

Оценка выживаемости и роста потомства лиственницы (*Larix*) разного географического происхождения в Восточном Забайкалье

© 2021. Л. Н. Пак, к. с.-х. н., доцент,
Тверской государственной университет,
170002, Россия, г. Тверь, проспект Чайковского, д. 70,
e-mail: pak_lar@bk.ru

В статье рассмотрен один из перспективных методов изучения ответной реакции растений на потепление климата – испытание видов и климатических экотипов основных видов-лесообразователей в географических культурах. Лиственница – самый распространённый вид на территории нашей страны и Восточного Забайкалья. Географические культуры лиственницы (ГКЛ) Восточного Забайкалья входят в состав широкомасштабного эксперимента по созданию и изучению сети эколого-географических культур основных лесообразующих видов на территории бывшего СССР. Всего были испытаны потомства 5 видов и 20 климатипов лиственницы. Результаты выживаемости представленной коллекции лиственницы свидетельствуют о том, что в первом классе возраста определяющим фактором устойчивости потомства лиственницы разных климатипов является происхождение материнских популяций. У оставшихся особей в популяциях (60%) наблюдаются высокие результаты изменчивости рассматриваемых показателей (в среднем по выживаемости, диаметру и высоте – 32%), что указывает на значительную степень сходства их генотипического состава к природно-климатическим факторам региона. Стандартные отклонения рассматриваемых показателей были небольшими, лежали в основном в пределах 2–3 σ . Лучшими потомствами из коллекции ГКЛ оказались: лиственница Сукачёва из Сverdловской области (ивдельская и егоршинская популяции); лиственница сибирская из Алтая, Хакасии (октябрьская и бирикчуйская популяции), Красноярского края, Иркутской области (качугская популяция) и Бурятии; лиственница Гмелина из Забайкальского края и Амурской области; лиственница Чекановского из Забайкальского края.

Ключевые слова: Восточное Забайкалье, Читинское лесничество, географические культуры, лиственница, климатип, выживаемость, рост.

Evaluation of survival and growth of larch (*Larix*) progeny of different geographical origin in Eastern Transbaikalia

© 2021. L. N. Pak ORCID: 0000-0002-3635-8675
Tver State University,
70, Tchaikovsky Avenue, Tver, Russia, 170002,
e-mail: pak_lar@bk.ru

The article considers one of the promising methods of studying the response of plants to climate warming – testing of species and climatic ecotypes of the main species – forest growers in geographical cultures. Larch is the most common species on the territory of Russia and Eastern Transbaikalia in particular. Larch geographical cultures (LGC) of Eastern Transbaikalia are part of a large-scale experiment to create and study a network of ecological and geographical cultures of the main forest-forming species in the territory of the former USSR. Totally the progeny of 5 species and 20 climatypes of larch were tested. The results of survival of the presented collection of larch indicate that in the first class of age the determining factor in the stability of the larch offspring of different climatypes is the origin of the parent populations. In the remaining individuals in populations (60%) there are high results of variability of the considered parameters (in average, on survival, diameter and height – 32%), which indicates a significant degree of similarity of their genotypic composition to natural and climatic factors of the region. The standard deviations of the considered parameters were small, mostly within 2–3 σ . The best progenies from the collection of the LGC are: the Sukachev larch from Sverdlovsk region (Ivdel and Egorshino population); Siberian larch from the Altay, Khakassia (Octyabr and Birikchul population), the Krasnoyarsk territory, the Irkutsk region (Kachug population) and Buryatia; Dahurian larch from the Transbaikal region and Amur region; the Chekanovsky larch from Transbaikal region.

Keywords: Eastern Transbaikalia, Chita forestry, geographical culture, larch, climate, survival, growth.

Многочисленные публикации, основанные на прямых и косвенных источниках, свидетельствуют о происходящем на протяжении прошлого и начала нынешнего веков потеплении климата [1–6]. Это может сильно сказаться на возможности растений произрастать в определённой жизненной форме, возможности возобновления семенным путём, проявлении необходимых хозяйственных качеств и т. п.

Одним из перспективных методов изучения ответной реакции растений на быстрые изменения климата с учётом места их происхождения являются испытания видов и климатических экотипов или климатипов основных видов-лесообразователей в географических культурах [7].

Многочисленные современные исследования показывают, что основные лесообразующие виды, попадая в среду, характерную для других природно-климатических и географических условий, по-разному реагируют на почвенно-климатические изменения [8–17]. Наиболее чувствительными живыми индикаторами являются хвойные древесные растения. Они способны откликаться на повреждения почвенно-климатических факторов на разных уровнях организации [18–19]. Выживаемость и рост географических культур являются основными показателями популяционно-видового уровня, имитирующего ситуацию быстрых климатических изменений, смещения границ лесорастительных зон.

Лиственница – самый распространённый вид на территории нашей страны и Восточного Забайкалья (Забайкальский край). Её доля в лесной площади составляет, соответственно, около 40 и 60% (на 01.01.2017 г.).

Географические культуры лиственницы (ГКЛ) Восточного Забайкалья входят в состав широкомасштабного эксперимента по созданию и изучению сети эколого-географических культур основных лесообразующих видов на территории бывшего СССР, начатого в 70-х годах прошлого столетия [20]. Началом исследований ГКЛ в регионе является 1975 г. В этот год сотрудниками ИЛиД СО РАН были посеяны семена первых «перемещаемых» 17 климатипов. Позднее, в 1977 г., дополнительно провели посев семян ещё 8 «перемещаемых» климатипов. По факту создания географических культур (ГК) в 1999 г. проведена всероссийская инвентаризация, после которой, до 2016 г., изучение коллекции в регионе проводилось выборочно по климатипам [21].

Цель настоящих исследований заключалась в оценке индивидуальной адаптивности потомств на основании возрастной и экологической изменчивости ряда показателей.

Объект и методы исследования

Объект исследований – ГКЛ, расположенные в пределах Читинского лесничества края. Площадь объекта 14,0 га, имеет однородные почвенные, климатические условия и рельеф. Макрорельеф – равнина. Почвы – супесчаные, дерновые, слабоподзоленные. Климат характеризуется целым рядом неблагоприятных факторов: средняя годовая температура воздуха $-2,7^{\circ}\text{C}$, средняя температура самого холодного месяца (января) $-25\text{--}30^{\circ}\text{C}$, средняя температура самого теплого месяца (июля) $+19\text{--}20^{\circ}\text{C}$. В марте-апреле температура воздуха колеблется от $-15\text{--}20^{\circ}\text{C}$ ночью до $+10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ днём, в сентябре – октябре – от $+10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ до $-15\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков – 320–360 мм. Минимум осадков выпадает в апреле-июне. В это время стоит сухая, с низкой относительной влажностью воздуха (15–20%) погода.

Географические культуры лиственницы созданы в начале 80-х годов прошлого столетия. Посадка выполнялась крупномерными сеянцами, по схеме $2,5 \times 0,75$ м. Число повторностей менялось и зависело от числа выращенного посадочного материала. Были испытаны потомства 5 видов и 20 климатипов лиственницы из присланных семян с территории бывшего Советского Союза (табл. 1). На период исследований возраст культур – II класс. Этот возраст позволил оценить адаптивность популяций по ряду показателей в динамике. Изучение индивидуальной адаптивности климатипов проводили по трём показателям: выживаемость, высота и диаметр.

Каждый климатип обследовали с помощью сплошного учёта всех живых и усохших деревьев, числа пней и числа пустых посадочных мест. Эти данные сравнивали с числом сеянцев, высаженных при создании культур. У всех живых деревьев в климатипах измеряли диаметр на высоте груди. Высоту определяли по графикам высот с помощью измерения высотомером по каждой 1 см ступени толщины. Данные выживаемости на 1999 г. брали из материалов инвентаризации, проведённой Читинской зональной лесосеменной станцией совместно с сотрудниками ИПРЭЖ СО РАН.

Для популяционно-видовой оценки климатипов использовали относительный коэф-

фициент – стандартное отклонение рассматриваемого показателя (выживаемости, высоты и диаметра) от среднего значения в коллекции. По выживаемости, диаметру и высоте рассчитывали среднее значение. Использование относительного коэффициента даёт возможность объединить и сопоставить показатели с разными единицами измерений. Все климатипы согласно относительного коэффициента делили на группы: худшие (ниже -0,5, -0,5–0) и лучшие (0–+0,5, выше +0,5) потомства. Оценку влияния происхождения климатипа на рассматриваемые показатели проводили с использованием дисперсионного и корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение

В Восточном Забайкалье ГКЛ представляют собой формирующееся насаждение 35-летнего возраста. Испытание всех представленных в коллекции климатипов показало на их неоднозначную реакцию на средовые факторы. В ходе сравнительного анализа выживаемости климатипов 1999 и 2016 гг. было установлено общее снижение численности коллекции на 22,0% (табл. 2). Средняя выживаемость семенных потомств в коллекции на 2016 г. составила 26,8%, что не превышает 1,0 тыс. шт./га.

Элиминация семенного потомства популяции лиственницы сибирской из Курчумского лесхоза отмечалась ещё во время инвентаризации 1999 г., в возрасте до 20 лет. К 2016 г. произошла полная элиминация потомства популяции лиственницы Каяндера из Охотского лесхоза и лиственницы Сукачёва из Волжского лесхоза.

Данные выживаемости и роста климатипов в единицах стандартного отклонения за 2016 г. колебались от -5,7 до +9,3 (табл. 3).

По результатам оценки выживаемости 2016 г., в группу худших потомств (без учёта выше названных) попали популяции лиственницы Сукачёва из Башкортостана, лиственницы сибирской из Восточно-Казахстанской и Иркутской областей, лиственницы Гмелина из Амурской области. У этих климатипов данные стандартного отклонения (σ) были ниже -0,5. В группу более устойчивых (стандартное отклонение выше +0,5) вошли 9 климатипов: лиственница Сукачёва из Сведловской области (3 популяции); лиственница сибирская из Алтая, Хакасии (1 популяция), Красноярского края и Бурятии; лиственница Гмелина из Забайкальского края (1 популяция); лиственница Чекановского из Забайкальского края.

Распределение климатипов по диаметру на основании данных стандартного отклонения практически совпадает с данными по выживаемости. В группу лучших из коллекции вошло 11 потомств: лиственницы Сукачёва из Башкортостана, Сведловской области (1 популяция); лиственницы сибирской из Алтая, Хакасии (2 популяции), Красноярского края, Иркутской области (1 популяция) и Бурятии; лиственницы Гмелина из Забайкальского края (1 популяция) и Амурской области; лиственницы Чекановского из Забайкальского края.

По высоте распределение климатипов на группы немного меняется. Из 9–11 лучших потомств по выживаемости и радиальному росту (σ выше +0,5) остаётся всего 7. Это популяция лиственницы Сукачёва из Сведловской области (2 популяции); лиственницы сибирской из Хакасии (2 популяции), Красноярского края; лиственницы Гмелина из Забайкальского края (1 популяция); лиственницы Чекановского из Забайкальского края.

Оценка адаптивности потомств на основании среднего стандартного отклонения, полученного по ряду показателей, позволила выделить лучшие потомства: лиственницы Сукачёва из Сведловской области (ивдельская и егоршинская популяции); лиственницы сибирской из Алтая, Хакасии (октябрьская и бирикчульская популяции), Красноярского края, Иркутской области (качугская популяция) и Бурятии; лиственницы Гмелина из Забайкальского края и Амурской области; лиственницы Чекановского из Забайкальского края.

Между средними значениями рассматриваемых показателей обнаружена тесная корреляционная связь: $r = 0,65–0,70$.

Результаты выживаемости представленной коллекции лиственниц свидетельствуют о том, что в первом классе возраста определяющим фактором устойчивости потомства лиственницы разных климатипов является происхождение материнских популяций. В это время происходит элиминация основной части генотипов «перемещаемых» климатипов (25%), неустойчивых к ряду факторов среды, имеющих хорошую «память» о районах их происхождения. У оставшихся особей в популяциях (60%) наблюдаются высокие результаты изменчивости рассматриваемых показателей (в среднем по выживаемости, диаметру и высоте – 32%), что указывает на значительную степень сходства их генотипического состава к природно-климатическим факторам региона.

Виды и климатыпы лиственницы в географических культурах лиственницы / Species and climates of larch in the geographical larch crops
 Таблица 1 / Table 1

край, область, республика territory, region, republic	Происхождение семян The origin of the seeds	лесхоз forestry	Координаты Geographic coordinates		Высота над уровнем моря, м Altitude above sea level, m	Годовая сумма температур воздуха выше 10 °С Annual sum of air temperatures above 10 °C	Годовая сумма осадков, мм Annual amount of precipitation, mm
			с. ш. northern latitude	в. д. eastern longitude			
Лиственница Сукачёва (<i>L. sukaczewii</i> Dylis) / Larch Sukacheva (<i>L. sukaczewii</i> Dylis)							
Ивановская / Ivanovskaya	Воляжский / Volzhsky		57°00'	41°75'	103	1950	550
Башкортостан / Bashkortostan	Учалинский / Uchalinsky		54°00'	56°00'	400	1900	400
Свердловская / Sverdlovskaya	Ивдельский / Ivdelsky		60°42'	60°26'	740	1950	650
	Новолялинский / Novolyalinsky		59°04'	60°58'	188	1950	650
	Егоршинский / Egorshinsky		57°33'	61°90'	180	1950	650
Лиственница сибирская (<i>L. sibirica</i> Ledeb.) / Siberian larch (<i>L. sibirica</i> Ledeb.)							
Восточно-Казахстанская East Kazakhstanskaya	Курчумский / Kurchumsky		48°56'	83°64'	1500	2600	550
Алтай / Altai	Маркакольский / Markakolsky		48°76'	85°76'	1400	1800	500
Хакасия / Khakassia	Чемальский / Chemalsky		51°96'	85°91'	305	1800	584
	Бирючуський / Biryuchul'sky		53°35'	89°88'	554	2000	500
	Октябрьский / Oktyabrsky		53°27'	91°23'	1000	2000	500
Красноярский / Krasnoyarsky	Верхне-Манский / Upper-Mansky		55°07'	93°76'	459	1800	450
Иркутская / Irkutskaya	Вихоревский / Vikhorevsky		56°08'	101°12'	800	1700	400
Бурятия / Buryatia	Закаменский / Zakamensky		50°44'	103°30'	1000	1700	370
Иркутская / Irkutskaya	Качугский / Kachugsky		54°06'	106°37'	533	1700	360
Лиственница Чекановского (<i>L. czekanowskii</i> Szaf) / Larch Of Chekanovsky (<i>L. czekanowskii</i> Szaf)							
Забайкальский / Zabaikalsky	Петровск-Забайкальский Petrovsk-Zabaykal'sky		51°27'	108°84'	800	1700	350
Лиственница Гмелина (<i>L. gmelinii</i> Rupr.) / Dahurian Larch (<i>L. gmelinii</i> Rupr.)							
Забайкальский / Zabaikalsky	Читинский / Chitinsky		52°11'	114°02'	670	1700	350
Амурская / Amurskaya	Могочинский / Mogochinsky		53°42'	120°07'	620	1700	350
	Свободненский / Svobodnensky		51°25'	127°43'	578	2100	500
Хабаровский / Khabarovsky	Амгунский / Amgunsky		49°57'	135°91'	72	2200	600
Лиственница Каяндера (<i>L. sajánderi</i> Mayr) / Sajanderi Larch (<i>L. sajánderi</i> Mayr)							
Хабаровский / Khabarovsky	Охотский / Okhotsky		60°17'	142°06'	13	2000	600

Таблица 2 / Table 2

Климатипы лиственницы в географических культурах лиственницы и их показатели по регионам
Climatetypes of larch in geographical larch crops and their indicators by region

Край, область, республика Territory, region, republic	Выживаемость на 1999 г., % Survival on 1999, %	Выживаемость на 2016 г., % Survival on 2016, %	Диаметр, см Diameter cm	Высота, м Height, m
Ивановская / Ivanovskaya	4,2	0	0	0
Башкирия / Bashkortostan	61,4	21,2	10,2	2,7
Свердловская / Sverdlovskaya	56,7	32,2	9,7	14,2
Восточно-Казахстанская East Kazakhstanskaya	2,7	2	0,8	7,4
Алтай / Altai	68,7	36,48	12,6	13,1
Хакасия / Khakassia	56	37,7	14,4	13,1
Красноярский / Krasnoyarsky	79,2	51,37	32,8	13,9
Иркутская / Irkutskaya	61,6	34,1	10,95	12,9
Бурятия / Buryatia	45,3	44,4	12,7	16,2
Забайкальский / Zabaikalsky	57,1	29,7	9,9	14,6
Амурская / Amurskaya	61,2	28,6	14,7	15,3
Хабаровский / Khabarovsky	36,9	10,9	2,3	8,2

Таблица 3 / Table 3

Показатели выживаемости и роста климатипов лиственницы в единицах их стандартного отклонения
Survival and growth rates of larch climatetypes in units of their standard deviation

Край, область, республика Territory, region, republic	Лесхоз Forestry	Выжива- емость Survival	Диаметр Dia- meter	Высота Height	Среднее стандартное отклонение Mean standard deviation
Ивановская / Ivanovskaya	Воляжский / Volzhsky	-5,70	-5,40	-2,20	-4,43
Башкортостан Bashkortostan	Учалинский / Uchalinsky	-4,10	3,00	0,20	-0,30
Свердловская Sverdlovskaya	Ивдельский / Ivdelsky	2,20	-0,80	1,50	0,97
	Егоршинский / Egorshinsky	4,40	6,60	1,50	4,17
	Новолялинский / Novolyalinsky	1,40	-2,50	0,20	-0,30
Восточно-Казахстанская East Kazakhstanskaya	Маркакольский / Markakolsky	-5,70	-5,20	0,20	-3,57
	Курчумский / Kurchumsky	-5,70	-5,40	-2,20	-4,43
Алтай / Altai	Чемальский / Chemalsky	1,10	2,10	-0,10	1,03
Хакасия / Khakassia	Октябрьский / Oktyabrsky	-0,20	1,40	0,80	0,67
	Бирикчүльский / Birikchul'sky	4,40	4,10	1,30	3,27
Красноярский Krasnoyarsky	Верхне-Манский Upper-Mansky	3,10	9,30	1,70	4,70
Иркутская / Irkutskaya	Качугский / Kachugsky	-0,20	1,00	-0,20	0,20
	Вихоревский / Vikhorevsky	-4,00	-1,40	0,30	-1,70
Бурятия / Buryatia	Закаменский / Zakamensky	5,50	3,20	0,20	2,97
Забайкальский Zabaikalsky	Могочинский / Mogocha	0,10	2,30	0,70	1,03
	Читинский / Chitinsky	2,10	-1,70	0,00	0,13
	Петровск-Забайкальский Petrovsk-Zabaykal'sky	5,10	1,20	0,90	2,40
Амурская / Amurskaya	Свободненский / Svobodnensky	0,80	5,10	-0,20	1,90
Хабаровский Khabarovsky	Амгунский / Amgunsky	-2,80	-4,70	-1,50	-3,00
	Охотский / Okhotsky	-5,70	-5,40	-2,20	-4,43

Небольшое увеличение числа лучших климатипов по диаметру (на основании результатов стандартного отклонения) связано со снижением густоты стояния деревьев, которая имеет обратное отношение к среднему диаметру потомства, т. е. чем больше численность, тем меньше диаметр. Отклонения показателя были небольшими (лежали в пределах 2–3 σ). Фенотипическая изменчивость потомств в коллекции по высоте была более надёжнее, чем по диаметру. Стандартные отклонения лежали в пределах 1–2 σ . Это говорит о том, что рост в высоту является наследственно обусловленным показателем. Потомства сохраняют свой характерный линейный рост даже в стрессовых условиях. В целом, отмечается определённая закономерность: чем генетически разнообразнее потомство, тем шире границы его адапционных возможностей.

Заключение

Таким образом, каждое потомство «перемещаемых» популяций имеет свои характерные особенности, которые определяются не только географическим положением «материнских» насаждений, но и генотипическим разнообразием самих популяций, видом древесной породы. Наиболее адаптированные к стрессовым условиям произрастания климатипы, имеющие генетически разнообразное потомство, выживают в первом и переходят во второе и последующие десятилетия с момента посадки. Это отражается на показателях роста потомства. В это время всё большее значение обретает влияние особей в популяциях друг на друга и наследственные задатки. Лучшими потомствами из коллекции ГКЛ оказались: лиственница Сукачёва из Свердловской области (ивдельская и егоршинская популяции); лиственница сибирская из Алтая, Хакасии (октябрьская и бирикчульская популяции), Красноярского края, Иркутской области (качугская популяция) и Бурятии; лиственница Гмелина из Забайкальского края и Амурской области; лиственница Чекановского из Забайкальского края. Из них слабо реагируют на изменения условий среды лиственница Сукачёва из Свердловской области, лиственница сибирская из Алтая, Хакасии, лиственница Гмелина из Забайкальского края и Амурской области; лиственница Чекановского из Забайкальского края.

References

1. Zamolodchikov D.G. Forecast of global temperature growth in the xxi century on the basis of a simple statistical

model // Forecasting the global temperature increase for the XXI century by means of a simple statistical model // Kompyuternyye issledovaniya i modelirovaniye. 2016. V. 8. No. 2. P. 379–390. doi: 10.20537/2076-7633-2016-8-2-379-390

2. Karelin D.V., Zamolodchikov D.G., Isaev A.S. Unconsidered sporadic sources of carbon dioxide emission from soils in taiga forests // Doklady Biological Sciences. 2017. V. 475. P. 165–168. doi: 10.1134/S0012496617040093

3. Aleksandrov A., Pandeva D. European forest genetic resources, their protection and use // Theoretical and Applied Ecology. 2008. No. 1. P. 80–84 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2008-1-080-84

4. Zamolodchikov D.G., Kaganov V.V., Lipka O.N. Projection of carbon sequestration in riparian reforestation // Theoretical and Applied Ecology. 2019. No. 4. P. 95–101 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2019-4-095-101

5. Frauenfeld O.W., Zhang T., Barry R.G., Gilichinsky D. Interdecadal changes in seasonal freeze and thaw depths in Russia // J. Geophys. Res. 2004. V. 109. Article No. D05101. doi: 10.1029/2003 JD004245

6. Bhatt U.S., Walker D.A., Reynolds M.K., Comiso J.C., Epstein H.E., Jia G., Gens R., Pinzon J.E., Tucker C.J., Tweedie C.E. Circumpolar Arctic tundra vegetation change is linked to sea-ice decline // Earth Interact. 2010. V. 14. No. 8. P. 1–20. doi: 10.1175/2010EI315.1

7. Demina N.A., Fayzulin D.H., Nakvasina E.N. Clarification of the boundaries of forest seed zoning of spruce in the European North // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoy vestnik. 2013. No. 2 (94). P. 23–28 (in Russian).

8. Shutyaev A.M., Gertych M. Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.) // Silvae Genetica. 1997. V. 46. No. 6. P. 332–349 (in Russian).

9. Galdina T.E., Romanova M.M., Sitnikov K.S. Geographic cultures – a tool of biodiversity conservation of Scots pine in the Central forest-steppe // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2012. No. 1. P. 407–411 (in Russian).

10. Kabanova S.A., Danchenko A.M., Danchenko M.A. Geographical cultures of silver birch and Siberian larch in Northern Kazakhstan // Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy. 2017. V. 20. P. 55–58 (in Russian).

11. Melnik P.G., Merzlenko M.D., Lobova S.L. The result of growing climatotypes of larch in geographical cultures of the North-East of the Moscow region // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 2 (136). P. 62–67 (in Russian).

12. Moiseeva I.C. Status growth and security of climatotypes of Scots pine in the geographic cultures of Krasnoyarsky forestry of the Samara region // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. No. 1 (54). P. 17–19 (in Russian).

13. Nakvasina E.N., Demina N.A., Prozhnerina N.A. Evaluation of survival and growth of *Picea abies* (L.)

H. Karst. and *Picea obovata* Ledeb. Provenances in the north of Russia // Journal of Forest Science. 2017. V. 63. No. 9. P. 401–407. doi: 10.17221/74/2017-jfs

14. Nikolaeva M.A., Krastanov A.A., Kamalov D.E., Maleev O.A. Ispolzovanie geographical variation in the breeding of conifers in the Republic of Bashkortostan // Khvoynnye borealnoy zony. 2015. V. 33. No. 1–2. P. 30–37 (in Russian).

15. Suvanto S., Nöjd P., Henttonen H.M., Beuker E., Mäkinen H. Geographic patterns in the radial growth response of Norway spruce provenances to climatic variation // Agricultural and Forest Meteorology. 2016. No. 222. P. 10–20. doi: 10.1016/j.agrformet.2016.03.003

16. Andreassen K., Solberg S., Tveito O.E., Lystad S.L. Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) growth in Norway // Forest Ecology and Management. 2006. No. 222. P. 211–221.

17. Beuker E., Koski V. Adaptation of tree populations to climate as Reflected by ages provenance tests // Caring for the Forest: Research in a Changing World.

Poster Abstracts. IUFRO XX World Congress. Tampere, Finland. 1995. 248 p.

18. Deynega E.A., Savvateeva O.A. Express control of anthropogenic transformation of urban ecosystems by methods of bioindication of coniferous species // Fundamentalnyye issledovaniya. 2012. No. 5. P. 407–411 (in Russian).

19. Pardaev E.Yu., Mashkina O.S., Kuznetsova N.F. The condition of the generative sphere of the pine needles as a bioindicator of forest sustainability in the Central Chernozemnoy district in connection with global climate change // Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva. 2013. No. 2. P. 16–21 (in Russian).

20. Bobrinev V.P., Pak L.N. Forest stationary researches in Zabaykalsky Krai. Chita: Poisk, 2011. 492 p. (in Russian).

21. Study of existing and creation of new geographical cultures: program and methods of work. Pushkino: VNIILM, 1972. 52 p. (in Russian).