

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

LIFE CONDITION EVALUATION OF TREE PLANTINGS UNDER URBAN ENVIRONMENTAL CONDITIONS

V. Kornienko
S. Prikhodko
A. Yaitsky

Summary. The work presents research findings on the influence of technogenic pressure (transport exhaust gases, industrial emissions, and high vibration-acoustic noise background) on tree viability in urban environments. It was noted that the average monthly content of toxic substances (nitrogen dioxide, phenol, formaldehyde, ammonia) in the atmospheric air of Donetsk was exceeded by 30–40%. Also, these substances have a summation effect, as a result of their values exceeding 1, which indicates an unsatisfactory state of the natural environment. For soils in the zone of influence of major highways, the maximum permissible concentration for heavy metals is on average 40%. The determination of vibration-acoustic noise in the studied plantings showed an excess of threshold limit value and permissible exposure limit, which may affect the longevity of green plantings, but the trees effectively reduce the level of acoustic noise. Data of the health condition analysis show the tree plantations in urbanized areas have shorter life spans and worse morphometric characters compared to the same plantings in background conditions. Notably, for most tree species introduced in plantings the age of 50 years is critical. It enables us to prognosticate the introduction success of certain species in urban landscaping.

Keywords: urban environments; technogenic pressure; technogenic air pollution; condition of tree plantings; critical age; viability; tree species range.

Корниенко Владимир Олегович

Старший преподаватель, ГОУ ВПО «Донецкий
национальный университет»
kornienkovo@mail.ru

Приходько Светлана Анатольевна

К.б.н., с.н.с., директор, ГУ «Донецкий ботанический
сад»

dbs-svetlana@mail.ru

Яицкий Андрей Степанович

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Самарский
государственный социально-педагогический
университет»
yaitsky@pgsga.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследований влияния техногенной нагрузки (выбросы от автотранспорта, предприятий, повышенный вибрационно-акустический шум) на жизнеспособность древесных растений в условиях промышленного города. Отмечено превышение среднемесячного содержания токсических веществ (диоксид азота, фенол, формальдегид, аммиак) в атмосферном воздухе г. Донецка на 30–40%. Также эти вещества обладают эффектом суммации, в результате их значения превышают 1, что говорит о неудовлетворительном состоянии природной среды. Для почв в зоне влияния крупных автомобильных дорог превышение ПДК по тяжёлым металлам в среднем составляет 40%. Определение вибрационно-акустического шума в исследованных насаждениях показали превышение ПДУ, что, возможно, влияет на долговечность зелёных насаждений, но при этом деревья эффективно снижают уровень акустического шума. Результаты анализа состояния древесных насаждений в урбанизированной среде в условиях степной зоны показывают, что их долговечность и морфометрические показатели значительно снижены по сравнению с деревьями в естественной среде. В частности, для большинства используемых пород 50-летний возраст является предельным. Это позволяет прогнозировать успешность использования отдельных пород с озеленительной целью.

Ключевые слова: урбанизированная среда; техногенная нагрузка; аэротехногенное загрязнение; состояние древесных насаждений; критический возраст; жизнеспособность; ассортимент древесных пород.

Введение

Зелёные насаждения на урбанизированных территориях способствуют оптимизации микроклиматических и санитарно-гигиенических условий, используются для функциональной организации городского пространства и повышения художественной выразительности архитектурных ансамблей. Поэтому исследования урбанодендрофлоры, анализ видового состава насаждений и состояния культивируемых древесных пород, а также разработка ассортимента перспективных древесных растений для введения в городские зелёные

насаждения относятся к актуальным проблемам современности [1].

В городах сформировалась специфическая техногенная среда с постоянно возрастающей антропогенной нагрузкой на урбозкосистемы, что приводит к значительной трансформации окружающей среды. Воздух в городах загрязнен пылью, аэрозолями, газами и дымом, поэтому снижение уровня токсичных веществ в воздухе и почве является важным направлением оптимизации городской среды. С этой целью используют преимущественно технические средства — пылеуловители и филь-

Таблица 1. Значение суммарного эффекта для атмосферы

Группы веществ, обладающие эффектом суммации	Годы			
	2013	2014	2015	2016
Диоксид азота / фенол	5,2	3,1	3,3	3,9
Аммиак / формальдегид	6,3	4,7	5,2	3,4

Примечание. >1 — неудовлетворительное состояние окружающей среды.

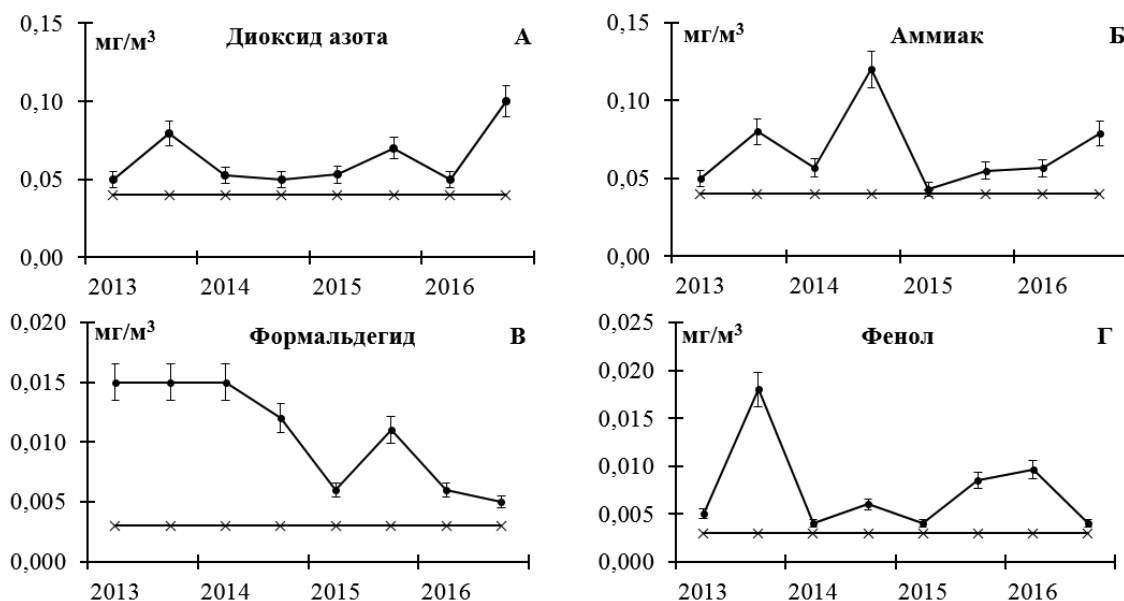


Рис. 1. Содержание диоксида азота (А), аммиака (Б), формальдегида (В) и фенола (Г) в отобранных пробах (г. Донецк) с 2013 по 2016 гг. (по [11])

тры, внедрение безотходных технологий производства. Как средство доочистки городской среды, используют древесные насаждения, способные нивелировать неблагоприятные факторы природного и техногенного происхождения [2–4]. Однако высокий уровень негативного воздействия приводит к ослаблению растений, поражению их вредителями и болезнями, снижению их продуктивности и жизнеспособности и, как следствие, к преждевременному старению и уменьшению долговечности. Поэтому в урбанизированной среде зелёные насаждения следует создавать только с участием наиболее адаптированных и выносливых древесных пород.

Объекты и методики исследований

Город Донецк — центр промышленного Донбасса, расположенный на юге степной зоны. Его площадь составляет 363 км². Протяжённость территории города с севера на юг — более 25 км, а с запада на восток — около 40 км. В городе насчитывается 21 площадь, 2220 улиц, бульваров и проспектов, более 380 парков и скверов. Общая протяжённость улиц — 3 тыс. км. Базовые отрас-

ли промышленности — угольная (9%), металлургическая (29%), машиностроительная (12%), пищевая (14%), выбрасывающие в атмосферу более 30 видов загрязняющих веществ. Лидирующим среди вышеперечисленных источников является автомобильный транспорт; на его долю приходится 37–85% выбросов веществ [5–9; 2]. По своим физико-химическим свойствам, они распределяются между твёрдой, жидкой и газообразной фазами и впоследствии поступают в природную среду в результате сухого и влажного осаждения [10]. В результате среднемесячное содержание токсических веществ (диоксид азота, фенол, формальдегид, аммиак) в атмосферном воздухе г. Донецка превышено на 30–40% (рис. 1).

Также эти вещества обладают эффектом суммации; в результате их значения превышают единицу, что говорит о неудовлетворительном состоянии природной среды.

Для почв в зоне влияния крупных автомобильных дорог г. Донецка превышение ПДК по тяжёлым металлам в среднем составляет 40%. Максимум достигает

Таблица 2. Влияние древесных насаждений на уровень акустического шума на исследуемых участках (по [6])

Номер участка	Значение акустического шума, дБА								
	возле дороги			в первом ряду деревьев			во втором ряду деревьев		
	max	min	среднее	max	min	среднее	max	min	среднее
1	84	63	74	83	61	72	74	60	67
2	88	64	76	80	62	71	76	60	68
3	89	61	75	74	56	65	75	58	67
4	82	65	73	74	61	63	73	55	64

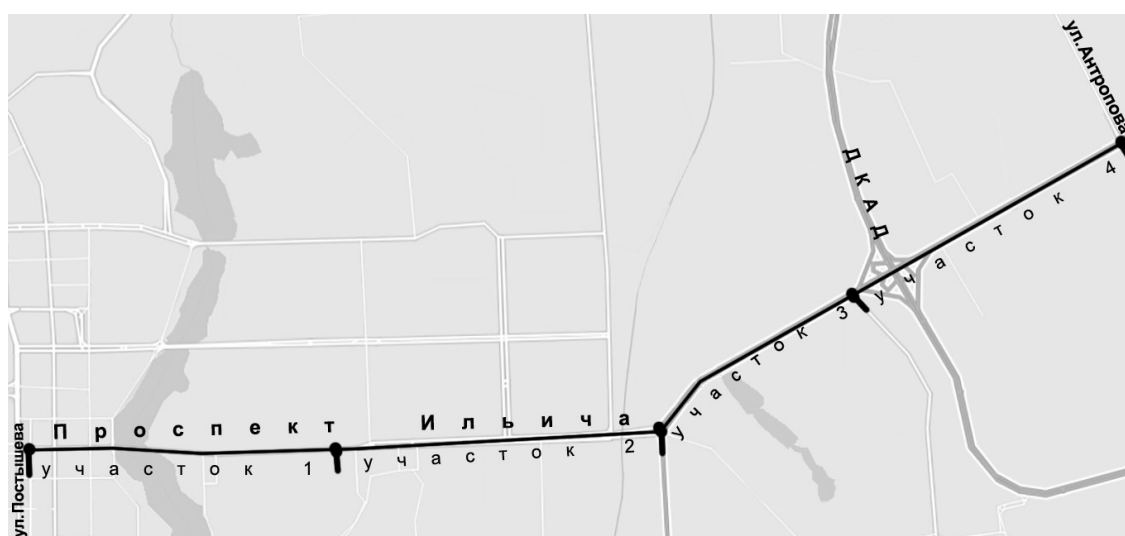


Рис. 2. Маршрут исследования древесных растений по проспекту Ильича (г. Донецк). Номерами 1–4 обозначены участки, на которых вычислялись средние значения вибрационно-акустического шума вдоль автотрассы

значений 91,04 мг/кг при ПДК 32 мг/кг (пересечение ул. Краснооктябрьской и ул. Левобережной). По проспекту Ильича в 2014 г. среднее значение содержания свинца составляло $46,7 \pm 2,3$ мг/кг, в 2015 г. в пределах ПДК, в 2016 г. превышение составляло $41,5 \pm 2,0$ мг/кг.

Для исследования состояния зелёных насаждений в зоне влияния транспортных магистралей был выбран один из самых нагруженных участков города Донецка — проспект Ильича (рис. 2). Протяжённость маршрута исследования составила 9 км, а общее количество исследованных древесных растений составило более 6 тысяч.

Исследования вибрационно-акустического шума показали, что на проспекте Ильича значения превышают ПДУ (табл. 2).

Максимумы уровня звукового давления располагаются в диапазоне 80–90 дБА, со спектром частот на мак-

симуме энергии 400–800 Гц. Из данных таблицы видно, что каждый последующий ряд деревьев эффективно снижает уровень акустического шума, с одной стороны, но вибрационная нагрузка, возможно, влияет на долговечность зелёных насаждений.

Жизнеспособность древесных растений оценивали по 8-балльной шкале Л. С. Савельевой [12].

Результаты исследований

В результате обследования мы определили видовой состав насаждений по проспекту Ильича города Донецка (рис. 3). По количеству экземпляров в насаждении преобладающими видами являются *Populus bolleana* Louche., *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Quercus robur* L., *Picea pungens* Engelm., *Aesculus hippocastanum* L., *Populus simonii* Can., *Betula pendula* Roth, *Fraxinus excelsior* L. Всего выявлено 114 видов.

Таблица 3. Жизнеспособность древесных пород в зависимости от возрастной группы

Группа	Возраст, лет	Количество, шт.	Доля от общего, %	Состояние, балл
1	10–19	2644	36,9	6–7
2	20–29	1536	21,4	5
3	30–39	1484	20,7	4
4	40–49	1233	17,2	5
5	50–59	177	2,5	5
6	60–69	90	1,3	4

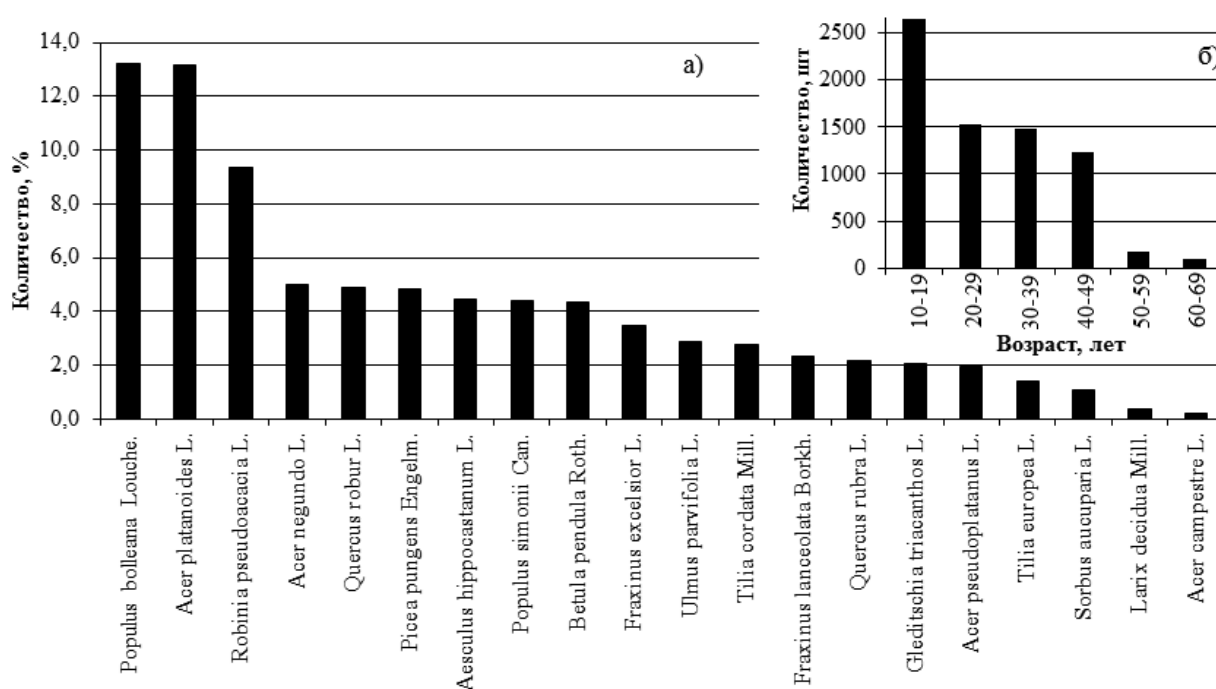


Рис. 3. Количество деревьев разных пород в исследованных насаждениях (а) и возрастная структура насаждения (б)

Небольшим количеством экземпляров (до 10) представлены 45 (42%) видов, форм и сортов деревьев. По темпам роста древесные породы распределяются на быстро-, средне- и медленнорастущие.

В обследованных насаждениях преобладают деревья быстрорастущих пород — они составляют 73% от общего количества. К ним относятся виды родов *Acer* L., *Fraxinus* L., *Populus* L., *Salix* L., а также *Ailanthus altissima*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Robinia pseudoacacia* и др. Среднерастущие породы составляют 22%: виды родов *Crataegus* L., *Picea* A. Dietr., *Sorbus* L., *Tilia* L., и др. Самая многочисленная возрастная группа среди деревьев быстрорастущих пород — 30–39 лет, жизнеспособность наибольшего количества деревьев оценена в 4 балла.

Среди среднерастущих пород преобладают молодые деревья 10–19 лет, медленнорастущих — возрастная категория 40–49 лет, жизнеспособность большей части деревьев со средней скоростью роста оценена нами 5 баллами, медленнорастущих — 4 баллами (табл. 3). Возрастная структура насаждений по проспекту Ильича для всех видов представлена на рисунке 3: б.

В основном, у исследованных растений в возрасте 40–50 лет общее состояние оценивалось в 5 баллов, с увеличением возраста дерева отмечены процессы усыхания ветвей. В хорошем состоянии находятся молодые растения в возрасте 10–20 лет (37%), в удовлетворительном — 20–40 лет (59%). Растений старше 50 лет всего 4% — это предельный возраст эффективных зелёных насаждений в условиях агрессивной среды. Необходимо отметить, что 570 деревьев от общего числа обследован-

Таблица 4. Морфометрические параметры стволов лесобразующих пород в урбанизированной и естественной среде

Вид	Естественная среда (по литературным данным)		Урбанизированная среда (искусственные насаждения вдоль проспекта Ильича*)	
	Высота, м \bar{X}	Диаметр, м \bar{X}	Высота, м $\bar{X} \pm S$	Диаметр, м $\bar{X} \pm S$
<i>Acer campestre</i> L.	20	0,6	8,8 ± 3,9	0,2 ± 0,10
<i>Acer negundo</i> L.	18	0,6	12,1 ± 4,3	0,3 ± 0,10
<i>Acer platanoides</i> L.	30	0,4	15,6 ± 8,9	0,2 ± 0,10
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	27	0,6	9,7 ± 5,6	0,2 ± 0,10
<i>Acer saccharinum</i> L.	31	0,7	11,8 ± 8,8	0,2 ± 0,10
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	33	0,5	10,1 ± 5,2	0,2 ± 0,10
<i>Betula pendula</i> Roth	30	0,8	12,7 ± 6,0	0,1 ± 0,10
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	25	0,7	12,0 ± 6,4	0,2 ± 0,10
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh	32	0,6	11,3 ± 4,7	0,2 ± 0,10
<i>Gleditschia triacanthos</i> L.	30	0,7	14,5 ± 2,5	0,3 ± 0,10
<i>Morus alba</i> L.	16	0,4	6,3 ± 2,5	0,2 ± 0,10
<i>Quercus robur</i> L.	35	1,0	13,5 ± 4,1	0,3 ± 0,10
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	30	0,8	13,7 ± 7,9	0,3 ± 0,10
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	10	0,4	3,1 ± 1,6	0,1 ± 0,03
<i>Tilia cordata</i> Mill.	30	0,9	13,2 ± 8,0	0,1 ± 0,10
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	40	0,6	13,6 ± 4,8	0,2 ± 0,10
<i>Ulmus parvifolia</i> L.	14	0,9	13,7 ± 1,6	0,3 ± 0,20
<i>Populus simonii</i> Carrière	20	0,5	13,2 ± 6,0	0,2 ± 0,10
<i>Populus balsamifera</i> L.	22	0,6	15,8 ± 4,1	0,3 ± 0,10
<i>Populus bolleana</i> Louche	30	1,0	18,3 ± 8,4	0,3 ± 0,10
<i>Populus nigra</i> L.	32	1,0	20,0 ± 4,3	0,4 ± 0,20

Примечания. $\bar{X} \pm Sx$ — среднее арифметическое значение ± стандартное отклонение; \bar{X} — среднее арифметическое значение; * — возраст деревьев 40–50 лет.

ных растений, независимо от возрастной группы, оценены жизненным баллом от 0 до 2. Это, в основном, такие виды как *Acer campestre* L., *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus bolleana* Louche., *Ulmus laevis* Pall., *Betula pendula* Roth.

Высота деревьев широколиственных и мелколиственных пород I и II величины в естественных условиях составляет 20–30 м, в то время как в насаждениях вдоль автомагистрали по проспекту Ильича спелые насаждения *Betula pendula* Roth достигают высоты 12–18 м при диаметре 22–28 см, *Tilia cordata* — 12–22 м при диаметре 10–20 см, *Acer platanoides* — 15–20 м при диаметре 24–36 см (табл. 4).

Высота лиственных пород III величины в естественных условиях не превышает 15 м, а в составе городских посадок спелые насаждения *Sorbus aucuparia* имеют высоту 4–6 м при диаметре ствола 8–12 см. Техногенный пресс в условиях автомагистрали по проспекту Ильича не оказал достоверного угнетающего воздействия только на *Populus balsamifera* и *Ulmus parvifolia*.

В результате проведенных исследований по проспекту Ильича были выявлены 114 видов древесно-кустарниковых растений. Репрезентативность только 20 видов деревьев превышает 1,0%. Самой многочисленной у деревьев является возрастная группа — 10–19 лет. Жизнеспособность деревьев в возрасте до 20 лет оценена нами 6–7 баллами, в возрасте 20–50 лет — 4–5 баллами, старше 50 лет — 4 баллами. Влияние техногенной нагрузки (в условиях автомагистрали по проспекту Ильича) приводит к достоверному снижению морфометрических параметров стволов практически всех исследованных лесобразующих пород (исключение *Populus balsamifera* и *Ulmus parvifolia*), что может отразиться на их механической устойчивости и аварийности в условиях города.

Заключение

В условиях урбанизированной среды долговечность и эффективность зелёных насаждений вдоль автотрасс определяется многими факторами, из которых наиболее важными являются степень аэротехногенного загрязне-

ния, с одной стороны, и научная обоснованность подбора ассортимента пород древесных растений.

По результатам наших исследований среднемесячное содержание токсических веществ (диоксид азота, фенол, формальдегид, аммиак) в атмосферном воздухе г. Донецка превышено на 30–40%. Также эти вещества обладают эффектом суммации, в результате их значения превышают 1, что говорит о неудовлетворительном состоянии природной среды. Для почв в зоне влияния крупных автомобильных дорог превышение ПДК по тяжёлым металлам в среднем составляет 40%. Определение вибрационно-акустического шума в исследованных насаждениях показали превышение ПДУ, что, возможно, влияет на долговечность зелёных насаждений, но при этом деревья эффективно снижают уровень акустического шума.

Результаты анализа состояния древесных насаждений в урбанизированной среде в условиях степной зоны показывают, что их долговечность и морфометрические показатели значительно снижены по сравнению с деревьями в естественной среде. В частности, для большинства используемых пород 50-летний возраст является предельным. Это позволяет прогнозировать успешность использования отдельных пород с озеленительной целью. В частности, в г. Донецке рекомендуется ограничить использование в придорожных насаждениях пород недолговечных и проявляющих инвазивную активность. При планировании выращивания посадочного материала для реконструкции зелёных городских насаждений необходимо учитывать результаты обследований состояния существующих насаждений и на их основе формировать научно обоснованный ассортимент из наиболее устойчивых и долговечных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеева Е. В. Рост и индикаторная роль зеленых насаждений в урбанизированной среде. Красноярск: СибГТУ, 2007. 382 с.
2. Поляков А. К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: Ноулидж, 2009. 268 с.
3. Серикова Л. В. Функционирование древесной растительности г. Москвы в условиях антропогенного воздействия // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2003. № 6. С. 9–29.
4. Davis A.M., Glick T. F. Urban ecosystems and island biogeography // *Environmental Conservation*. 1978. Vol. 5, № 4. P. 299–304.
5. Залывская О.С., Хрущева С. В., Бабич Н. А. Свинец в системе почва — древесное растение в урбанизированной среде // *Лесной журнал*. 2009. № 1. С. 39–43.
6. Корниенко В.О., Кольченко О. Р., Матвеева Т. Б. *Acer platanoides* L. в условиях антропогенной нагрузки г. Донецка // *Самарский научный вестник*. 2019. Т. 8, № 3 (28). С. 46–52.
7. Любимов Р. В. Свинцовое загрязнение и изменения физико-химических свойств почв населённых пунктов Республики Алтай: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2005. 22 с.
8. Обущенко С.В., Гнеденко В. В. Мониторинг содержания микроэлементов и тяжёлых металлов в почвах Самарской области // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 7. С. 30–34.
9. Павличенко Л.М., Есполаева А. Р., Изтаева А. М. Содержание тяжёлых металлов в почве «Мангистауской области» // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016. № 2. С. 53–58.
10. Lawlor A.J., Tipping E. Metals in bulk deposition and surface water at two upland locations in Northern England // *Environmental Pollution*. 2003. Vol. 121. P. 153–167.
11. Корниенко В.О., Бригневич Е. А. Экологическая оценка загрязнения воды, почвы и атмосферного воздуха тяжёлыми металлами и химическими веществами г. Донецка // *Актуальные проблемы наук о Земле: мат-лы междунар. конф. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. С. 374–376.*
12. Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. М.: Лесная промышленность, 1975. 168 с.

© Корниенко Владимир Олегович (kornienkovo@mail.ru),

Приходько Светлана Анатольевна (dbs-svetlana@mail.ru), Яицкий Андрей Степанович (yaitsky@pgsga.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»