

RESEARCH ARTICLE

Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine)

A. V. Sklyarenko*, V. P. Bessonova

Dnipro State Agrarian-Economic University

Sergiy Efremov St. 25, Dnipro, 49600, Ukraine, E-mail: s-k2015@ukr.net

Some 49 species of woody plants were identified among the tree plantations in sanitary protection zones of industrial enterprises in Zaporizhzhya (southeastern Ukraine); 10 species of tree plants are present in all the sanitary protection zones. The number of plant species in protective plantings varies considerably from 11 ("Zaporizhskloflus") to 30 species ("Zaporizhstal"). The similarity of the species composition in plantations was assessed using the Jaccard and Sørensen indices. We calculated the species richness by Margaleff and Shannon indices, the dominance indices were calculated according to Simpson and Berger-Parker. The vast majority of forest belts in the sanitary protection zones of Zaporizhzhya industrial enterprises require the species enrichment, taking into account the tolerance of species to various pollutants.

Key words: sanitary protection zones; green plantations; similarity of dendroflora; variety; species richness; domination

Видовое разнообразие древесных насаждений санитарных зон промышленных предприятий г. Запорожье (Украина)

А.В. Скляренко*, В.П. Бессонова

Днепровский национальный аграрно-экономический университет

ул. Сергея Ефремова, 25, Днепр, 49600, Украина, E-mail: s-k2015@ukr.net

В санитарно-защитных насаждениях промышленных предприятий города Запорожье нами определено 49 видов древесных растений, причем 10 видов древесных растений присутствуют во всех санитарно-защитных зонах. Количество видов растений в защитных насаждениях различных предприятий существенно отличается и варьирует от 11 (Склофлюс) до 30 (Запорожсталь). Мы определили сходство видового состава насаждений, используя индексы Жаккара и Сёрнсена. При оценке видового богатства были использованы индексы, предложенные Маргалефом и Шенноном; индексы доминирования были рассчитаны по Симпсону и Бергеру-Паркеру. Подавляющее большинство лесополос санитарно-защитных зон промышленных предприятий города Запорожья требуют обогащения видового состава с учетом устойчивости растений к воздушным поллютантам.

Ключевые слова: санитарно-защитные зоны; зеленые насаждения; сходство дендрофлоры; видовое богатство; доминирование

Введение

Запорожье по уровню промышленного потенциала замыкает пятерку крупнейших индустриальных центров Украины (Тунук, 2007). Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха города вносят металлургические заводы. Самыми распространенными ингредиентами промышленных выбросов являются тяжелые металлы, двуокись углерода, хлорфторуглероды, метан, диоксид серы, оксиды азота, пыль (Korzhov 2006; Doganlar et al., 2012; Boichenko et al., 2016; Baskakova et al., 2017, EkologIchniy pasport, 2016). По Запорожской области количество выбросов от стационарных и передвижных источников загрязнения, в общем, 2015 – 2016 годы, в среднем составила 283 тыс. тонн (EkologIchniy pasport, 2016). Доля оксида углерода составляет 38,71%, диоксида серы – 33,35%, оксида азота – 16,24%, пыли – 8,18%. В городах особенно загрязняется воздух жилых кварталов, расположенных в непосредственной близости от промышленных зон, а также районов с высокой интенсивностью движения транспорта (Suleimanov et al., 2015). Загрязнение окружающей среды создает реальную опасность для здоровья человека, вызывает специфические и неспецифические заболевания, мутагенные изменения в наследственности, может повлиять на жизнеспособность и психику поколений. Наличие экологической угрозы и степень ее выраженности определяют стратегию и тактику мероприятий по защите окружающей среды от вредных воздействий.

Важная роль в оптимизации состояния окружающей среды принадлежит древесным насаждениям санитарно-защитных зон промышленных предприятий, созданию которых уделяется еще недостаточное внимание. Растения – естественный фильтр загрязненной атмосферы. Они способны поглощать и накапливать тяжелые металлы (Bessonova and Zaytseva, 2008; Bessonova and Lyizhenko 1990; Mikhailova et al., 2013; Ugolini et al., 2013; Doganlar et al., 2012), вредные газы, такие как диоксид серы (Faroq et al., 1988; Zhang et al., 2013;) оксиды азота (Okanoa et al., 1989), газообразный хлор и фтор (Kapelyush and Bessonova, 2007). Разнообразие дендрофлоры способствует повышению эффективности и устойчивости экосистем к неблагоприятным условиям биотической и абиотической природы, воздействию насекомых-вредителей (Jactel, Brockerhoff, 2007), грибковых заболеваний (Nguyen et al., 2016), засухи (Kotlarz et al., 2018), хотя по данным Grossiord et al. (2014), высокое разнообразие древесных пород не обязательно гарантирует повышенную выносливость к последнему фактору. Для роста экологической устойчивости древесных насаждений санитарно-защитных зон важно способствовать высокому разнообразию. В связи с этим необходимо проводить исследования дендрофлоры защитных лесополос конкретных промышленных предприятий для дальнейшей разработки рекомендаций по их реконструкции.

Цель работы – проанализировать разнообразие видового состава дендрофлоры санитарно-защитных полос предприятий промышленного комплекса города Запорожья.

Материал и методы исследования

Исследования проводили в древесных насаждениях санитарно-защитных зон 11 промышленных предприятий города Запорожья: Запорожский титано-магний комбинат, ОАО «Запорожжкокс», ОАО «Электрометаллургический завод Днепропеталь» (Днепропеталь), ОАО «Запорожский производственный алюминиевый комбинат», ОАО «Запорожский металлургический комбинат «Запорожсталь»» (Запорожсталь), ПАО «Запорожский завод ферросплавов», которые относятся к первому классу вредности; ОАО «Запорожский абразивный комбинат» – относится ко второму классу, «Закрытое акционерное общество Огнеупор-СОЮЗ» – к третьему, ОАО «Украинский графит» (Укрграфит), ОАО «Запорожстеклофлюс» (Склофлюс), ПАО «Запорожтрансформатор» (ЗТЗ) – к четвертому классу вредности. Обследование санитарно-защитных зон осуществляли маршрутным методом, при этом учитывали все деревья, которые росли в каждой конкретной лесополосе.

Видовой состав дендрофлоры определяли по Dobrochaeva et al. (1987) с использованием справочных изданий (Kohn et al., 2002). Названия растений приведены по Cherepanov (1995).

Оценивали сходство видового состава насаждений, используя индексы Жаккара (1) и Сёренсена (2):

$$(1) K=C \cdot 100 / (A+B) - C,$$

$$(2) K=2C / A+B, \text{ где:}$$

A – количество видов на первом участке, B – количество видов на втором участке, C – количество общих видов (Kovyazin and Lan, 2014).

Для получения более достоверных результатов, индексы видового разнообразия рассчитаны по нескольким формулам, предложенным различными исследователями. Индексы разнообразия Маргалефа (dmg) (Margalef, 1958) рассчитывали как: $dmg = (s-1) / \ln N$, где: s – число видов; N – общее количество древесных растений в древостое; Шеннона (H) (Shannon, 1963) как $H = - \sum (n / N) \log (n / N)$, где N – общее количество видов в биоценозе; n – количество деревьев данного вида.

Для вычисления индексов доминирования использовали формулы Бергера-Паркера (Kasimov et al., 2002): $d = N_{max} / N$, где N_{max} – численность вида, встречающегося наиболее часто, а N – суммарная численность особей всех рассматриваемых видов; Симпсона (Simpson, 1949): $C = \sum (n_i / N)^2$, где n_i – численность особей каждого из видов, а N – суммарная численность особей всех рассматриваемых видов.

При расчетах индексов учитывали все древесные растения, которые растут на каждом исследуемом участке (Kovyazin et al., 2017; Jactel and Brockerhoff, 2007; Hejda et al., 2009).

Результаты и их обсуждение

Дендрофлора в лесополосах одиннадцати санитарных зон Запорожского промышленного региона представлена 49 видами древесных растений (табл. 1), из них 5 – хвойные. Однако количество видов растений в защитных насаждениях различных предприятий существенно отличается и варьирует от 11 (Склофлюс) до 30 (Запорожсталь).

Таблица 1. Встречаемость (+) древесных растений в санитарно-защитных зонах предприятий г. Запорожье

Название растений	Названия заводов										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Acer negundo</i> L.	+			+	+	+			+	+	+
<i>Acer platanoides</i> L.	+	+		+	+	+				+	+
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.			+				+		+		
<i>Acer saccharinum</i> L.					+	+				+	
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	+				+	+	+		+	+	+
<i>Ailanthus altissima</i> Mill.	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.					+	+			+	+	
<i>Betula pendula</i> Roth.	+	+			+		+	+	+	+	+
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter.		+		+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cornus mas</i> L.						+			+	+	
<i>Cotinus coggygria</i> Scop.										+	
<i>Daphne mezereum</i> L.			+	+		+	+	+	+		
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.		+		+		+		+	+		+
<i>Forsythia suspense</i> Vahl.					+						
<i>Fraxinus lanceolate</i> Borkh.	+			+			+	+	+	+	+
<i>Hibiscus syriacus</i> L.				+							
<i>Juglans regia</i> L.	+			+	+	+				+	+
<i>Juniperus sabina</i> L.				+			+				+
<i>Malus domestica</i> Borkh.				+				+			
<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.									+	+	
<i>Morus alba</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Picea abies</i> L.	+				+	+			+	+	+
<i>Picea pungens</i> Engelm.	+				+	+	+		+		+
<i>Pinus sylvestris</i> L.										+	
<i>Platanus acerifolia</i> Willd.					+		+			+	+
<i>Populus alba</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Populus balsamifera</i> L.									+		
<i>Populus nigra</i> L.	+			+	+	+	+		+	+	+
<i>Populus pyramidalis</i> Spach.				+						+	
<i>Populus simonii</i> Carr.	+	+	+	+	+		+		+		+
<i>Prenus tomentosa</i> Thunb.				+					+		
<i>Pyrus communis</i> L.			+	+	+	+			+		
<i>Quercus robur</i> L.		+					+			+	
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rosa canina</i> L.				+					+		+
<i>Salix alba</i> L.	+			+	+		+	+			+
<i>Sambucus nigra</i> L.									+		
<i>Sophora japonica</i> L.										+	
<i>Sorbus aucuparia</i> L.							+			+	
<i>Spiraea vanhouttei</i> Zab.					+	+			+	+	
<i>Symphoricarpos albus</i> Blake				+							
<i>Syringa vulgaris</i> L.				+			+				
<i>Thuja occidentalis</i> L.	+				+		+		+		
<i>Thuja orientalis</i> L.	+			+			+		+	+	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	+			+	+		+		+	+	+
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	+	+	+	+	+		+				
<i>Ulmus carpiniifolia</i> Rupp.	+		+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq.		+	+					+		+	
<i>Ulmus glabra</i> Huds.									+		

Примечание: название заводов: 1 – Титано-магниевый комбинат; 2 – Кокс; 3 – Склофлюс; 4 – Укрграфит; 5 – Днепропетцсталь; 6 – Абразивный комбинат; 7 – Алюминиевый комбинат; 8 – Ферросплавный завод; 9 – Запорожсталь; 10 – Трансформаторный завод; 11 – Огнеупор.

Самые распространенные виды – *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Populus alba*, *Ulmus carpinifolia*, *Morus alba*, *Catalpa bignonioides*, *Betula pendula*, *Populus simonii*, *Populus nigra*. *Robinia pseudoacacia* – вид, который встречается в каждой санитарно-защитной лесополосе. Меньше встречаются *Acer platanoides*, *Acer negundo*, *Tilia cordata*, *Aesculus hippocastanum* и *Fraxinus lanceolata*.

Такие виды деревьев, как *Cotinus coggygria*, *Pinus sylvestris*, *Sophora japonica* растут только в защитной лесополосе Трансформаторного завода, *Populus balsamifera* L., *Sambucus nigra* – в Запорожстали, *Hibiscus syriacus*, *Symphoricarpos albus* – Укрграфита и *Forsythia suspensa* – Днепроспецстали.

Самые высокие коэффициенты сходства видового состава отмечены между древостоями санитарно-защитных зон Титано-магниевого комбината и завода Огнеупор - 0,68 и 0,81 по Жаккару и Сёренсену соответственно. Полученный результат обусловлен тем, что санитарно-защитные лесополосы были созданы в близких временных границах (60-е годы XX в.) и расположены рядом. Высокая степень сходства дендрофлоры установлена для насаждений защитных зон Титано-магниевого комбината и завода Днепроспецсталь - 0,67 и 0,80; несколько меньшая – для Днепроспецстали и завода Огнеупор - 0,62 и 0,77. Значительные величины коэффициентов сходства получены при сравнении дендрофлоры санитарно-защитных зон Титано-магниевого и алюминиевого комбината, а также заводов Огнеупор, Укрграфит и Алюминиевого комбината.

Таблица 2. Индекс сходства видового состава древесных насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий г. Запорожья по Жаккару

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	–	0,33	0,29	0,47	0,67	0,39	0,57	0,32	0,47	0,35	0,68
2	0,33	–	0,44	0,30	0,32	0,24	0,33	0,47	0,23	0,19	0,36
3	0,29	0,44	–	0,31	0,29	0,25	0,35	0,41	0,28	0,09	0,22
4	0,47	0,30	0,31	–	0,41	0,35	0,46	0,38	0,42	0,26	0,53
5	0,67	0,32	0,29	0,41	–	0,57	0,48	0,27	0,48	0,42	0,62
6	0,39	0,24	0,25	0,35	0,57	–	0,26	0,28	0,48	0,36	0,46
7	0,57	0,33	0,35	0,46	0,48	0,26	–	0,37	0,45	0,32	0,53
8	0,32	0,47	0,41	0,38	0,27	0,28	0,37	–	0,30	0,18	0,40
9	0,47	0,23	0,28	0,42	0,48	0,48	0,45	0,30	–	0,36	0,48
10	0,35	0,19	0,09	0,26	0,42	0,36	0,32	0,18	0,36	–	0,37
11	0,68	0,36	0,22	0,53	0,62	0,46	0,53	0,40	0,48	0,37	–

Примечание: обозначения названий заводов как на табл. 1.

Наименьшая степень сходства видового состава растений обнаружена между насаждениями санитарно-защитных зон заводов Склофлюс и Трансформаторного, а также Ферросплавного и Трансформаторного. Последний завод – территориально обособленный от комплекса металлургических объектов и относится к (IV) классу вредности. В результате, негативное влияние промышленных поллютантов на растения там значительно меньше, поэтому их подбирали не только с учетом устойчивости, но и декоративных качеств.

Таблица 3. Индекс сходства видового состава древесных насаждений санитарно-защитных зон промышленных предприятий г. Запорожье по Сёренсену

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	–	0,50	0,45	0,64	0,80	0,56	0,73	0,48	0,64	0,52	0,81
2	0,50	–	0,61	0,46	0,49	0,38	0,50	0,64	0,38	0,32	0,53
3	0,45	0,61	–	0,47	0,44	0,40	0,51	0,58	0,43	0,16	0,36
4	0,64	0,46	0,47	–	0,58	0,52	0,63	0,55	0,59	0,42	0,69
5	0,80	0,49	0,44	0,58	–	0,72	0,65	0,42	0,65	0,59	0,77
6	0,56	0,38	0,40	0,52	0,72	–	0,41	0,43	0,65	0,53	0,63
7	0,73	0,50	0,51	0,63	0,65	0,41	–	0,54	0,62	0,48	0,70
8	0,48	0,64	0,58	0,55	0,42	0,43	0,54	–	0,46	0,31	0,64
9	0,64	0,38	0,43	0,59	0,65	0,65	0,62	0,46	–	0,53	0,65
10	0,52	0,32	0,16	0,42	0,59	0,53	0,48	0,31	0,53	–	0,54
11	0,81	0,53	0,36	0,69	0,77	0,63	0,70	0,57	0,65	0,54	–

Примечание: обозначения названий заводов как на табл. 1.

Сравнение видового состава лесополос санитарно-защитных зон предприятий г. Запорожье показывает, что индекс их сходства варьирует в широком диапазоне: по Жаккару от 0,09 до 0,67 и по Сёренсену – от 0,16 до 0,81. Для

сравнения, в урбанизированных экосистемах Санкт-Петербурга индексы сходства по Жаккару для насаждений различных парков меняются от 0,30 до 0,70 (Kovyazin and Belyaeva, 2008), при этом минимальный показатель значительно выше, чем рассчитанный нами.

Для оценки видового разнообразия дендрофлоры в санитарно-защитных зонах Запорожского промышленного региона нами рассчитаны индексы разнообразия и доминирования.

Таблица 4 . Индексы видового разнообразия дендрофлоры санитарно-защитных зон предприятий

Объекты исследований	Индексы видового богатства			
	Предприятие	Маргалефа	Шеннона	Бергера-Паркера
Титано-магниевый комбинат	2,453	0,617	0,569	0,390
Кокс	1,599	0,809	0,286	0,181
Склофлюс	1,490	0,462	0,686	0,507
Укрграфит	3,697	0,957	0,322	0,163
Днепроспецсталь	3,145	0,800	0,378	0,251
Абразивный комбинат	2,138	0,472	0,713	0,529
Алюминиевый комбинат	3,289	0,870	0,331	0,223
Завод ферросплавов	1,696	0,432	0,533	0,449
Запорожсталь	3,563	0,707	0,382	0,271
Трансформаторный завод	3,37	1,181	0,159	0,084
Завод Огнеупор	2,651	0,797	0,276	0,209

Оценка видового богатства древесных растений в исследуемых санитарно-защитных зонах по индексу Маргалефа приведена в табл. 4. Древостои защитных лесополос предприятий Укрграфит и Запорожсталь имеют наибольшие значения – 3,68 и 3,56, соответственно в этих санитарно-защитных зонах выше видовое богатство. В защитных насаждениях Алюминиевого комбината, Трансформаторного завода и Днепрспецсталь тоже определены высокие значения индекса видового богатства, хотя они меньше, чем для лесополосы предприятия Укрграфит. Самый низкий показатель видового богатства по индексу Маргалефа в зеленых насаждениях защитной зоны предприятия Склофлюс (1,49). Это самая маленькая санитарная зона в промышленном регионе с низким видовым разнообразием, в котором преобладают растения семейства *Ulmaceae*. Минимальные значения видового богатства определены для защитных лесополос заводов Кокс (1,60) и Ферросплавов (1,70); индексы видового богатства насаждений исследуемых санитарно-защитных зон одиннадцати промышленных предприятий меняются от 1,49 (Склофлюс) до 3,68 (Укрграфит). Для сравнения - в парках Санкт-Петербурга величины индекса Маргалефа значительно больше, минимальная – 2,52, максимальная – 5,92 (Kovyazin and Belyaeva, 2008).

Индекс видового богатства, предложенный Шенноном, рассчитывают для сравнения сообществ с немногими видами. Для изучения видового богатства как искусственных, так и естественных биоценозов этот индекс используется достаточно часто (Nagendra & Gopal 2010; Blood et al., 2016; Hejda et al, 2009). Самый низкий показатель видового богатства (как и по по индексу Маргалефа) был определен для дендрофлоры санитарной зоны завода Склофлюс (0,46).

Индекс разнообразия Маргалефа (dmg) характеризует видовое богатство или плотность видов и выражает отношение их числа к занимаемой площади или числа видов к общему числу особей (Margalef, 1958). Чем больше видов, тем выше значение этого индекса. Рост числа особей при неизменном числе видов ведет к его снижению. Индекс Шеннона (Shannon, 1963) дает представление сразу о двух аспектах разнообразия: количество видов и равномерность их количественной представленности, и поэтому служит интегральной оценкой состояния ценоза и биоценоза в целом (его сложности, организованности, устойчивости). Может быть рассчитан как по отдельным видам, так и по таксонами надвидового ранга или другими элементами разнообразия.

Полученные нами результаты свидетельствуют о небольшом видовом богатстве подавляющего большинства санитарно-защитных лесополос. Для сравнения рассмотрим данные, приведенные в ряде литературных источников. Так, в пригородном и городском лесах в юго-восточных регионах США индекс видового богатства по Шеннону составляет 2,3 и 3,2 соответственно. Богатство дендрофлоры в урбаногенных лесах объясняется большим количеством неместных, инвазионных видов деревьев (Blood et al., 2016). Для растительности вторичного леса в Барангаи Камиас (на Филиппинах) индекс по Шеннону составляет 2,28 (Mancera et al., 2013), лесов северо-центральной части Западной Вирджинии – от 1,68 до 2,40 (Brashears et al., 2004).

В лесах Харьковской области индекс богатства дендрофлоры по Шеннону варьирует от 1,4 до 2,7 (Buksha et al., 2014), в различных парках Санкт-Петербурга – от 1,9 до 2,62 (Kovyazin & Belyaeva, 2008), в древесных насаждениях ландшафтных районов Павловского парка г. Санкт-Петербург – от 2,41 до 3,73 (Kovyazin et al., 2017), парках Запорожья – от 3,76 до 4,21 (Chongova 2013). Величины индексов отражают гораздо больше видовое разнообразие древоств как естественных лесных, так и парковых фитоценозов по сравнению с полученными нами значениями для лесополос

санитарно-защитных зон предприятий, хотя индекс видового богатства по Шеннону в урбанизированных парках Бангалоре (Индия) низкий и изменяется от 0,9 до 1,1 (Nagendra & Gopal, 2009).

Индекс Бергера-Паркера – один из показателей степени доминирования, он отражает относительную значимость наиболее численного вида. При подсчете индекса доминирования учитывается только доля вида–доминанта (Kasimov et al., 2002).

Рассчитанные нами значения приведены в табл. 4. Высокая величина индекса означает, что в древесных насаждениях доминирует один вид и нужно провести мероприятия по обогащению видового состава. Это особенно касается лесополос таких заводов как Абразивный, Склофлюс, Ферросплавов и Титано-магниевого. Значения доминирования по Симпсону для растений в защитных насаждениях сходны со значениями индекса Бергера-Паркера. Для санитарно-защитных зон четырех заводов – Абразивного, Склофлюс, Ферросплавного и Титано-магниевого их значения достаточно высокие.

В целом, древостои большинства санитарно-защитных зон имеют низкое видовое разнообразие и высокое доминирование одного вида древесных растений. В санитарно-защитной зоне предприятий Склофлюс и Ферросплавный доминантным видом является *Ulmus parvifolia*, численность которого составляет 68,61 и 53,34% соответственно от общего количества растений лесополос (Sklyarenko, 2018); в защитных насаждениях Титано-магниевого комбината доминирует *Ulmus carpinifolia* – 56,15%; среди насаждений абразивного комбината – *Daphne mezereum* – 70,75%.

Достаточно высокие индексы доминирования обнаружены также в древесных насаждениях санитарно-защитных зон Запорожстали, Днепрспецстали и Алюминиевого комбината (см. табл. 4). Наименьшие значения этого показателя по Симпсону и Бергеру-Паркеру определены для лесополосы Трансформаторного завода – 0,084, и 0,159 соответственно. Следует отметить, что оба индекса принимают меньшее значение при более выровненной структуре доминирования.

Индекс доминирования по Симпсону исследовали в различных экосистемах (Mancera et al., 2013; Ifo et al., 2016). Для естественных лесов Харьковской области его значения были определены в пределах 0,15–0,37 (Buksha et al., 2014). У исследуемых защитных лесополос четырех предприятий этот показатель значительно больше. Для парков Санкт-Петербурга значения индекса были определены от 0,09 до 0,15 (Kovyazin and Belyaeva, 2008), что свидетельствует о значительно меньшей степени доминирования в парковых зонах, в сравнении с древесными насаждениями защитных зон.

Выводы

Среди санитарно-защитных насаждений промышленных предприятий города Запорожья определено 49 видов древесных растений, 10 видов были обнаружены во всех санитарно-защитных зонах. Количество видов растений в защитных насаждениях различных предприятий существенно отличается и варьирует от 11 (Склофлюс) до 30 (Запорожсталь). Наиболее распространена *Robinia pseudoacacia* – вид, который встречается в каждом обследованном насаждении. Значения индекса сходства варьируют в широком диапазоне – по Жаккару от 0,09 до 0,67 и по Сёренсену – от 0,16 до 0,81. Наименьшую степень сходства мы выявили между дендрофлорой защитных лесополос Трансформаторного завода и Склофлюса. Высокая степень сходства дендрофлоры санитарно-защитных лесополос некоторых предприятий обусловлена тем, что они создавались в близких временных рамках (60-е годы) и ограниченным видовым набором растений.

Наибольшие значения индексов видового богатства Маргалефа и Шеннона получены для санитарных зон Укрграфита, Трансформаторного, Запорожстали и Алюминиевого; низкие значения – для насаждений Склофлюса. Наибольшие значения индекса доминирования видов по Симпсону и Бергеру-Паркеру определены для лесополос санитарно-защитных зон Абразивного комбината, Склофлюса, завода Ферросплавов, наименьшие – для лесополос Укрграфита и Трансформаторного завода.

Зеленые насаждения защитных зон, особенно таких предприятий как Абразивный комбинат, Склофлюс, Ферросплавный и Коксохимический, характеризуются высокими индексами доминирования и низким видовым разнообразием. Исходя из значений видового разнообразия, выравненности и доминирования, считаем, что большинство лесополос санитарно-защитных зон промышленных предприятий г. Запорожье требует значительного обогащения видового состава древесных растений с учетом их устойчивости к воздушным поллютантам. Пополняя насаждения новыми породами деревьев, необходимо учитывать их способность оптимизировать исходные параметры экосистемы, типы загрязнения и класс вредности предприятий. Ассортимент дендрофлоры может быть существенно расширен для заводов III-го и IV-го класса вредности.

References

Baskakova, L. V., Kravchenko, N. B., & Safonova, O. O. (2017). Vpliv diyalnosti Novokramatorskogo mashinobudivnogo zavodu na navkolishne prirodne seredovische. Visnik HNU Imeni V. N. Karazina, Seriya Ekologiya, 17, 89–98. (in Ukrainian).

- Bessonova, V. P. & Zaytseva, I. A. (2008). Vmist vazhkih metaliv v listi derev i chagarnikov v umovah tehnogennogo zabrudnennya riznogo pohodzhennya. Zaporizhzhya. Pitannya bioindikatsiyi ta ekologii, 13(2), 62–77. (in Ukrainian).
- Bessonova, V. P. & Lyizhenko, I. I. (1990). Dinamika nekotoryih makroelementov v listyah drevesnyih rasteniy, proizrastayuschih v usloviyah metallurgicheskikh predpriyatii. Kuybyshev, Voprosy lesnoy biogeotsenologii, ekologii i ohrany prirody v stepnoy zone, 107–115 (in Russian).
- Blood, A., Starr, G., Escobedo, F., Chappelka, A. & Staudhammer, Ch. (2016). How Do Urban Forests Compare? Tree Diversity in Urban and Periurban Forests of the Southeastern US. *Forests*, 7(120), <https://doi.org/10.3390/f7060120>.
- Boichenko, B.M., Molchanov, L.S. & Synegin, I.V. (2016) Technological Methods to Protect the Environment in the Ukrainian BOF Shops. Ironmaking and Steelmaking Processes, 285–299. doi https://doi.org/10.1007/978-3-319-39529-6_17
- Brashears, M. B., Fajvan, M. A. & Schuler, Th. M. (2004). An Assessment of Canopy Stratification and Tree Species Diversity Following Clearcutting in Central Appalachian Hardwoods. *Forest*, 54–64.
- Buksha, I. F., Volkova, R. E., Pasternak, V. P., Pivovar, T. S., & Yarotskiy V. Yu. (2014). Metodicheskie podhodyi k otsenke bioraznoobraziya lesov na primere dubrav lesostepi Harkovskoy oblasti. BelGU, Seriya Estestvennyie nauki, 27(10), 24–33 (in Russian).
- Cherepanov, S. K. (1995). Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredelnyih gosudarstv (v predelakh byivshego SSSR), Saint Petersburg, Mir i semya (in Russian).
- Chongova, A. S. (2013). Dendroflora parkiv/pamyatok sadovo-parkovogo mistetstva Zaporizkoyi oblasti (struktura, ekologichna otsinka, dekorativnist). Thesis of Doctoral Dissertation. Kiyiv (in Ukrainian).
- Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Yu. N. i dr. (1987). Opredelitel vysshih rasteniy Ukrainy. Kiev, Naukova dumka, (in Russian).
- Doganlar, Z. B., Doganlar, O., Erdogan, S. & Onal, Y. (2012). Heavy metal pollution and physiological changes in the leaves of some shrub, palm and tree species in urban areas of Adana, Turkey. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 24(2), 65–78. <https://dx.doi.org/10.3184/095422912X13338055043100>.
- Ekologichniy pasport m. Zaporizhzhya. (2016) (in Ukrainian).
- Farooq, M., Saxena, R. P. & Beg, M. U. (1988). Sulfur dioxide resistance of Indian trees I. Experimental evaluation of visible symptoms and SO₂ sorption. *Water, Air, and Soil Pollution*, 40(3–4), 307–316. <https://doi.org/10.1007/BF00163735>.
- Grossiord, Ch., Granier, A., Ratcliffe, S., Bouriaud, O., Bruelheide, H., Chećko, E., Forrester, D., Dawu, d S., Finér, L., Pollastrini, M., Scherer-Lorenzen, M., Valladares, F., Bonal, D., & Gessler, A. (2014). Tree diversity does not always improve resistance of forest ecosystems to drought. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 111(41): 14812–14815. <https://doi.org/10.1073/pnas.1411970111>
- Hejda, M., Pysek, P., & Jarosik, V. (2009). Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *British Ecological Society*. 97, 393–403 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01480.x>.
- Jactel, H. & Brockerhoff, E.G. (2007). Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *PubMed, Ecol Lett*. 10(9), 835–848. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01073.x>.
- Kapelyush, N. V., & Bessonova, V. P (2007). Seredovischeochischuvalna rol Platanus orientalis i nasadzhennya sanitarno-gigienichnono pryznachennya. *Visnik DnIpropetrovskogo universitetu. Biologiya, ekologiya*. 15(1), 59–66 (in Ukrainian).
- Kasimov, N. S., Romanova, E. P., & Tishkov A. A. (2002). Geografiya i monitoring bioraznoobraziya. Izdatelstvo Nauchnogo i uchebno-metodicheskogo tsentra. Moscow (in Russian).
- Kohno, M. A., Parhomenko, L. I., Zarubenko, A. U. ta In. (2002). Dendroflora Ukrayini. Dikorosli i kulturni dereva i kuschi. Pokritonasinni. Part I. Kiyv, Fitosotsiotsentr (in Ukrainian).
- Korzhov. M. M. (2006). Vpliv diyalnosti girnicho-metallurgiyynogo kombinatu „Mittal Stil Kriviy RIg” na prirodne seredovische. *Geologo-mineralogichniy visnik*, 2(16), 90–93 (in Ukrainian).
- Kotlarz, J., Nasiłowska, S., Rotchimmel, K., Kubiak, K., & Kacprzak, M. (2018). Species Diversity of Oak Stands and Its Significance for Drought Resistance. *Forests*, 9, 126, <https://doi.org/10.3390/f9030126>
- Kovyazin, V. F., & Belyaeva N. V. (2008). Otsenka bioraznoobraziya rasteniy v gorodskih ekosistemah Sankt-Peterburga raznoy stepeni urbanizatsii. *Aktualnyie problemyi lesnogo kompleksa, Bryansk*, 1, 164–167 (in Russian).
- Kovyazin, V. F., Kan, K. H., & Fam, T. K. (2017). Otsenka vidovogo sostava drevesnyih rasteniy v landshaftah Pavlovskogo parka Sankt-Peterburga. *Lesnoy zhurnal*, (5), 82–91. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.5.82> (in Russian).
- Kovyazin, V. F., & Lan, N. T. (2014). Otsenka vidovogo raznoobraziya biotsenozov Sankt-Peterburga. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy akademii*, 209, 72–80 (in Russian).
- Mancera, J. P., Ragragio, E. M., Sia, Su G. L., & Rubite, R. R. (2013). Plant Community Structure of a Secondary Forest at Barangay Camias, Porac, Pampanga, The Philippines. *Philippine Journal of Science*, 142, 135–143.
- Margalef, R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *Perspectives in Marine Biology*, Berkeley, 323–347.
- Mikhailova, T. A., Shergina, O. V., & Kalugina, O. V. (2013). Accumulation and migration of elements-pollutants in “soil-plant” system within urban territory. *Natural Science*, 5(6), 705–709. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2013.56087>

- Nagendra, H., & Gopal, D. (2009). Street trees in Bangalore: Density, diversity, composition and distribution. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9(2), 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.12.005>.
- Nguyen, D., Castagnyrol, B., Bruelheide, H., Bussotti, F., Guyot, V., Jacte I, H., Jaroszewicz, B., Valladares, F., Stenlid J., & Boberg, J. (2016). Fungal disease incidence along tree diversity gradients depends on latitude in European forests. *Ecol Evol.* 6(8), 2426–2438. <https://doi.org/10.1002/ece3.2056>.
- Okanoa, K., Machidab, T. & Totsuka, T. (1989). Differences in ability of NO₂ absorption in various broad-leaved tree species. *Environmental Pollution*, 58(1), 1–17. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(89\)90233-9](https://doi.org/10.1016/0269-7491(89)90233-9)
- Shannon, C. B., & Weaver, W. (1963). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana (Illinois), University of Illinois Press.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature, London*, 163(4148), 668 p.
- Sklyarenko, A. V. (2018). Vidoviy sklad ta taksatsiyni charakteristiki zahisnogo nasazhennya PAT "ZaporIzhskloflyus". Dnipro, Roslini ta urbanizatsiya, 111–113 (in Ukrainian).
- Suleimanov, I. F., Mavrin, G. V., Kharlyamov, D. A., Belyaev, E. I. & Mansurova, A. I. (2015). Pollution of the Air Basin in the Cities by Motor Transport and the Industrial Enterprises, Quality Assessment of Atmospheric Air with the Use of Calculation Methods and Instrumental Control. Published by Canadian Center of Science and Education. *Modern Applied Science*, 9(4), 12–20. <https://doi.org/10.5539/mas.v9n4p>.
- Tunyk A. H. (2007) Zaporizhzhia – zona ekolohichnoho lykha. Zaporizhzhia State University, *Suchasni problemy biolohii, ekolohii ta khimii*, 438–440. (in Ukrainian).
- Ugolini, F., Tognetti, R., Raschi, A., & Bacci, L. (2013). *Quercus ilex* L. as bioaccumulator for heavy metals in urban areas: Effectiveness of leaf washing with distilled water and considerations on the trees distance from traffic. Elsevier. *Urban Forestry & Urban Greening*. 12(4), 576–584. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.05.007>.
- Zhang, X., Zhou, P., Zhang, W., Zhang, W., & Wang Y. (2013). Selection of Landscape Tree Species of Tolerant to Sulfur Dioxide Pollution in Subtropical China. *Open Journal of Forestry*, 3(4), 104–108. <https://dx.doi.org/10.4236/ojf.2013.34017>.

Citation:

Sklyarenko, A.V., Bessonova, V.P. (2019). Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine). *Acta Biologica Sibirica*, 5 (1), 167-174.

Submitted: 15.11.2018. **Accepted:** 19.03.2019

crossref <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v5.i1.5495>



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).