

УДК 581.524.2:004.9]:582.747.1

DOI <https://doi.org/10.32782/NSER/2025-1.18>

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПОШИРЕННЯ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ QGIS (НА ПРИКЛАДІ *ACER NEGUNDO* L.)

Федоряк Марія Михайлівна

доктор біологічних наук, професор,

завідувач кафедри екології та біомоніторингу

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

ORCID ID: 0000-0002-6200-1012

Scopus author ID: 55851027500

Researcher ID: D-5830-2016

Москалик Ігор Миколайович

здобувач кафедри екології та біомоніторингу

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

Дослідження присвячене розробці алгоритму створення інтерактивної карти в середовищі QGIS для візуалізації поширення інвазійних видів на прикладі *Acer negundo* L. на основі географічних даних та атрибутивної інформації. Запропонований підхід має наукове і прикладне значення. Отримані дані можуть використовуватися для розробки стратегій контролю за поширенням інвазійних видів в урбанізованому середовищі, на підвищення обізнаності щодо екологічних загроз, спричинених інвазією чужорідних видів у природні та антропогенні біоценози, а також для залучення учнівської та студентської молоді до науково-дослідницької діяльності. Очікується, що створена інтерактивна карта поширення *A. negundo* буде періодично оновлюватися, що сприятиме ефективному управлінню урбаністичними екосистемами та збереженню біорізноманіття.

Проаналізовано поширення *A. negundo* в умовах урбанізованої екосистеми. Модельним полігоном слугувала центральна частина м. Чернівці (14 вулиць), на яких ідентифіковано 420 екземплярів, що росли на узбіччях доріг, у межах шкільних територій, фігурних композиціях. Встановлено, що дерева популяції зростали нерівномірно – від 84 екз. (вул. Миколи Леонтовича) до 2 – (Дмитра Ясенка). У популяції переважають віргінільні особини (44,5%); генеративні складають лише 11%, причому представлені молодими генеративними деревами (g1), тоді як старші генеративні стадії (g3) у досліджених локаціях відсутні. За діаметром стовбура домінували екземпляри з кількома тонкими стовбурами (82,6%).

Ключові слова: *Acer negundo* L., інвазійні види, ГІС, картографування, моніторинг, урбанізоване середовище, Чернівці

Fedoriak M. M., Moskalyk I. M. Visualization of invasive species distribution using QGIS (using *Acer negundo* L. as an example)

This study is dedicated to the development of an algorithm for creating an interactive map in the QGIS environment to visualize the distribution of invasive species, using *Acer negundo* L. as a case study. The mapping approach is based on geographic data and attribute information. The proposed method has both scientific and applied significance. The obtained data can be used for developing strategies to control the spread of invasive species in urban environments, raising awareness of ecological threats caused by biological invasions in natural and anthropogenic biocenoses, and engaging school and university students in scientific research activities. The interactive map of *A. negundo* distribution is expected to be periodically updated, contributing to the effective management of urban ecosystems and biodiversity conservation.

The study analyzes the distribution of *A. negundo* within an urban ecosystem. The model site was the central part of Chernivtsi, covering 14 streets, where 420 specimens were identified. These trees were located along roadsides, within school territories, and in ornamental plantings. The results indicate an uneven population distribution, ranging from 84 individuals on Mykola Leontovych Street to only two on Dmytro Yashenko Street. The population was dominated by virginile individuals (44.5%), while generative trees accounted for only 11%, with exclusively young generative trees (g1) present. Older generative stages (g3) were absent from the studied locations. In terms of trunk diameter, multi-stemmed individuals with several thin trunks prevailed (82.6%).

Key words: *Acer negundo* L., invasive species, GIS, mapping, monitoring, urban environment, Chernivtsi.

Постановка проблеми та її актуальність.

Інвазійні види рослин становлять одну з головних екологічних загроз для природних екосистем. За останні 200 років відмічають тенденцію збільшення кількості нових зареєстрованих інвазійних видів в усьому світі [26]. Останні дослідження демонструють негативний вплив інвазій на екосистеми. Поява біологічних інвазій викликає перерозподіл видів в угрупованнях, що порушує екологічний баланс і може призвести до втрати репрезентативності відповідних флорокомплексів [11]. Зміни структури і динаміки природної флори прогресують за рахунок збільшення частки адвентивних видів. Загальний індекс адвентизації флори України становить 14% – це 830 видів, із яких 10% – високоінвазійні [12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Наразі у світі численні проекти та бази даних присвячені вивченню біологічних інвазій: їх сутності, картуванню, прогнозуванню ризиків та управління природними територіями з урахуванням можливих впливів [17, 19–21, 23, 24].

Більшість інвазійних видів перебувають на стадії розширення свого вторинного ареалу. Тому знання їх біології та екології – це необхідна передумова для моніторингу інвазій (наприклад, [1, 12]).

В умовах України проблема біологічних інвазій стає особливо актуальною через військові дії, що охоплюють значні території. Наразі накопичено значний науковий доробок у дослідженні фітоінвазій. У 2017 році затверджений Перелік інвазійних видів рослин для Закарпатської області (наразі єдиний) [16]. Розроблені методичні рекомендації (наказ Міндовкілля № 290 від 15.03.2024), які дозволять оцінити наявний і потенційний вплив (ризик) інвазійних чужорідних видів. Опубліковано бібліографічне зведення про інвазійні види у флорі України, який містить 2544 літературних джерела, 126 – лише за 2024 рік [15]. Це свідчить про високу зацікавленість наукової спільноти до цієї проблеми.

Acer negundo L. – один із найпоширеніших інвазійних видів в Україні та багатьох інших країнах світу, входить у список топ-10 небезпечних видів, належить до групи високоінвазійних, а також до видів-трансформерів [2, 4, 12, 13]. Період натуралізації виду всього 50 років, для порівняння *Solidago canadensis* L. або *Amorpha fruticosa* L. – 100 років [12]. Розповсюджується у різноманітних природних і антропогенних типах оселищ: ліси, долини річок, узбіччя доріг, парки, смітники, будівельні майданчики. *A. negundo* визнано небезпечним для території України видом і включено до «чорного списку» за чотирма критеріями: 1 – належність до «чорного» списку Європи; 2 – належність до списку фітоінвазій України; 3 – успішна натуралізація/експансія в Україні; 4 – широка екологічна амплітуда, розши-

рення екологічного ареалу [1]. У 2023 році згідно з наказом Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України № 695/39751 від 05.05.2023 вид включений до «Переліку чужорідних видів дерев, заборонених у відтворенні лісів».

Первинний ареал виду – Північна Америка, в Європу інтродукований у XVII столітті, у 1688 році зареєстрований в Англії [22], у 1690 – Голландії, у 1699 – Німеччині, у 1808 – Польщі [27]. В Україну вид потрапив у 1809 р. завдяки Каразіну В. Н., який привіз кілька екземплярів у Основ'янський акліматизаційний сад (біля м. Харків). У 70-х роках минулого століття у Закарпатті вид активно використовували у насадженнях вздовж автодоріг, в озелененні міст (парків, садів та скверів), для укріплення схилів ярів, його верхня межа поширення – 1000 м н.р.м. [4].

A. negundo – анемофільне дводомне дерево. Відмічають переважання чоловічої статі у недостатньо зволжених типах оселищ, а жіночої – у вологих і прируслових типах, хоча причин, які лежать в основі статеві-специфічної оселищної приуроченості, досі не пояснюють [18]. Дерево невибагливе до ґрунтових умов, проте надає перевагу добре дренованим, багатим на поживні речовини ґрунтам із достатнім рівнем зволоження [28], із рН від 6,5 до 7,5, може зростати на засолених і піщаних ґрунтах [13]. Рослина володіє високою насінневою продуктивністю. Швидкість поширення насіння вітром становить 0,6–1 м/рік і до 100 м/рік водою, транспортними засобами, людиною, тваринами та птахами [6]. Відмічено високий алелопатичний потенціал виду, що доводить його негативний вплив на аборигенну флору [1, 9, 10]. Максимальна тривалість життя дерев – приблизно 100 років, проте у середньому лише 60–75 років. Деревина цього виду не використовується для опалення через низьку якість [2, 4].

Важливим інструментом для моніторингу, аналізу та прийняття управлінських рішень щодо інвазійних видів є візуалізація просторового розподілу. Один із сучасних підходів до візуалізації та аналізу таких даних – це використання геоінформаційних систем (ГІС), – найбільш ефективного інструменту пізнання й опису середовища, що постійно змінюється, сучасних комп'ютерних технологій, які дають можливість поєднати модельне зображення території з інформацією табличного типу. Програмне забезпечення QGIS, як потужна платформа з відкритим кодом, надає широкі можливості для обробки, аналізу та картографування просторових даних [7, 8, 14].

Тому дослідження поширення небезпечного виду та розробка інтерактивної карти для його візуалізації є важливою та актуальною науковою задачею.

Мета статті – розробка алгоритму застосування геоінформаційної системи QGIS для візуа-

лізації поширення інвазійних видів у м. Чернівці на прикладі *A. negundo*.

Матеріал і методи. Матеріалом дослідження слугував клен ясенелистий (*Acer negundo* L.) Рослина належить до родини сапіндові (*Sapindaceae*) роду клен (*Acer* L.).

У м. Чернівці виділили модельний полігон, який включав 14 вулиць (рис. 1). Облік дерев здійснювали маршрутним методом. Фіксували координати місця знаходження та атрибутивну інформацію: кількість екземплярів, віковий стан, діаметр стовбура. Вимірювання діаметра стовбура (з точністю до 0,5 см) здійснювали з використанням мірної вилки.

Для візуалізації поширення виду використовували інструментальні можливості вільного програмного забезпечення: геореєстрація та компонування картографічного матеріалу – ГІС Quantum [25]. Географічне поширення виду визначали за допомогою GPS-навігації (Samsung Gelexy j7 (2016)).

Виклад основного матеріалу дослідження. Результати проведених досліджень відображають сучасний стан фітоінвазій в умовах урбоєкосистем. Ці дані можуть слугувати як інформацією для попередження про потенційну небезпеку виду, так і основою моніторингу інвазійного виду.

Під час обстеження вулиць міста обліковано 420 екземплярів *A. negundo*, які зростали, біля узбіччя доріг, на території шкіл як солітери, у фігурних композиціях (рис. 2).

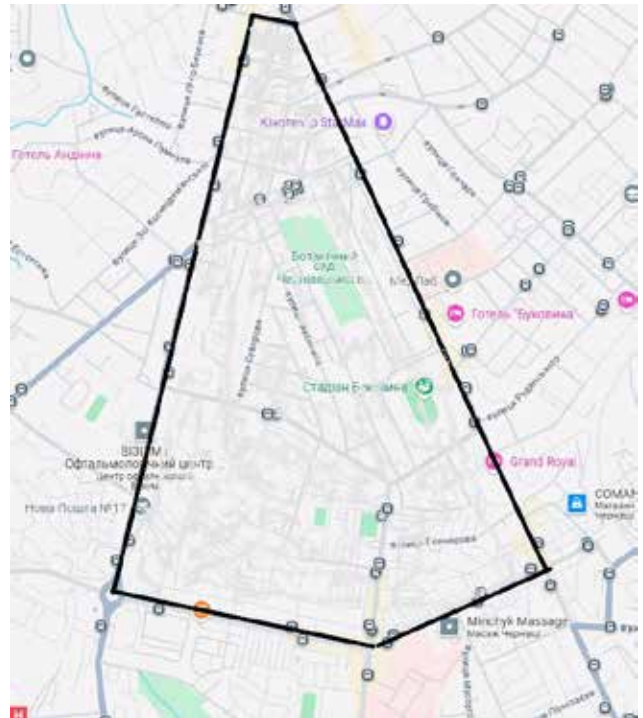


Рис. 1. Модельний полігон дослідження

З'ясовано, що поширення *A. negundo* на вулицях нерівномірне (табл.). Так, на вул. М. Леонтовича зростає 84 екземпляри, на Д. Ясенка – 2, а у середньому – 30 дерев. Віковий спектр дерев представлений чотирма типами: ювенільні – 16,0% (63 екз.), іматурні – 29,6% (124 екз.), вір-



Рис. 2. Місцезростання *Acer negundo* L.

Таблиця 1

Атрибутивна інформація про *Acer negundo* L.

Назва вулиці	Всього, екз.	Віковий стан								Кількість дерев з діаметром стовбура, екз./%		
		ювенільні		імагурні		віргінільні		репродук.		<10 см	10–20 см	>20 см
		екз.	%	екз.	%	екз.	%	екз.	%			
Корнія Товстюка	27	3	11,1	10	37,0	12	44,4	2	7,4	18/66,7	0	9/33,3
Небесної Сотні	37	5	13,5	14	37,8	15	40,5	3	8,1	33/89,2	2/5,4	2/5,4
Олександра Щербанюка	23	5	21,7	8	34,8	9	39,1	1	4,3	23/100	0	0
Головна	6	0	0	6	100	0	0	0	0,0	6/100	0	0
Миколи Леонтовича	84	14	16,7	25	29,8	27	32,1	18	21,4	56/66,7	13/15,5	15/17,9
Миколи Коперника	12	1	8,3	3	25,0	5	41,7	3	25,0	6/50	3/25	3/25
Дмитра Ковальова	50	9	18,0	19	38,0	21	42,0	1	2,0	50/100	0	0
Південно-Кільцева	29	3	10,3	8	27,6	18	62,1	0	0,0	29/100	0	0
Проспект Незалежності	69	9	13,0	11	15,9	37	53,6	12	17,4	54/78,3	5/7,2	10/14,5
Героїв Майдану	33	6	18,2	8	24,2	18	54,5	1	3,0	29/87,9	0	4/12,1
Павла Каспрука	8	0	0,0	2	25,0	5	62,5	1	12,5	5/62,5	0	3/37,5
Дмитра Ясенка	2	0	0,0	0	0,0	2	100	0	0,0	2/100	0	0
Сергія Скальда	36	8	22,2	10	27,8	14	38,9	4	11,1	32/88,9	0	4/11,1
Фізкультурна	4	0	0,0	0	0,0	4	100	0	0,0	4/100	0	0
Разом	420	63	16,0	124	29,6	187	44,5	46	11,0	347/82,6	23/5,5	50/11,9

гінільні – 44,5% (187 екз.), генеративні – 11,0% (46 екз.). На більшості вулиць переважають віргінільні рослини (44,5%), генеративні склали в цілому лише 11%, причому це молоді генеративні дерева (g1), у яких відмічено інтенсивний ріст стовбура у висоту, а старих генеративних дерев (g3) на досліджуваних вулицях не зареєстровано.

Вітенко В. А. [3] відмічає, що ембріональні, ювенільні, імагурні рослини характеризують період молодості дерев. На імагурному етапі у рослин формуються бічні пагони, проте крона ще недорозвинена; діаметр стовбура не перевищує вдвічі діаметр основних гілок, приріст стовбура трохи більший за приріст гілок, що надає дереву округлої форми; листя ще не досягло повної зрілості та не набуло характерної структури дорослої рослини. Віргінільний етап характеризується майже повною сформованістю вигляду дорослого дерева, хоча рослини ще не досягли стадії плодоношення, відбувається максимальний при-

ріст дерев у висоту; крона має витягнуту форму із загостреною верхівкою, діаметр стовбура перевищує діаметр скелетних гілок утричі чи більше. У цей період рослини потребують максимальної кількості світла. Період зрілості деревних порід настає у різні терміни, залежно не лише від внутрішніх, генетичних факторів, але й від умов середовища.

Отже, умови існування та біологічні особливості (наприклад, здатність формувати «деревку» чи порослеву форму) впливають на проходження етапів онтогенезу.

Переважає більшість досліджених нами дерев мала декілька тонких стовбурів з діаметром менше 10 см (82,6%). Лише 11,9% дерев мають діаметр понад 20 см, що свідчить про наявність окремих сформованих дерев, але їхня частка відносно мала. Дослідженнями [5] показано, що на території ПАТ ЦГЗК (Кривий Ріг) більшість дерев *A. negundo* (81,5% від загальної чисельності рос-

лин) мали діаметр стовбура від 14,1 до 30 см, що підтверджує самовідновлення та натуралізацію виду в антропогенних екотопах.

Використовуючи атрибутивну інформацію, яку зібрали у Excel документі, створено інтерактивну карту поширення *A. negundo* (рис. 6), яка дозволяє прогнозувати швидкість поширення виду та ступінь його небезпеки для екосистем міста.

Алгоритм створення інтерактивної карти включав кілька обов'язкових кроків (рис. 3).

Перший крок – це створення проекту. Створені файли в QGIS називали «проектом». Під назвою проекту записували географічну інформацію з відповідними атрибутивними даними. Файли проекту мали розширення *.qgs. Для створення ГІС-проекту конвертували дані у проекцію EPSG:3857 (WGS 84 / Pseudo Mercator). Ця проекція традиційна для масових картографічних сервісів, зокрема Maps Google чи карти Яндекс. Для перегляду всі дані завантажували в QGIS, на основі яких створювали робочу поверхню.

Другий крок – імпортування даних з Excel в QGIS. Формування бази даних: координат місцезнаходження та атрибутивної інформації щодо *A. negundo* на досліджених вулицях з використанням GPS навігатора мобільного телефону.

Атрибутивна таблиця сформована з максимально потрібної, для майбутнього аналізу, верифікованої інформації. Кожний рядок таблиці відповідає одному об'єкту на карті і відображає його атрибути в стовбцях. В таблиці можна вести пошук об'єктів, їх можна виділяти, переміщувати і редагувати (рис. 4). Щоб відкрити таблицю векторного шару необхідно зробити його активним, натиснувши на нього кнопкою миші в легенді карти.

Третій крок – збереження карти. Для збереження карти вибирали в головному меню «Проект» → «Зберегти як зображення», після чого з'являється діалогове вікно стандартного збереження файлу, де вказували шлях запису, ім'я файлу та його формат.

Четвертий крок – вибір системи координат. Перед побудовою точкового векторного шару обирали систему координат (рис. 5). Спочатку ця проекція була створена для відображення точних свідчень компаса в морських подорожах. Додаткова характеристика цієї проекції полягає в тому, що усі форми місцевості є точними і легко впізнаються. Версія проекції Меркатора використовується разом з картографічними веб-сайтами. Радіус сфери дорівнює великій пів осі WGS 1984–6378137,0 метрів.

П'ятий крок – побудова та збереження векторного шару на основі атрибутивних даних. Перш за все, варто зауважити, що будувалися кілька векторних шарів, згідно обраних градацій інвазійного статусу. Кожен шар створювався через систему запитів із застосуванням відповідного фільтру за коміркою з вмістом бальної оцінки статусу. Для сепарування даних за статусом використовували формули, які дозволяли відсікти з масиву даних ті, які були меншими, або більшими відповідного статусу.

Отриманий векторний шар зберігався у shp-форматі. Операція створення відповідного шару повторювалась адекватно кількості градацій.

Шостий крок – створення інтерактивної карти з доступним html інтерфейсом. Для можливості використання отриманої інтерактивної карти без прив'язки до комп'ютера з встановленим ГІС забезпеченням, використовували модуль експорту отриманих карт з можливістю відображення у html форматі.

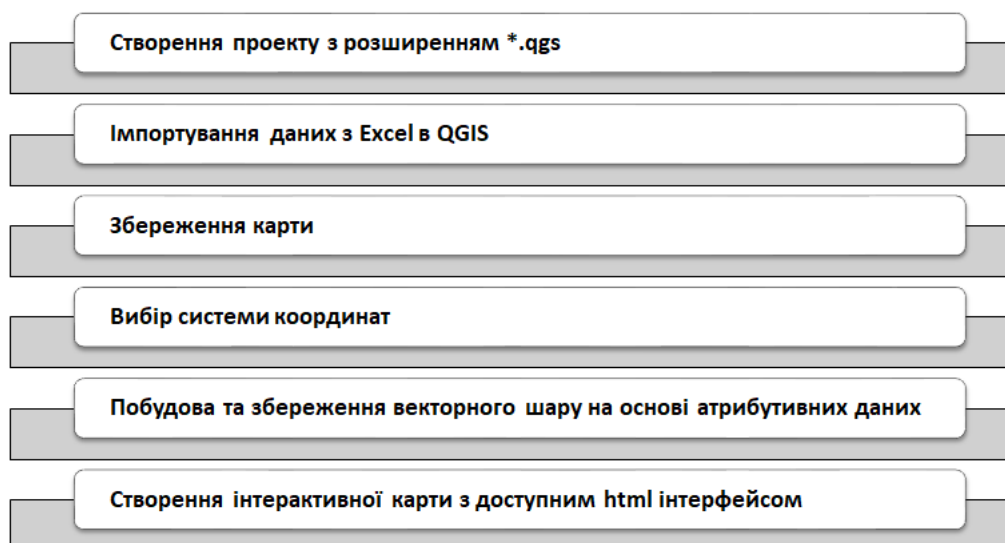


Рис. 3. Алгоритм створення інтерактивної карти поширення *Acer negundo* L.

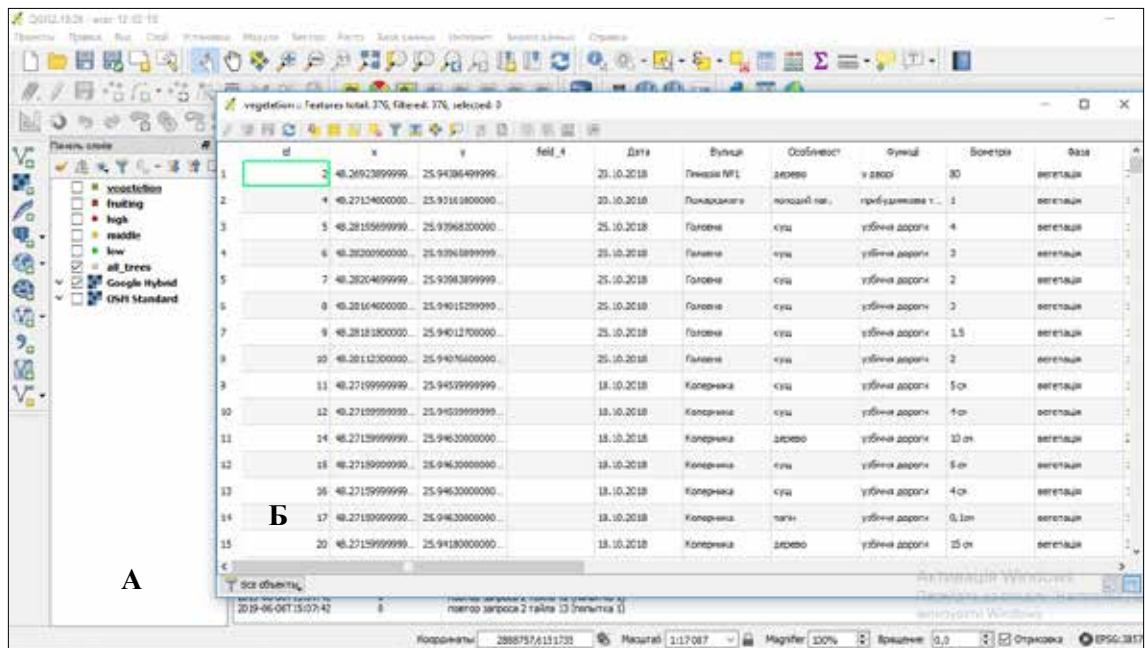


Рис. 4. Відкриття атрибутивної таблиці: А – контекстне меню, Б – атрибутивна таблиця

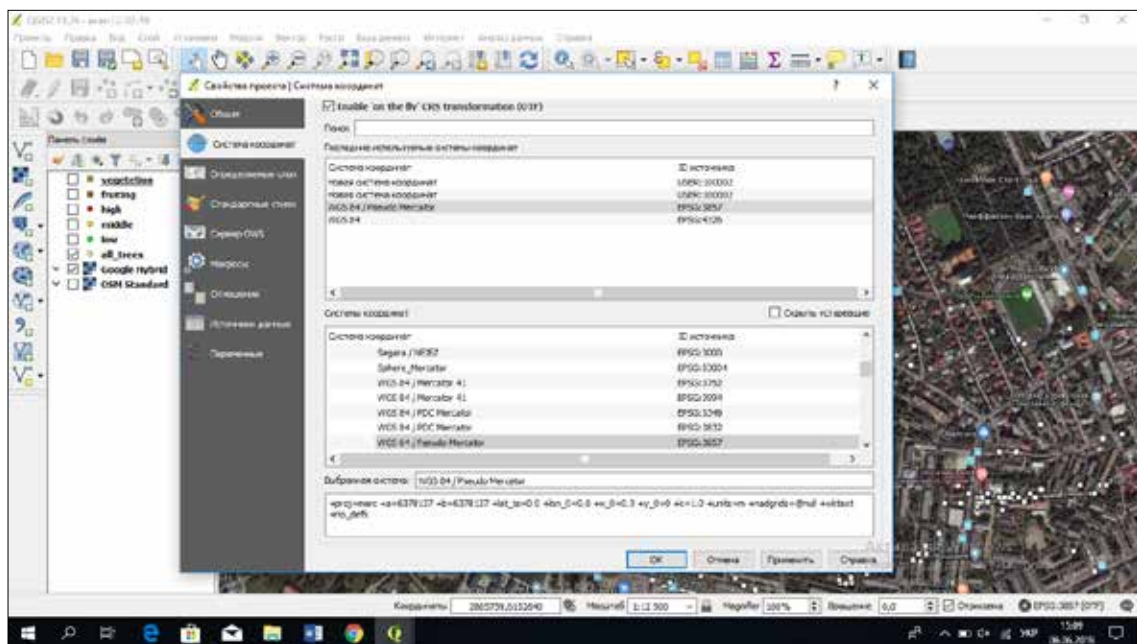


Рис. 5. Вибір системи координат

Такий підхід дозволяє використовувати отримані картографічні засоби на будь-якому комп'ютері, де встановлений хоча б який-небудь інтернет-браузер.

Модуль експорту (GDALTools) у відповідний формат довстановлювався з вільно-доступної бази, прямо з програми QGIS. Варто зауважити, що така можливість – ще одна перевага використання ГІС середовища з відкритим кодом.

Створена інтерактивна карта поширення інвазійного виду *A. negundo* (рис. 6) – важливий інструмент для моніторингу, аналізу та прийняття рішень

у сфері екологічного управління, який допоможе швидко реагувати на загрози, які пов'язані з біологічними інвазіями, та сприятиме збереженню природних екосистем. Карта відображає інформацію не лише про сучасне поширення виду, але й працює як проект, який розрахований на довготривалу роботу із залученням учнів шкіл, студентів різних навчальних закладів, громадян, всіх зацікавлених осіб.

Висновки. Створено інтерактивну карту поширення інвазійного виду *A. negundo* в м. Чернівці з використанням QGIS на основі бази даних

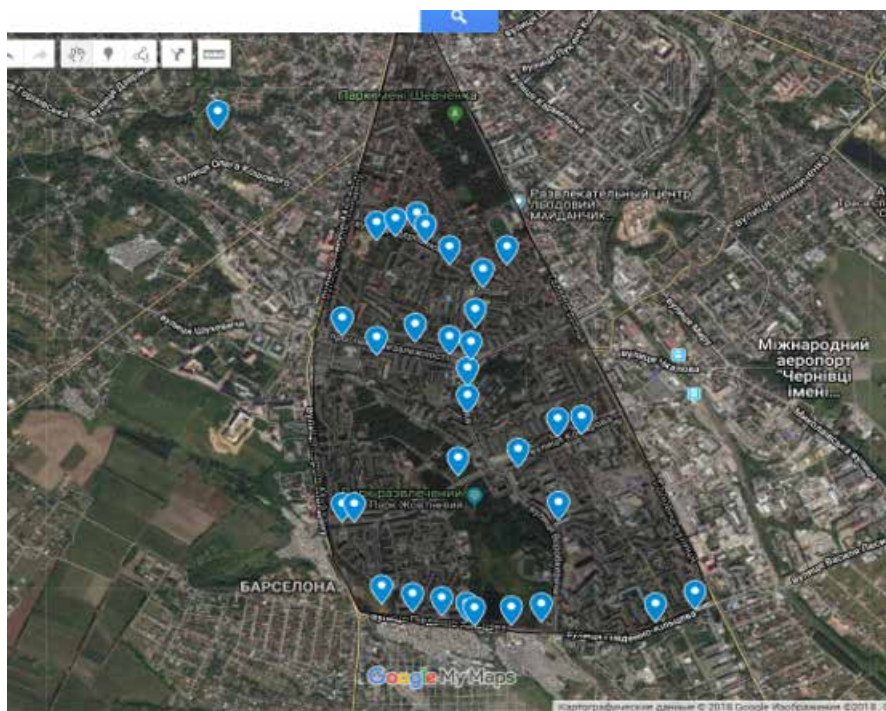


Рис. 6. Інтерактивна карта поширення *Acer negundo* L. на модельному полігоні

географічних координат та атрибутивної інформації для 420 дерев. Це дає можливість проводити довготривалий моніторинг поширення виду, залучення до наукової роботи учнів, студентів та громадськості. Запропонований метод може бути адаптований для аналізу інших інвазійних видів в урбанізованому середовищі.

1. Обліковано дерева інвазійного виду на узбіччі доріг, на території шкіл у солітерних посадках, фігурних композиціях.

2. Серед досліджених дерев переважають віргінські рослини (44,5%), а генеративні екземпляри

(11%) представлені переважно молодими генеративними деревами (g1), що свідчить про активне поширення виду молодого віку на урбанізованій території.

Подяки. Висловлюємо щирі подяки доценту кафедри геоматики, землеустрою та агроменеджменту, к.б.н., доценту Нікоричу Володимирі Андрійовичу за методичні рекомендації щодо застосування ГІС в екології, за допомогу у написанні алгоритму створення інтерактивної карти, за ґрунтовні роз'яснення та можливість опанувати програму QGIS.

Література:

1. Абдулоєва О., Карпенко Н., Сенчило О. Обґрунтування «чорного списку» загрозливих для біорізноманіття інвазійних видів рослин України. *Вісник Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка*. 2008. 108–110.
2. Вихор Б. І., Проць Б. Г. Клен ясенелистий (*Acer negundo* L.) на Закарпатті: екологія, поширення та вплив на довкілля. *Біологічні системи*. 2013. № 7. 130–148. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bist_2013_7_2_14
3. Вітенко В. А. Особливості індивідуального розвитку (онтогенезу) *Morus alba* L. та її декоративних форм в умовах національного дендропарку «Софіївка» НАН України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Вип. 21.4. 39–46.
4. Гичка А. А., Мигаль А. В. Клен ясенелистий (*Acer negundo* L.) у рослинному покриві Закарпаття. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2013. Вип. 2. 168–172.
5. Євтушенко Е. О., Коваленко Л. Г. Вид *Acer negundo* L. в культурфітоценозах ПАТ ЦГЗК: морфометричні показники. *Екологічний вісник Криворіжжя*. 2018. Вип. 3. 42–44.
6. Клименко Т. К., Сягайло І. О. Успішність впровадження інвазійних видів деревних рослин в урбофітоценози. *Екологічні науки*. 2020. № 1(28). 328–224. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.53>
7. Мокін В. Б., Вікторов М. С. Оптимальний вибір ГІС-програм для інтернет-картографування даних екологічного моніторингу. *Наукові праці ВНТУ*. 2008. 57–63.
8. Мокін В. Б., Горячев Г. В. Оптимальний вибір СУБД та геоінформаційних пакетів для систем екологічного моніторингу. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2005. 61–67.
9. Москалик Г. Г., Легета У. В. Алелопатичні властивості видів роду *Acer* L. *Біологічні системи*. 2019. Т. 11. № 2. 154–160. <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.02.154>

10. Москалик Г., Марчук В. Алелопатичні властивості *Acer negundo* L. Матеріали XLIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії». Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2017. 33–36.
11. Протопопова В. В., Мосякін С. Л., Шевера М. В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ : Національна академія наук України Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного. 2002. 32 с.
12. Протопопова В. В., Шевера М. В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів. *Geo & Bio*. 2019. (17). 116–135.
13. Протопопова В. В., Шевера М. В., Чорней І. І., Токарюк А. І., Буджак В. В., Коржан К. В. Види трансформери у флорі Буковинського Передкарпаття. *Український ботанічний журнал*. 2010. 67 (6): 852–864.
14. Федоряк М. М., Черлінка Л. В., Черлінка В. Р., Москалик Г. Г., Легета У. В., Жук А. В., Ситнікова І. О., Москалик І. М., Курищук А. Д. Розробка елементів адаптивного моніторингу екосистемних послуг на модельних засадах. Екологічні науки. 2024. Вип. 4 (55). 211–224. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.есо.4-55.35>
15. Чужорідні види флори України: роки і автори. Бібліографічний покажчик. Випуск 12. Упорядники: Р.І. Бурда, В.В. Протопопова, М.В. Шевера, С.М. Конякін, О.О. Кучер. Київ: [б.в.], 2025. 314 с. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України», Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці ІІ.
16. Шевера М. В., Протопопова В. В., Томенчук Д. Є., Андрик Є. Й., Кіш Р. Я. Перший в Україні офіційний регіональний список інвазійних видів рослин Закарпаття. Вісник НАН України. 2017. (10). 53–61.
17. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe). URL: www.europe-aliens.org
18. Dawson T. E., Ehleringer J. R. Gender-specific physiology, carbon isotope discrimination, and habitat distribution in boxelder, *Acer negundo*. *Ecology*. 1993. (74). 798 с.
19. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). URL: www.eppo.int
20. Gentili R., Schaffner U., Martinoli A., Citterio S. Invasive alien species and biodiversity: impacts and management. *Biodiversity*, 2021. 22(1–2), 1–3. <https://doi.org/10.1080/14888386.2021.1929484>
21. Khomenko T., Tonkha O., Pikovska O. Invasive plant species and their threat to biodiversity. *Plant and Soil Science*. 2023. 14(1). 51–65. doi: 10.31548/plant1.2023.51.
22. Kowarik I. Einführung und Ausbreitung nichtenheimischer Gehölzarten in Berlin und Brandenburg und ihre Folgen für Flora und Vegetation. Ein Modell für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen. 1992. 188 с.
23. Lamdon P.W., Pyšek P., Basnou C., Hejda M., Arianoutsou M., Essl F., Jarošík V., Pergl J., Winter M., Anastasiu P., Andriopoulou P., Bazo I., Brundu G., Celesti-Grapo L., Chassot P., Delipetro P., Josefsson M., Kark S., Klotz S., Kokkoris Y., Kühn I., Marchante H., Perglova I., Pino J., Vilà M., Ziko A., Roy D., Hulme P. E. Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia*. 2008. 80. 101–149.
24. NOBANIS (The North European and Baltic Network on Invasive Alien Species) URL: <http://www.nobanis.org>
25. QGIS Development Team, 2024. QGIS Geographic Information System. URL <http://qgis.osgeo.org>
26. Seebens H., Blackburn T., Dyer E. et al. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*. 2017. 8:14435. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>
27. Szymanowski T. Kiedy zostały wprowadzone obce gatunki drzew do uorawy w Polsce? *Rocznik Dendrologiczny*. 1960. Bd. 14. 81–99.
28. Zavialov A., Remizova M. Unstable patterns of flower structure and development in the almost dioecious species *Acer negundo* (Sapindaceae, Sapindales). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2023. 204. 10.1093/botlinnean/boad048.

References:

1. Abduloieva, O., Karpenko, N., & Senchylo, O. (2008). Obgruntuvannia «chornoho spysku» zahrozlyvykh dla bioriznomanittia invaziinykh vydiv roslyn Ukrainy. *Visnyk Kyivskoho nats. un-tu im. T. Shevchenka*. 108–110. [in Ukrainian].
2. Vykhov, B. I., & Prots, B. H. (2013). Klen yasenelystyi (*Acer negundo* L.) na Zakarpatti: ekolohiia, poshyrennia ta vplyv na dovkillia. [Ash-leaved maple (*Acer negundo* L.) in the transcarpathia: ecology, distribution and impact on environment] *Biologichni systemy*. №7. 130–148. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bist_2013_7_2_14 [in Ukrainian].
3. Vitenko, V. A. (2011). Osoblyvosti indyvidualnoho rozvytku (ontohenezu) *Morus alba* L. ta yii dekoratyvnykh form v umovakh natsionalnoho dendroparku «Sofiivka» NAN Ukrainy. [Ontogeny of *Morus alba* L. and its ornamental forms in the conditions of the National dendrological park «Sofiivka» NAS Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. V. 21.4. 39–46. [in Ukrainian].
4. Hychka, A. A., & Myhal, A. V. (2013). Klen yasenolystyi (*Acer negundo* L.) u roslynnomu pokryvi Zakarpattia. [*Acer negundo* L. in vegetation of Transcarpathia]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu*. Vyp. 2. 168–172. [in Ukrainian].
5. Ievtushenko, E. O., & Kovalenko, L. H. (2018). Vyd *Acer negundo* L. v kulturfytotsenozakh PAT TsHZK: morfometrychni pokaznyky. [Species *Acer negundo* L. in the Culturophytoceonoses of PJSC CGOK: Morphometric Indicators]. *Ekolohichniy visnyk Kryvorizhzhia*. Vyp. 3. 42–44. [in Ukrainian].

6. Klymenko, T. K., & Siahailo, I. O. (2020). Uspishnist vprovadzhenia invaziinykh vydiv derevnykh roslyn v urbofitotsenozy [The efficiency of implantation of invasive plant species into urban phytocenoses]. *Ekologichni nauky*. № 1(28). 328–224. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.53> [in Ukrainian].
7. Mokin, V. B., & Viktorov, M. S. (2008). Optymalnyi vybir HIS-prohram dlia internet-kartohrafuvannia danykh ekologichnoho monitorynhu. [Optimal Selection of GIS Software for Internet Mapping of Environmental Monitoring Data]. *Naukovi pratsi VNTU*. 57–63. [in Ukrainian].
8. Mokin, V. B., & Horiachev, H. V. (2005). Optymalnyi vybir SUBD ta heoinformatsiinykh paketiv dlia system ekologichnoho monitorynhu. [Optimal Selection of DBMS and Geoinformation Packages for Environmental Monitoring Systems]. *Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia*. 61–67. [in Ukrainian].
9. Moskalyk, H. H., & Leheta, U. V. (2019). Alelopatychni vlastyvoli vydiv rodu *Acer* L. [Allelopathic properties of species of the genus *Acer* L.]. *Biologichni systemy*. 2019. T. 11. № 2. 154–160. <https://doi.org/10.31861/biosystems2019.02.154> [in Ukrainian].
10. Moskalyk, H., & Marchuk, V. (2017). Alelopatychni vlastyvoli *Acer negundo* L. [Allelopathic Properties of *Acer negundo* L.]. *Materialy XLIV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii «Problemy ta perspektyvy rozvytku nauky na pochatku tretogo tysiacholittia u krainakh Yevropy ta Azii»*. Zbirnyk naukovykh prats. Pereiaslav-Khmelnitskyi, 2017. 33–36 [in Ukrainian].
11. Protopopova, V. V., Mosiak, S. L., & Shevera, M. V. (2002). Fitoinvazii v Ukraini yak zahroza bioriznomanittiu: suchasnyi stan i zavdannia na maibutnie [Phytoinvasions in Ukraine as a threat to biodiversity: the current state and challenges for the future]. Kyiv : Natsionalna akademiia nauk Ukrainy Instytut botaniky im. M. H. Kholodnoho. 32 p. [in Ukrainian].
12. Protopopova, V. V., & Shevera, M. V. (2019). Invaziini vydy u flori Ukrainy. I. Hrupa vysoko aktyvnykh vydiv [Invasive species in the flora of Ukraine. I. The group of highly active species]. *Geo & Bio*. (17). 116–135. [in Ukrainian].
13. Protopopova, V. V., Shevera, M. V., Chornoi, I. I., Tokariuk, A. I., Budzhak, V. V., & Korzhan, K. V. (2010). Vydy transformery u flori Bukovynskoho Peredkarpattia [Transformer Species in the Flora of the Bukovinian Pre-Carpathians]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*. 67 (6). 852–864. [in Ukrainian].
14. Fedoriak, M. M., Cherlinka, L. V., Cherlinka, V. R., Moskalyk, H. H., Leheta, U. V., Zhuk, A. V., Sytnikova, I. O., Moskalyk, I. M., & Kuryshchuk, A. D. (2024). Rozrobka elementiv adaptivnoho monitorynhu ekosystemnykh posluh na modelnykh zasadakh [Development of elements of adaptive monitoring of ecosystem services on a model basis]. *Ekologichni nauky*. Vyp. 4 (55). 211–224. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.35> [in Ukrainian].
15. Chuzhoridni vydy flory Ukrainy: roky i avtory. Bibliografichnyi pokazhchyk (2025). Vypusk 12. Uporiadnyky: R. I. Burda, V. V. Protopopova, M. V. Shevera, S. M. Koniakin, O. O. Kucher. Kyiv: [b.v.], 314 p. Instytut botaniky im. M.H. Kholodnoho NAN Ukrainy, DU «Instytut evoliutsiinoi ekologii NAN Ukrainy», Zakarpatskyi uhorskyi instytut imeni Ferentsa Rakotsi II. [Alien Species in the Flora of Ukraine: Years and Authors. Bibliographic List]. [in Ukrainian].
16. Shevera, M. V., Protopopova, V. V., Tomenchuk, D. Ye. Andryk, Ye. Y., & Kish, R. Ya. (2017). Pershyi v Ukraini ofitsiinyi rehionalnyi spysok invaziinykh vydiv roslyn Zakarpattia [The first official regional list of invasive species of transcarpathia in Ukraine]. *Visnyk NAN Ukrainy*, (10). 53–61. [in Ukrainian].
17. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe). Retrieved from: www.europe-aliens.org
18. Dawson, T. E., & Ehleringer, J. R. (1993). Gender-specific physiology, carbon isotope discrimination, and habitat distribution in boxelder, *Acer negundo*. *Ecology*. (74) 798 p.
19. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). Retrieved from: www.eppo.int
20. Gentili, R., Schaffner, U., Martinoli, A., & Citterio, S. (2021). Invasive alien species and biodiversity: impacts and management. *Biodiversity*, 22(1–2), 1–3. <https://doi.org/10.1080/14888386.2021.1929484>
21. Khomenko, T., Tonkha, O., & Pikovska, O. (2023). Invasive plant species and their threat to biodiversity. *Plant and Soil Science*. 14(1). 51–65. doi: 10.31548/plant1.2023.51. (In English)
22. Kowarik, I. (1992). Einführung und Ausbreitung nichtenheimischer Gehölzarten in Berlin und Brandenburg und ihre Folgen für Flora und Vegetation. Ein Modell für die Freisetzung gentechnisch veränderter Organisme. 188 p.
23. Lamdon, P.W., Pyšek, P., Basnou, C., Hejda, M., Arianoutsou, M., Essl, F., Jarošík, V., Pergl, J., Winter, M., Anastasiu, P., Andriopoulou, P., Bazo, I., Brundu, G., Celesti-Grapo, L., Chassot, P., Delipetro, P., Josefsson, M., Kark, S., Klotz, S., Kokkoris, Y., Kühn, I., Marchante, H., Perglova, I., Pino, J., Vilà, M., Ziko, A., Roy, D., & Hulme, P.E. (2008). Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia*. 80. 101–149.
24. NOBANIS (The North European and Baltic Network on Invasive Alien Species) Retrieved from: <http://www.nobanis.org>
25. QGIS Development Team, 2024. QGIS Geographic Information System. Retrieved from: <http://qgis.osgeo.org>
26. Seebens, H., Blackburn, T., Dyer, E. et al. (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*. 8:14435. doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>
27. Szymanowski, T. (1960). Kiedy zostaly wprowadzone obce gatunki drzew do uorawy w Polsce? *Rocznik Dendrologiczny*. Bd. 14. 81–99.
28. Zavialov, A., & Remizova, M. (2023). Unstable patterns of flower structure and development in the almost dioecious species *Acer negundo* (Sapindaceae, Sapindales). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 204. 10.1093/botlinnean/boad048.