

УДК 630*181:581.52

DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-54-61

РОСТ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ МОСКОВСКОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АВТОДОРОГИ (МКАД)

Н.А. Рыбакова, Ю.Б. Глазунов

ФГБУН «Институт лесоведения РАН» (ИЛАН РАН), 143030, Московская обл., Одинцовский р-н, с. Успенское, ул. Советская, д. 21

1986620@gmail.com

Показано влияние Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) на биометрические показатели роста и развития лесных культур лиственницы европейской (*Larix decidua* Mill.): высоту, диаметр ствола, годичные приросты верхушечных и боковых побегов, площадь и объем кроны, длину и вес хвоинок. Проведены исследования на трех постоянных пробных площадях, расположенных в 15, 35 и 100 м (контроль) от полотна МКАД через 4, 9 и 19 лет после посадки четырехлетних саженцев лиственницы. Выявлено значительное угнетение роста и развития лиственницы по всем биометрическим показателям в первые 4 года после посадки, которое сохранялось и в течение всего периода наблюдений. Установлено, что негативное воздействие автомагистрали на насаждения распространяется на расстояние от нее около 40 м. Тем не менее зафиксировано увеличение среднемноголетнего прироста, что свидетельствует о постепенной адаптации лиственницы европейской к условиям произрастания и благоприятном прогнозе ее роста вблизи автомагистрали.

Ключевые слова: лесные культуры, *Larix decidua* Mill., МКАД, биометрические показатели

Ссылка для цитирования: Рыбакова Н.А., Глазунов Ю.Б. Рост культур лиственницы европейской в зоне влияния Московской кольцевой автодороги (МКАД) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 5. С. 54–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-54-61

Влияние автомагистралей на рост и развитие лесных насаждений — многофакторный процесс, состоящий из воздействия выхлопных газов автомобилей и противогололедных реагентов, содержащих широкую гамму токсических веществ, на растительную среду. Московская кольцевая автомобильная дорога (МКАД) относится к одной из самых загруженных магистралей, интенсивность движения на которой составляет около 9 тыс. автомобилей в час, а в выделяемых выхлопных газах содержится более 500 различных видов загрязняющих веществ [1]. Исследования почвенного покрова в придорожной полосе МКАД показали повышение содержания в нем тяжелых металлов, хлора и подвижной серы, значительное подщелачивание верхних корнеобитаемых горизонтов почвы, изменение катионного состава почвенного поглощающего комплекса, снижение интенсивности минерализации органического вещества и обеднение почвенной фауны [2–5]. Наибольшее загрязнение почвы приходится на полосу 20–25 м от МКАД, однако уже на расстоянии 50 м от нее показатели загрязнения приближаются к контрольным [5]. Наибольшее количество тяжелых металлов обнаружено на расстоянии 7...15 м от края проезжей части, через 25 м снижается вдвое и через 100 м приближается к фоновому показателю [6]. Особую токсичность для растений имеют соединения хлора, серы, азота, фосфора, а также углеводороды и оксиды тяжелых металлов [7–9, 10, 11]. В результате применения хлористых противогололедных реагентов около 80 % всех деревьев вдоль автодорог погибает [12].

Полоса естественных лесных насаждений сосны обыкновенной и березы повислой, расположенных вдоль МКАД, характеризуется значительным ухудшением состояния — понижением бонитета и полноты насаждений, уменьшением размера листьев [9], появлением дефолиации, пожелтением и некрозом хвои, снижением прироста побегов и суховершинностью [13, 14], увеличением интенсивности отмирания побегов, ветвей второго порядка и скелетных ветвей, повышением ажурности кроны [15, 16]. Наибольшее негативное влияние испытывают естественные лесные насаждения в полосе на расстоянии 25–30 м от МКАД [11] и сохраняется вплоть до 60–100 м от дороги [17, 18].

Долговременные мониторинговые работы по изучению влияния автомагистрали на древесные насаждения на постоянных пробных площадях проводятся эпизодически, особенно относительно лесных культур, в том числе лиственницы. Отмечается, что в условиях повышенной техногенной нагрузки на участках, непосредственно примыкающих к автотрассам, интенсивность фотосинтеза в листьях лиственницы до 10 раз, а дыхания в 3–4 раза выше, чем на контрольных участках в 500 м от дороги [19]. Различия сохраняются как в молодых, так и старовозрастных насаждениях. Прирост побегов у лиственницы Сукачева в придорожных полосах снижается более чем в 2 раза [20], при хлоридном отравлении верхушки побегов оголяются, пазушные почки не распускаются, побеги имеют хвоинки с некрозами бурого цвета, отмечена регенерация кроны [17].

В местах сильной загазованности воздуха у лиственницы сибирской сокращается срок жизни хвои, охвоение наступает на 10...15 дней позднее, а опадение на 2–3 недели раньше, чем на объектах со слабым загрязнением почв и околопочвенного воздуха [21].

Лиственница представляет большой интерес для озеленения городов, поскольку характеризуются высокой продуктивностью, морозо- и засухоустойчивостью, обладает высокой газоустойчивостью по сравнению с другими хвойными растениями [22, 23]. Насаждения лиственницы по сравнению с насаждениями березы и сосны поглощают в 2 раза больше диоксида углерода, при этом выделяя больше в 3,5 раза кислорода и в 2 раза фитонцидов [24]. В условиях атмосферного загрязнения у лиственницы усиливается активность приспособительных реакций, отражающих ее пластичность и способность адаптироваться к неблагоприятным экологическим условиям [25]. Некоторые авторы, напротив, приводят данные о чувствительности лиственницы к техногенным нагрузкам [26], в частности ее репродуктивной сферы [27].

Цель работы

Настоящая работа посвящена определению степени долговременного влияния МКАД на рост и развитие лесных культур лиственницы европейской, выявлению зоны негативного воздействия, прогнозу использования лиственницы в условиях техногенного загрязнения.

Методика исследований

Для оценки влияния МКАД на рост и развитие лиственницы европейской (*Larix decidua* Mill.) выбран участок площадью 1,5 га, примыкающий к МКАД в природно-историческом парке «Битцевский лес». На участке с дерново-слабоподзолистыми среднесуглинистыми почвами на покровных суглинках, подстилаемых моренными суглинками, весной 1999 г. на месте пострадавшего от урагана 1998 г. 120-летнего насаждения ели обыкновенной были созданы лесные культуры лиственницы европейской. Посадка лесных культур проводилась четырехлетними саженцами с закрытой корневой системой, полученными в результате семенного размножения. Посадка осуществлялась рядовым методом с расстоянием между рядами 2,5 м, в ряду — 1,0 м, плотность — 4 тыс. шт./га. По границе лесных культур создана живая изгородь из караганы древовидной, которая выполняет защитную функцию, способствуя накоплению снега и токсичных веществ в почве придорожной полосы. Уход за лесными культурами не проводился. В первый год после посадки провели покос травы в междурядьях.

Для исследований заложили три пробные площади (ПП), находящиеся на различном расстоянии от полотна МКАД: ПП-1 — в 15 м, ПП-2 — в 35 м, ПП-3 — в 100 м (контрольный участок). Закладка ПП на большем расстоянии от МКАД невозможна вследствие ограниченных размеров участка лесных культур. Пробные площади размером 450 м² прямоугольной формы, ориентированы параллельно МКАД с запада на восток и представлены тремя рядами деревьев. На ПП проведены учеты в летние сезоны 2003, 2008 и 2018 гг. После окончания роста побегов текущего года определены:

- высота деревьев — с помощью мерного шеста (для деревьев высотой менее 2,0 м) или электронным высотомером;
- высота начала кроны;
- диаметр ствола на высоте 0,1 м (2003) и 1,3 м (2008; 2018);
- диаметр кроны в направлении вдоль и поперек ряда деревьев;
- приросты верхушечного и боковых побегов (2003; 2008) с помощью мерного шеста;
- длина и масса хвои (2003; 2008) — 10 деревьев были срезаны побеги длиной около 10 см в различных частях кроны, с каждого побега отобраны 100 хвоинок, которые высушивались до воздушно-сухой массы и взвешивались на аналитических весах с точностью до 0,001 г;
- приросты ствола по диаметру в 2018 г. — приросты определялись приростным буровом у деревьев среднего диаметра в четырехкратной повторности на высоте 1,3 м.

Кроме того, проведены расчеты протяженности кроны деревьев, ее площади и объема. Материалы статистически обработаны, установлена достоверность различий всех биометрических показателей по *t*-критерию Стьюдента.

Следует отметить, что при движении от опушки в глубь насаждения быстро снижается освещенность, изменяется ветровой и температурный режимы. Безусловно, трудно выявить влияние каждого фактора в отдельности, однако возможно проведение комплексной сравнительной оценки последствий воздействия на насаждение лиственницы европейской широкой гаммы токсических веществ из выхлопных газов, выделяемых автотранспортом, и противогололедных реагентов.

Результаты и обсуждение

В течение 4 лет после посадки лесных культур отпад лиственницы составил 10 %, через 5 лет увеличился до 40 %, еще через 10 — до 86 %. После создания культур в междурядьях появилось естественное возобновление осины, липы мелколистной, клена остролистного, ясеня пушистого, дуба черешчатого. В 23-летнем насаждении уже

Т а б л и ц а 1

**Динамика биометрических показателей деревьев лиственницы европейской
при различном удалении от МКАД**

Biometric indicators dynamics of European larch trees at different distances from MRR

Год учета	Возраст, лет	Номер ПП	Высота, м	Диаметр ствола на высоте, мм		Параметры кроны					Характеристика хвои	
				0,1 м	1,3 м	Диаметр, м			Площадь, м ²	Объем, м ³	Длина хвоинки, мм	Масса 100 хвоинок, мг
						в между-рядье	в ряду	средний				
2003	8	1	2,0±0,25	40,4±1,5	—	—	—	0,54±0,03	0,24±0,03	—	32,6±1,0	16,3±1,3
		2	2,75±0,13	53,0±1,8	—	—	—	0,66±0,06	0,40±0,08	—	33,3±1,5	16,7±1,1
		3	4,66±0,13	83,3±1,5	—	—	—	1,59±0,07	2,04±0,15	—	34,4±0,9	18,7±1,1
2008	13	1	4,26±0,31	—	40,3±4,0	1,21±0,13	1,25±0,08	1,23±0,09	1,34±0,2	—	22,2±1,0	12,5±1,13
		2	4,77±0,20	—	58,2±4,4	1,71±0,11	1,65±0,12	1,7±0,11	2,51±0,29	—	29,0±0,7	14,99±1,35
		3	5,71±0,17	—	77,2±2,4	2,08±0,07	1,93±0,07	2,01±0,06	3,22±0,2	—	32,4±0,7	19,72±1,37
2018	18	1	11,35±0,31	—	129,1±5,4	2,32±0,06	2,27±0,08	2,3±0,08	4,15±0,34	10,03±1,18	—	—
		2	12,42±0,19	—	145,4±5,9	2,51±0,07	2,42±0,08	2,46±0,08	4,75±0,47	10,46±1,12	—	—
		3	11,60±0,30	—	167,5±4,4	3,2±0,11	3,14±0,11	3,17±0,11	7,88±0,60	17,25±1,58	—	—

Т а б л и ц а 2

**Достоверность различий биометрических показателей лиственницы
по *t*-критерию Стьюдента**

Reliability of differences in larch biometrics by Student's *t*-test

Год учета	Возраст, лет	Сравниваемые пары ПП	Высота, м	Диаметр ствола на высоте, мм		Параметры кроны					Характеристика хвои	
				0,1 м	1,3 м	Диаметр, м			Площадь, м ²	Длина хвоинки, мм	Масса 100 хвоинок, мг	
						в между-рядье	в ряду	средний				
2003	8	1–2	0,76	5,38	—	—	—	1,79	1,87	0,39	0,24	
		1–3	9,15	20,22	—	—	—	13,79	11,77	1,34	1,43	
		2–3	10,39	12,93	—	—	—	10,09	9,65	0,63	1,28	
2008	13	1–2	1,38	—	3,01	3,10	2,71	3,31	3,32	5,57	1,41	
		1–3	4,1	—	6,84	6,47	6,21	7,21	6,65	8,36	4,07	
		2–3	3,58	—	2,79	2,88	2,06	2,47	2,02	4,43	2,46	
2018	18	1–2	2,94	—	2,03	2,06	0,0	1,41	1,03	—	—	
		1–3	0,58	—	5,47	7,03	6,75	6,40	5,41	—	—	
		2–3	2,34	—	2,98	5,29	6,75	5,45	4,11	—	—	

Примечание. $t_{0,05} = 2,02$ — максимальное табличное значение *t* при уровне значимости 0,05 для исследуемых выборок с минимальным числом степеней свободы.

хорошо выражены различия в породном составе ПП. Наиболее высокий отпад лиственницы на участке вблизи автотрассы и хорошая боковая освещенность, способствующая росту лиственных пород, привели к формированию на ПП-1 смешанного насаждения состава 7Лц2Ос1Лп + Д, ед. Кл, Яс (Лц — лиственница, Ос — осина, Лп — липа, Д — дуб, Кл — клен, Яс — ясень) с редким подлеском лещины обыкновенной, жимолости обыкновенной, бузины кистистой. Защитная изгородь караганы древовидной достигла высоты 4,1 м при диаметре кроны 3,3 м. В живом напочвенном покрове доминируют сорные виды — борщевик Сосновского и сныть обыкновенная, под их пологом — копытень европейский, майник двулистный, ландыш майский, гравилат речной, герань лесная. Общее проективное покрытие около 90 %. На ПП-2 состав 23-летнего насаждения

9Лц1Ос с единичным подлеском бересклета бородавчатого и жимолости обыкновенной. Высокая сомкнутость полога лиственницы и отсутствие бокового освещения способствовали снижению проективного покрытия живого напочвенного покрова до 5 % (копытень европейский, зеленчук желтый, сныть обыкновенная), накоплению мощной слабоперегнивающей лесной подстилки. На контрольном участке, удаленном от МКАД на 100 м, сформировалось сомкнутое насаждение состава 10Лц с единичным подлеском; напочвенный покров имеет проективное покрытие менее 5 %.

Влияние МКАД негативно отразилось на всех биометрических показателях роста и развития лиственницы европейской (табл. 1). Значительное угнетение роста лиственницы отмечено в первые 4 года после посадки лесных культур и сохранялось на пробных площадях вблизи МКАД

Т а б л и ц а 3

Годичный прирост боковых и верхушечных побегов лиственницы европейской, см
Annual growth of European larch lateral and apical shoots, cm

Возраст, лет	Номер ПП	Прирост боковых побегов в направлениях					Прирост верхушечного побега
		юг	восток	запад	север	в среднем	
8	1	31 ± 2	26 ± 2	21 ± 1	17 ± 1	24 ± 1	43,8 ± 2,0
	2	38 ± 3	31 ± 2	23 ± 2	19 ± 2	28 ± 2	94,0 ± 3,0
	3	46 ± 2	38 ± 1	32 ± 1	26 ± 1	35 ± 1	104,5 ± 4,0
13	1	14 ± 1	16 ± 2	14 ± 1	13 ± 1	14,1 ± 1	23,7 ± 1,9
	2	16 ± 1	15 ± 1	14 ± 2	14 ± 1	15,0 ± 1	31,0 ± 2,1
	3	17 ± 1	17 ± 2	17 ± 2	16 ± 2	16,6 ± 2	35,5 ± 1,6

Т а б л и ц а 4

Различия прироста боковых и верхушечных побегов лиственницы
по *t*-критерию Стьюдента ($t_{0,05} = 2,01$)

Differences in the lateral and apical shoots of larch growth according to Student's *t*-test ($t_{0,05} = 2,01$)

Возраст, лет	Сравниваемые пары ПП	Прирост боковых побегов в направлениях					Прирост верхушечного побега
		юг	восток	запад	север	в среднем	
8	1–2	1,94	1,77	0,89	0,89	1,79	13,92
	1–3	5,30	5,37	7,78	6,36	7,78	26,99
	2–3	2,22	3,13	4,02	3,13	3,13	14,1
13	1–2	1,84	0,22	0,27	0,27	0,78	0,64
	1–3	1,06	0,39	1,34	1,34	1,97	1,12
	2–3	0,78	0,72	0,72	0,85	1,48	0,72

в течение всего периода наблюдений. Средняя высота 8-летней лиственницы на ПП-1 в 15 м от МКАД составляет лишь 55 % высоты на контрольном участке, на ПП-2 в 35 м от МКАД — 74 % (см. табл. 1).

Различия по высоте 8-летней лиственницы на всех ПП достоверны по *t*-критерию Стьюдента при уровне значимости 0,05 (табл. 2). При увеличении возраста лиственницы различия в высоте между ПП сокращаются. У 13-летних деревьев высота на ПП-1 составляет 74 % относительно контрольного участка, на ПП-2 — 84 %, у 23-летних соответственно 90 и 98 %. Отсутствие статистически достоверных различий между ПП-1 и ПП-2 свидетельствует о негативном влиянии МКАД на рост лиственницы в полосе насаждения шириной около 40 м, примыкающей к МКАД.

Рассчитанный по периодам наблюдений средний многолетний прирост лиственницы подтверждает, что наибольшее влияние МКАД на ее рост проявляется в первые годы после создания лесных культур. Большие приросты в период 2008–2018 гг. (0,69...0,66 м в год) по сравнению с 2003–2008 гг. (0,40...0,45 м) свидетельствуют о постепенной адаптации лиственницы к условиям роста.

При первом и втором учете роста лиственницы были проведены замеры годичного прироста верхушечного и боковых побегов (табл. 3).

Приросты верхушечного побега 8-летней лиственницы достигают максимальной величины

на контрольном участке (104,5 см), снижаясь на ПП-1 вблизи МКАД на 58 %. Различия достоверны по *t*-критерию Стьюдента (табл. 4). У 13-летней лиственницы приросты верхушечного побега значительно ниже (23,7...35,5 см) и различия между всеми ПП по *t*-критерию недостоверны. Подобная закономерность наблюдается у боковых побегов. Средние приросты у 8-летней лиственницы (24...35 см) значительно меньше, чем у 13-летней (14...17 см) и снижаются по мере приближения к МКАД. Сокращение прироста годичного побега можно рассматривать как адаптивную реакцию деревьев к неблагоприятным факторам среды [19].

Анализ прироста боковых побегов по сторонам света показал, что у 8-летней лиственницы прирост в направлении на юг превышает прирост в направлении на север в 1,8–2,0 раза, и эти различия достоверны по *t*-критерию Стьюдента. Боковой прирост в направлении на восток лишь в 1,2–1,3 раза превышает прирост в направлении на запад и статистически недостоверен. Анализ различий бокового прироста в ряду и между рядами у лиственниц 8 и 13 лет показал их недостоверность по *t*-критерию Стьюдента.

Различия в росте лиственницы европейской на различном расстоянии от МКАД хорошо отражает динамика диаметра ствола (см. табл. 1). Достоверные различия между пробными площадями по диаметру ствола сохраняются в течение всего

периода наблюдений (см. табл. 2). Наибольшие различия отмечаются у 8-летней лиственницы, когда диаметр ствола на высоте 0,1 м на ПП-3 в 2,1 раза, на ПП-2 — в 1,3 раза больше, чем на ПП-1. По мере увеличения возраста лиственницы различия сглаживаются и статистически достоверны. На ПП-1 и ПП-2 отмечается более высокий коэффициент вариации по диаметру стволов (27...28 %), чем на ПП-3 (15 %), что связано с разнообразием условий освещенности на этих участках.

Негативное влияние автомагистрали отразилось на параметрах хвои лиственницы — длине и массе хвоинок (см. табл. 1). Однако у 8-летней лиственницы различия в длине хвоинок на ПП-1 и ПП-2 по сравнению с контрольным участком невелики и статистически недостоверны (см. табл. 2). При увеличении возраста лиственницы различия между ПП по длине хвоинок увеличиваются, и у 13-летней лиственницы являются достоверными. Такие же закономерности отмечены и по воздушно-сухой массе хвоинок. Подобная закономерность также свидетельствует о постепенной адаптации лиственницы к произрастанию в условиях загрязнения.

За период наблюдений существенно увеличились отличия в параметрах кроны деревьев лиственницы на ПП вблизи автотрассы и на контрольном участке (см. табл. 1). При увеличении возраста лиственницы различия в площади горизонтальной проекции кроны усиливаются и достоверно отличаются от контрольного участка (см. табл. 2). Объем кроны деревьев 23-летней лиственницы также достоверно различается между ПП вблизи автотрассы и на контрольном участке. Негативное влияние МКАД проявляется на расстоянии около 40 м от нее, так как достоверные различия в параметрах кроны на ПП-1 и ПП-2 отсутствуют. Несмотря на существенные различия в морфометрии кроны на ПП, отметим удовлетворительное состояние лесных культур лиственницы европейской, произрастающих вблизи МКАД.

Выводы

В наибольшей степени неблагоприятное влияние МКАД на рост культур лиственницы европейской проявилось в первые 4 года после создания лесных культур. Негативное воздействие автомагистрали на насаждение лиственницы сохраняется в течение 15-летнего периода наблюдений и распространяется на расстояние около 40 м от МКАД. Биометрические показатели лиственницы европейской в условиях влияния автомобильных выбросов и противогололедных реагентов изменяются в зависимости от расстояния от МКАД. На участках лесных культур, примыкающих к автомагистрали, у деревьев лиственницы снижается

высота, уменьшается диаметр ствола, годовые приросты верхушечных и боковых побегов, параметры кроны. Постепенное возрастание среднего многолетнего прироста с увеличением возраста лиственницы свидетельствует о ее адаптации к условиям произрастания вблизи такой крупной автомагистрали, как МКАД, и возможности ее использования в посадках вблизи автодорог и городском озеленении.

Список литературы

- [1] Самойлов А.И. Итоги реконструкции МКАД и режим ее содержания // Науч. тр. МГУЛ. Экология, мониторинг и рациональное природопользование, 2011. Вып. 307(1). С. 163–166.
- [2] Воробьев М.А., Вьюкова О.Б., Козлова О.И. Загрязнение почв Московской области тяжелыми металлами // Тр. Мос ЦЦГНС, 1990. Вып. 2. С. 59–70.
- [3] Королев В.А., Соколов В.Н., Самарин Е.Н. Оценка эколого-геологических последствий применения антигололедных реагентов в г. Москве // Инженерная геология, 2009. № 1. С. 34–43.
- [4] Лысиков А.Б. Динамика загрязнения почв сосновых насаждений в зоне Московской кольцевой автодороги // Лесоведение, 2005. № 5. С. 18–24.
- [5] Лысиков А.Б. Влияние противогололедных реагентов на состояние почвы придорожных сосняков Серебрянборского опытного лесничества // Лесоведение, 2017. № 6. С. 446–451.
- [6] Зеркалов Д.В. Экологическая безопасность. Киев: Основа, 2009. 513 с.
- [7] Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МГУЛ, 1999. 193 с.
- [8] Кочарян К.С. Рост и развитие деревьев в уличных насаждениях Москвы // Доклады ТСХА, 2004. Вып. 276. С. 271–273.
- [9] Кузнецов И.В., Кораблев Р.А., Зеликов В.А. Влияние автомобильных выбросов на насаждения сосны обыкновенной и березы повислой // Проблемы и перспективы лесного комплекса: Материалы Межвуз. науч.-практ. конф. (Воронеж, ВГЛТА, 26–27 мая 2005 г.). Воронеж: Воронежская гос. лесотехн. акад., 2005. Т. 1. С. 223–224.
- [10] Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen-Wirkungen-Gegenmassnahmen. Jena: Fischer., 1991, 266 p.
- [11] Lamerdorf N.P., Godbold D.L., Knoche D. Risk assessment of some heavy metals for the growth of Norway spruce // Water, Air, and soil Pollution, 1991, v. 57–58, pp. 809–818.
- [12] Steubing L., Kirschbaum U. Emmissionsbelastung der Strabentang-vegetation // Natur und Landsch, 1976, v. 51, no. 9, pp. 239–244.
- [13] Абатуров А.В. Влияние Московской кольцевой автодороги (МКАД) на состояние лесных насаждений в придорожной полосе // Юбил. сб. докл. науч.-практ. конф. «Мониторинг состояния природно-культурных комплексов Подмосковья», Москва, ПИЗЛ «Горки» (8–9 сентября 1999 г.) / Ред. Л.А. Агудина. М.: ПИЗЛ «Горки», 2000. С. 132–136.
- [14] Меланхолин П.Н., Лысиков А.Б. Изменения лесной растительности и почвы под влиянием Московской кольцевой автодороги // Лесоведение, 2002. № 4. С. 53–60.
- [15] Липаткин В.А., Шарапа Т.В., Щербаков А.Н. Результаты изучения состояния насаждений НП «Лосинный остров», граничащих с МКАД // Науч. тр. МГУЛ, 2001. Вып. 307(1). С. 156–162.

- [16] Полякова Г.А., Гутников В.А. Парки Москвы: экология и флористическая характеристика. М.: ГЕОС, 2000. 405 с.
- [17] Мозолевская Е.Г., Шарапа Т.В., Липаткин В.А., Беднова О.В., Галасьева Т.В., Рысин С.Л. Динамика состояния насаждений лесов по границам МКАД по результатам мониторинга // Экология большого города, 2003. Вып. 8. С. 23–32.
- [18] Савельева Л.И. О влиянии техногенного загрязнения на лесные сообщества // Совещание «Леса Русской равнины»: тез. докл. М.: Наука, 1993. С. 184–186.
- [19] Автухович И.Е. Влияние антропогенных нагрузок на состояние лиственницы и каштана в условиях города // Изучение влияния тяжелых металлов на рост деревьев в условиях г. Москвы. Науч. тр. МГУЛ, 2002. Вып. 303. С. 106–111.
- [20] Бурков В.Н., Моисеева Л.В., Горбова Н.Г. Влияние противогололедных солей на древесные растения // Сб. науч. тр.: «Техногенные воздействия на лесные сообщества и проблемы их восстановления и сохранения» / Под ред. А.К. Махнева, Е.В. Колтунова. Екатеринбург: Наука, 1992. С. 28–35.
- [21] Герасимов А.О., Жигунов А.В. Устойчивость хвойных в уличных посадках Санкт-Петербурга // Материалы Междунар. конф. молодых ученых «Леса Евразии – Белые ночи». М.: МГУЛ, 2003. С. 17–18.
- [22] Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1997. 125 с.
- [23] Романова Л.И. Структурно-функциональные особенности лиственницы сибирской в городских насаждениях г. Красноярска и его окрестностях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2005. 24 с.
- [24] Авдеева Е.В. Анализ роста древесных растений в условиях городской среды: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук 06.03.01. Красноярск: Государственная техническая академия, 1994. 19 с.
- [25] Афанасьева Л.В. Физиолого-биохимическая адаптация лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) к условиям городской среды // Сибирский лесной журнал, 2018. № 3. С. 21–29.
- [26] Кузмичев В.В., Авдеева Е.В. Реакция лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) на техногенные воздействия городской среды // Хвойные бореальные леса, 2007. Вып. XXIV. № 1. С. 36–42.
- [27] Карасева М.А. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение лиственницы сибирской // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Мариэл, 1998. С. 160–161.

Сведения об авторах

Рыбакова Наталья Алексеевна — канд. с.-х наук, ст. науч. сотр. лаборатории лесоводства и биологической продуктивности ФГБУН «Институт лесоведения РАН», 1986620@gmail.com

Глазунов Юрий Борисович — канд. с.-х наук, зав. лабораторией лесоводства и биологической продуктивности ФГБУН «Институт лесоведения РАН», root@ilan.ras.ru

Поступила в редакцию 15.03.2019.

Принята к публикации 23.08.2019.

GROWTH OF LARIX DECIDUA FOREST CULTURE IN INFLUENCED BY MOSCOW RING ROAD

N.A. Rybakova, Yu.B. Glazunov

Institute of Forest Science RAS, 21, Sovetskaya st., village Uspenskoe, Odintsovo district, 143030, Moscow reg., Russia

1986620@gmail.com

The influence of automobile emissions and anti-icing agents on the growth of *Larix decidua* Mill. forest cultures, created in 1998 in the immediate vicinity of the Moscow ring road, was studied. The investigations were carried out on three permanent trial plots located in 15, 35 and 100 m (control) from the Moscow ring road in 4, 9 and 19 years after planting of forest culture. The height, diameter of the trunk, the annual growths of the apical and lateral shoots, the area and volume of the trees crown, the length and weight of the needles were taken into account. Significant inhibition of larch growth near the Moscow ring road was found in the first 4 years after planting of forest crops and remained during the entire period of observations. The negative impact of the highway on the planting extends to a distance of about 40 m. The increase in average annual growth with age indicates a gradual adaptation of *Larix decidua* to growing conditions and a favorable forecast of its growth near the road.

Keywords: *Larix decidua* Mill., forest cultures, Moscow ring road, biometric indicators

Suggested citation: Rybakova N.A., Glazunov Yu.B. *Rost kul'tur listvenitsy evropeyskoy v zone vliyaniya Moskovskoy kol'tsevoy avtodorogi (MKAD)* [Growth of *Larix decidua* forest culture in influenced by Moscow ring road]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 5, pp. 54–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-54-61

References

- [1] Samoylov A.I. *Itogi rekonstruktsii MKAD i rezhim ee soderzhaniya* [Results of the reconstruction of the Moscow Ring Road and its maintenance mode] *Nauchnye trudy MGUL. Ekologiya, monitoring i ratsional'noe prirodopol'zovanie* [Scientific works of MGUL. Ecology, monitoring and environmental management], 2011, v. 307 (1), pp. 163–166.
- [2] Vorob'ev M.A., V'yukova O.B., Kozlova O.I. *Zagryaznenie pochv Moskovskoy oblasti tyazhelymi metallami* [Soil Pollution of the Moscow Region with Heavy Metals]. *Tr. Mos TsTsGNS* [Proc. Mos TsCGNS], 1990, v. 2, pp. 59–70.
- [3] Korolev V.A., Sokolov V.N., Samarin E.N. *Otsenka ekologo-geologicheskikh posledstviy primeneniya antigolelednykh reagentov v g. Moskve* [Evaluation of the ecological and geological consequences of the use of anti-icing agents in Moscow] *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology], 2009, no. 1, pp. 34–43.
- [4] Lysikov A.B. *Dinamika zagryazneniya pochv sosnovykh nasazhdeniy v zone Moskovskoy kol'tsevoy avtodorogi* [Dynamics of soil pollution of pine plantations in the Moscow ring road area] *Lesovedenie* [Forest Science], 2005, no. 5, pp. 18–24.
- [5] Lysikov A.B. *Vliyaniye protivogolelednykh reagentov na sostoyaniye pochvy pridorozhnykh sosnyakov Serebryanoborskogo opytного lesnichestva* [Influence of anti-icing agents on the soil condition of roadside pine forests of Serebryanoborsky experimental forestry] *Lesovedenie* [Forest Science], 2017, no. 6, pp. 446–451.
- [6] Zerkalov D.V. *Ekologicheskaya bezopasnost'* [Environmental Safety]. Kiev: Osnova, 2009, 513 p.
- [7] Nikolaevskiy V.S. *Ekologicheskaya otsenka zagryazneniya sredi i sostoyaniya nazemnykh ekosistem metodami fitoindikatsii* [Ecological assessment of environmental pollution and the state of terrestrial ecosystems using phytoindication]. Moscow: MGUL, 1999, 193 p.
- [8] Kocharyan K.S. *Rost i razvitiye derev'ev v ulichnykh nasazhdeniyakh Moskvy* [Growth and development of trees in street plantations in Moscow] *Doklady TSKhA* [Reports of the TAA], 2004, v. 276, pp. 271–273.
- [9] Kuznetsov I.V., Korablev R.A., Zelikov V.A. *Vliyaniye avtomobil'nykh vybrosov na nasazhdeniya sosny obyknovennoy i berezy povisloy* [Influence of automobile emissions on plantations of Scots pine and silver birch] *Problemy i perspektivy lesnogo kompleksa: materialy Mezhdvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems and prospects of the forest complex: materials of the Interuniversity Scientific and Practical Conference] *Voronezh, VGLTA*, May 26–27, 2005. Voronezh: Voronezh State forestry Acad., 2005, t. 1, pp. 223–224.
- [10] Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen-Wirkungen-Gegenmassnahmen. Jena: Fischer., 1991, 266 p.
- [11] Lamerdorf N.P., Godbold D.L., Knoche D. Risk assessment of some heavy metals for the growth of Norway spruce. *Water, Air, and soil Pollution*, 1991, v. 57–58, pp. 809–818.
- [12] Steubing L., Kirschbaum U. *Emmissionsbelastung der Strabentang-vegetation* // *Natur und Landschaft*, 1976, v. 51, no. 9, pp. 239–244.
- [13] Abaturov A.V. *Vliyaniye Moskovskoy kol'tsevoy avtodorogi (MKAD) na sostoyaniye lesnykh nasazhdeniy v pridorozhnoy polose* [Influence of the Moscow Ring Road (MKAD) on the state of forest plantations in the roadside] *Yubileynyy sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Monitoring sostoyaniya prirodno-kul'turnykh kompleksov Podmoskov'ya»*, Moskva, PIZL «Gorki» 8–9 sentyabrya 1999 g. [Jubilee collection of reports of the scientific-practical conference «Monitoring the state of natural and cultural complexes in the Moscow region»], Moscow, LLP «Gorki» September 8–9, 1999. Ed. L.A. Agudina. Moscow: PIZL «Gorki», 2000, pp. 132–136.
- [14] Melankholin P.N., Lysikov A.B. *Izmeneniya lesnoy rastitel'nosti i pochvy pod vliyaniem Moskovskoy kol'tsevoy avtodorogi* [Changes in forest vegetation and soil under the influence of the Moscow ring road] *Lesovedenie* [Forest Science], 2002, no. 4, pp. 53–60.
- [15] Lipatkin V.A., Sharapa T.V., Shcherbakov A.N. *Rezul'taty izucheniya sostoyaniya nasazhdeniy NP «Losinyy ostrov», grani-chashchikh s MKAD* [The results of the study of the status of plantations NP «Elk Island», bordering the Moscow Ring Road] *Nauchnye trudy MGUL* [Scientific Works MGU], 2001, v. 307 (1), pp. 156–162.
- [16] Polyakova G.A., Gutnikov V.A. *Parki Moskvy: ekologiya i floristicheskaya kharakteristika* [Parks of Moscow: ecology and floristic characteristics]. Moscow: GEOS, 2000, 405 p.

- [17] Mozolevskaya E.G., Sharapa T.V., Lipatkin V.A., Bednova O.V., Galas'eva T.V., Rysin S.L. *Dinamika sostoyaniya nasazhdeniy lesov po granitsam MKAD po rezul'tatam monitoringa* [Dynamics of the state of forest plantations along the borders of the Moscow Ring Road according to the results of monitoring] *Ekologiya bol'shogo goroda* [Ecology of a big city], 2003, v. 8, pp. 23–32.
- [18] Savel'eva L.I. *O vliyaniy tekhnogennoy zagryazneniya na lesnye soobshchestva. Soveshchanie «Lesy Russkoy ravniny». Tezisy dokladov* [On the impact of technogenic pollution on forest communities. Meeting «Forests of the Russian Plain». Theses of reports]. Moscow: Nauka, 1993, pp. 184–186.
- [19] Avtukhovich I.E. *Vliyaniye antropogennykh nagruzok na sostoyaniye listvennitsy i kashтана v usloviyakh goroda* [The influence of anthropogenic pressures on the state of larch and chestnut in city conditions]. *Izuchenie vliyaniya tyazhelykh metallov na rost derev'ev v usloviyakh g. Moskvy. Nauchnye trudy MGUL* [Study of the influence of heavy metals on the growth of trees in Moscow. Scientific Works MGUL], 2002, iss. 303, pp. 106–111.
- [20] Burkov V.N., Moiseeva L.V., Gorbova N.G. *Vliyaniye protivogololeznykh soley na drevesnye rasteniya* [Effect of anti-icing salts on woody plants]. *Sb. nauchnykh trudov: «Tekhnogennyye vozdeystviya na lesnye soobshchestva i problemy ikh vosstanovleniya i sokhraneniya»* [Coll. scientific papers: «Technogenic Impacts on Forest Communities and the Problems of their Restoration and Conservation»]. Ed. A.K. Makhnev, E.V. Koltunov. Ekaterinburg: Science, 1992, pp. 28–35.
- [21] Gerasimov A.O., Zhigunov A.V. *Ustoychivost' khvoynykh v ulichnykh posadkakh Sankt-Peterburga* [Resistance of conifers in street plantings of St. Petersburg]. *Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchennykh «Lesy Evrazii – Belye nochi»* [Materials of the International Conference of Young Scientists «Forests of Eurasia – White Nights»]. Moscow: MGUL, 2003, pp. 17–18.
- [22] Kulagin Yu.Z. *Drevesnye rasteniya i promyshlennaya sreda* [Woody plants and industrial environment]. Moscow: Nauka [Science], 1997, 125 p.
- [23] Romanova L.I. *Strukturno-funktional'nye osobennosti listvennitsy sibirskoy v gorodskikh nasazhdeniyakh g. Krasnoyarska i ego okrestnostyakh: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Structural and functional features of Siberian larch in urban areas of Krasnoyarsk and its surroundings: Author. dis. ... Cand. biol. sciences]. Krasnoyarsk: Forest Institute them V.N. Sukachev SB RAS, 2005, 24 p.
- [24] Avdeeva E.V. *Analiz rosta drevesnykh rasteniy v usloviyakh gorodskoy sredy: Avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk* [Analysis of the growth of woody plants in the urban environment: Author's abstract. diss. ... Cand. Sci. (Agric.)]. Krasnoyarsk: Gosudarstvennaya tekhnicheskaya akademiya, 1994, 19 p.
- [25] Afanas'eva L.V. *Fiziologo-biokhimitskaya adaptatsiya listvennitsy sibirskoy (Larix sibirica Ledeb.) k usloviyam gorodskoy sredy* [Physiological and biochemical adaptation of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) to the conditions of the urban environment] *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal], 2018, no. 3, pp. 21–29.
- [26] Kuzmichev V.V., Avdeeva E.V. *Reaktsiya listvennitsy sibirskoy (Larix sibirica Ledeb.) na tekhnogennyye vozdeystviya gorodskoy sredy* [The reaction of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) on the anthropogenic impact of the urban environment] *Khvoynyye boreal'nye lesa* [Coniferous boreal forests], 2007, iss. XXIV, no. 1, pp. 36–42.
- [27] Karaseva M.A. *Vliyaniye atmosfernogo zagryazneniya na semenosheniye listvennitsy sibirskoy* [Influence of atmospheric pollution on seed production of Siberian larch] *Zhizn' populyatsiy v geterogennoy среде* [Life of populations in a heterogeneous environment]. Yoshkar-Ola: Periodika Mariel, 1998, pp. 160–161.

Authors' information

Rybakova Natal'ya Alekseevna — Cand. Sci (Agriculture), Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, 1986620@gmail.com

Glazunov Yuriy Borisovich — Cand. Sci (Agriculture), Head of the laboratory of Forestry and biological productivity of the Institute of Forest Science Russian Academy of Sciences, root@ilan.ras.ru

Received 15.03.2019.

Accepted for publication 23.08.2019.