

ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ Г. ИЖЕВСКА (УДМУРТСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

И.Л. Бухарина, А.С. Пашкова

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Университетская, д. 1

buharin@udmlink.ru

Исследования проведены в крупном промышленном центре Уральского региона — городе Ижевске в насаждениях различных экологических категорий: насаждения селитебной зоны (жилой микрорайон «Север»), приагистральные посадки (ул. Удмуртская) и парковые насаждения, произрастающие в городском парке ландшафтного типа имени С.М. Кирова, имеющего компактную нерасчлененную конфигурацию, площадью 85 га. Объекты исследования: представитель местной флоры — ель европейская (*Picea abies* L.) и интродуцированный вид — ель колочая (*Picea pungens* Engelm.), преобладающие среди видов хвойных пород, используемых в озеленении города. Обработка результатов массива данных образцов корней методом кластерного анализа показала наличие двух крупных кластеров: в первом из которых находится *P. pungens*, произрастающая в магистральных посадках, во втором — *P. pungens* и *P. abies*, произрастающие в остальных исследуемых категориях насаждений. При обработке результатов морфологических показателей также выявлено наличие двух кластеров, отражающих сходные реакции елей при формировании корневой системы. Установлено, что существенное влияние на формирование корневой системы оказывают условия произрастания растений и видовые особенности. Общая корненасыщенность однометрового слоя почвы городских насаждений выше у *P. pungens*, но в условиях наиболее высокой техногенной нагрузки (в магистральных насаждениях) этот показатель выше у *P. abies*. По мере роста техногенной нагрузки меняется и доля различных фракций корней: у *P. pungens* возрастает доля полускелетных корней, а у *P. abies* — скелетных, а при максимальной нагрузке — полускелетных и всасывающих корней.

Ключевые слова: хвойные растения, корневая система, корненасыщенность, тяжелые металлы, устойчивость

Ссылка для цитирования: Бухарина И.Л., Пашкова А.С. Формирование корневой системы хвойных растений в насаждениях г. Ижевска (Удмуртская Республика) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 6. С. 96–102. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-6-96-102

Изучение состояния корневых систем древесных пород, их распределение в почве в горизонтальном и вертикальном направлениях, выраженное количественными и качественными показателями в виде архитектоники, подземной фитомассы, объема, поверхности, площади и корненасыщенности, дает ответ на многие вопросы, касающиеся роста и развития древесных растений. Существенное влияние на формирование корневой системы оказывают условия произрастания и видовые особенности растений.

Формирование структуры подземных органов растений в условиях техногенно нарушенных земель изучено недостаточно. Это связано с многими факторами: с большим разнообразием экологических условий, возникающих в местах нарушения и загрязнения земель, с природой и источниками деструкции территории, климатическими условиями, составом древесно-кустарниковых пород в зеленом строительстве городов, а также с определенными методическими сложностями изучения корневой системы древесных растений [1, 2]. При формировании искусственных насаждений сведения об особенностях корневых систем приобретают важное значение, поскольку на деструктивных территориях должны создаваться такие почвенно-экологические усло-

вия, которые соответствовали бы биологическим особенностям и экологическим потребностям растений, с учетом зоо- и микробиоценозных компонентов в связи с их целевым назначением [3–5].

Цель работы

Цель работы — характеристика особенностей формирования корневой системы у хвойных растений, наиболее широко используемых в озеленении города.

Материалы и методы

Исследования проведены в крупном промышленном центре Уральского региона г. Ижевске (население более 630 тыс. чел.) с развитыми промышленностью, транспортной сетью и социальной инфраструктурой, при среднем и высоком уровнях загрязнения среды. Географическое положение г. Ижевска: 56°50'59" с. ш. и 53°12'16" в. д. Климат умеренно континентальный; средняя годовая температура воздуха 2,4 °С; безморозный период длится в среднем 128 сут; продолжительность солнечного сияния 1839 ч в год; осадки неравномерно распределены по месяцам года, а среднегодовое их количество составляет 508 мм [6, 7].

С учетом функционального зонирования города для исследования были выбраны насаждения различных экологических категорий, испытывающие антропогенную нагрузку разной степени интенсивности: насаждения селитебной зоны (жилой микрорайон «Север») и примагистральные посадки (ул. Удмуртская). В качестве зоны условного контроля (ЗУК) выбран парк ландшафтного типа ЦПКиО им. С.М. Кирова. В качестве объектов исследования выступали виды хвойных растений: представитель местной флоры — ель европейская (*Picea abies* L.) и интродуцированный вид — ель колочая (*Picea pungens* Engelm.), преобладающие среди видов хвойных пород, используемых в озеленении города [8].

В каждом из исследуемых насаждений закладывались пробные площади (ПП) (не менее 0,25 га). На ПП применялся перечислительный метод таксации насаждений. Диаметр деревьев определялся с помощью мерной вилки, возраст — возрастным буровом Haglof-350 мм, высота — высотомером Forestry Pro Nikon. По жизненному состоянию древесные растения подразделили на три группы: 1) хорошего (крона густая или слегка изрежена, хвоя зеленая/светло-зеленая; отдельные ветви засохли); 2) удовлетворительного (крона ажурная; хвоя светло-зеленая, матовая; прирост ослабленный, менее половины обычного; усыхание ветвей до 50 %; наличие на стволе механических повреждений, имеются признаки первичного повреждения ксилофагами и/или деструкторами (например, грибами)); 3) неудовлетворительного жизненного состояния (хвоя желтоватая, усыхание ветвей до 2/3 кроны; плодовые тела трутовых грибов, наличие дупел, погибшие особи).

Учетные растения имели хорошее жизненное и средневозрастное генеративное онтогенетическое состояние.

Исследование корневой системы проводилось методом монолитов [9–11]. Для этого закладывались почвенные разрезы, расположенные таким образом, что их длинная сторона была направлена перпендикулярно направлению роста горизонтальных корней. Почвенные монолиты размером 10×10 см закладывались вдоль почвенного разреза.

Выборку корней из монолитов проводили пинцетом с последующей отмывкой корней водой на ситах с диаметром ячеек 0,5 мм. После отмывки проводили деление корней на фракции по диаметру корней: до 1 мм (всасывающие волоски), 1...3 мм (проводящие, полускелетные корни) и более 3 мм (скелетные). Определяли длину корней, массу (в сыром и воздушно-сухом состоянии) для каждой из фракций. Промеры делали стандартным способом (штангенциркулем с точностью до 0,1 мм).

В местах отбора растительных образцов провели отбор проб почвенных грунтов и их агрохимический анализ путем определения следующих показателей: обменной кислотности pH_{KCl} ; содержания органического вещества (гумуса); содержания аммонийного азота; нитратов; подвижных форм калия и фосфора (мг/кг почвы); влажности почв. Исследования проводились в аккредитованной лаборатории АО «Агрохимцентр Удмуртский» (номер в реестре аккредитованных лиц ФСА Росаккредитация — № RA.RU.21 ПА 13 от 16.08.2016 г.). Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах проводили в центре аналитического контроля (аттестат аккредитации № РОССТУ.0001.514685).

Результаты и обсуждение

Специфической особенностью городских почв является пестрота морфологического строения, резкая контрастность физико-химических и биологических свойств, мозаичность контуров. Это обусловлено, с одной стороны, их различным антропогенным происхождением, когда утрачивается генетическая связь с почвообразующими породами (например, почвы газонов, парков, насыпные почвы и пр.), с другой — самим антропогенным влиянием, которое испытывают почвы [12].

Почвы парковой зоны относятся к естественным, у которых преобразование почвенного профиля составляет не более 50 см и сохранены типовые признаки. Здесь преобладают супесчаные дерново-подзолистые почвы. Содержание органического вещества в данных почвах составляет 4,23 % (табл. 1), реакция почвенного раствора слабокислая и близка к нейтральной (pH_{KCl} 5,83; pH_{H_2O} 6,70). В целом почвы характеризуются средней уплотненностью, полевая влажность составляет 17,08 %. В насаждениях, произрастающих в микрорайоне «Север», почвенный раствор характеризовался слабощелочной (близкой к нейтральной) реакцией. Почвы имели нормальную плотность сложения и влажность, довольно высокое содержание гумуса. В магистральных посадках выявлен комплекс антропогенных почв с преобладанием стратоземов (насыпь поверх естественного профиля). Для почвы характерны значения pH_{KCl} 6,97 и pH_{H_2O} 8,03, содержание органического вещества — 2,29 %, полевая влажность — 15,9 %. Почвы имели среднюю плотность.

Характеристика структуры почв и основных агрохимических показателей в городских почвах позволяет получить объективные данные по содержанию различных элементов питания в почвах, необходимых для роста и развития растений, а также о степени загрязнения почв. Однако эти показатели не дают возможности в полной

Т а б л и ц а 1
Агрохимические и физические показатели почв в районах исследования
Agrochemical and physical parameters of soils in the study areas

Показатель	Категории насаждений		
	Парк им. Кирова	Улица Удмуртская	Микрорайон «Север»
pH _{KCl} (актуальная)	5,8 ± 0,2* 4,9...6,8**	7,0 ± 0,1 6,5...7,4	7,2 ± 0,0 7,2...0,0
pH _{H₂O} (гидролитическая)	6,7 ± 0,0 6,7...6,7	8,0 ± 0,2 6,7...9,3	7,7 ± 0,02 7,6...7,8
Органическое вещество, % (гумус)	4,2±0,2 3,5...4,9	2,3±0,1 2,1...2,5	6,5±0,04 6,3...6,7
Содержание аммонийного азота NH ₄ ⁺ , мг/кг	331,6 ± 6,9 301,9...361,2	541,9 ± 4,3 480,6...603,4	108,5 ± 7,4 76,8...140,3
Содержание нитратного азота NO ₃ ⁻ ион, мг/кг	16,8 ± 0,4 15,1...18,5	5,1 ± 0,9 1,5...8,8	0,2 ± 0,03 0,1...0,4
Содержание оксида фосфора P ₂ O ₅ , мг/кг	290,8 ± 10,4 245,9...335,5	321,9 ± 6,9 292,5...351,5	133,1 ± 0,0 133,1...133,1
Содержание оксида калия K ₂ O, мг/кг	371,4 ± 1,3 366,0...376,8	423,2 ± 9,3 383,4...463,0	197,1 ± 3,4 182,4...211,7
Влажность, %	7,1 ± 0,6 4,5...9,7	15,9 ± 1,4 9,7...22,1	8,0 ± 1,0 5,6...11,2
Плотность, г/см ³	1,21 ± 0,03 1,11...1,31	1,13 ± 0,03 1,04...1,22	1,31 ± 0,04 1,01...1,41
* Среднее значение показателя ± стандартное отклонение; ** Доверительный интервал для среднего значения; жирным шрифтом выделены значения достоверно отличные от контрольного варианта (почвы парка им. Кирова) при P < 0,05.			

Т а б л и ц а 2
Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах насаждений разных экологических категорий, мг/кг
Content of gross forms of heavy metals in soils of plantations of different ecological categories, mg/kg

Металл	Парк им. Кирова	Улица Удмуртская	Микрорайон «Север»
Cd	0,2 ± 0,1	0,05 ± 0,1	0,05 ± 0,1
Mn	390,0 ± 82,2	891,0 ± 187,0	895,0 ± 178,0
Cu	3,8 ± 1,1	85,0 ± 1,2	28,4 ± 8,5
Ni	13,6 ± 4,0	27,8 ± 5,6	18,9 ± 4,0
Pb	11,6 ± 2,4	43,6 ± 2,0*	15,2 ± 4,5
Zn	34,6 ± 7,3	94,0 ± 28,0	51,9 ± 10,9
* Превышение предельно-допустимой концентрации.			

мере судить о степени воздействия окружающей среды на состояние изучаемых видов древесных растений.

Корневая система контактирует напрямую с урбаноземом, выполняя барьерную функцию, контролирует (предотвращает) проникновение загрязняющих веществ в растительный организм. Однако при высокой антропогенной нагрузке происходит нарушение свойств клеток, а именно проницаемости протопласта, что приводит к насыщению корней тяжелыми металлами (табл. 2) [13–16].

Для изучения корневой системы были сделаны почвенные разрезы с закладкой монолитов вдоль них [17, 18]. Отбор образцов корней выполняли из трех горизонтов: гумусово-эллювиального (далее — горизонт 1), эллювиального (далее — горизонт 2) и иллювиального (далее — горизонт 3). Первичный массив данных был обработан методом кластерного анализа, который позволил объединить объекты исследования и места их произрастания в кластеры (группы) по совокупности общих данных (рис. 1).

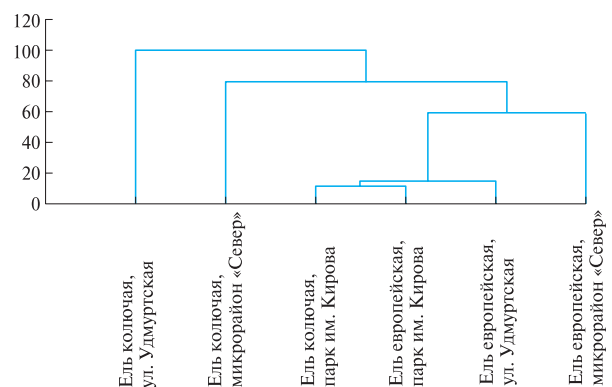


Рис. 1. Кластерный анализ показателей корневой системы ели колючей и ели европейской в насаждениях г. Ижевска, %

Fig. 1. Cluster analysis of indicators of the root system of Blue spruce and European spruce in the plantations of Izhevsk, %

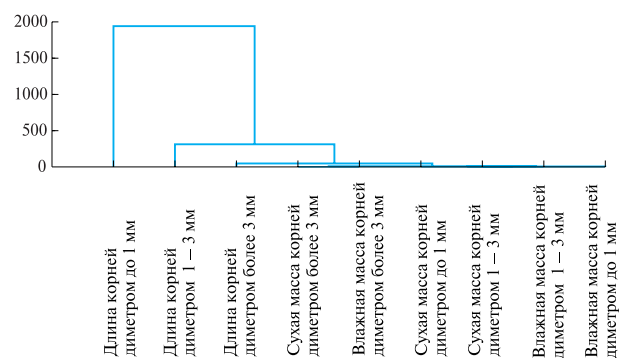


Рис. 2. Кластерный анализ морфологических показателей корней ели колючей и ели европейской (г. Ижевск), %

Fig. 2. Cluster analysis of morphological parameters of the roots of Blue spruce and European spruce (Izhevsk), %

Т а б л и ц а 3

Корненасыщенность однометрового слоя почвы корневой системой ели колючей и ели европейской в насаждениях г. Ижевска

Root occupation of a one-meter soil layer with the root system of Blue spruce and European spruce in the plantations of Izhevsk

Вид	Номер горизонта*	Корненасыщенность, %			Корненасыщенность, г/м ²		
		Диаметр корней					
		до 1 мм	1...3 мм	> 3 мм	до 1 мм	1...3 мм	> 3 мм
Парк им. Кирова							
Ель европейская	1	40,5	32,4	27,1	129,8	103,8	86,7
	2	38,9	27,8	33,3	13,0	9,3	11,1
	3	24,3	40,6	35,1	10,2	17,0	14,7
	Итого	38,7	32,9	28,4	153,0	130,1	112,4
Ель колючая	1	85	15	0	240,4	42,1	0,0
	2	22,9	31,8	45,3	23,9	33,2	47,4
	3	8,2	0	91,8	1,3	0,0	13,5
	Итого	66,1	18,8	15,1	265,6	75,4	60,9
Улица Удмуртская							
Ель европейская	1	41,5	51,7	6,8	129,5	161,3	20,9
	2	31	27	42	44,9	39,2	60,5
	3	38	21,5	40,5	3,0	1,7	3,2
	Итого	38,2	43,6	18,2	177,4	202,3	84,6
Ель колючая	1	90,3	9,7	5,6	5,6	0,6	0,0
	2	22,5	77,5	4,1	4,1	14,1	0,0
	3	7	17,8	1,5	1,5	3,8	16,0
	Итого	24,5	40,5	35	11,2	18,5	16,0
Микрорайон «Север»							
Ель европейская	1	55,3	44,7	0	100,6	81,2	0,0
	2	20,9	14,2	64,9	155,4	105,9	483,6
	3	10	60,5	29,5	2,1	12,7	6,3
	Итого	27,2	21,1	51,7	258,1	199,8	489,9
Ель колючая	1	65,5	34,5	0	651,0	343,2	0,0
	2	7	79	14	34,9	394,8	70,9
	3	26,3	71,2	2,5	17,7	47,9	1,7
	Итого	45	60	5	703,6	785,9	72,5

*Горизонт 1 — гумусово-эллювиальный; горизонт 2 — эллювиальный; горизонт 3 — иллювиальный.

В результате было выделено два крупных кластера (Евклидово расстояние 100 %), в одном из которых находится ель колючая, произрастающая в магистральной зоне, в другом — ель колючая и ель европейская, произрастающие в остальных исследуемых насаждениях.

В целях выявления сходных реакций растений, отраженных в формировании морфологических показателей корневой системы, также был проведен кластерный анализ. С его помощью выявлено наличие двух кластеров, в одном из них объединены показатели длины и биомассы корней ($d > 3$ мм), а также длина корней ($d = 1 \dots 3$ мм); во втором кластере — длина всасывающих корней ($d < 1$ мм) (рис. 2).

Также нами был рассчитан показатель корненасыщенности почвы (г/м²) и определена площадь корней (см²).

В парковых насаждениях максимальная насыщенность почвы поглощающими корнями отмечена у обоих изучаемых видов в горизонте 1 (табл. 3): у ели европейской — 129,8 г/м² и у ели колючей — 240,4 г/м². Общая корненасыщенность (с учетом всех фракций корней) однометрового слоя почвы у ели европейской составила 395,5 г/м², а у ели колючей — 401,8 г/м². У обоих изучаемых видов в корневой системе преобладают поглощающие корни.

Следует отметить, что ель колючая значительно превосходит ель европейскую по формированию поглощающих корней, но уступает почти в 2 раза по показателю корненасыщенности корнями других фракций, что может свидетельствовать о видовых особенностях структуры корневой системы у изучаемых видов.

В примагистральных насаждениях показатели корненаасыщенности почвы у ели европейской резко отличаются от ели колочей; у ели европейской она составила 464,3 г/м², а у ели колочей всего лишь 45,7 г/м². Основная масса корней у ели европейской располагается в горизонте 1 — 67 % общей массы корней, у ели колочей в горизонте 3 — 47 % общей массы. У обоих изучаемых видов преобладают полускелетные корни.

В насаждениях микрорайона «Север» корненаасыщенность почвы поглощающими и полускелетными корнями у ели колочей значительно выше, чем у ели европейской. Однако скелетных корней больше формируется у ели европейской. Общая корненаасыщенность однометрового слоя почвы в насаждениях ели колочей составляет 1562,0 г/м², а у ели европейской — 847,8 г/м². Основная масса корней у ели колочей располагается в горизонте 1 и составляет 63 %. У ели европейской основная масса корней располагается в горизонте 2 — 78 % массы всех корней. Минимальная корненаасыщенность почвы у обоих видов отмечена в горизонте 3 и, соответственно, составляет 67,3 и 21 г/м² (4,3 и 2,2 %).

Выводы

В ходе исследований выявлены особенности ели колочей и ели европейской в формировании корневой системы в условиях техногенной среды, проявляющиеся в изменении показателя корненаасыщенности однометрового слоя почвы, длины корней, соотношения фракций корней и их распределения в почвенных горизонтах. Общая корненаасыщенность однометрового слоя почвы выше у ели колочей, но в условиях наиболее высокой техногенной нагрузки в примагистральных насаждениях этот показатель выше у ели европейской. В парковых насаждениях у обоих видов максимальная корненаасыщенность отмечена в первом почвенном горизонте, при увеличении же антропогенной нагрузки у ели европейской — во втором горизонте, а у ели колочей в третьем почвенном горизонте. Изменяется и доля различных фракций корней: у ели колочей возрастает доля полускелетных корней, а у ели европейской — скелетных, при максимальной нагрузке — полускелетных и всасывающих корней. У обоих видов растений отмечена тенденция увеличения длины корней в районах с высокой антропогенной нагрузкой.

Таким образом, существенное влияние на формирование корневой системы оказывают условия произрастания растений, имеют место и видовые особенности [19, 20].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-34-60003 / 19 – Перспектива.

Список литературы

- [1] Масюк А.Н. Структурно-функциональная организация насаждений облепихи крушиновидной // Антропогенные воздействия на лесные экосистемы степной зоны. Днепропетровск: ДГУ, 1990. С. 101–112.
- [2] Калашникова И.В., Нагимов З.Я., Махнев А.К. Формирование фитомассы деревьев *Betula pendula* и *B. pubescens* в культурах дендрозонах и при самозарастании в условиях золоотвалов // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы IX Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Екатеринбург, 20–25 августа 2012 г. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2007. С. 464–477
- [3] Масюк А.Н. Влияние мощности отсыпки рекультивированного эдафотопы на структуру и продуктивность древостоя облепихи крушиновидной в условиях степи Украины // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: Материалы IX Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Екатеринбург, 20–25 августа 2012 г. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2007. С. 464–477.
- [4] Довганюк А.И., Довганюк Е.С. Формирование устойчивых напочвенных покровов в условиях мегаполиса // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 3. С. 13–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-3-13-20
- [5] Ганаба Д.В. Влияние экологических факторов на рост растений в городских агломерациях // Естественные и технические науки, 2015. № 5. С. 5.
- [6] Бухарина И.Л., Пашкова А.С., Ведерников К.Е., Ковальчук А.Г., Пашков Е.В. Биоэкологические особенности хвойных растений в условиях городской среды. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2015. 152 с.
- [7] Стурман В.И., Малькова И.Л., Загребина Т.А. Климат города. Основные параметры // Воздушный бассейн Ижевска. Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. С. 16–23.
- [8] Vedernikov K., Bukharina I., Alekseenko A. Environmental assessment and the use of plants of the genus *Picea* forests of the city of Izhevsk // Australian J. Scientific Research, 2014, no. 1. (5). Vol. III. «Adelaide University Press», Adelaide, 2014, pp. 243–248.
- [9] Долгова Л.Н., Кречетова Н.В. Оляха помогает расти деревьям хвойных и лиственных пород // Лесные биологически активные ресурсы (березовый сок, живица, эфирные масла, пищевые, технические и лекарственные растения): материалы междунар. семинара, Хабаровск, 19–21 сентября 2001 г. Хабаровск: ККБ-ХКЦПЗ, 2001. С. 175–179.
- [10] Smit A.L., Bengough A.G., Engels C., van Noordwijk M., Pellerin S. and van de Geijn S.C. Root Methods: A Handbook Berlin Heidelberg, Springer Press, 2000, 587 p.
- [11] Bukharina I.L., Vedernikov K.E., Kamasheva A.A., Alekseenko A.S., Pashkov E.V. Ecological and biological features of Colorado Spruce (*Picea pungens* Engelm.) in urban environment // Advances in Environmental Biology, 2014, no. 8(13), pp. 367–371.
- [12] Завалишин С.И., Карелина В.С., Орлов А.В., Патрушев В.Ю. Биохимический потенциал постпирогенных дерново-подзолистых почв ленточных и приобских боров Алтайского края // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 3. С. 87–93. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-87-93
- [13] Бухарина И.Л., Ведерников К.Е., Пашкова А.С. Морфофизиологические особенности деревьев ели в условиях Ижевска // Лесоведение, 2016. № 2. С. 96–106.

- [14] Vedernikov K.E. The content of extractives in wood species of the genus *Picea* // Chemistry of plant raw materials, 2018, no. 4, pp. 177–183.
- [15] Aricak B., Cetin M., Erdem R., Sevik H., Cometen H. The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing // Applied Ecology and Environmental Research, 2019, no. 17(3), pp. 6723–6734
- [16] San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A. (Eds.). European Atlas of Forest Tree Species. Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2016. DOI: 10.2788/038466
- [17] Liang J., Fang H., Hao G. Effect of Plant Roots on Soil Nutrient Distributions in Shanghai Urban Landscapes // American J. Plant Sciences, 2016, no. 7, pp. 296–305. DOI: 10.4236/ajps.2016.72029
- [18] Médéhouénou É.A., Kounouhéwa B.B., Koutchadé C. Dynamics of Water Flow in the Atmosphere-Aerial Roots Continuum // Open J. Fluid Dynamics, 2018, vol. 8, no. 4, pp. 404–4015
- [19] Хомич В.А. Экология городской среды. Омск: СибАДИ, 2002. 267 с.
- [20] Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 342 с.

Сведения об авторах

Бухарина Ирина Леонидовна — д-р биол. наук, директор института гражданской защиты, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск, Почетный работник сферы образования РФ, buharin@udmlink.ru

Пашкова Анна Сергеевна — канд. биол. наук, науч. сотр. ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», annapashkova90@mail.ru

Поступила в редакцию 10.08.2020.

Принята к публикации 29.09.2020.

CONIFEROUS PLANTS ROOT SYSTEM FORMATION IN PLANTATIONS OF IZHEVSK (UDMURT REPUBLIC)

I.L. Bukharina, A.S. Pashkova

Udmurt State University, 1, Universitetskaya st., 426034, Izhevsk, Russia

buharin@udmlink.ru

A study of the root systems of tree species, their distribution in soil in horizontal and vertical directions, expressed by quantitative and qualitative indicators in the form of architectonics, underground phytomass, volume, surface, area and root saturation, answers many questions regarding the growth and development of tree plants. The growth conditions and species characteristics of plants have a significant effect on the formation of the root system. The studies were carried out in the large industrial center of the Ural region of Izhevsk in plantations of various environmental categories, i.e. plantings of the residential zone and plantings along the highways. As a zone of conditional control, a city park of landscape type named after S.M. Kirov. The objects of the study were coniferous species: the representative of the local flora such as European spruce (*Picea abies* L.) and the introduced species — Blue spruce (*Picea pungens* Engelm.), prevailing among the coniferous species used in the city's landscaping. In the course of the research, the peculiarities of *P. pungens* and *P. abies* in the formation of the root system in an anthropogenic environment were revealed, manifested in a change in the root saturation index of the meter soil layer, the length of the roots, the ratio of root fractions and their distribution in soil horizons. The total root saturation of a meter layer of soil is higher in *P. pungens*, but under the conditions of the highest technogenic load in the mainline stands, this indicator is higher in *P. abies*. In park plantings in both species, the maximum root saturation was noted in the first soil horizon, while the anthropogenic load in *P. abies* increased in the second horizon, and in *P. pungens* in the third soil horizon. The proportion of different root fractions also changes. *P. pungens* increases the proportion of semi-skeletal roots, *P. abies* increases skeletally, and in conditions of high anthropogenic load it makes half-skeleton and suction roots.

Keywords: nourishing, root system, roots, heavy metals, stability

Suggested citation: Bukharina I.L., Pashkova A.S. *Formirovanie kornevoy sistemy khvoynykh rasteniy v nasazhdeniyakh g. Izhevsk (Udmurtskaya respublika)* [Coniferous plants root system formation in plantations of Izhevsk (Udmurt Republic)]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 6, pp. 96–102.

DOI: 10.18698/2542-1468-2020-6-96-102

References

- [1] Masyuk A.N. *Strukturno-funktional'naya organizatsiya nasazhdeniy oblepikhi krushinovidnoy* [Structural and functional organization of buckthorn plantations of krushinovid] *Antropogennyye vozdeystviya na lesnye ekosistemy stepnoy zony* [Anthropogenic effects on forest ecosystems of the steppe zone]. Dnepropetrovsk: DSU, 1990, pp. 101–112.

- [2] Kalashnikova I.V., Nagimov Z.Ya., Makhnev A.K. *Formirovanie fitomassy derev'ev Betula pendula i B. pubescens v kul'turdendrotsenozakh i pri samozarastanii v usloviyakh zolotovalov* [Formation of phytomass of *Betula pendula* and *B. pubescens* trees in cultural dendrocenoses and during self-growth in conditions of ash dumps]. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya i monitoring narushennykh zemel'*: Materialy IX Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Biological reclamation and monitoring of disturbed lands: materials of the International Scientific Conference], Ekaterinburg, 20–25 avgusta 2012 g. Ekaterinburg: Ural'skiy federal'nyy universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'tsina, 2007, pp. 464–477.
- [3] Masyuk A.N. *Vliyanie moshchnosti otsypki rekul'tivirovannogo edafotopa na strukturu i produktivnost' drevostoya oblepikhi krushinovidnoy v usloviyakh stepi Ukrainy* [Influence of the capacity of backfilling of reclaimed edafotope on the structure and productivity of sea buckthorn in the conditions of the steppe of Ukraine]. *Biologicheskaya rekul'tivatsiya i monitoring narushennykh zemel'*: Materialy IX Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem [Biological reclamation and monitoring of disturbed lands: materials of the International Scientific Conference], Ekaterinburg, 20–25 avgusta 2012 g. Ekaterinburg: Ural'skiy federal'nyy universitet imeni pervogo Prezidenta Rossii B.N. El'tsina, 2007, pp. 464–477.
- [4] Dovganyuk A.I., Dovganyuk E.S. *Formirovanie ustoychivyykh napochvennykh pokrovov v usloviyakh megapolisa* [Stable ground cover formation in a metropolis]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, vol. 23, no. 3, pp. 13–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-3-13-20
- [5] Ganaba D.V. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na rost rasteniy v gorodskikh aglomeratsiyakh* [Influence of environmental factors on plant growth in urban agglomerations]. [Natural and technical sciences], 2015, no. 5, p. 5.
- [6] Bukharina I.L., Pashkova A.S., Vedernikov K.E., Koval'chuk A.G., Pashkov E.V. *Bioekologicheskie osobennosti khvoynykh rasteniy v usloviyakh gorodskoy sredy* [Bioecological features of coniferous plants in urban environments]. Izhevsk: Publishing House «Udmurt University», 2015, 152 p.
- [7] Sturman V.I., Mal'kova I.L., Zagrebina T.A. *Klimat goroda. Osnovnye parametry* [Climate of the city. Main parameters]. *Vozdushnyy basseyn Izhevsk* [Izhevsk Air Pool]. Moscow-Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy [Institute of Computer Research], 2002, pp. 16–23.
- [8] Vedernikov K., Bukharina I., Alekseenko A. Environmental assessment and the use of plants of the genus *Picea* forests of the city of Izhevsk. *Australian J. Scientific Research*, 2014, no.1. (5). Vol. III. «Adelaide University Press», Adelaide, 2014, pp. 243–248.
- [9] Dolgova L.N., Krechetova N.V. *Ol'kha pomogaet rasti derev'yam khvoynykh i listvennykh porod* [Alder helps grow trees of coniferous and deciduous species]. *Lesnye biologicheski aktivnyye resursy (berezovyy sok, zhivitsa, efirnye masla, pishchevye, tekhnicheskije i lekarstvennyye rasteniya): materialy mezhdunarodnogo seminar* [Forest biologically active resources: materials of the international seminar]. Khabarovsk, 19–21 sentyabrya 2001 g. Khabarovsk: KKB-KhKTsPZ, 2001, pp. 175–179.
- [10] Smit A.L., Bengough A.G., Engels C., van Noordwijk M., Pellerin S. and van de Geijn S.C. *Root Methods: A Handbook* Berlin Heidelberg, Springer Press, 2000, 587 p.
- [11] Bukharina I.L., Vedernikov K.E., Kamasheva A.A., Alekseenko A.S., Pashkov E.V. Ecological and biological features of Colorado Spruce (*Picea pungens* Engelm.) in urban environment. *Advances in Environmental Biology*, 2014, no. 8(13), pp. 367–371.
- [12] Zavalishin S.I., Karelina V.S., Orlov A.V., Patrushev V.Yu. *Biokhimicheskiy potentsial postpirogennykh dermovo-podzolistykh pochv lentochnykh i priobskikh borov Altayskogo kraya* [Post-fire transformation of sod-podzolic soils in ribbon pine forests in Altai territory]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 3, pp. 87–93. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-87-93
- [13] Bukharina I.L., Vedernikov K.E., Pashkova A.S. *Morfofiziologicheskie osobennosti derev'ev eli v usloviyakh Izhevsk* [Morphophysiological features of trees ate in Izhevsk]. *Lesovedenie [Forestry]*, 2016, no. 2, pp. 96–106.
- [14] Vedernikov K.E. The content of extractives in wood species of the genus *Picea*. *Chemistry of plant raw materials*, 2018, no. 4, pp. 177–183.
- [15] Aricak B., Cetin M., Erdem R., Sevik H., Cometen H. The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2019, no. 17(3), pp. 6723–6734
- [16] San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T., Mauri A. (Eds.). *European Atlas of Forest Tree Species*. Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2016. DOI: 10.2788/038466
- [17] Liang J., Fang H., Hao G. Effect of Plant Roots on Soil Nutrient Distributions in Shanghai Urban Landscapes. *American J. Plant Sciences*, 2016, no. 7, pp. 296–305. DOI: 10.4236/ajps.2016.72029
- [18] Médéhouéou E.A., Kounouhéwa B.B., Koutchadé C. Dynamics of Water Flow in the Atmosphere-Aerial Roots Continuum. *Open J. Fluid Dynamics*, 2018, vol. 8, no. 4, pp. 404–4015
- [19] Khomich V.A. *Ekologiya gorodskoy sredy* [Ecology of the urban environment]. Omsk: SibADI, 2002, 267 p.
- [20] Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnosis of soils of Russia]. Smolensk, 2004, 342 p.

Authors' information

Bukharina Irina Leonidovna — Dr. Sci. (Biology), Director of the Institute of Civil Protection, Udmurt State University, Izhevsk, Honorary Worker of Education of the Russian Federation, buharin@udmlink.ru

Pashkova Anna Sergeevna — Cand. Sci. (Biology), Researcher of the Udmurt State University, Izhevsk, annapashkova90@mail.ru

Received 10.08.2020.

Accepted for publication 29.09.2020.