием признаков <i>Picea abies</i> (L.) Karst.								
5	$8,0 \pm 0,25$	9,2	1,72	$3,52 \pm 0,09$	$4,1 \pm 0,08$	$65,1 \pm 1,31$	1,85	
4	$8,6 \pm 0,23$	9,0	1,51	$2,90 \pm 0,09$	$3,4 \pm 0,09$	$63,2 \pm 1,80$	2,09	
3	—			—		$61,7 \pm 1,81$	1,94	
24	$6,8 \pm 0,30$	7,9	1,57	$3,36 \pm 0,08$	$3,7 \pm 0,06$	$72,1 \pm 2,54$	1,90	
27	—			$3,25 \pm 0,07$	$3,6 \pm 0,06$	—		
29A	—			$3,40 \pm 0,07$	$3,7 \pm 0,06$	$78,8 \pm 2,59$	1,76	
29	$7,7 \pm 0,31$	8,8	1,61	$3,57 \pm 0,10$	$3,8 \pm 0,09$	-		
гибридные формы с преобладанием признаков <i>Picea obovata</i> Ledeb.								
21	—			$2,26 \pm 0,11$	$2,8 \pm 0,11$	—		
21A				$2,97 \pm 0,10$	$3,3 \pm 0,09$	$56,7 \pm 1,70$	2,02	
20				—		$65,1 \pm 2,23$	1,91	
25				$2,57 \pm 0,08$	$3,0 \pm 0,07$	—		

В ГК II поколения в Гатчинском лесничестве псковское потомство является лидером по росту; при уровне значимости 0,01 оно достоверно превышает местный вариант по диаметру (критерий Стьюдента $t_{St.} = 2,695$) и является самым высокорослым на объекте. Темп роста пудожского варианта мало отличается от местного ленинградского.

В ГК II поколения в Лисинском УОЛ (рис. 3) тверское, витебское, ли-

товское, калужское, псковское потомства достоверно превосходят рост местного по диаметру ($t_{St} = 3,096 \div 7,972$) и не уступают ему по высоте (за исключением литовского). В сравнении с местным достоверно лучшими по высоте признаны тверское и витебское потомства ($t_{St} = 4,152 \div 7,016$). Можно отметить прямую связь между показателями роста 9-летних ГК I поколения и 10-летними ГК II поколения (по диаметру: $r = 0,627$, $t_r = 3,22$, достоверно при $p = 0,01$; высоте: $r = 0,748$, $t_r = 4,51$, достоверно при $p = 0,001$), что показывает высокий уровень наследуемости признаков роста. При этом по росту ель в материнских культурах [Филиппова, Уварова, 1988] в соответствующих возрастных категориях заметно уступает дочерним: в 9-летних ГК I поколения средние высоты лучших потомств (ленинградского, псковского, витебского, закарпатского) составляли $1,35 \div 1,40$ м, а во II поколении – $4,00 \div 4,86$ м, средние высоты худших (коношского и короткеросского) – соответственно, $0,90 \div 1,01$ м и $2,8 \div 3,0$ м.



Рис. 3. Потомства *Picea abies* витебского климатипа (осветление выполнено студентами СПбГЛТУ) (слева) и латвийского климатипа (справа), май 2023 г.

Fig. 3. Offspring of *Picea abies* of the Vitebsk climatype (lightening was carried out by students of St. Petersburg State Forest Technical University) (left) and the Latvian climatype (right), May 2023

В самых молодых ГК II поколения (Кировское лесничество) лучше местного варианта растут московско-загорское и вологодское потомства ($t_{St} = 2,449 \div 4,720$); отдельные особи в этих вариантах достигали 160 см. Псковское, латвийское, литовское, пинежское и оба карельские потомства исследований растут не хуже местного ленинградского.

Учёт лесопатологического состояния ели на объектах II поколения показал, что в Лисинском УОЛ культуры представлены преимущественно здоровыми особями; в латвийском потомстве наблюдалось первое цветение

и семеношение. В ГК Гатчинского лесничества средневзвешенный балл состояния потомств мало изменчив ($1,44 \div 1,82$); признаками ослабления являются некрозно-раковые поражения ($1,0\text{--}8,3\%$; максимально – в местном климатипе), выражающиеся засмолёнными наростами, вздутием коры, смолотечением, и пороки, такие как двустовльность, двувершинность, искривление, пасынок ($5\text{--}15\%$). В Кировском лесничестве негативные условия произрастания оказывают большее влияние на развитие ели, чем факторы географического происхождения. Культуры зарастают орляком (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), угнетены порослью осины и берёзы, местами страдают от переувлажнения; негативное состояние ели представлено искривлением и наклоном стволиков, обмерзанием побегов, усыханием или отсутствием вершин и нижних ветвей; в пудожском и псковском потомствах встречался опёнок летний (*Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer & A.H. Sm.), в пинежском и плесецком – еловая малая ложнощитовка (*Physokermes piceae* (Schrank)), в латвийском и вологодском – еловый хермес (*Adelges* sp. Vallot); средневзвешенный балл состояния потомств – $1,76 \div 2,76$, что свидетельствует о снижении устойчивости ели уже в 4-летнем возрасте; максимальная доля здоровых елей (45%) – в московско-загорском потомстве.

Прослежена географическая изменчивость показателей сохранности и роста потомств в I и II поколениях ГК (табл. 4).

Корреляционные связи между двумя поколениями ГК наиболее чётко прослеживаются при сравнении с объектом Лисинского УОЛ. Как в ГК Любанского лесничества (I поколение), так и в Лисинском УОЛ (II поколение) выявлена обратная зависимость сохранности, высоты и диаметра потомств от географических широты и долготы районов местонахождения родительских климатипов (расположенных в районах заготовок семян для создания ГК I поколения) и прямая – от факторов климата в районах местонахождения родительских климатипов, что указывает на лучшую сохранность и рост потомств, «родители» которых удалены к югу и западу и имеют большую обеспеченность влагой и тем более теплом. При сравнении с 10-летними ГК I поколения [Филиппова и др., 1988] во II поколении доля влияния факторов географического происхождения на рост потомств по высоте возросла незначительно: с $24\text{--}33\%$ в I поколении (коэффициент детерминации $d_{xy} = 0,237\text{--}0,327$) до $31\text{--}35\%$ во II поколении ($d_{xy} = 0,350\text{--}0,345$); по диаметру же отмечено ослабление этого влияния с $48\text{--}50\%$ ($d_{xy} = 0,483\text{--}0,500$) до уровня $31\text{--}35\%$ ($d_{xy} = 0,309\text{--}0,347$), что можно объяснить воздействием спонтанного переопыления в ГК I поколения, а также более высокой сохранностью при высокой сомкнутости крон в ряду.

Таблица 4

Корреляционные зависимости между факторами влияния и показателями сохранности и роста потомств в I и II поколениях

Correlation dependencies between influencing factors and indicators of survival and growth of offspring in the first and second generations

Фактор влияния	I поколение ГК			II поколение ГК							
	Любанское л-во			Гатчинское л-во			Лисинское УОЛ			Кировское л.	
	сохр.	<i>D</i>	<i>H</i>	сохр.	<i>D</i>	<i>H</i>	сохр.	<i>D</i>	<i>H</i>	сохр.	<i>H</i>
сев. шир.	-0,220	-0,204	-0,447	-0,276	0,392	0,207	-0,185	-0,589	-0,592	-0,283	0,005
вост. долг.	-0,370	-0,290	-0,505	0,068	0,130	0,00	-0,276	-0,556	-0,587	-0,485	0,191
Σ $t > 5^{\circ}\text{C}$	0,186	0,364	0,606	0,276	-0,337	-0,164	0,373	0,712	0,703	0,542	0,094
Σ год. осадк.	0,147	0,031	0,245	0,197	-0,440	-0,334	0,080	0,267	0,302	0,066	-0,329
бонитет насажд.	-0,552	-0,379	-0,540	-0,476	0,432	0,241	-0,487	-0,524	-0,522	-0,052	-0,290
балл урож.*	<u>0,532</u> 0,552	0,714 0,762	0,844 0,855	<u>-0,116</u> —	<u>0,373</u> —	<u>0,409</u> —	— 0,784	— <u>0,525</u>	— <u>0,526</u>	— 0,028	— <u>0,137</u>

Примечание: *урожайность в ГК I поколения: зима 2000 / 2001 гг. – в числителе; зима 2007 / 2008 гг. – в знаменателе. Наличие достоверности коэффициента корреляции по *t*-критерию Стьюдента при уровне значимости $p = 0,05$ выделено курсивом; $p = 0,01$ – жирным курсивом; $p = 0,001$ – жирным шрифтом

Нужно отметить, что в ГК II поколения в Гатчинском лесничестве потомства происхождением из районов с меньшим количеством тепла и осадков растут лучше; крайне южные потомства (литовское, витебское, закарпатское) с большим количеством накопленного тепла и влаги, чем в ЛО, уступают по росту местному варианту. Оценка роста культур в Кировском лесничестве на ранних этапах развития мало показательна, хотя связи географических и климатических факторов с сохранностью потомств по преимуществу соответствуют данным, полученным на других объектах.

Большое значение для развития культур имеет бонитет материнского насаждения: заготовка шишек в насаждениях с высоким классом бонитета способствует лучшей сохранности и более успешному темпу роста потомств. Урожайность шишек ели в I поколении более чем наполовину (на 51–73%; $d_{xy} = 0,510\text{--}0,731$) зависит от успешности развития материнских деревьев и положительно влияет на сохранность и рост ГК II поколения.

Расчёт селекционного коэффициента и показателя целесообразности внедрения климатипа по ГК двух поколений позволил выделить лучшие из них, которые оцениваются более высоким рангом (табл. 5).

Таблица 5

Селекционная оценка и ранговое распределение потомств

Selection evaluation and ranking of offspring

№ пункта по гос. реестру	I поколение ГК			Лесничество, год закладки ГК II поколения								
				Гатчинское, 2006			Лисинское УОЛ, 2013			Кировское, 2015		
	K	g	ранг	K	g	ранг	K	g	ранг	K	g	ранг
Picea abies (L.) Karst.												
8	1,55	+0,57	7	–			12,7	+0,24	8	–		
32A	1,41	+0,10	11	3,85	–0,29	6	11,5	–0,31	13	–		
7	1,57	+0,59	6	3,77	+0,49	1	15,3	+0,61	4	3,78	+0,27	5
9	1,29	–0,26	13	3,02	–0,71	9	12,1	+0,35	7	5,61	+0,47	4
32	1,52	+0,76	3	–			34,5	+0,80	3	–		
30	1,46	+0,46	8	–			19,0	+1,13	2	–		
10	1,29	–0,14	12	–			13,0	–0,24	12	7,46	+0,84	2
11	1,30	–0,34	14	3,85	+0,10	5	17,1	+1,30	1	4,82	–0,06	7
17	1,36	+0,19	10	3,47	–0,33	7	7,0	–0,21	11	2,86	–0,76	9
гибридные формы с преобладанием признаков Picea abies (L.) Karst.												
5	–	+1,01	1	–	+0,14	4	–	+0,37	6	–	+0,56	3
4	1,49	+0,87	2	3,26	+0,31	3	13,8	–0,49	14	3,35	–0,23	8
3	1,44	+0,24	9	–			–			2,49	–0,77	9
24	1,45	+0,73	4	3,30	–0,60	8	22,5	+0,24	9	3,16	+0,20	6
27	1,34	+0,25	9	–			44,8	+0,13	10	–		
29A	1,37	+0,12	11	–			30,7	+0,22	9	4,32	+1,06	1
29	1,54	+0,66	5	3,41	+0,42	2	46,9	+0,42	5	–		
гибридные формы с преобладанием признаков Picea obovata Ledeb.												
21	1,12	–1,07	16	–			4,3	–1,83	16	–		
21A	1,18	–0,70	15				8,2	–0,72	15	1,67	–1,81	10
20	0,96	–1,68	17				–			4,55	+0,24	5
25	0,94	–1,99	18				3,1	–2,00	17	–		

Примечание: K – селекционный коэффициент; g – показатель целесообразности внедрения климата; ранг – средний ранг, учитывающий ранговое положение потомств по «K», «g» и параметрам роста потомств

Расчёт ранговой корреляции r Спирмена показал наличие прямой умеренной связи ($r_s = 0,383 \div 0,536$) между ранговыми положениями потомств двух поколений (45-летними ГК Любанского лесничества и 10–18-летними ГК Гатчинского лесничества и Лисинского УОЛ; связь с 4-летними ГК Кировского лесничества слабая).

В ГК I поколения ленинградский климатип в первые 10 лет имел 4 ранг, в 20–30-летних культурах – 2–3 ранги [Николаева, 2005; Николаева, Гузюк, 2009], в 45-летнем возрасте, учитывая состояние, сохранность, параметры роста, селекционную оценку, он является самым успешным. Во II поколении потомство ленинградского климатипа, в зависимости от объекта и возраста культур ($4 \div 18$ лет), занимает $3 \div 6$ ранги. По комплексу полученных данных на объектах ГК двух поколений высокую значимость, наряду с местным ленинградским климатипом, имеют потомства происхождением из Великолукского лесхоза Псковской обл., Солнечногорского лесхоза Московской обл. и Калужского лесхоза Калужской обл.

Заключение. Сравнительная оценка развития и роста ГК в двух поколениях, причем II поколение испытывается в различных условиях произрастания, позволяет проследить клинальную географическую изменчивость вида, уточнить перспективность использования инорайонных семян. В Ленинградской обл. отмечается успешное развитие потомств ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и гибридных форм с преобладанием признаков ели европейской. В то же время, крайне южное потомство *P. abies*, закарпатское, выделенное в ГК I поколения в раннем возрасте в качестве кандидата в сортовой, во II поколении в первые же годы своего развития в культурах характеризуется слабой селекционной оценкой.

Обратная зависимость роста дочерних потомств от класса бонитета материнских насаждений и прямая – от урожайности шишек в материнских насаждениях указывает на целесообразность заготовок шишек в высокобонитетных и высокоурожайных насаждениях.

В сравнении с исходными материнскими насаждениями климатипов, расположенными в различных регионах России, в ГК Любанского лесничества (I поколение) наблюдается соответствие или улучшение их класса бонитета по сравнению с исходным насаждением, что определяется произрастанием потомств в более благоприятных условиях. В сравнении с соответствующими возрастными этапами развития потомств в I поколении II поколение ГК имеет более высокие показатели сохранности и роста, что, вероятно, является проявлением эффекта гетерозиса.

В культурах 45-летнего возраста лидирующую позицию по продуктивности и состоянию занимает местное ленинградское потомство, второй ранг – в потомстве из Пудожского лесхоза Республики Карелия.

На объектах Любанского лесничества (I поколение) и Лисинского УОЛ (II поколение) южные и западные потомства с большей тепло- и влагообеспеченностью в районах исходных происхождений растут успешнее, чем северные и восточные, с меньшим количеством тепла и осадков, причём сумма эффективных температур имеет большее значение, чем сумма годовых осадков.

Основой отбора лучших климатипов должны быть результаты многолетних исследований в ГК I поколения, но с ориентацией на II поколение. В связи с негативными факторами, имеющими место при создании опытных культур и возникающими в процессе их роста, такими как завышенная густота посадки, нарушение гидрологического режима почв, отсутствие рубок ухода, вывал, ветровал, снеголом и т. п., культуры начинают терять свою устойчивость, и проявление географической изменчивости становится менее выраженным. Поэтому ГК II поколения, в т.ч. представленные полусибсовыми потомствами, являются большим подспорьем, позволяющим продолжать исследования, в т.ч. с учётом происходящих изменений климата и на генетическом уровне.

Наряду с использованием семян местных популяций перспективными поставщиками семян ели в Ленинградский лесосеменной подрайон следует признать Псковскую, Тверскую, Московскую (с, с-з), Калужскую (ц, с), Витебскую (с, с-в) области и южную часть Республики Карелия, с ограничением координатами ориентировочно $54^{\circ}20' \div 61^{\circ}40'$ с.ш. и $27^{\circ} \div 39^{\circ}$ в.д.; высоты над уровнем моря в районах заготовки и использования семян не должны сильно различаться. Целесообразность поставок семян из республик Прибалтики на данном этапе исследований опровергается.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счёт средств Российского научного фонда (проект № 25-16-00109 (код проекта: 1-RSCF-6113)).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Багаев С.С. Исследование географической изменчивости ели в Костромской области // Лесохозяйственная информация. 2014. № 4. С. 40–53.

Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: учеб. пособ. СПб.: Политех. ун-т, 2016. 125 с.

Изучение имеющихся и создание новых географических культур: программа и методика работ. Пушкино: ВНИИЛМ, 1972. 52 с.

Лацевич А.В. Изучение макроскопических признаков и плотности древесины второго поколения климаэкотипов сосны обыкновенной // Леса Евразии – Белые ночи: мат. III Межд. конф. молодых ученых. М., 2003. С. 105–107.

Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. М., 1982. 368 с.

Мамаев С.А. Закономерности внутривидовой изменчивости семейства Pinaceae на Урале: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск: Ин-т экологии растений и животных УФ АН СССР, 1970. 54 с.

Манцевич Е.Д. Особенности роста второго поколения географических культур сосны обыкновенной // Лесоведение и лесное хозяйство. 1971. Вып. 4. С. 83–87.

Марисия Г.К., Уварова Н.И., Филиппова Л.Н. Результаты географического испытания сосны, ели, лиственницы на Северо-Западе РСФСР // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов: тез. докл. и сообщ. на Всесоюз. науч.-техн. совещ. М., 1980. Ч. I. С. 246–249.

Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Щерба Ю.Е., Комарницкий В.В., Иванов В.С., Гришилов Д.А. Влияние географического происхождения на рост сосны кедровой сибирской во втором поколении // Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. 37, № 6. С. 426–431.

Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Итог тридцати вегетаций в географических культурах ели Сергиево-Посадского опытного лесхоза // Науч. труды МГУЛ. 1995. Вып. 274. С. 64–77.

1. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесная промышленность, 1984. 152 с.

Морозова Е.В., Иозус А.П. Особенности процессов адаптации географических культур сосны второго поколения в условиях сухой степи Нижнего Поволжья // Фундаментальные исследования. 2015. № 7 (часть 2). С. 260–262.

Наквасина Е.Н. Испытание межгеографических потомств сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Республике Коми // ИВУЗ. Лесной журнал. 2014. № 5. С. 17–24.

Наквасина Е.Н., Барабин А.И. Рост полусибирских межгеографических гибридов сосны обыкновенной в испытательных культурах северной подзоны тайги Архангельской области // ИВУЗ. Лесной журнал. 2009. № 5. С. 25–30.

Николаева М.А. Рост и репродуктивные особенности ели в географических культурах Ленинградской области: дис. ... канд. с.-х. наук. СПб.: СПбНИИЛХ, 2005. 176 с.

Николаева М.А., Пелевина Н.Н. Сравнительная оценка климатипов ели в географических культурах Ленинградской области // Труды СПбНИИЛХ. 2000. Вып. 2 (3). С. 119–128.

Николаева М.А., Гузюк М.Е. Состояние, продуктивность и особенности семеношения ели в географических культурах Ленинградской области // Труды СПбНИИЛХ. 2009. Вып. 1 (18). С. 105–122.

Николаева М.А., Ямалеев О.А., Ануфриева Е.С. Особенности адаптации хвойных пород в географических культурах Северо-Западного лесосеменного района // Лесные вести. 2010. № 3 (4). С. 97–105.

Николаева М.А., Жигунов А.В. Фенологические и репродуктивные особенности ели в географических культурах Ленинградской области // Лесоведение. 2012. № 2. С. 35–46.

Николаева М.А., Варенцова Е.Ю. Фитопатологическое состояние и сохранность ели в географических культурах Любанского лесничества Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. Вып. 228. С. 216–233. DOI: 10.21266/2079-4304.2019.228.216-233.

Николаева М.А., Жигунов А.В., Гузюк М.Е., Гузюк А.С. Испытание климатипов основных лесообразующих пород – основа лесосеменного районирования в России // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: мат. IV науч.-тех. конф. СПб., 2019. С. 148–151.

Орлов М.М. Лесная вспомогательная книжка для таксации и технических расчётов. 8-е перераб. изд. М.-Л.: Гос. изд. с/х и колхозно-кооп. лит., 1931. 736 с.

Патлай И.П. Рост и устойчивость сосны в географических культурах второго поколения в Тростянецком лесхозаге Сумской области // Лесной журнал. 1974. № 6. С. 155–160.

Поплавская Л.Ф., Ребко С.В., Турик П.В. Использование эколого-географического метода подбора родительских пар при селекции сосны обыкновенной // Сохранение лесных генетических ресурсов: мат. 5-й Межд. конф.-совещ. Гомель, 2017. С. 189–191.

Раевский Б.В., Игнатенко Р.В., Новичонок Е.В., Прокопюк В.М., Куклина К.К. Современное состояние селекции и семеноводства хвойных пород // ИВУЗ. Лесной журнал. 2022. № 6. С. 9–37. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-9-37.

Санников С.Н., Петрова И.В., Санникова Н.С., Афонин А.Н., Чернодубов А.И., Егоров Е.В. Генетико-климатолого-географические принципы семенного районирования сосновых лесов России // Сибирский лесной журнал. 2017. № 2. С. 20–30.

Тарханов С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 195 с.

Уварова Н.И. Использование географической изменчивости хвойных на Северо-Западе РСФСР: методические указания. Л.: ЛенНИИЛХ, 1983. 22 с.

Филиппова Л.Н., Уварова Н.И. Результаты испытания сосны и ели разного географического происхождения на Северо-Западе РСФСР // Развитие генетики и селекции в лесохозяйственном производстве. М., 1988. С. 60–61.

Черепнин В.Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1980. 183 с.

Шутяев А.М. Изменчивость хвойных видов в испытательных культурах Центрального Черноземья. М.: МПР РФ, НИИЛГиС, 2007. 296 с.

Шутяев А.М. Каким быть лесному семеноводству в XXI веке (книга-обзор). Воронеж: Истоки, 2011. 248 с.

Giertych M. Summary results of the IUFRO 1938 Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenance experiment. Height growth // *Silvae Genetica*. 1976. Vol. 25 (5-6). P. 154–164.

Norway spruce in the Conservation of Forest Ecosystems in Europe. The results of the IUFRO experimental tests series: 1938/39, 1964/68, 1972 and others: proceeding of conf. Kraków – Wisła, Beskid Mountains, 2012. 110 p.

Park Y.S., Gerhold H.D. Population hybridization in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.): I. Genetic variance components and heterosis // *Silvae Genetica*. 1986. Vol. 35 (4). P. 159–165.

References

Bagaev S.S. The study of geographical variability of spruce provenance trials in Kostroma region. *Forestry information*, 2014, no. 4, pp. 40–53. (In Russ.)

Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Statistical processing of forestry research materials: manual. St. Petersburg: Polytech. University, 2016. 125 p. (In Russ.)

Filippova L.N., Uvarova N.I. Results of testing pine and spruce of different geographical origins in the North-West of the RSFSR. *Development of genetics and selection in forestry production*. M., 1988, pp. 60–61. (In Russ.)

Forest seed zoning of the main forest-forming species in the USSR. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1982. 368 p. (In Russ.)

Giertych M. Summary results of the IUFRO 1938 Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenance experiment. Height growth. *Silvae Genetica*, 1976, vol. 25 (5-6), pp. 154–164.

Latsevich A.V. Study of macroscopic features and wood density of the second generation of Scots pine climaecotypes. *Forests of Eurasia – White Nights: proceedings of the III Int. conf. of young scientists*. Moscow, 2003, pp. 105–107. (In Russ.)

Mamaev S.A. Patterns of intraspecific variability of the family Pinaceae in the Urals: Diss. ... Doct. Biol. Sci. Sverdlovsk: Institute of Ecology of Plants and Animals UF AN SSSR, 1970. 54 p. (In Russ.)

Marisaya G.K., Uvarova N.I., Filippova L.N. Results of geographical testing of pine, spruce, larch in the North-West of the RSFSR. *Selection, genetics and seed production of tree species as a basis for creating highly productive forests: abstracts of reports and communications at the All-Union sci.-tech. conf. Moscow, 1980, part I*, pp. 246–249. (In Russ.)

Matveeva R.N., Butorova O.F., Shcherba Yu.E., Komarnitskiy V.V., Ivanov V.S., Grishilov D.A. Influence of geographical origin on the growth of second-generation

siberian stone pine. *Conifers of the boreal area zone*, 2019, vol. 37, no. 6, pp. 426–431. (In Russ.)

Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. The result of thirty vegetations in provenance trials of the spruce of the Sergiev Posad experimental forestry. *Scientific works of Moscow State Forestry University*, 1995, vol. 274, pp. 64–77. (In Russ.)

Morozova E.V., Iozus A.P. Features of adaptation processes of Scots pine provenance trials of second-generation in the dry steppe conditions of the Lower Volga region. *Fundamental research*, 2015, no. 7 (part 2), pp. 260–262. (In Russ.)

Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova Eh.S. Methods of forest pathological survey of locus of stem pests and forest diseases. Moscow: Forest Industrial, 1984. 152 p. (In Russ.)

Nakvasina E.N. Testing intergeographical progenies of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Komi Republic. *IVUZ. Forestry Journal*, 2014, no. 5, pp. 17–24. (In Russ.)

Nakvasina E.N., Barabin A.I. Growth of half-sib intergeographical hybrids of Scots pine in test crops of the northern taiga subzone of the Arkhangelsk region. *IVUZ. Forestry Journal*, 2009, no. 5, pp. 25–30. (In Russ.)

Nikolaeva M.A. The growth and reproductive features of spruce in provenance trials of the Leningrad region: Diss. ... Cand. Agric. Sci. St. Petersburg: St. Petersburg forestry research institute, 2005. 176 p. (In Russ.)

Nikolaeva M.A., Pelevina N.N. Comparative assessment of spruce climatotypes in provenance trials of the Leningrad region. *St. Petersburg forestry research institute proceedings*, 2000, vol. 2 (3), pp. 119–128. (In Russ.)

Nikolaeva M.A., Guzyuk M.Ye. Health, productivity and seed-bearing characteristics of spruce in provenance trials of the Leningrad region. *St. Petersburg forestry research institute proceedings*, 2009, vol. 1 (18), pp. 105–122. (In Russ.)

Nikolaeva M.A., Yamaleev O.A., Anufrieva E.S. Features of adaptation of coniferous species in provenance trials of the North-West forest seed region. *Forest news*, 2010, no. 3 (4), pp. 97–105. (In Russ.)

Nikolaeva M.A., Zhigunov A.B. Phenological and reproductive features of spruce in geographical plantations of the Leningrad region. *Lesovedenie*, 2012, no. 2, pp. 35–46. (In Russ.)

Nikolaeva M.A., Varentsova E.Yu. Phytopathological status and preservation of spruce in provenance trials of the Lyubansky Forest District of Leningrad Region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2019, iss. 228, pp. 216–233. (In Russ.) DOI: 10.21266/2079-4304.2019.228.216-233.

Nikolaeva M.A., Zhigunov A.B., Guzyuk M.Ye., Guzyuk A.S. Testing of climatotypes of the main forest-forming species as a basis for forest seed zoning in Russia. *Forests of Russia: policy, industry, science, education: proceedings of IV sci-tech. conf.* St. Petersburg, 2019, pp. 148–151. (In Russ.)

Norway spruce in the Conservation of Forest Ecosystems in Europe. The results of the IUFRO experimental tests series: 1938/39, 1964/68, 1972 and others: proceeding of conf. Kraków – Wisła, Beskid Montains, 2012. 110 p.

Orlov M.M. Forest auxiliary book for taxation and technical calculation. 8th revision ed. Moscow-Leningrad: Gos. izd. sel./khoz. i kolhozno-koop. lit., 1931. 736 p. (In Russ.)

Park Y.S., Gerhold H.D. Population hybridization in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.): I. Genetic variance components and heterosis. *Silvae Genetica*, 1986, vol. 35 (4), pp. 159–165.

Patlay I.P. The growth and sustainability of Scots pine in second-generation provenance trials in Trostyanets forestry plantation of Sumy region. *Lesnoy zhurnal*, 1974, no. 6, pp. 155–160. (In Russ.)

Poplavskaya L.F., Rebko S.V., Tupik P.V. The use of ecological-geographical method of selection of parental pairs in breeding of scots pine. *Conservation of Forest Genetic Resources: proceedings of the 5th Int. conf. Gomel*, 2017, pp. 189–191. (In Russ.)

Raevsky B.V., Ignatenko R.V., Novichonok E.V., Prokopiuk V.M., Kuklina K.K. The current state of coniferous species breeding and seed production. *IVUZ. Forestry Journal*, 2022, no. 6, pp. 9–37. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-9-37. (In Russ.)

Shutyaev A.M. The variability of coniferous species in the test plantations of the Central Black Earth Region. Moscow, 2007. 296 p. (In Russ.)

Shutyaev A.M. What is forest seed production in the XXI century (book-survey). Voronezh: Istoki, 2011. 248 p. (In Russ.)

The study of available and creation of new provenance trials: program and methods of work. Pushkino: VNIILM, 1972. 52 p. (In Russ.)

Tarkhanov S.N. Variability of spruce in provenance trials of Republic Komi. 1998. Ekaterinburg: UrO RAS, 1998. 195 p. (In Russ.)

Uvarova N.I. Using the geographical variability of coniferous in the North-West of the RSFSR: guidelines. Leningrad: LenNIIH, 1983. 22 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 15.09.2025

Николаева М.А., Гузюк М.Е., Баранов Н.И., Жигунов А.В. Изучение географической изменчивости в двух поколениях культур ели в Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 255. С. 118–141. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.118-141

Исследования двух поколений географических культур ели, заложенных в Ленинградской области, позволяют проследить географическую изменчивость видов *Picea abies* (L.) Karst. и *Picea obovata* Ledeb. Объект культур первого поколения создан в рамках программы ВНИИЛМ в 1977 г. на территории Любанского лесничества, где была произведена заготовка шишек для создания географических культур второго поколения. Второе поколение представлено полусибсовыми потомствами на трёх объектах, которые были заложены в 2006–2015 гг. в Гатчин-

ском и Кировском лесничествах и в Лисинском учебно-опытном лесничестве (УОЛ). В культурах двух поколений установлено успешное развитие потомств *Picea abies* и замедленный темп роста *P. obovata*. Отмечено позитивное влияние состояния материнских климатипов на сохранность и рост потомств: заготовка шишек в насаждениях с высоким классом бонитета способствует более успешному росту потомств как в первом, так и во втором поколении. Южные и западные потомства с большей тепло- и влагообеспеченностью в районах исходных происхождений растут интенсивнее, чем северные и восточные, с меньшим количеством тепла и влаги. Доля влияния материнского генотипа по показателям роста достигает 56%. Выявлена прямая связь между урожайностью шишек в материнских насаждениях и ростом дочерних потомств. В 45-летних культурах самыми высокопродуктивными являются местное ленинградское потомство и потомство из Пудожского лесхоза Республики Карелия (550–580 м³/га). На объектах второго поколения наиболее высокую селекционную значимость имеет потомство климатипа из Великолукского лесхоза Псковской области. Поставки семян ели в Ленинградский лесосеменной подрайон возможны из Псковской, Тверской, Московской (север, северо-запад), Калужской (центр, север), Витебской (север, северо-восток) областей и южной части Республики Карелия, с ограничением координатами ориентировочно 54°20' ÷ 61°40' с.ш. и 27° ÷ 39° в.д.

Ключевые слова: географические культуры, *Picea*, географическое происхождение, потомство климатипа, поколение, сохранность, рост, ранг.

Nikolaeva M.A., Guzyuk M.Ye., Baranov N.I., Zhigunov A.V. Study of geographical variability in two generations of spruce culture in the Leningrad region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2025, iss. 255, pp. 118–141 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.255.118-141

The study of two generations of spruce provenance trials established in the Leningrad Region allows us to trace the geographical variability of the species *Picea abies* (L.) Karst. and *Picea obovata* Ledeb. The first-generation culture object was created within the framework of the VNIILM program in 1977 on the territory of the Lyuban forestry, where cones were harvested to create second-generation provenance trials. The second generation is represented by semi-sib progenies on three objects that were established in 2006–2015 in the Gatchina and Kirov forestries and in the Lisinsky educational and experimental forestry (UOL). In the cultures of two generations, successful development of the offspring of *Picea abies* and a slow growth rate of *P. obovata* were established. The positive influence of the state of maternal climatypes on the preservation and growth of progenies was noted: the procurement of cones in plantations with a high bonitet class contributes to a more successful growth of progeny in both the first and second generations. Southern and western offspring with greater heat and moisture supply in the areas of original origins grow more intensively than northern and eastern ones, with less heat and moisture. The share of the influence of the maternal genotype in growth indicators reaches

56%. A direct relationship between the cone yield in mother plantations and the growth of daughter progenies was revealed. In 45-year-old crops, the most highly productive are the local Leningrad progeny and the progeny from the Pudozh forestry of the Republic of Karelia (550–580 m³/ha). In the second-generation objects, the highest selection significance is possessed by the climatype progeny from the Velikiye Luki forestry of the Pskov Region. Deliveries of spruce seeds to the Leningrad forest seed sub-district are possible from the Pskov, Tver, Moscow (north, northwest), Kaluga (center, north), Vitebsk (north, northeast) regions and the southern part of the Republic of Karelia, with coordinates limited to approximately 54°20' – 61°40' N and 27° – 39°E.

Key words: provenance trials, *Picea*, geographical origin, climatype progeny, generation, preservation, growth, rank.

НИКОЛАЕВА Марина Алексеевна – заведующий лабораторией кафедры ботаники и дендрологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 6445-0694. ORCID: 0000-0002-1777-3937.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия;

старший инженер-исследователь Проектного Центра Агро Технологий Сколковского Института науки и технологий (Сколтех).

121205, Большой бульвар, д. 30, стр. 16, г. Москва, Россия. E-mail: marin.nikol_1060@mail.ru

NIKOLAEVA Marina A. – PhD (Agriculture), Head of the Laboratory of Department of Botany and Dendrology, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 6445-0694. ORCID: 0000-0002-1777-3937.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia;

Senior Research Engineer of Project Center of Agro Technologies of Skolkovo Institute of Science and Technologies (Skoltech).

121205. Bolshoy boul. 30. Build. 1. Moscow. Russia. E-mail: marin.nikol_1060@mail.ru

ГУЗЮК Марианна Евгеньевна – доцент кафедры лесных культур Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 4663-449. ORCID: 0009-0007-7646-3967.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: marguz@list.ru

GUZYUK Marianna Ye. – PhD (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forest Cultures, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 4663-449. ORCID: 0009-0007-7646-3967.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: marguz@list.ru

БАРАНОВ Никита Игоревич – аспирант кафедры лесных культур Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 1653-0090. ORCID: 0009-0005-7030-5007.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.star13@yandex.ru

BARANOV Nikita I. – PhD student of the Forest Cultures Department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 1653-0090. ORCID: 0009-0005-7030-5007.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: n.star13@yandex.ru

ЖИГУНОВ Анатолий Васильевич – профессор, заведующий кафедрой лесных культур Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор сельскохозяйственных наук. WoS ResearcherID: AAK-8124-2020. SPIN-код: 6704-5792. ORCID: 0000-0001-8707-7526.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия;
научный сотрудник Проектного Центра Агро Технологий Сколковского Института науки и технологий (Сколтех).

121205, Большой бульвар, д. 30, стр. 1б, г. Москва, Россия. E-mail: a.zhigunov@bk.ru

ZHIGUNOV Anatoliy V. – DSc (Agriculture), Professor, Head of the Department of Forest Cultures, St.Petersburg State Forest Technical University. WoS ResearcherID: AAK-8124-2020. SPIN-code: 6704-5792. ORCID: 0000-0001-8707-7526.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia;
Researcher of Project Center of Agro Technologies of Skolkovo Institute of Science and Technologies (Skoltech).

121205. Bolshoy boul. 30. Build. 1. Moscow. Russia. E-mail: a.zhigunov@bk.ru