

ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ СУПУТНИКА LANDSAT ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ РОСЛИННОСТІ ПАРКІВ М. ДНІПРО

Іванченко О.Є.¹, Бессонова В.П.¹, Склярєнко А.В.²

¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет
вул. С. Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро

²Департамент освіти і науки Запорізької обласної державної адміністрації
пр. Соборний, 164, 69107, м. Запоріжжя
ivanchenko_78@ukr.net, valentinabessonova492@gmail.com, s-k2015@ukr.net

У даній статті представлені результати з використанням даних супутника Landsat для оцінки стану рослинності парків правобережної частини м. Дніпро. Розраховували індекс вегетації та оцінювали стан рослинності за критеріями І. Г. Семенової. Спостереження проводилися з 2001 по 2020 рр. з інтервалом п'ять років. Встановлено суттєві зміни структури насаджень у всіх досліджуваних парках. У 2010 р. виявлено найгірші показники щільності і стану рослинності. Поступове зменшення їх значень пояснюється занепадом паркового господарства, відсутністю догляду за рослинами, висиханням дерев та відсутністю заміни їх молодими. У 2015 р., та особливо у 2020 р., зростають площі щільної рослинності і підвищується оцінка їх стану. Причиною такої динаміки в певній мірі може бути посадка молодих дерев та поступове розростання їх крон (парки ім. Т. Г. Шевченка та Севастопольський). Головна причина полягає в розповсюдженні самосіву та швидкий ріст підросту деревних рослин, що пояснюється відсутністю агротехнічних заходів у парках ім. В. Дубініна, Ю. Гагаріна, на території схилу парку ім. Т. Г. Шевченка). У тальвегу парку Тунельна балка утворилися хащі *Ailanthus altissima*, внаслідок швидкого спонтанного розповсюдження цього виду. На території деяких парків збільшується площа без рослинності (ім. Т. Г. Шевченка, Б. Хмельницького, Тунельна балка) через встановлення кіосків та атракціонів, найбільший цей показник в 2020 р. У парку ім. В. Дубініна він зростає внаслідок загибелі рослин. Отриманні дані будуть основою бази даних спостереження за станом рослинності парків правобережжя м. Дніпро. За результатами моніторингу стану деревної рослинності в парках також будуть надані практичні рекомендації. **Ключові слова:** індустріальне місто, парки, космічні знімки, динаміка, щільність та стан рослинності.

Using Data from Landsat Satellite to Assess Condition of Vegetation in Parks of Dnipro City. Ivanchenko O., Bessonova V. Skljarenko A.

This article presents results of using data from Landsat satellite to assess condition of vegetation in parks of the right-bank part of Dnipro city. The vegetation index was calculated and the state of vegetation was assessed according to the criteria of I. G. Semenova. The observations were carried out from 2001 to 2020 at intervals of five years. Significant structural changes of plantings in all the studied parks have been established. In 2010, the worst indicators of vegetation density and condition were revealed. The gradual decrease in their values is due to decline in the park economy, lack of care for plants, the drying up of trees and lack of their replacement with new ones. In 2015 and especially in 2020 areas of dense vegetation increased and assessment of their condition improved. The reason for such dynamics to a certain extent may consist in planting of young trees and gradual branching out of their tops (T.G. Shevchenko Park and Sevastopolsky Park). The main reason consists in spread of self-seeding and rapid undergrowth of woody plants, which is explained by lack of agrotechnical measures in V. Dubnin Park, Y. Gagarin Park, as well as on the territory of the slope in T. G. Shevchenko Park). Thickets of *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle have been formed in the thalweg of Tunnelna Balka Park as a result of rapid spontaneous spread of this species. On the territory of some parks, the area without vegetation increases (T.G. Shevchenko Park, B. Khmelnytsky Park, Tunnelna Balka Park) due to installation of stalls and attractions; this figure appeared to be the highest in 2020. In V. Dubinin Park this indicator is increasing due death of plants. Data obtained will form the ground for the database of vegetation monitoring in parks of the right bank of Dnipro River. Practical recommendations will also be made based on the monitored state of tree vegetation in these parks. **Key words:** industrial city, parks, space images, dynamics, density and state of vegetation.

Постановка проблеми і актуальність досліджень. Важлива проблема гуманізації середовища існування, яка пов'язана як з охороною природних комплексів, так із підвищенням його соціально-культурної якості, досягла піку в найбільш розвинених країнах і стала однією з найзлогідніших у всьому світі. Особливо гостро ці питання стоять у великих містах [1, 2].

Значну роль в оптимізації довкілля відіграють парки, які є головними складовими в системі зеле-

них насаджень міст [3–8]. Вони є необхідними елементами міського екологічного каркасу. Зелені насадження парків відіграють особливу роль в оздоровленні міського середовища, сприяють покращенню екологічних умов. Саме зелена структура є фактором, що забезпечує стійкий розвиток міст [9]. Екосистемні послуги зелених насаджень в мегаполісі різноманітні [10]. Рослини зелених масивів оптимізують вологість повітря, температуру, знижу-

ють рівень шуму [11–15], що особливо важливо для великих промислових міст.

Значна роль рослинності в оптимізації техногенного середовища [16]. Вона доочищує повітря від шкідливих газів, таких як оксид сірки, хлор, фтористі та фенольні сполуки, що викидаються в атмосферу внаслідок виробничої діяльності людини [17–20]. Рослини також осаджують пил, який містить значну частку важких металів [21–24].

Дніпро велике індустріальне місто, центр чорної металургії України. Тому збереження і охорона парків на його території є актуальним завданням. Стеження за динамікою стану рослинності є необхідною умовою їх охорони, збереження і відтворення. Також такі знання необхідні для створення банку даних для моніторингу стану паркових насаджень.

Використання сучасних інформаційних технологій, таких як методи дистанційного зондування для збору і аналізу інформації, надзвичайно важливе для моніторингу зеленого фонду [25–28]. Зазвичай, щоб оцінити за багатоспектральними космічними знімками стан та кількість рослинності застосовують різноманітні вегетаційні індекси GCI, NDVI, ARVI тощо [29–31]. Для оцінки щільності рослинного покриву надають перевагу індексу вегетації NDVI.

Метою даної роботи є аналіз змін життєвого стану та щільності насаджень провідних парків індустріального міста Дніпро протягом 20 років. У ході дослідження на основі багаторічного ряду супутникових знімків вирішувалися дві основні задачі: порівняння стану рослинного покриву і щільності насаджень парків м. Дніпро за 20-річний період.

Новизна даної роботи полягає у тому, що вперше у динаміці було досліджено стан деревних насаджень основних парків м. Дніпро з використанням даних супутника Landsat за 20-річний період з інтервалом у 5 років.

Матеріали та методи досліджень. Для оцінки динаміки стану та щільності рослинності парків була зібрана серія супутникових знімків Landsat у часовому діапазоні за 2001–2020 рр., а саме – 21.06.2020; 15.06.2010; 17.06.2005; 16.06.2001. Відбір знімків проводився за критеріями мінімальної хмарності, відсутності диму. Всі сцени, що були взяті для аналізу, характеризували стан рослинності в червні кожного з досліджуваних років. Для виявлення зв'язку між показниками вегетаційного індексу і продуктивністю різних паркових зон порівнювали дані наших маршрутних досліджень з отриманими значеннями індексів за допомогою космічних знімків.

Оскільки використовувалися знімки середнього просторового розрізнення, територія однієї сцени значно перевищує область досліджуваного об'єкту, тобто площу парку. Відповідно, для подальшої роботи всі знімки «обрізалися» до потрібної території за полігоном.

Індекс NDVI вегетації насаджень провідних парків м. Дніпро розраховували за наступною формулою:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED},$$

де NIR – відбиття в ближній інфрачервоній області спектру; RED – відбиття в червоній області спектру. Завдяки особливостям відображення в NIR-RED областях спектра, природні об'єкти мають фіксовані значення NDVI, що дозволяє використовувати цей параметр для їх ідентифікації та оцінки стану.

Для ідентифікації зеленого покриву В. І. Лялько зі співавт. [32] запропонував шкалу значень: 0,2–0,3 відповідають трав'яній рослинності, а 0,4–0,6 – листяним деревостаном. Основні критерії розпізнавання стану рослинності за значенням NDVI запропоновані в роботі І. Г. Семенової [33].

Критерії розпізнавання стану рослинності за значенням NDVI [33]:

Значення NDVI	Стан рослинності
0,71–1,00	Дуже добрий
0,56–0,70	Добрий
0,41–0,55	Задовільний
0,31–0,40	Поганий
0,20–0,30	Пригнічений

Композиційне зображення, яке було створене на підставі вегетаційних індексів, дає можливість ефективніше розрізняти структуру насаджень парків м. Дніпро, дослідити їх стан й визначити їх вікові зміни в часі.

Таким чином, була отримана серія тематичних карт (часова) з 2001 по 2020 рр. за значеннями нормалізованого відносного індексу рослинності. Для кожної з них на основі частотних гістограм розподілу значень NDVI було проведено визначення відносних площ територій (відсоток від загальної площі дослідження).

Результати та обговорення. У ході дослідження шляхом супутникового моніторингу були виявлені зміни щільності рослин Севастопольського парку та оцінено їх розмір. Першим логічним етапом проведення аналізу стало встановлення змін стану рослинності за досліджувані періоди (2001, 2005, 2010, 2015, 2020 рр.). Створено порівняльну таблицю (табл. 1) результатів з використанням стандартизованої шкали нормалізованого відносного індексу для уніфікації отриманих значень.

На зображеннях (рис. 1) добре видно, як змінювалась структура насадження з 2001 по 2020 рр.

Територія парку, на якій не було рослинності, у 2020 р. становила 1,91 %, хоча в 2015, 2010, 2005 рр. ділянки без рослинності не виявлені (табл. 1). Значення індексу NDVI у діапазоні від 0,2 до 0,4 (розріджена рослинність) у 2000, 2005, 2015, 2020 рр. досліджень залишались на одному рівні. Максимальні величини в цій категорії щільності рослин (21,02 %) спостерігались в 2010 р.

Таблиця 1

Значення NDVI рослинності Севастопольського парку в досліджуванні роки

Клас	Назва класу	Діапазон значень	Відносна площа, %				
			2001 р.	2005 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.
1	Густа рослинність	0,9–1	0	0	0	0	2,55
2	Густа рослинність	0,8–0,9	0	0	0	0	28,98
3	Густа рослинність	0,7–0,8	27,63	16,45	0	25,00	19,43
4	Густа рослинність	0,6–0,7	22,37	26,32	16,45	23,03	12,74
5	Помірна рослинність	0,5–0,6	27,63	28,95	34,21	25,00	12,74
6	Помірна рослинність	0,4–0,5	12,50	17,76	28,29	18,42	9,87
7	Розріджена рослинність	0,3–0,4	7,24	6,58	13,16	6,58	7,96
8	Розріджена рослинність	0,2–0,3	1,97	3,95	7,89	1,97	3,82
9	Відкритий ґрунт	0,1–0,2	0,66	0	0	0	1,59
10	Відкритий ґрунт	-1–0,1	0	0	0	0	0,32

Розміри ділянки парку з помірною щільністю рослин у 2020 р., порівняно з 2015 р., знизився майже вдвічі, а в 2001, 2005 та 2015 рр. цей показник знаходився майже на одному рівні (40,13; 46,71 та 43,42

%, відповідно). Рослинність з помірною щільністю займала у 2010 р найбільшу площу. Протилежна тенденція простежується з величиною території, на якій визначена густа рослинність. У 2020 р. 63,7 % тери-

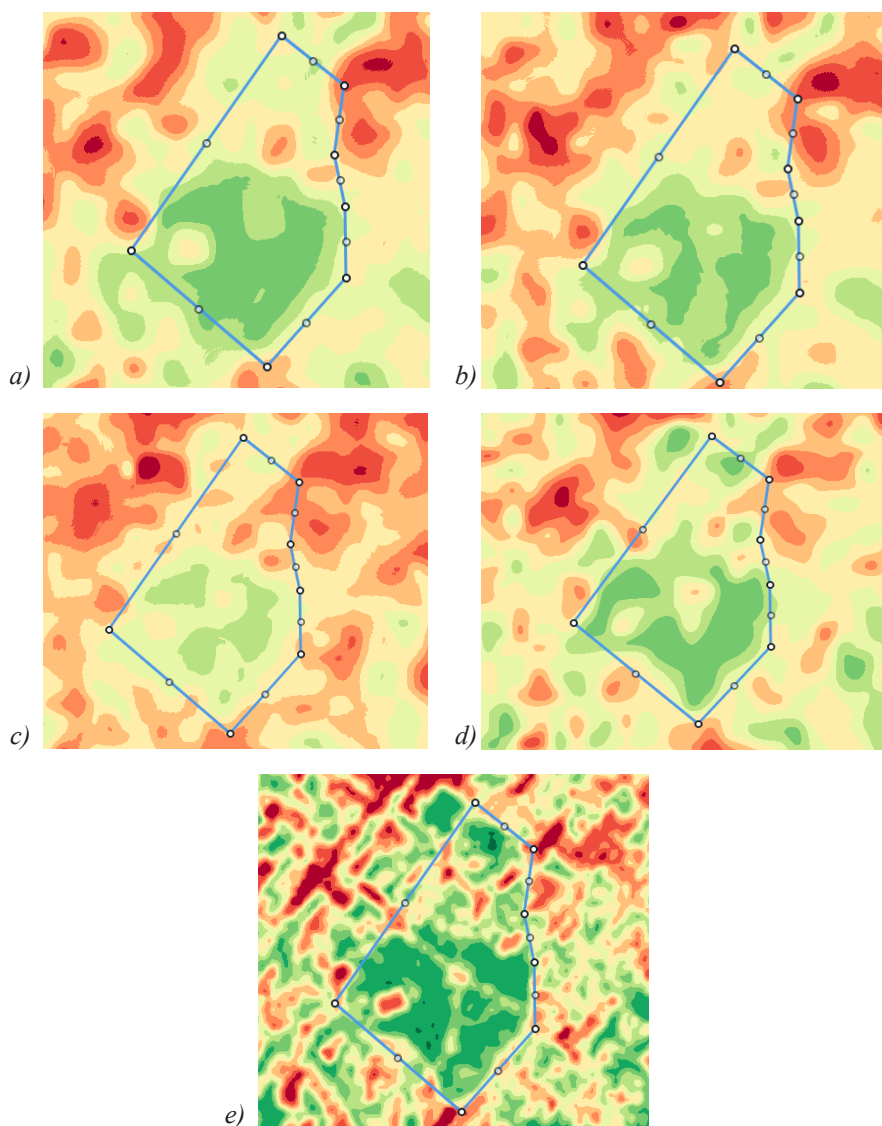


Рис. 1. Щільність рослин Севастопольського парку: а) 2001 р.; б) 2005 р.; в) 2010 р.; д) 2015 р.; е) 2020 р.

торії парку займає густа рослинність. Це найбільший показник за усі роки досліджень.

Майже однакова площа зі значеннями нормалізовано індексу 0,6–1,0 в 2001 та 2015 рр. (50,0 та 48,03%, відповідно). Найменша площа зі щільною рослинністю відмічена в 2010 р. Слід зазначити, що рослинності зі щільністю у діапазоні значень 0,9–1 та 0,8–0,9 у всі роки досліджень, крім 2020 р., не виявлено. У останньому (2020 р.) площа рослинності у цих діапазонах становить 2,55 та 28,98% відповідно, а у діапазоні значень 0,6–0,7 вона менша, ніж у попередні роки.

Отже, за допомогою космічних знімків виявили, що щільність рослинного покриву Севастопольського парку змінюється з роками. Зростає площа щільних насаджень у 2020 р. у діапазоні 0,6–1,0, особливо 0,8–0,9. Знижується площа помірної рослинності і збільшується площа відкритого ґрунту. Це можна пояснити роботами з часткової реконструкції деревних насаджень парку Севастопольський, які були проведені у 2008 р.

Згідно критеріїв розпізнавання стану рослинності за показниками NDVI, що представлені І. Г. Семеновою [33], дуже добрий стан у Севастопольському парку у 2001 р. властивий 27,63% рослинності. Надалі спостерігається зменшення цього показника з мінімумом у 2010 р. У 2015 р. встановлено значне його зростання, а у 2020 р. цей індекс максимальний за всі роки досліджень – 50,96%, що пояснюється реконструкцією парку з посадкою молодих деревних рослин. Найбільший відсоток рослинності у пригніченому й поганому стані встановлено у 2010 р.

У парку ім. В. Дубініна у 2001 та 2010 рр. не було території з відкритим ґрунтом (табл. 2). У 2020 р. даний показник сягав 3,72%, це найбільші значення в цьому діапазоні за роки дослідження (рис. 2).

Таким чином, порівняння щільність рослинності парку ім. Володі Дубініна за роки дослідження свідчить, що відбувались негативні процеси на певних етапах. Площа щільного деревостану з 2001 р. падає до 2010 р., проте надалі зростає до 2020 р. Це можна пояснити відсутністю догляду за парком і заги-

беллю частини деревостану з наступним спонтанним ростом самосіву і підросту деревних рослин, які зайняли великі його території. Разом з тим, у 2020 р. знизилась площа з помірною рослинністю, натомість збільшилась територія з розрідженою рослинністю та відкритим ґрунтом й з густою рослинністю.

Аналіз стану рослинності за шкалою І. Г. Семенової [33] у парку ім. В. Дубініна свідчить, що у дуже доброму стані в 2001 р. знаходиться 30,34%, а у 2010 р., як і у Севастопольському парку, цей показник падає до 0 з подальшим збільшенням у 2015 і 2020 рр. Значення індексу, що характеризує дуже добрий стан рослинності максимальний у 2020 р. Площа рослинності, що перебуває у поганому і пригніченому стані з 2001 р. поступово збільшується до 2010 р. (в 1,65 рази). У 2015 р. цей показник підвищується більше, ніж у два рази (2,15), зі значним зростанням частки рослин як у поганому, так і пригніченому стані. Подібні зміни відбувались і у Севастопольському парку.

На рис. 3 представлені космічні знімки парку ім. Б. Хмельницького. Як видно, найбільші зміни щільності деревостану відбулися в 2010 р. У цей період значно зменшилась площа з густою рослинністю та збільшилась з помірною щільністю рослин (табл. 3, рис. 3).

Територія парку, на якій щільність рослинності відповідає значенням індексу NDVI як розріджена, за роки дослідження дещо зростає в 2010 р. і становила 8,85%, далі вона майже не змінюється: у 2015 р. – 7,38%, а у 2020 р. – 8,86%. З 2001 по 2010 рр. величина території без рослинності не змінювалась, і становила 0,37%, а в 2020 р. стала більшою – 4,77%.

У 2001, 2005, 2015 та 2020 рр. розміри територій з великою щільністю рослин також мали близькі числові показники (від 71,96% у 2001 р. до 75,81% у 2020 р.), у 2010 р. – всього 36,53%. Це пояснюється тим, що не здійснювалось відновлення насаджень на місцях загибелі старих дерев.

Площа ділянок парку з помірною рослинністю в 2001 та 2005 рр. майже однакова (21,40 та 22,14%), а в 2020 р. вона знизилася наполовину – 10,56%.

Таблиця 2

Значення NDVI рослинності парку ім. Володі Дубініна в досліджуванні роки

Клас	Назва класу	Діапазон значень	Відносна площа, %				
			2001 р.	2005 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.
1	Густа рослинність	0,9–1	0	0	0	0	1,6
2	Густа рослинність	0,8–0,9	0	0	0	1,12	20,21
3	Густа рослинність	0,7–0,8	30,34	20,22	0	33,71	20,74
4	Густа рослинність	0,6–0,7	30,34	25,84	21,35	15,73	14,36
5	Помірна рослинність	0,5–0,6	26,97	33,71	25,84	31,46	12,23
6	Помірна рослинність	0,4–0,5	8,99	8,99	35,96	8,99	10,64
7	Розріджена рослинність	0,3–0,4	1,12	6,74	11,24	4,49	7,98
8	Розріджена рослинність	0,2–0,3	2,25	3,37	5,62	3,37	8,51
9	Відкритий ґрунт	0,1–0,2	0	1,12	0	1,12	2,66
10	Відкритий ґрунт	–1–0,1	0	0	0	0	1,06

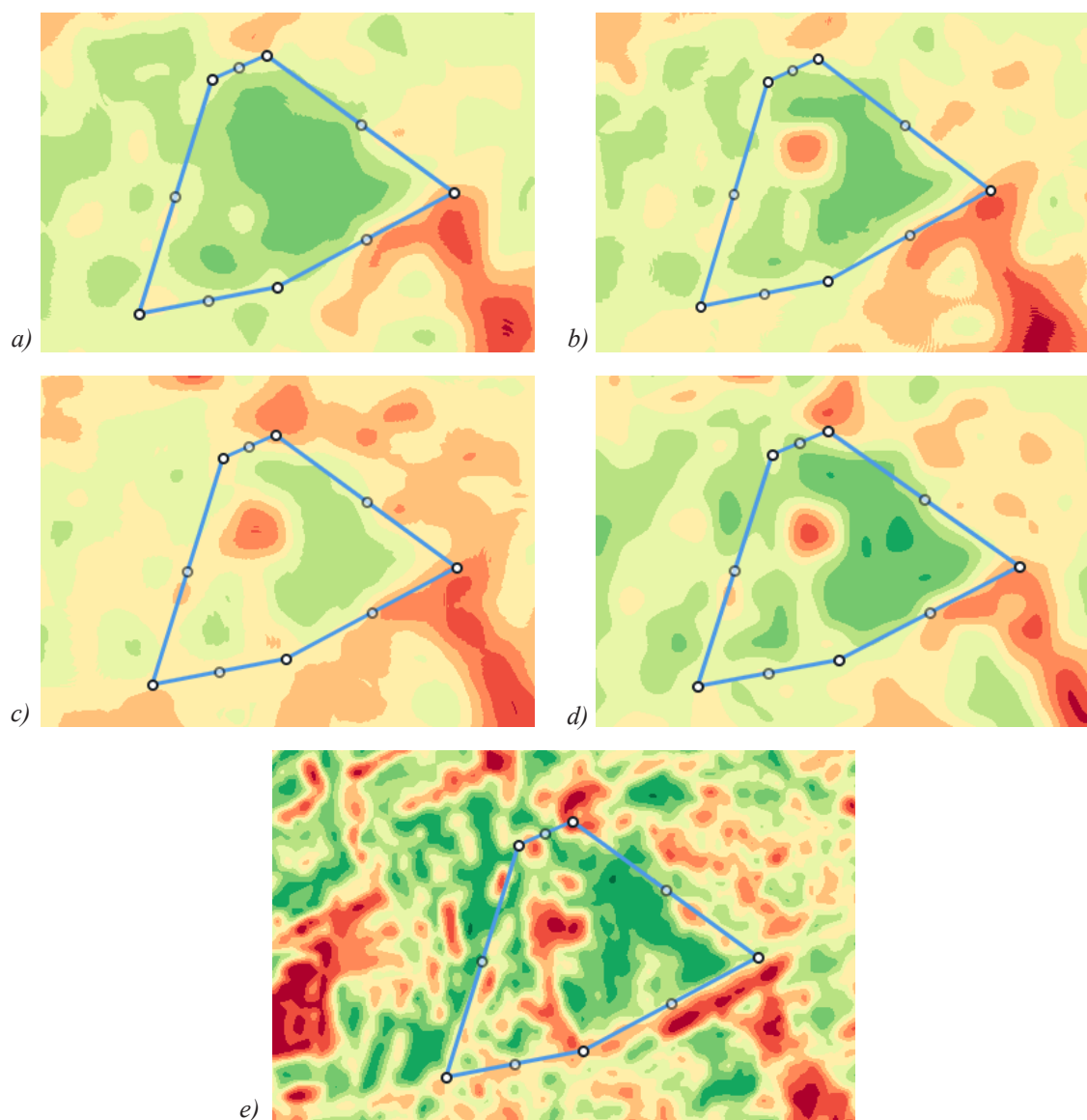


Рис. 2. Щільність рослинності парку ім. Володі Дубініна: а) 2001 р.; б) 2005 р.; в) 2010 р.; д) 2015 р.; е) 2020 р.

Таблиця 3

Значення рослинності NDVI парку ім. Б. Хмельницького в досліджуванні роки

Клас	Назва класу	Діапазон значень	Відносна площа, %				
			2001 р.	2005 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.
1	Густа рослинність	0,9 – 1	0	0	0	0	9,71
2	Густа рослинність	0,8–0,9	0	0	0	5,17	41,57
3	Густа рослинність	0,7–0,8	52,77	52,4	0	49,08	13,97
4	Густа рослинність	0,6–0,7	19,19	19,93	36,53	19,56	10,56
5	Помірна рослинність	0,5–0,6	14,02	13,65	34,69	10,7	6,47
6	Помірна рослинність	0,4–0,5	7,38	8,49	19,56	8,12	4,09
7	Розріджена рослинність	0,3–0,4	4,43	4,06	6,27	4,80	6,13
8	Розріджена рослинність	0,2–0,3	1,85	1,11	2,58	2,58	2,73
9	Відкритий ґрунт	0,1–0,2	0,37	0,37	0,37	0	3,24
10	Відкритий ґрунт	-1 – 0,1	0	0	0	0	1,53

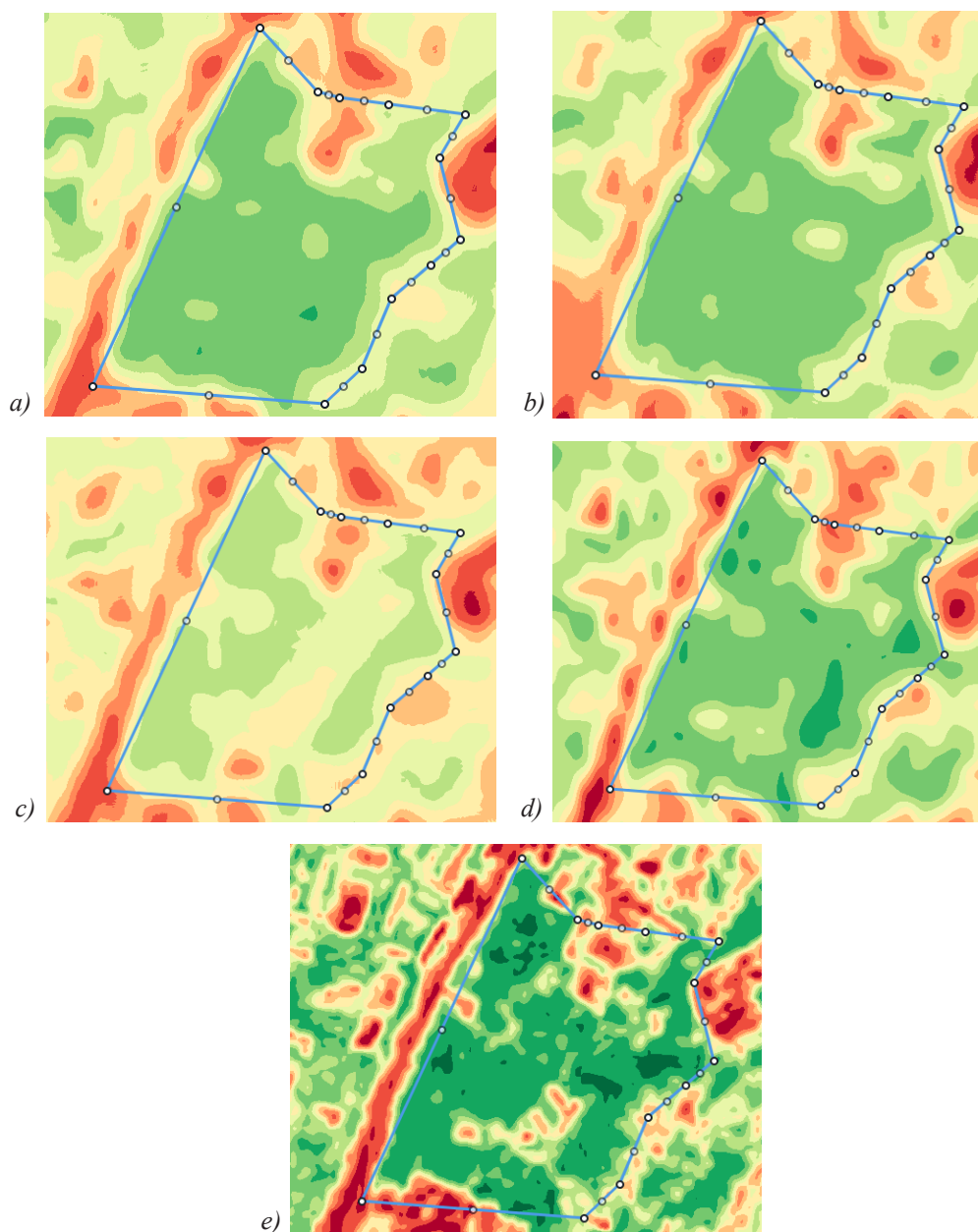


Рис. 3. Щільність рослинності парку ім. Богдана Хмельницького: а) 2001 р.; б) 2005 р.; в) 2010 р.; г) 2015 р.; д) 2020 р.

Оцінка стану рослинності за шкалою Г. І. Семенової [33] показує, що близько половини рослинності на території парку ім. Б. Хмельницького у дуже доброму стані визначено у 2001 р. і в 2005 р. У 2010 р. цей показник різко падає, хоча у 2015 р. піднімається і незначно перевищує значення 2001–2005 рр. У 2020 р. відсоток рослин у дуже доброму стані найвищий. В 2010 р. на фоні мінімуму рослин у цій категорії виявлено найбільший показник рослин у «доброму» стані – 53,91%, в той час як у 2015 р. – 24,88%. Двадцять років тому таких рослин було 23,20%, а 15 років – 27,25%. У 2001 р. рослинність задовільного стану складає 14,39%, а у 2010 р. – 36,90%. Це найбільша цифра за всі роки досліджень, найменша вона у 2020 р. – 7,32%.

Зображення щільності рослинності парку ім. Т. Г. Шевченка представлені на знімках з космосу (рис. 4). З 2001 по 2010 рр. спостерігається поступове зменшення площі зі значеннями NDVI від 0,6 до 1, що відповідає значенню густа рослинність. Площа, яка входить до діапазону цих значень, скоротилася на 30%. З 2015 по 2020 рр. спостерігається її збільшення. У 2020 р. густа рослинність займає 63,77% від загальної території парку, що становить найбільше значення у цьому діапазоні порівняно з показниками в інші роки досліджень (табл. 4).

Показники, які відповідають за значеннями нормалізованого індексу помірній щільності рослин, з 2001 по 2005 рр. залишилися майже на одному

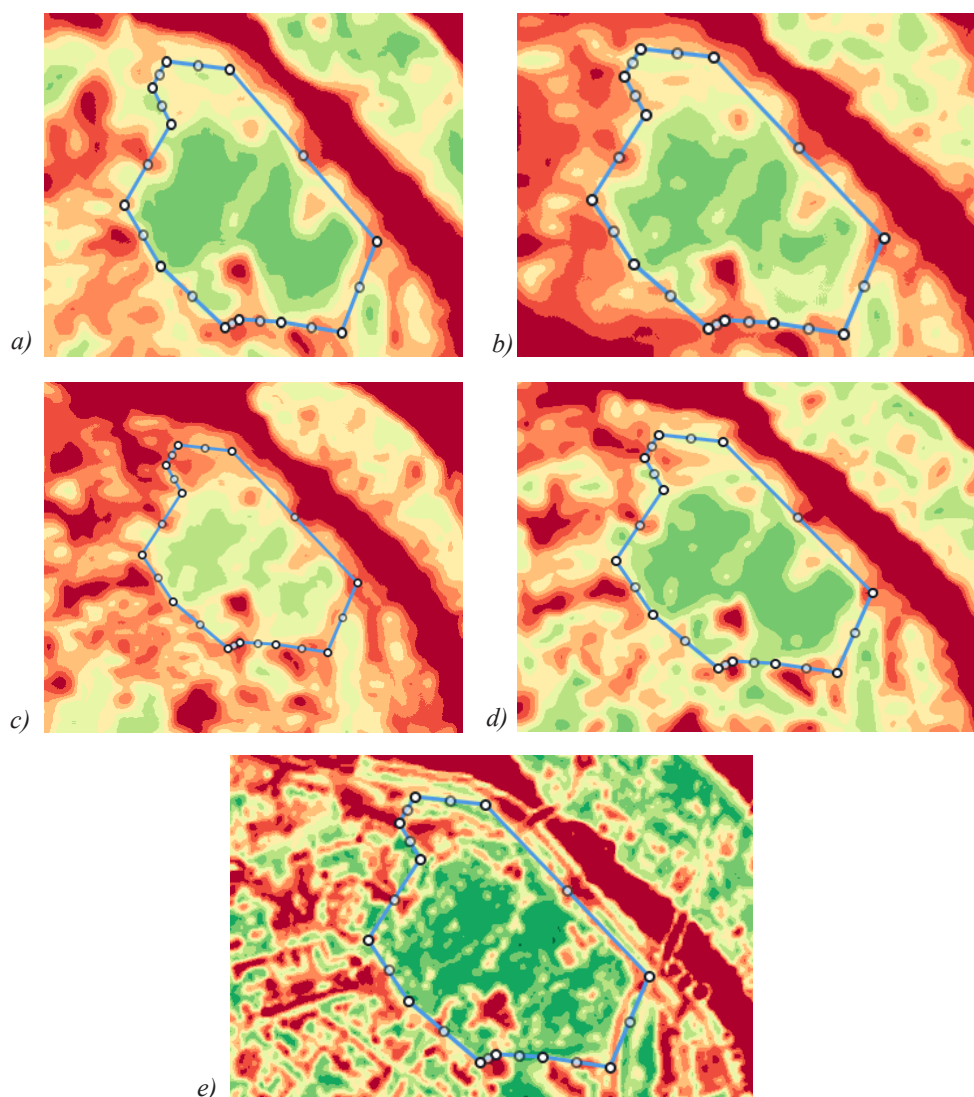


Рис. 4. Щільність рослин парку ім. Т.Г. Шевченка: а) 2001 р.; б) 2005 р.; в) 2010 р.; д) 2015 р.; е) 2020 р.

Таблиця 4

Значення NDVI рослинності парку ім. Т.Г. Шевченка в досліджуванні роки

Клас	Назва класу	Діапазон значень	Відносна площа, %				
			2001	2005	2010	2015	2020
1	Густа рослинність	0,9 – 1	0	0	0	0	0,78
2	Густа рослинність	0,8 – 0,9	0	0	0	0	28,31
3	Густа рослинність	0,7 – 0,8	32,86	17,56	0	32,86	22,08
4	Густа рослинність	0,6 – 0,7	16,49	23,8	19,55	20,4	12,6
5	Помірна рослинність	0,5 – 0,6	18,7	19,26	28,33	15,3	10,91
6	Помірна рослинність	0,4 – 0,5	16,71	15,3	17,28	13,03	7,4
7	Розріджена рослинність	0,3 – 0,4	8,22	14,73	18,7	11,61	5,84
8	Розріджена рослинність	0,2 – 0,3	5,67	6,52	11,05	3,4	5,97
9	Відкритий ґрунт	0,1 – 0,2	1,13	2,27	3,97	2,55	3,77
10	Відкритий ґрунт	-1 – 0,1	0,28	0,57	1,13	0,85	2,34

рівні (35,41 та 34,56%). У 2010 р. ця величина максимальна за всі роки досліджень, а з 2015 р. зменшується відсоток площі з цими значеннями NDVI і найнижчий він у 2020 р.

Площа парку з розрідженою рослинністю в 2001 р. становить 13,89%, в 2005 та 2010 рр. територія з такою щільністю рослин (значення нормалізованого індексу 0,2–0,4) зростає. Вона займає

21,25 та 29,75%, відповідно, але цей показник знижується в 2015 р. до 15,01% і 2020 р. до 11,81%. З 2001 по 2020 рр. поступово збільшується територія, яка відповідає значенням NDVI як відкритий ґрунт і досягає максимуму значень – 6,11%. Причиною цього є будівництво нових споруд по межі парку та кіосків на його території.

Отже, після 2010 р. до 2020 р. простежується збільшення території з густою рослинністю та зменшення з розрідженою та помірною щільністю. Стає більшою площа без рослинності. З 2005 по 2010 рр. відбувається негативна тенденція в змінах щільності деревостану парку.

Показники стану рослинності за значеннями NDVI в парку ім. Т. Г. Шевченка змінюються за роками. Відсоток рослинності у дуже доброму стані найбільший у 2001 р., в 2005 р. він знижується майже вдвічі і падає до нуля в 2010 р., як і у всіх досліджуваних парках. У 2015 р. цей індекс значно зростає з максимумом у 2020 р. Відсоток рослин у поганому і пригніченому стані (разом) найбільший у 2010 р. Він зростає з 2001 по 2010 рр., після чого знижується. Отже,

цей показник найбільший у 2010 р., а найменший у 2020 р. В цілому, відсоток рослин у доброму і дуже доброму стані (разом) падає з 2001 до 2010 рр., після чого збільшується і найвищий він у 2020 р.

Дослідження щільності рослин в парку Тунельна балка (рис. 5) показали, що показники у 2005 та 2010 рр. значно відрізняються від інших років дослідження. У діапазоні значень NDVI 1,0–6,0 вони зменшилися порівняно з 2001 р. (79,16%) (табл. 5). Розміри ділянок з густою рослинністю у 2005 та 2010 рр. були найменшими за всі роки і становили 48,52 та 46,77%. Площа території з помірною щільністю деревостану була 30,7 та 39,5% відповідно (рис. 5).

Територія, яка відповідає значенням індексу від 0,6 до 1 (густа рослинність), у 2015 та 2020 рр. набагато більша, ніж у попередні роки (2005, 2010 рр.), і дорівнює 75,37 та 83,21%, тобто порівняно з 2010 р. зросла у 1,61 та 1,78 рази відповідно.

Площа парку з помірною рослинністю в 2001 та 2015 рр. однакова – 16,53%, а у 2020 р. вона значно менша – 8,75%. Територія, на якій зро-

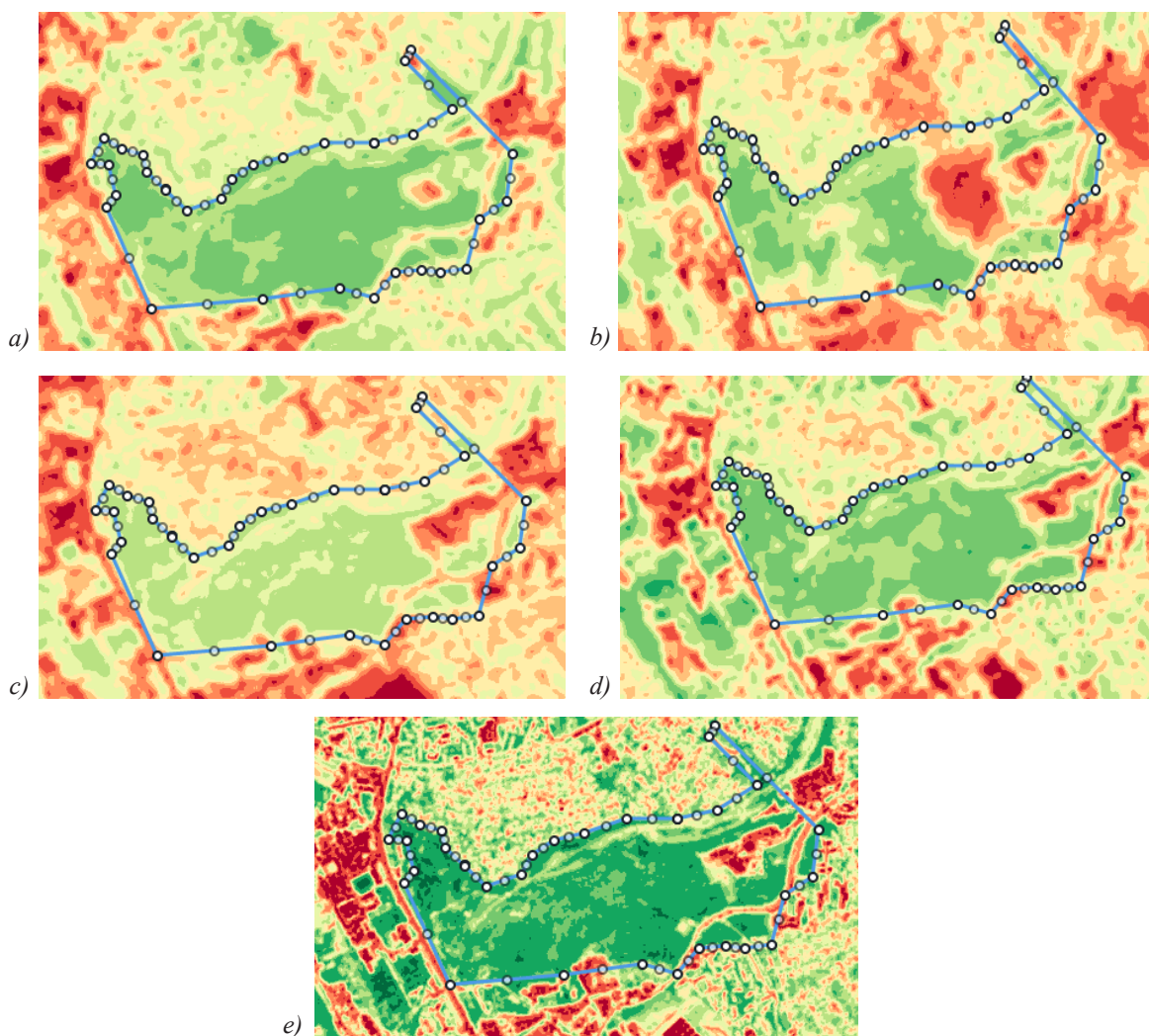


Рис. 5. Щільність рослин Тунельної балки: а) 2001 р.; б) 2005 р.; в) 2010 р.; д) 2015 р.; е) 2020 р.

Таблиця 5

Значення NDVI рослинності лісопарку Тунельна балка в досліджуванні роки

Клас	Назва класу	Діапазон значень	Відносна площа, %				
			2001	2005	2010	2015	2020
1	Густа рослинність	0,9–1	0	0	0	0	3,91
2	Густа рослинність	0,8–0,9	0	0	0	0,23	51,31
3	Густа рослинність	0,7–0,8	48,36	21,4	0	46,15	19,04
4	Густа рослинність	0,6–0,7	30,8	27,12	46,77	28,99	8,95
5	Помірна рослинність	0,5–0,6	11,38	15,69	27,5	11,49	5,59
6	Помірна рослинність	0,4–0,5	5,15	15,01	12	5,04	3,16
7	Розріджена рослинність	0,3–0,4	2,66	8,38	6	3,28	2,9
8	Розріджена рослинність	0,2–0,3	1,36	5,61	4,64	2,77	1,97
9	Відкритий ґрунт	0,1–0,2	0,28	6,4	2,77	1,81	1,81
10	Відкритий ґрунт	–1–0,1	0	0,4	0,28	0,23	1,37

стає розріджена рослинність, у 2005 р. збільшується у 3,48 разів порівняно з 2001 р., а надалі поступово скорочується. Мінімальні розміри території з відкритим ґрунтом встановлені у 2001 р. У 2005 р. цей показник зростає з 0,28 до 6,80%. У наступні роки досліджень його величина зменшується, але висхідної величини (2001 р.) не досягає. Територія з відкритим ґрунтом з 2010 по 2020 рр. змінилася мало (від 2,04 до 3,18%). Отже, максимальні значення в цій категорії відмічені в 2005 р.

В урочище Тунельна балка індекс дуже доброго стану рослинності знижується з 2001 до 2010 рр. У 2010 р. він дорівнює нулю. У 2015 р. значно зростає і за значенням перевищує показники 2001 р., а у 2020 р. цей індекс найвищий. Показники дуже доброго і доброго стану у сумі також найвищі у 2020 р. У 2001 і 2015 рр. вони близькі за значеннями. У 2010 р. частка таких рослин найменша, проте при відсутності рослин у дуже доброму стані зростає відсоток рослинності у доброму стані порівняно з іншими роками.

Зображення щільності рослинності у парку ім. Ю. Гагаріна м. Дніпро, що отримали за допомогою космічних знімків, наведені на рис. 6. Дослідження щільності рослин цього парку показали певні зміни розмірів території без рослинності (табл. 6). Максимальні показники встановлені в цьому діапазоні значень в 2001 р. – 1,50%. З 2005 р. поступово зменшується площа без вегетації і в 2010 та 2015 рр. ці цифри складали 0,57%, а у 2020 р. – 0,54%. Слід зазначити, що суттєвими ці зміни назвати неможна, оскільки території відкритого ґрунту дуже малі у всі роки.

Найгірша ситуація в щільності деревостану була в 2005 р. Площа з густою рослинністю знизилась в порівнянні з 2001 р. у 3,35 разів, а з помірною щільністю збільшилась наполовину (з 21,59 до 44,25%). Розріджена рослинність у 2005 р. займала 32,19% площі парку, а у 2001 р. вона становила всього 1,71%. Надалі порівняно з 2005 р. цей показник зменшувався і в 2020 р. досяг майже такої ж величини як і у 2001 р.

Розміри території з помірною щільністю рослинності в 2001 та 2010 рр. були майже на одному рівні (21,59 та 25,96%), у 2005 р. цей показник був максимальним. Далі з 2010 по 2020 рр. спостерігається поступове зменшення ділянок з помірною рослинністю, величина яких доходить до 5,72% в останньому році дослідження.

У 2001 р. площа парку, що займає щільна рослинність (діапазон значень 0,6–1,0), становила 75,00%, надалі у 2005 р. вона значно зменшилася до 22,42%, тобто у 3,35 разів. Але з 2010 по 2020 рр. простежується її збільшення. В останньому році дослідження ця величина становить 91,82%. Слід вказати, що у діапазоні значень NDVI 0,9–1,0 (найщільніша рослинність) розмір території у 2020 р. складає 22,34%, у всі попередні роки – 0, а у діапазоні 0,8–0,9 у 2001 р. – 0,57%, 2005 та 2010 рр. – 0, а у 2015 р. – 8,62%, у 2020 р. – 51,77%, тобто у 2020 р. виявлені найкращі показники щільності рослин у парку. Показники відкритого ґрунту майже не відрізняються у різні роки.

Стан рослинності у парку ім. Ю. Гагаріна, що визначений за шкалою І. Г. Семенової [33], змінюється за роками. Площа дуже доброї рослинності у 2001 р. становить 58,52%, вона різко знижується у 2005 р. і падає до нуля в 2010 р. Проте у цьому році набагато вищі значення, що характеризують рослинність у доброму стані порівняно з іншими роками (більше ніж у 4 рази стосовно 2001 і 2005 рр.). Відсоток дуже доброї рослинності підвищується у 2015 р. і особливо у 2020 р. Найбільша кількість пригніченої рослинності визначена у 2005 р., а найменша – у 2020 р. Проте частка її невелика у всі періоди досліджень. Що стосується рослинності у поганому та задовільному стані, то максимум її припадає на 2005 р., а найнижчі ці показники визначені у 2020 р.

Висновки. Аналіз змін щільності рослинності провідних парків правобережжя м. Дніпро протягом 20 років (2001–2020 рр.) та її життєвого стану з використанням даних супутника Landsat показав, що ці показники змінюються. У період

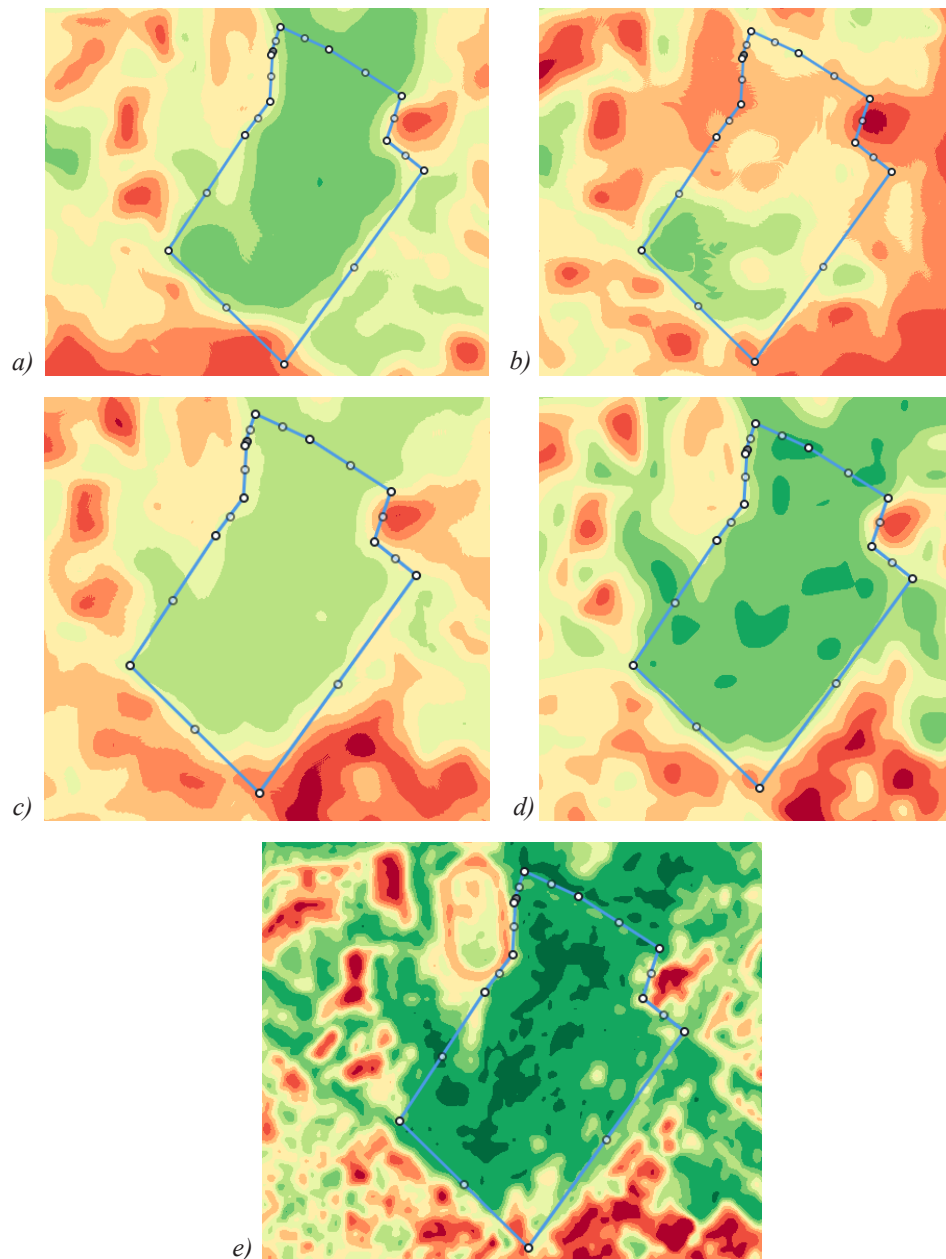


Рис. 6. Щільність рослин парку ім. Ю. Гагаріна: а) 2001 р.; б) 2005 р.; в) 2010 р.; д) 2015 р.; е) 2020 р.

Таблиця 6

Значення рослинності NDVI парку ім. Ю. Гагаріна в досліджуванні роки

Клас	Назва класу	Діапазон значень	Відносна площа, %				
			2001 р.	2005 р.	2010 р.	2015 р.	2020 р.
1	Густа рослинність	0,9–1	0	0	0	0	22,34
2	Густа рослинність	0,8–0,9	0,57	0	0	8,62	51,77
3	Густа рослинність	0,7–0,8	57,95	5,75	0	64,94	11,44
4	Густа рослинність	0,6–0,7	16,48	16,67	67,24	12,64	6,27
5	Помірна рослинність	0,5–0,6	13,64	13,22	17,34	7,47	2,72
6	Помірна рослинність	0,4–0,5	7,95	31,03	8,62	2,30	3,00
7	Розріджена рослинність	0,3–0,4	0,57	26,44	4,02	2,30	1,09
8	Розріджена рослинність	0,2–0,3	1,14	5,75	2,31	1,15	0,82
9	Відкритий ґрунт	0,1–0,2	1,70	0,57	0,57	0,57	0,54
10	Відкритий ґрунт	–1–0,1	0	0,57	0	0	0

до 2010 р. спостерігаються негативні процеси: зниження щільності насаджень парку та погіршення їх стану. Це пов'язано з занепадом парків, відсутністю догляду за рослинами, що було викликано критичним станом економіки країни. Після 2010 р. відбувається підвищення показників щільності та стану рослинності досліджуваних парків з максимумом у 2020 р.

Можна виділити дві основні причини таких змін:

1) посадка молодих дерев (парки ім. Т. Г. Шевченко та Севастопольський) та поступове розростання їх крон; 2) розповсюдження самосіву і спонтанний ріст підросту деревних порід через відсутність агротехнічних заходів (парки ім. Володі

Дубініна, Ю. Гагаріна, територія на схилі парку ім. Т.Г. Шевченка).

У урочище Тунельна балка по дніщу у тальвегу розрослися хаші *Ailanthus altissima*, площа яких з кожним роком зростає. Збільшення площі без рослинності в деяких парках (ім. Т.Г. Шевченко, Б. Хмельницького) пояснюється побудовою кіосків та виділенням ділянок під атракціони, в Тунельній балці – створенням парку розваг «Лавина», а в парку ім. В. Дубініна загибеллю рослин.

Отриманні результати будуть використанні як база даних для моніторингу стану та щільності рослинності парків м. Дніпро та подальшої розробки практичних рекомендацій.

Література

1. Костина А. А., Терешина О. Б. Особенности проектирования городских многофункциональных парков. *Международный электронный научный журнал «Архитектура, градостроительство и дизайн»*. 2018. Т. 2, № 16. С. 2–8.
2. Терешина О. Б., Терешина Е. О. Парк культуры и отдыха как комплексное досуговое пространство. Перспективы развития. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия «Строительство и архитектура». 2021. Т. 21, № 2. С. 5–11.
3. Суслова О. П., Поляков О. К., Хархота Л. В. Стан деревних рослин у паркових насадженнях промислових міст південного сходу України. *Промышленная ботаника*. 2013. Вип. 13. С. 109–115.
4. Авдеева Е. В. Ландшафтная среда как основа устойчивого развития урбанизированных территорий. *Стратегия социально-экономического развития города Красноярск*. Красноярск, 2004. С. 245–247.
5. Сисак В. О., Бармашина Л. М. Проблемы розвитку паркової системи України. *Архитектурный вестник КНУБА*. 2013. Вип. 1. С. 200–212.
6. Іванченко О., Бессонова В., Капелюш Н. Вміст важких металів у листках деревних рослин парків м. Дніпропетровська. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2016. Вип. 72. С. 82–92.
7. Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Аналіз видового складу та стану деревної рослинності парку ім. Б. Хмельницького у м. Дніпропетровську. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво». К., 2013. Вип. 187, ч. 1. С. 11–15.
8. Пономарьова О. А., Бессонова В. П., Іванченко О. Є. Дендрофлора парку ім. Ю. Гагаріна у Дніпропетровську. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.1. С. 63–69.
9. Морозова Г. Ю., Дебелая И. Д. Зеленая инфраструктура как фактор обеспечения устойчивого развития Хабаровска. *Экономика региона*. 2018. № 2. С. 562–574.
10. Румянцев Д. Е., Фролова В.А. Методологические подходы к изучению разнообразия экосистемных услуг зеленых насаждений в мегаполисе. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 10(88). Ч. 2. С. 28–34.
11. Бухарина И. Л., Журавлева А. Н., Большова О. Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. 206 с.
12. Яворовський П. П. Бар'єрно-оздоровлювальна роль лісу і зелених насаджень в урбосередовищі. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2014. 4. С. 1–11.
13. Дубин Р. Б., Левусь Т. М., Фітак М. М. Стан вуличних насаджень центральної частини міста Хмельницького. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. 26(1). С. 41–45.
14. Войко Н. Ю., Добровольская О. Ю. Роль зелених насаджень в організації комфортного міського середовища. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2017. Т. 47. С. 231–237.
15. Ильченко И. А. Система зеленых насаждений города как средообразующий фактор городского микроклимата. *Вестник ТИУиЭ*. 2014. №1(19). С. 37–42.
16. Поляков А. К., Малюгин И. Е., Тарабрин В. П., Королев В. В. Древесные насаждения в оптимизации техногенной и рекреационной среды в Приазовье. Київ: Наукова думка, 1992. 170 с.
17. Bessonova V. P., Sklyarenko A. V. The accumulation of fluoride by leaves of woody plants growing in the area of sanitary protection zones in the industrial region of Zaporizhzhya. *Folia Forestalia Polonica. Series A – Forestry*. 2020. 62(2). P. 128–138.
18. Sklyarenko A. V., Bessonova V. P. Accumulation of sulfur and glutathione in leaves of woody plants growing under the conditions of outdoor air pollution by sulfur dioxide. *Biosystems Diversity*. 2018. 26(4). P. 334–338. doi:10.15421/011849.
19. Sklyarenko A. V., Bessonova V. P. Species diversity of tree plantations in industrial enterprise protective zones (Zaporizhzhya, Ukraine). *Acta Biologica Sibirica*. 2019. 5 (1). P. 167–174. doi:10.14258/abs.v5.i1.5495
20. Складенко А. В., Бессонова В. П. Вміст водорозчинних фенолів в листках деревних рослин санітарно-захисних зон заводів промислової зони Запоріжжя. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. Серія Біологія. 2020. Т. 34. С. 175–184. doi: 10.26565/2075-5457-2020-3 4-18
21. Бессонова В. П. Эффективность осаждения пылевых частиц листьями древесных и кустарниковых растений. *Вопросы защиты природной среды и охраны труда в промышленности*. Сборник научных трудов. 1993. Дніпропетровськ : Видавництво ДДУ. С. 34–37.

22. Чернышенко О. В. Пылефильтрующая способность древесных растений. *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*. 2012. № 3(86). С. 1–10.
23. Брагина О. М., Власова Н. В., Кавеленова Л. М., Манжос М. В., Хабибуллина Л. Р., Моисеева Т. В. Об особенностях участия древесных растений в формировании комплекса аэрозольных загрязнителей воздуха урбосреды. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2015. 5-2. С. 563–569.
24. Денисова Е. С. Использование ивы белой в озеленении санитарно-защитных зон Западной Сибири. *Омский научный вестник*. 2014. 2(134). С. 199–203.
25. Склярченко А. В., Бессонова В. П. Оцінка щільності та стану зелених насаджень санітарно-захисних зон промислових підприємств м. Запоріжжя в динаміці з використанням даних супутника Landsat. *Екологічні науки*. 2020. 1(28). С. 65–77.
26. Байцим А. І., Талах М. В., Стратій В. І. Використання нормалізованого вегетаційного індексу для моніторингу стану рослинного покриву НПП «Вижницький» на основі даних супутникової зйомки. *Молодий вчений*. 2016. № 5. С. 208–213.
27. Mallegowda P., Ganesan R., Krishnan J., Niphadkar M. Assessing habitat quality of forest-corridors through NDVI analysis in dry tropical forests of south India: implications for conservation. *Remote Sensing*. 2015. 15(7). С. 1619–1639. doi:10.3390/rs70201619
28. Рахматуллина И. Р., Рахматуллин З. З., Кулагин А. Ю. Дистанционный мониторинг зеленых насаждений Уфы за 1988–2018 годы. *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2020. № 3. С. 263–274.
29. Лиджиева Л. Ц., Уланова С. С., Федорова Н. Л. Опыт применения индекса вегетации (NDVI) для определения биологической продуктивности фитоценозов аридной зоны на примере региона черные земли. *Изв. Саратов. ун-та. Сер. Химия. Биология. Экология*. 2012. № 2. С. 94–96.
30. Morawitz D. F., Blewett T. M., Cohen A., Alberti M. Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget Sound. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006. 114(1–3). P. 85–106. doi: 10.1007/s10661-006-1679-z
31. Xue J., Su B. Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications. *Journal of Sensors*. 2017. 1–17. doi:10.1155/2017/1353691
32. Лялько В. І., Шпортюк З. М., Сахацький О. І., Сибірцева О. М. Використання індексів червоного краю та водних індексів за гіперспектральними даними EO-1 «Hyperion» для класифікації земного покриву. *Космічна наука і технологія*. 2008. 14(3). С. 55–68.
33. Семенова І. Г. Використання вегетаційних індексів для моніторингу посух в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. № 14. С. 43–52.