

УДК 581.524.2:[502.2:379.844](470.54-25)
doi: 10.17223/19988591/42/5

Д.В. Веселкин, А.А. Коржиневская, Е.Н. Подгаевская

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Состав и численность адвентивных и инвазивных кустарников и деревьев подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН при поддержке Комплексной программы УрО РАН (проекты 15-12-4-32 и 18-4-4-24) и РФФИ (16-54-00105).

*Проанализированы состав и численность адвентивных, в том числе инвазивных, кустарников и деревьев подлеска в лесопарках Екатеринбурга. В четырех пространственно разобщенных массивах сосновых лесов выполнено 103 описания сообществ деревьев подлеска и кустарников в безлистном состоянии на круговых площадках площадью 400 м². Всего зарегистрировано 16 видов деревьев и 30 видов кустарников. Число зарегистрированных видов адвентивных растений превышает число зарегистрированных аборигенных видов – 25 и 21 вид соответственно. Почти все адвентивные виды в лесопарках возобновляются. По общему числу особей преобладают аборигенные виды, но адвентивные и особенно инвазивные виды лучше представлены среди мелких особей. 6 инвазивных видов (*Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Berberis vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata* и *Padus virginiana*) составляют 72% крупных особей, 87% мелких особей адвентивных видов и 27% всей численности подлеска. Наиболее выражена в настоящее время и, вероятно, будет выражена в ближайшем будущем экспансия в лесопарки *Acer negundo* и *Malus baccata*; также будет увеличиваться обилие *Cotoneaster lucidus* и *Amelanchier spicata*.*

Ключевые слова: *древесные растения; урбанизация; городские леса; биологические инвазии.*

Введение

Вследствие больших площадей нарушенных земель, разнообразия путей коммуникаций, больших объемов грузоперевозок и целенаправленной интродукции города часто являются местами проникновения, закрепления и натурализации чужеродных растений. Растительный мир городов России исследуется преимущественно в направлении изучения флор. Во флорах городов России чужеродные (адвентивные) виды составляют в среднем 27% [1]. Трансформация флор неурбанизированных территорий, например заповедников, закономерно ниже: доля чужеродных видов в них достигает максимум 22%, составляя в среднем 8,5% [2].

Факторы растительных инвазий, влияние на распространение адвентивных и инвазивных растений фрагментации, краевых и экотонных эффектов изучали в неурбанизированных районах [3–5]. Но закономерности пространственного распространения чужеродных растений исследовали и на урбанизированных территориях, фрагментированных, испытывающих влияние рекреационных воздействий и разных форм загрязнения [6–9], в том числе в Екатеринбурге [10]. Особенно интересны в отношении изучения растительных инвазий лесопарки – антропогенно нарушенные, квазинатуральные сообщества, переходные от естественных местообитаний к антропогенным. Настоящая работа – часть комплексного проекта по изучению городских лесопарков г. Екатеринбурга и краевых эффектов в них [11–13].

Цель: анализ состава и закономерностей распределения численности адвентивных, прежде всего инвазивных кустарников и деревьев подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга с проверкой двух гипотез. 1. В лесопарках г. Екатеринбурга среди адвентивных видов кустарников и деревьев подлеска наибольшая численность характерна для видов, имеющих статус инвазивных для Среднего Урала: *Acer negundo* L., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch, *Cotoneaster lucidus* Schlecht. 2. Особенности размерной и пространственной структуры популяции *Acer negundo*, *Malus baccata*, *Amelanchier spicata*, *Cotoneaster lucidus* свидетельствуют об их активном распространении в лесопарках г. Екатеринбурга в настоящее время. Первая гипотеза направлена на строгую верификацию сделанных к настоящему времени обобщений [10, 14] об инвазивном статусе адвентивных растений на Среднем Урале. Вторая гипотеза направлена на точную характеристику этапа натурализации – закрепление, освоение локальных участков или широкая экспансия – модельных видов инвазивных деревьев и кустарников.

Материалы и методики исследований

Район и участки. Екатеринбург – крупный промышленный и административный центр на Среднем Урале с населением 1,5 млн человек (56°59'00"N 60°35'00"E); городские леса и лесопарки занимают почти треть (15,3 тыс. га) его площади [13]. Согласно ботанико-географическому районированию Свердловской области г. Екатеринбург расположен в южнотаежной подзоне бореально-лесной зоны. В растительных сообществах округа преобладают сосновые с лиственницей, травяные, травяно-кустарничковые и зеленомошные леса [15] на дерново-подзолистых почвах и буроземах. Территория города сильно загрязнена из-за большого числа промышленных предприятий и высокой плотности автотранспортной сети [16, 17].

Исследования проведены в лесопарке «Юго-Западный», состоящем из четырех пространственно разделенных лесных массивов площадью 40–150 га (56°47'54"N, 60°32'22"E). Массивы разделены автодорогами или путьями с разрывами между стенами леса 100–200 м. Сосновые древостои

лесопарка естественного происхождения. Возраст деревьев основного поколения 90–120 лет. Участки подбирались так, чтобы на них не было свежих, масштабных и / или целенаправленных антропогенных нарушений почвенного покрова (дорог и раскопов) и древостоя (пожаров и рубок). Участки от центра города удалены на 5,2–6,7 км, от ближайших районов жилой застройки – на 0,2–1,2 км, от границ лесных массивов – на 0–250 м. Почвы на участках средне- и слабокаменистые типичные и оподзоленные буроземы, сформированные в условиях хорошего дренажа; основные направления их трансформации под влиянием урбанизации – подщелачивание верхних горизонтов на 0,2–0,5 ед. pH по сравнению с фоновыми почвами, накопление обменных оснований, увеличение насыщения обменного комплекса кальцием и обогащение подвижными формами азота [18].

Учетные площадки. Учеты кустарников и деревьев подлеска выполнены как часть комплексного обследования экосистем городских лесов. Состояние почв, древостоя, подлеска и напочвенного покрова регистрировали на круговых учетных площадках радиусом 11,28 м (площадь – 400 м²). В центре каждой площадки было дерево *Pinus sylvestris* L., а в среднем на каждой площадке – 12,5 (с размахом от 3 до 23) деревьев сосны [12]. Выбор участков и площадок, их разметка краской на деревьях и предварительная характеристика площадок и древостоев на них выполнены в июне–июле 2015 г. В травяно-кустарничковом ярусе обследованных участков лесов в основном доминируют *Aegopodium podagraria* L. и *Urtica dioica* L.; также очень обильны кустарники, в первую очередь *Rubus idaeus* L., с покрытием 30–60%. На некоторых площадках сохранилось доминирование видов исходных ветвико-черничных сообществ – *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth и *Vaccinium myrtillus* L.

Учеты кустарников и деревьев подлеска выполнены в феврале–марте 2016 г. на 103 площадках. Общая площадь учета – 4,1 га. Учитывали живые особи деревьев и кустарников, которые были выше толщины снежного покрова, т.е. выше 40–50 см. Критерием наличия особи на учетной площадке было попадание основания ствола дерева или кустарника в круг радиусом 11,28 м. Расстояния измеряли лазерным дальномером. Исходные оценки численности – число особей на 400 м².

Термин «особь» далее использован для краткого обозначения счетных единиц, которыми у деревьев было одноствольное дерево или многоствольный куст, если ствол разветвлялся. Счетной единицей у кустарников был многоствольный куст или побег, если ствол был один. Деревья и кустарники учитывали, регистрируя их размерную категорию: крупные (*a*) или мелкие (*b*) особи. Критерий отнесения деревьев и кустарников к крупным особям – диаметр ствола больше 1 см на высоте 1,3 м. У кустарников в категорию крупных отнесли все многоствольные кусты. Многоствольным считали куст с компактным скоплением стволиков, расстояние между основаниями которых по поверхности почвы было меньше половины высоты

стволиков (при необходимости для проверки этого критерия снежный покров раскапывали до поверхности почвы).

Обработка результатов исследования. Значения индекса Шеннона рассчитывали с использованием логарифма с основанием 2 [19]. Кривые разрежения строили с использованием программы EstimateS [20] при заданном числе перестановок, равном 100. При сравнении долей использовали критерий хи-квадрат (χ^2) для таблиц 2×2 ($df = 1$). В корреляционном анализе использовали коэффициент корреляции Пирсона (r). Расчеты выполнены в StatSoft STATISTICA 8.0.

Результаты исследования

Виды кустарников и деревьев подлеска. Всего зарегистрировано 46 видов древесных растений: 16 видов деревьев подлеска и 30 видов кустарников. Среди них представлены аборигенные (21) и адвентивные (25) виды.

Аборигенные деревья (6 видов): *Alnus incana* (L.) Moench, *Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh., *Populus tremula* L., *Salix caprea* L., *Tilia cordata* Mill. Адвентивные деревья (10 видов): *Acer negundo*, *A. platanoides* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Malus baccata*, *M. domestica* Borkh., *Padus maackii* (Rupr.) Kom., *Populus x sibirica* G. Krylov et Grigoriev ex A. Skvortsov, *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Quercus robur* L., *Ulmus laevis* Pall.

Аборигенные кустарники (15 видов): *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova, *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *Crataegus sanguinea* Pall., *Lonicera pallasii* Ledeb., *L. xylostium* L., *Padus avium* Mill., *Ribes nigrum* L., *Rosa acicularis* Lindl., *R. majalis* Herrm., *Rubus idaeus* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Sambucus sibirica* Nakai, *Sorbus aucuparia* L., *Swida alba* (L.) Opiz, *Viburnum opulus* L. Адвентивные кустарники (15 видов): *Acer ginnala* Maxim., *Amelanchier spicata*, *Aronia mitschurinii* A. Skvorts. et Maitul., *Berberis vulgaris* L., *Cotoneaster lucidus*, *Euonymus europaeus* L., *Grossularia uva-crispa* (L.) Mill., *Lonicera tatarica* L., *Padus virginiana* (L.) Mill., *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Ribes aureum* Pursh, *R. rubrum* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., *Syringa josikaea* Jacq. fil. ex Reichenb., *S. villosa* Vahl.

Общее разнообразие во всех 103 описаниях, оцениваемое индексом Шеннона, несколько выше для всех совместно рассматриваемых адвентивных видов (мелкие особи – 2,27; крупные – 2,89; обе категории – 2,61) по сравнению со всеми аборигенными (мелкие особи – 2,19; крупные – 2,43; обе категории – 2,46). О повышенном видовом богатстве адвентивных видов, по сравнению с аборигенными, свидетельствует и анализ кривых разрежения (рис. 1, а). Видовое богатство аборигенных видов выявляется достаточно быстро, и после обследования примерно половины площадок перестает прирастать. Число обнаруживаемых чужеродных видов, напротив, с увеличением числа обследуемых площадей нарастает более плавно. Судя по

форме кривой разрежения для общего числа видов деревьев и кустарников подлеска (рис. 1, *b*), общий видовой состав выявлен относительно полно.

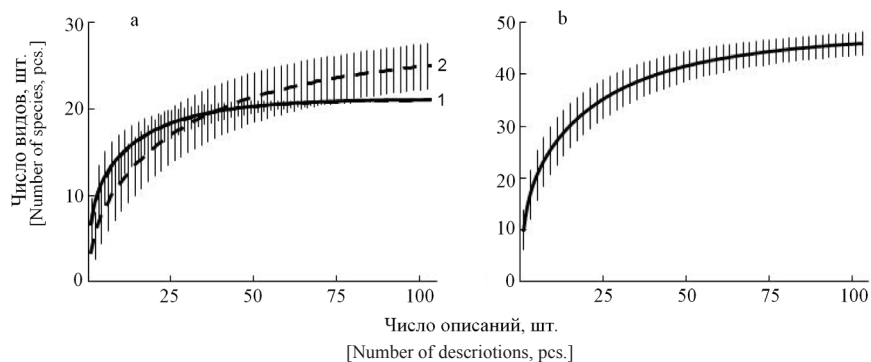


Рис. 1. Кривые разрежения ($\pm 95\%$ -ный доверительный интервал): 1 – аборигенные виды; 2 – адвентивные виды; *a* – общее число видов; *b* – деревья и кустарники подлеска
[Fig.1. Rarefaction curves ($\pm 95\%$ confidence interval): 1 - Native species; 2 - Alien species;
a - Total number of species; *b* - Understory trees and shrubs]

Из 25 адвентивных видов 8 предложено считать инвазивными для Среднего Урала, заслуживающими включения в региональный black-лист [10]. Три вида (*Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Malus baccata*) относятся к группе I активно внедряющихся в естественные сообщества видов-трансформеров. *Cotoneaster lucidus* относится к группе II, *Sorbaria sorbifolia*, *Berberis vulgaris* – к группе III, включающей виды, натурализующиеся в нарушенных местообитаниях. *Lonicera tatarica* и *Padus virginiana* отнесены к потенциально инвазивным для Среднего Урала (группа IV). Пять видов из этих 8 (*Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Cotoneaster lucidus*, *Lonicera tatarica* и *Sorbaria sorbifolia*) указываются как инвазивные и потенциально инвазивные в «Черной книге флоры Средней России» [21].

Далее как инвазивные мы анализировали 6 видов: *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Berberis vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata* и *Padus virginiana*.

Численность аборигенных и адвентивных видов. При анализе численности древесных растений не учитывали *Rubus idaeus* и *Sorbaria sorbifolia*, так как для них подсчет ценобионтов на площадке 400 м² – неадекватный способ характеристики обилия. При подсчете особей не дифференцировали разные виды *Betula*, *Salix* и *Cotoneaster*. Все особи *Cotoneaster* относили к адвентивным кустарникам, так как *Cotoneaster melanocarpus* встречен единично.

Среди крупных особей преобладают обычные аборигенные деревья и кустарники (рис. 2). Первые три ранга занимают *Sorbus aucuparia*, *Padus avium* и *Lonicera xylostium*. Адвентивные виды среди крупных особей име-

ют 4-й (*Malus baccata*), 6-й (*Cotoneaster lucidus*), 7-й (*Amelanchier spicata*), 10-й (*Ribes rubrum*) и 12–13-й (*Acer negundo* и *Ulmus laevis*) ранги. Аборигенные виды также преобладают среди мелких особей: 1-й (*Padus avium*), 3-й (*Sorbus aucuparia*) и 5-й (*Populus tremula*) ранги. Но в категории мелких особей адвентивные виды представлены лучше, чем среди крупных. Наиболее активно возобновляются *Malus baccata* (2-й ранг), *Acer negundo* (4-й ранг) и *Cotoneaster lucidus* (6-й ранг).

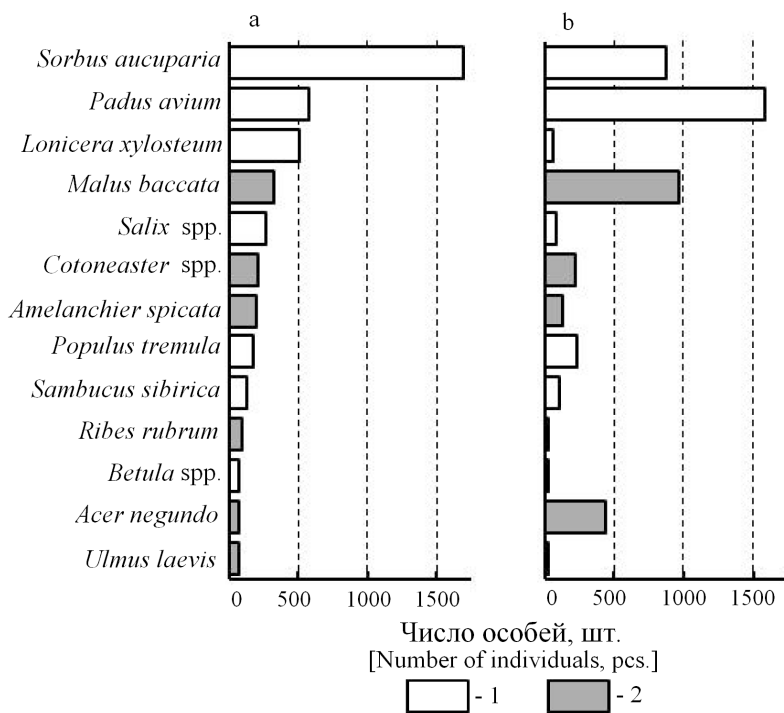


Рис. 2. Численность деревьев и кустарников подлеска: а – крупные; б – мелкие; 1 – аборигенные; 2 – адвентивные. Представлены виды, формирующие 95% численности каждой размерной категории

[Fig. 2. The number of understory trees and shrubs: a - Large individuals; b - Small individuals; 1 - Native species; 2 - Alien species. The species forming 95% of each size category are presented]

И среди крупных, и среди мелких особей преобладают особи аборигенных видов (рис. 3): 75 и 61% соответственно. Заслуживают обсуждения два связанных соотношения. Во-первых, степень преобладания аборигенных видов над адвентивными больше в категории крупных особей, чем в категории мелких. Во-вторых, у аборигенных видов мелких особей меньше, чем крупных, а у адвентивных, наоборот, мелких особей больше, чем крупных. Различие соотношения «мелкие / крупные особи» у аборигенных и адвентивных видов высоко значимо: $\chi^2 = 217,24$; $p < 0,0001$.

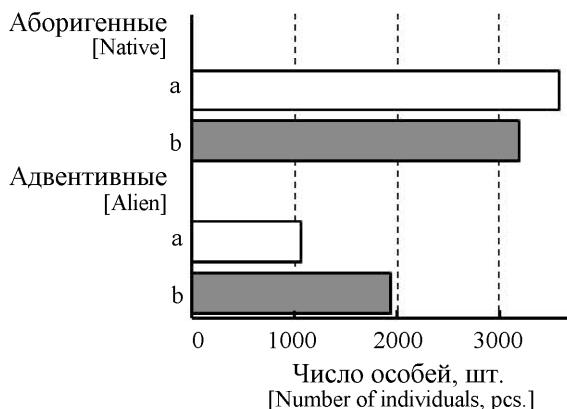


Рис. 3. Суммарная численность особей разных размерных категорий аборигенных и адвентивных видов: *a* – крупные; *b* – мелкие
[Fig. 3. The total number of individuals of native and alien species belonging to different size categories: *a* - Large individuals; *b* - Small individuals]

Таким образом, по суммарной численности в городских лесах преобладают аборигенные виды, но адвентивные возобновляются успешнее. В результате преобладание аборигенных растений над адвентивными выражено очень контрастно среди крупных особей, но слабее среди мелких.

Численность инвазивных видов. Подавляющее большинство особей адвентивных деревьев и кустарников относится к 6 видам, инвазивным для Среднего Урала. Суммарно особи *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Berberis vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata* и *Padus virginiana* – это 72% крупных и 87% мелких особей адвентивных видов. Доля инвазивных видов значительна и в подлеске в целом: 18% крупных и 34% мелких особей.

У инвазивных видов особенно выражено преобладание мелких особей над крупными. Это заключение надежно при анализе соотношения «мелкие / крупные» как между группами инвазивных и прочих адвентивных (неинвазивных) видов ($\chi^2 = 81,58$; $p < 0,0001$), так и между группами инвазивных и всех прочих (совместно инвазивных адвентивных и аборигенных) видов ($\chi^2 = 232,25$; $p < 0,0001$).

Разные инвазивные виды также не гомогенны по соотношению «мелкие / крупные особи». В порядке увеличения числа зарегистрированных крупных особей они образуют ряд: *Berberis vulgaris* < *Padus virginiana* < *Acer negundo* < *Amelanchier spicata* < *Cotoneaster lucidus* < *Malus baccata*. Аналогичный ряд для мелких особей: *Padus virginiana* < *Berberis vulgaris* < *Amelanchier spicata* < *Cotoneaster lucidus* < *Acer negundo* < *Malus baccata*. Ряды хорошо совпадают: чем больше крупных особей какого-либо вида, тем больше мелких. Основное различие связано с позициями *Acer negundo*: среди крупных особей он только четвертый по численности, а среди мелких – второй.

В целом успешно расселились в лесопарках и наиболее обильны четыре инвазивных вида: *Amelanchier spicata* (4% всех зарегистрированных крупных особей и 2% мелких); *Cotoneaster lucidus* (соответственно 5 и 4%); *Acer negundo* (2 и 9%); *Malus baccata* (7 и 18%). Численность особей других инвазивных видов меньше 0,5% в обеих размерных категориях.

Связь между обилием растений размерных категорий. Общая закономерность пространственного размещения и аборигенных, и инвазивных видов – выраженная положительная связь между числом крупных и мелких особей на учетных площадках (таблица). Эта общая зависимость сильнее выражена у четырех самых обильных инвазивных растений (диапазон значений r от +0,44 до +0,79), по сравнению с четырьмя самыми обильными аборигенными деревьями и кустарниками (диапазон значений r от +0,11 до +0,38).

Связь (r) между численностью на учетных площадках крупных и мелких особей основных аборигенных и инвазивных видов ($n = 103$)

[The relationship (r) between the numbers of large individuals and small individuals of major native and invasive species on round plots ($n = 103$)]

Вид [Species]	r	p
Аборигенные [Native]		
<i>Sorbus aucuparia</i>	+0,26	0,0078
<i>Padus avium</i>	+0,38	<0,0001
<i>Lonicera xylosteum</i>	+0,28	0,0044
<i>Salix caprea</i>	+0,11	0,2678
Инвазивные [Invasive]		
<i>Malus baccata</i>	+0,65	<0,0001
<i>Cotoneaster lucidus</i>	+0,44	<0,0001
<i>Amelanchier spicata</i>	+0,79	<0,0001
<i>Acer negundo</i>	+0,49	<0,0001

Примечание. p – уровень значимости.

[Note. p – Significance level].

Обсуждение результатов исследования

Высокое обилие подлеска в лесопарках г. Екатеринбурга и высокое участие в нем чужеродных и инвазивных растений констатировалось ранее [23–26]. Всего для Екатеринбурга указывается 107 видов древесных [27], а во всех лесопарках города, площадь которых более 15 тыс. га, – 84 вида [23, 24, 27–29]. Учитывая, что наше исследование ограничено небольшим диапазоном сообществ, степень выявления видового состава кустарников и деревьев подлеска (46 видов) на обследованных 4,1 га можно считать удовлетворительной. Однако судя по наклонам правых частей кривых разрежения для адвентивных видов и для общего числа видов, при наращивании числа описаний в лесопарках можно ожидать обнаружения еще какого-то числа новых видов, прежде всего адвентивных. Различие форм кривых разрежения для аборигенных и адвентивных видов отражает высокую численность и регулярное размещение в обследованных лесах особей аборигенных

видов и меньшую численность и контагиозное или случайное размещение адвентивных.

Общее богатство найденных аборигенных и адвентивных деревьев и кустарников на обследованных участках сопоставимо, и чуть более половины (54%) зарегистрированных видов – чужеродные. Это означает, что подлесок лесопарков Екатеринбурга сильно трансформирован по видовому составу. Большинство адвентивных древесных используются в озеленении [30] и высажены в лесопарках в 1970–1980-х гг. [23, 24]. Посадки – основной путь проникновения адвентивных и в том числе инвазивных видов в лесопарки. Предполагать непреднамеренный занос из садов можно в отношении *Grossularia uva-crispa* и *Ribes rubrum*. Наряду с тем, что инвазивные процессы привели к сильному изменению состава видов, подлесок также сильно трансформирован и по обилию особей, что можно интерпретировать как ценотическую трансформацию. 27% всех особей в наших учетах представлены адвентивными видами. О значительном α -разнообразии адвентивных растений свидетельствуют повышенные, по сравнению с аборигенными, значения индекса Шеннона, суммирующего оценки богатства видов и их численности.

Относительно степени трансформации видового состава наши данные не абсолютно новы и подтверждают ранее сделанные оценки [23, 24]. Но количественная характеристика ценотической трансформации подлеска для лесопарков Екатеринбурга получена впервые. В предшествующих работах трансформации ценотических характеристик (обилие, сомкнутость, возобновление) описывались только качественно. Степень ценотической трансформации подлеска в реальности, вероятно, несколько меньше приведенных выше оценок, поскольку при подсчете числа особей на площадках мы не учитывали побеги *Rubus idaeus*. Между тем малина в лесопарках очень обильна. Она встречена на 100 учетных площадках из 103, а средняя для всех площадок плотность ее популяции – 12 побегов на 2,5 м² (учеты выполнены на каждой площадке в 10 квадратах 0,5×0,5 м). Интересно, что среди адвентивных и инвазивных растений есть вид, близкий к *R. idaeus* по структуре побеговой системы, – *Sorbaria sorbifolia*. Он встречен на порядок реже, чем *R. idaeus* (отмечен всего на 3 площадках из 103), но образует густые, практически моновидовые заросли площадью от десятков до первых сотен квадратных метров с покрытием, близким к 100%.

По нашим оценкам, почти у всех аборигенных и адвентивных видов в лесопарках имеются мелкие особи, являющиеся результатом возобновления. Не встречено мелких, т.е. молодых особей только у двух аборигенных (*Chamaecytisus ruthenicus* и *Lonicera pallasii*) и у двух адвентивных (*Pyrus ussuriensis* и *Quercus robur*) видов, представленных в учетах всего 1–2 особями. Таким образом, по нашим наблюдениям, подавляющее большинство адвентивных видов преодолели генеративный барьер [22] и способны возобновляться в городских лесах Екатеринбурга вне мест специального культи-

вирования. Поскольку даже в качестве мелких особей мы учитывали особи, которые были выше высоты снежного покрова, это были растения, которые уже преодолели высоту полога трав. Таким образом, в какой-то мере наличие особей данной категории – это свидетельство преодоления видом следующего барьера – ценогического. Присутствие в учетах крупных особей в нашем случае не является однозначным индикатором какого-либо этапа натурализации из-за того, что нельзя исключить вероятность искусственного происхождения части особей чужеродных видов в лесопарках.

Интерпретация соотношения «мелкие / крупные особи» как основания для прогноза состава подлеска в будущем не абсолютна из-за онтогенетических и популяционных особенностей разных видов. Тем не менее обосновано предположение, что мелкие особи – это в той или иной степени, результат возобновления. Следовательно, можно полагать, что в будущем в сообществах будет увеличиваться роль тех видов, у которых много мелких особей, т.е. обильное возобновление. Из этой группы наибольший интерес представляют инвазивные. *Acer negundo* и *Malus baccata* демонстрируют высокую численность крупных и мелких особей. Они, следовательно, оправдывают статус видов I группы инвазивных растений. Следующий по значимости инвазивный вид в лесопарках в настоящий момент и, вероятно, в будущем – *Cotoneaster lucidus* со значительной численностью и равным соотношением крупных и мелких особей. *Amelanchier spicata* также достаточно обилен, но мелких особей у него меньше, чем крупных. Об идущей в настоящее время экспансии и, следовательно, о высоком инвазивном потенциале этих четырех видов свидетельствует выраженная приуроченность их мелких особей к участкам с крупными особями. Возле крупных растений *Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Cotoneaster lucidus* и *Malus baccata* создаются локусы высокой плотности мелких особей. Прочие виды, указываемые как инвазивные или потенциально инвазивные для Среднего Урала, в настоящее время в обследованных лесопарках не демонстрируют численности, достаточной для того, чтобы считать их успешно распространившимися. Однако наличие жизнеспособных молодых растений, являющихся результатом возобновления, свидетельствует о преодолении генеративного и, скорее всего, ценогического барьеров и означает, что эти виды находятся на этапе натурализации, который можно обозначить как освоение локальных участков.

Заключение

Наши рабочие гипотезы подтвердились. Виды деревьев и кустарников, которым присвоен статус инвазивных I (*Acer negundo*, *Malus baccata*, *Amelanchier spicata*) и II (*Cotoneaster lucidus*) категорий, составляют большинство среди адвентивных растений подлеска в лесопарках Екатеринбурга. Среди крупных особей они занимают 4, 6, 7 и 12-й ранги в общем ряду видов, расположенных по убыванию обилия. В категории мелких особей соответствующие ранги ин-

вазивных видов – 2, 4, 6 и 8-й. Таким образом, инвазивные виды, по-видимому, возобновляются успешнее, чем аборигенные. Особи 6 инвазивных видов (*Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Berberis vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata* и *Padus virginiana*) составляют 82% всех особей адвентивных видов и 27% общей численности подлеска. Из инвазивных видов самый обильный – *Malus baccata*. По соотношению численности крупных и мелких особей можно заключить, что наиболее выражена в настоящее время и, вероятно, будет выражена в ближайшем будущем экспансия в лесопарки *Acer negundo* и *Malus baccata*. Также будет увеличиваться обилие *Cotoneaster lucidus* и *Amelanchier spicata*.

Авторы благодарны д-ру биол. наук, в.н.с. лаб. экологии древесных растений С.А. Шавнину и канд. биол. наук, ст.н.с. лаборатории экспериментальной экологии и акклиматизации растений В.А. Галако (Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург) за помощь при выборе и разметке площадок, а также канд. биол. наук, сотруднику Музея Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Екатеринбург) Е.А. Шуровой за помощь в определении растений.

Литература

1. Сенатор С.А., Костина Н.В., Саксонов С.В. Зависимость видового разнообразия урбанофлор от ряда факторов // Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 23–29.
2. Морозова О.В., Царевская Н.Г. Участие чужеродных видов сосудистых растений во флорах заповедников Европейской России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2010. № 4. С. 54–62.
3. Акатов В.В., Акатова Т.В., Шадже А.Е. Видовое богатство лесных фитоценозов Западного Кавказа и участие в них адвентивных видов древесных растений // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2011. Т. 116, № 1. С. 28–33.
4. Акатов В.В., Акатова Т.В., Грабенко Е.А. Изменение верхней границы распространения акации белой и клена ясенелистного в долине реки Белая (Западный Кавказ) // Лесоведение. 2014. № 1. С. 21–33.
5. Morgenroth J., Östberg J., Konijnendijk van den Bosch C, Nielsen A.B., Hauer R., Sjöman H., Chen W., Jansson M. Urban tree diversity – Taking stock and looking ahead // Urban Forestry & Urban Greening. 2016. № 15. PP. 1–5.
6. Гусев А.П. Особенности сукцессий растительности в ландшафтах, нарушенных деятельностью человека (на примере юго-востока Белоруссии) // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19, № 2. С. 231–236.
7. Костина М.В., Ясинская О.И., Барабанщикова Н.С., Орлюк Ф.А. К вопросу о вторжении клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.) в подмосковные леса // Российский журнал биологических инвазий. 2015. № 4. С. 72–80.
8. Aronson M.F.J., Handel S.N., La Puma I.P., Clemants S.E. Urbanization promotes alien woody species and diverse plant assemblages in the New York metropolitan region // Urban Ecosystems. 2015. Vol. 18, № 1. PP. 31–45. doi: [10.1007/s11252-014-0382-z](https://doi.org/10.1007/s11252-014-0382-z)
9. Jim C.Y., Zhang H. Urbanization effects on spatial-temporal differentiation of tree communities in high density residential areas // Urban Ecosystems. 2015. Vol. 18, № 4. PP. 1081–1101. doi: [10.1007/s11252-015-0455-7](https://doi.org/10.1007/s11252-015-0455-7)

10. Третьякова А.С. Особенности распределения чужеродных растений в естественных местообитаниях на урбанизированных территориях Свердловской области // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26, № 1. С. 85–93.
11. Веселкин Д.В., Галако В.А., Власенко В.Э., Шавнин С.А., Воробейчик Е.Л. Связь между характеристиками состояния деревьев и древостоев сосны обыкновенной в крупном промышленном городе // Сибирский экологический журнал. 2015. № 2. С. 303–311. doi: [10.15372/SEJ20150214](https://doi.org/10.15372/SEJ20150214)
12. Веселкин Д.В., Шавнин С.А., Воробейчик Е.Л., Галако В.А., Власенко В.Э. Краевые эффекты для сосновых древостоев в крупном городе // Экология. 2017. № 6. С. 405–412. doi: [10.7868/S0367059717060014](https://doi.org/10.7868/S0367059717060014)
13. Шавнин С.А., Веселкин Д.В., Воробейчик Е.Л., Галако В.А., Власенко В.Э. Факторы трансформации сосновых насаждений в районе города Екатеринбурга // Лесоведение. 2015. № 5. С. 346–355.
14. Третьякова А.С. Закономерности распределения чужеродных растений в антропогенных местообитаниях Свердловской области // Российский журнал биологических инвазий. 2015. № 4. С. 118–128.
15. Куликов П.В., Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н. Эндемичные растения Урала во флоре Свердловской области. Екатеринбург : Голицкий, 2013. 610 с.
16. Стурман В.И. Природные и техногенные факторы загрязнения атмосферного воздуха российских городов // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2008. № 2. С. 15–29.
17. Антропов К.М., Вараксин А.Н. Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Екатеринбурга диоксидом азота методом Land Use Regression // Экологические системы и приборы. 2011. № 8. С. 47–54.
18. Веселкин Д.В., Кайгородова С.Ю. Связь между агрохимическими свойствами почв урбанизированных лесов и строением эктомикориз сосны обыкновенной // Агрохимия. 2013. № 11. С. 63–71.
19. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М. : Мир, 1992. 181 с.
20. Colwell R.K. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. 2013. Version 9. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates> (дата обращения: 08.10.2016).
21. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. М. : ГЕОС, 2010. 512 с.
22. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Бочкин В.Д. Влияние чужеродных видов растений на динамику флоры территории Главного ботанического сада РАН // Российский журнал биологических инвазий. 2015. Т. 8, № 4. С. 22–41.
23. Ладейщикова Г.В., Петров А.П. Интродуценты в лесопарковой зоне г. Екатеринбурга // Альманах современной науки и образования. 2008. № 11. С. 83–86.
24. Петров А.П., Ладейщикова Г.В., Зотеева Е.А. Дигрессия фитоценозов и натурализация древесных растений в лесопарковой зоне г. Екатеринбурга // Ботанические исследования на Урале: Материалы регион. с междунар. участием науч. конф., посвящ. памяти П.Л. Горчаковского / под ред. С.А. Овеснова. Пермь : Изд-во Перм. гос. ун-та, 2009. С. 279–281.
25. Толкач О.В., Добротворская О.Е. Состояние возобновления в зеленых зонах г. Екатеринбурга // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 1 (4). С. 919–921.
26. Золотарева Н.В., Подгаевская Е.Н., Шавнин С.А. Изменение структуры напочвенного покрова сосновых лесов в условиях крупного промышленного города // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 5, № 37. С. 218–221.
27. Третьякова А.С. Флора Екатеринбурга. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2011. 192 с.

28. Шурова Е.А. Флора и растительность Шарташского лесопарка // Структура, продуктивность и динамика растительного покрова / под ред. П.Л. Горчаковского. Свердловск : УрО АН СССР, 1990. С. 111–123.
29. Шурова Е.А. Адвентивная флора г. Свердловска и его окрестностей // Рациональное использование и охрана растительного мира Урала / под ред. П.Л. Горчаковского. Свердловск : УрО АН СССР, 1991. С. 128–133.
30. Мамаев С.А. Определитель деревьев и кустарников Урала. Местные и интродуцированные виды. Екатеринбург : УрО РАН, 2000. 260 с.

Поступила в редакцию 22.08.2017 г.; повторно 19.02.2018 г.;
принята 17.05.2018 г.; опубликована 15.06.2018 г.

Авторский коллектив:

Веселкин Денис Васильевич – д-р биол. наук, зав. лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты Института экологии растений и животных УрО РАН (Россия, 620144, г. Екатеринбург, 8 Марта, 202).

E-mail: denis_v@ipae.uran.ru

Коржиневская Анастасия Андреевна – инженер-исследователь лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты Института экологии растений и животных УрО РАН (Россия, 620144, г. Екатеринбург, 8 Марта, 202).

E-mail: melnikova_aa@ipae.uran.ru

Подгаевская Елена Николаевна – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты Института экологии растений и животных УрО РАН (Россия, 620144, г. Екатеринбург, 8 Марта, 202).

E-mail: enp@ipae.uran.ru

For citation: Veselkin DV, Korzhinevskaya AA, Podgaevskaya EN. The species composition and abundance of alien and invasive understory shrubs and trees in urban forests of Yekaterinburg. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = *Tomsk State University Journal of Biology*. 2018;42:102-118. doi: 10.17223/19988591/42/5. In Russian, English Summary

Denis V. Veselkin, Anastasia A. Korzhinevskaya, Elena N. Podgaevskaya

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

The species composition and abundance of alien and invasive understory shrubs and trees in urban forests of Yekaterinburg

The aim of this work was to analyze the species composition and abundance of alien (including invasive) understory shrubs and trees in urban forests of Yekaterinburg, an industrial city in the Middle Urals. The need for rigorous assessments of the current stage of alien plant naturalization determines the relevance of the research. We tested two hypotheses. 1. In urban forests of Yekaterinburg the largest numbers of alien understory species are *Acer negundo* L., *Malus baccata* (L.) Borkh., *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch and *Cotoneaster lucidus* Schlecht, which are invasive for the Middle Urals. 2. Age and spatial structure of invasive plant populations indicate their active dispersal in urban forests of Yekaterinburg.

The work was carried out in urban forests of Yekaterinburg (56°47'N, 60°34'E), a large city with a population of 1.5 million people, located in the southern taiga zone. We studied pine forests of natural origin located within the city limits. The plots were located in four forest areas of 40-150 ha (56°47'54"N 60°32'22"E) that were spatially

separated from each other by roads or wastelands at distances of 100-200 m. The plots were selected in such a way that they could be, as much as possible, comparable in terms of characteristics of the relief, soil type and tree stand age. The age of the main generation trees of urban forests is 90-120 years. We selected sites without recent, large-scale, and/or targeted anthropogenic disturbances of the soil cover (roads, excavations) and tree stand (fires, tree cutting). *Aegopodium podagraria* L. and *Urtica dioica* L. mainly predominate in the field layer of the examined forest areas. Also, shrubs are very abundant on the plots, first of all, *Rubus idaeus* L. with the average cover of 30-60%. *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth and *Vaccinium myrtillus* L. have preserved their dominance at some sites. These species dominate in original communities.

We made 103 descriptions in the understory shrub and tree communities in February-March 2016. Species were identified in a leafless state on round plots of 400 square meters. The size category of understory plants was registered (large or small individuals). We selected plots and sites and marked them with paint on trees and carried out preliminary characterization of sites and stands in June and July 2015. A pine tree (*Pinus sylvestris* L.) was in the center of each plot, and each plot contained, on average, 12.5 (from 3 up to 23) pine trees. Woody plants were recorded on the plots in a leafless state. The living individuals of trees and shrubs, which were higher than the thickness of the snow cover, i.e. above 40-50 cm, were considered. The criterion for the presence of an individual plant on the plot was the entry of the stem into a circle with a radius of 11.28 m. The distances were measured with a laser range finder. The counting unit for trees was a monocormic tree or a multi-stemmed tree if the trunk was branching. The counting unit for shrubs was a multi-stemmed shrub or shoot if there was one stem. Trees and shrubs were recorded by registering their size category: large or small individuals. The criterion for categorizing trees and shrubs as large specimens is a stem diameter greater than 1 cm at a height of 1.3 m. All multi-stemmed shrubs also belonged to large shrubs. Both working hypotheses were confirmed. On the whole, we registered 16 species of trees and 30 species of shrubs. The total number of registered alien species exceeded the number of registered native species: 25 and 21, respectively (See Fig. 1). Almost all alien species in urban forests are reproducing. Although native species quantitatively dominate alien ones, the latter, especially invasive species, are better represented among small individuals than native species (See Fig. 2). 6 invasive species (*Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Berberis vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata* and *Padus virginiana*) account for 72% of large individuals and 87% of small individuals of alien species, and 27% of all woody species individuals (See Fig. 3). *Malus baccata* is the most abundant invasive species both among large and small individuals. The second place in the abundance among large individuals is occupied by *Cotoneaster lucidus*, and among small individuals it is by *Acer negundo*. When analyzing the spatial features of native and invasive species location, we established that small individuals of all undergrowth species were predominantly present in close proximity to large individuals. A positive correlation between the number of large and small individuals is more pronounced for the four most abundant invasive plants, compared to the four most abundant native trees and shrubs (See Table). We concluded that the species of trees and shrubs, which were characterized as invasive I-st (*Acer negundo*, *Malus baccata*, *Amelanchier spicata*) and II-nd (*Cotoneaster lucidus*) categories make up the majority of alien woody plants in Yekaterinburg urban forests. Thus, invasive species are appreciably more successful in reproduction than native species. The 6 invasive species (*Acer negundo*, *Amelanchier spicata*, *Berberis vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata* and *Padus virginiana*) account for 27% of all woody species individuals. The ratio between small and large individuals (size categories) allows us to assume that the expansion of *Acer negundo* and *Malus baccata*

in urban forests is most expressed nowadays and will be expressed in the nearest future. The abundance of *Cotoneaster lucidus* and *Amelanchier spicata* will increase in a less degree.

The paper contains 3 Figures, 1 Table and 30 References.

Key words: woody plants; shrubs; urbanization; urban forests; biological invasions.

Acknowledgments: The authors are grateful to researchers of the Botanical Garden (Yekaterinburg), Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, SA Shavnin, Dr.Sci. (Biol.) and VA Galako, Cand. Sci. (Biol.), for assistance in selecting and marking plots, and also to researcher of the Museum of the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, EA Shurova, Cand. Sci. (Biol.), for help in plant determination.

Funding: The study was performed within the framework of the state contract for the Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, and supported by the Comprehensive Program of the Ural Branch, Russian Academy of Sciences (Projects No 15-12-4-32 and 18-4-4-24) and the Russian Foundation for Basic Research (Project No 16-54-00105).

References

1. Senator SA, Kostina NV, Saksonov SV. Diversity dependence of species of urban floras on a number of factors. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2013;6-2:23-29. In Russian, English Summary
2. Morozova OV, Tsarevskaya NG. Part of alien vascular plant species in floras of natural reserves of European Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2010;4:54-62. In Russian, English Summary
3. Akatov VV, Akatova TV, Shadje AE. The species richness and abundance of the exotic wood species in forest communities of the Western Caucasus. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskiiy = Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 2011;116(1):28-33. In Russian, English Summary
4. Akatov VV, Akatova TV, Grabenko EA. Changes of the upper limit of black locust and american maple growth in Belaya River Valley, Western Caucasus. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2014;1:21-33. In Russian, English Summary
5. Morgenroth J, Östberg J, Konijnendijk van den Bosch C, Nielsen A, B. Hauer R, Sjöman H, Chen W, Jansson M. Urban tree diversity – Taking stock and looking ahead. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016;15:1-5. doi: [10.1016/j.ufug.2015.11.003](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.003)
6. Gusev AP. Features of plant succession in landscapes disturbed by anthropogenic activity (by example of Southeastern Belarus). *Contemporary Problems of Ecology*. 2012;5(2):174-178. doi: [10.1134/S1995425512020060](https://doi.org/10.1134/S1995425512020060)
7. Kostina MV, Yasinskaya OI, Barabanshchikova NS, Orlyuk FA. On the problem of box elder invasion into the forests around Moscow. *Rossiyskiy Zhurnal Biologicheskikh Invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*. 2015;8(4):72-80. In Russian
8. Aronson MFJ, Handel SN, La Puma IP, Clemants SE. Urbanization promotes alien woody species and diverse plant assemblages in the New York metropolitan region. *Urban Ecosystems*. 2015;18(1):31-45. doi: [10.1007/s11252-014-0382-z](https://doi.org/10.1007/s11252-014-0382-z)
9. Jim C.Y., Zhang H. Urbanization effects on spatial-temporal differentiation of tree communities in high density residential areas. *Urban Ecosystems*. 2015;18(4):1081-1101. doi: [10.1007/s11252-015-0455-7](https://doi.org/10.1007/s11252-015-0455-7)
10. Tretyakova AS. Laws of distribution of alien plants in natural habitats for urban Sverdlovsk Region. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2016;26(1):85-93. In Russian, English Summary

11. Veselkin DV, Vorobeichik EL, Galako VA, Vlasenko VE, Shavnin SA. Relationship between the characteristics of the state of Scots pine trees and tree stands in a large industrial city. *Contemporary Problems of Ecology*. 2015;8(2):243-249. doi: [10.1134/S1995425515020158](https://doi.org/10.1134/S1995425515020158)
12. Veselkin DV, Shavnin SA, Vorobeichik EL, Galako VA, Vlasenko VE. Edge effects on pine stands in a large city. *Russian Journal of Ecology*. 2017;48(6):499-506. doi: [10.1134/S1067413617060121](https://doi.org/10.1134/S1067413617060121)
13. Shavnin SA, Veselkin DV, Vorobeichik EL, Galako VA, Vlasenko VE. Factors of the pine stands transformation in vicinities of Yekaterinburg. *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2015;5:346-355. In Russian, English Summary
14. Tretyakova AS. Regularities of distribution of alien plants in anthropogenous habitats of Sverdlovsk oblast. *Rossiyskiy Zhurnal Biologicheskikh Invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*. 2015;8(4):118-128. In Russian, English summary
15. Kulikov PV, Zolotareva NV, Podgaevskaya EN. Endemichnye rasteniya Urala vo flore Sverdlovskoy oblasti [Endemic plants of the Urals in the flora of Sverdlovsk region]. Yekaterinburg: Goshchitskiy Publ.; 2013. 612 p. In Russian
16. Sturman VI. Natural and technogenic factors of air pollution in russian cities. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2008;6-2:15-29. In Russian
17. Antropov KM, Varaksin AN. Assessing nitrogen dioxide air pollution in Yekaterinburg with land use regression model. *Ekologicheskie sistemy i pribory = Ecological Systems and Devices*. 2011;8:47-54. In Russian
18. Veselkin DV, Kaigorodova SYu. Agrochemical properties of soils and the structure of Scots pine ectomycorrhizas in urbanized forests. *Agrokimiya = Agricultural Chemistry*. 2013;11:63-71. In Russian
19. Magurran AE. Ecological diversity and its measurement. Matveeva NV translator, Chernov YuI, editor. Moscow: Mir Publ.; 1992. 181 p. In Russian
20. Colwell RK. ESTIMATES: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. 2013. Version 9. [Electronic resource]. Available at: <http://purl.oclc.org/estimates> (accessed 08.10.2016).
21. Vinogradova YuK, Mayorov SR, Horun LV. Chernaya kniga flory Sredney Rossii: chuzherodnye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii [The Black Data Book of the flora of Central Russia: Invasive plant species in ecosystems of Central Russia]. Moscow: GEOS Publ.; 2010. 512 p. In Russian
22. Vinogradova YuK, Mayorov SR, Bochkina VD. Alien plant species and their influence on the main botanical garden's flora dynamic. *Rossiyskiy Zhurnal Biologicheskikh Invaziy = Russian Journal of Biological Invasions*. 2015;8(4):22-41. In Russian
23. Ladeyshchikova GV, Petrov AP. Introdutsenty v lesoparkovoy zone g. Ekaterinburga [Alien species in the urban forest of Yekaterinburg]. *Al'manah sovremennoy nauki i = Pedagogy. Issues of Theory and Practice*. 2008;11(18):83-86. In Russian
24. Petrov AP, Ladeyshchikova GV, Zoteyeva EA. Digressiya fitotsenozov i naturalizatsiya drevesnykh rasteniy v lesoparkovoy zone g. Ekaterinburga [Digression of plant communities and naturalization of woody plants in the forest park zone of Yekaterinburg]. In: *Botanicheskie issledovaniya na Urale. Materialy regional'noy s mezhduнародnym uchastiem nauch. konf., pamyati PL. Gorchakovskogo* [Botanical research in the Urals. Proc. of the Sci. Conf.]. Ovesnov SA, editor. Perm': Perm'. gos. Universitet Publ.; 2009. pp. 279-281. In Russian
25. Tolkach OV, Dobrotvorsky OE. Renewal condition in green zones of Yekaterinburg city. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2011;13(1-4):919-921. In Russian

26. Zolotaryova NV, Podgaevskaya YeN, Shavnin SA. Structural changes in the soil surface cover of pine forests under the conditions of a large industrial city. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2012;5(37-1):218-221. In Russian
27. Tretyakova AS. Flora Yekaterinburga [Flora of Yekaterinburg]. Yekaterinburg: Ural Univ. Publ.; 2011. 192 p. In Russian
28. Shurova EA. Flora i rastitel'nost' Shartashskogo lesoparka [Flora and vegetation of Shartash forest park] In: *Struktura, produktivnost' i dinamika rastitel'nogo pokrova* [Structure, productivity and dynamics of vegetation cover]. Gorchakovskiy PL, editor. Sverdlovsk: Ural Branch of RAS; 1990. pp. 111-123. In Russian
29. Shurova EA. Adventivnaya flora g. Sverdlovsk i ego okrestnostey [Adventive flora of Sverdlovsk and its surroundings]. In: *Ratsional'noe ispol'zovanie i ohrana rastitel'nogo mira Urala* [Rational use and protection of flora of the Urals]. Gorchakovskiy PL, editor. Sverdlovsk: Ural Branch of RAS; 1991. pp. 128-133. In Russian
30. Mamaev SA. Opredelitel' derev'ev i kustarnikov Urala. Mestnye i introdutsirovannye vidy [Determinant of trees and shrubs of the Urals. Local and introduced species]. Yekaterinburg: Ural Branch of RAS; 2000. 260 p. In Russian

Received 22 August 2017; Revised 19 February 2018;

Accepted 17 May 2018; Published 15 June 2018

Author info:

Veselkin Denis V, Dr. Sci. (Biol.), Professor, Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Vegetation and Mycobiota Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation.

E-mail: denis_v@ipae.uran.ru

Korzhinevskaya Anastasia A, Engineer, Laboratory of Vegetation and Mycobiota Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation.

E-mail: melnikova_aa@ipae.uran.ru

Podgaevskaya Elena N, Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Laboratory of Vegetation and Mycobiota Biodiversity, Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 8 Marta Str., Yekaterinburg 620144, Russian Federation.

E-mail: enp@ipae.uran.ru