

А. С. Нечаусов, С. І. Горелик, С. М. Андреев, А. В. Лахтіна

Національний аерокосмічний університет “Харківський авіаційний інститут”, Харків, Україна

МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ЗОН ПІШОЇ ДОСТУПНОСТІ УКРИТТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТИПУ БАЛІСТИЧНИХ СНАРЯДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ

Анотація. У статті проведено аналіз покриття зонами пішої доступності укриттів у м. Миколаєві в умовах потенційної небезпеки. Проведено оцінку місткості діючих та потенційних укриттів, на основі якої зроблено висновок про необхідність створення нових укриттів. Розглянуто методи аналізу покриття зонами пішої доступності укриттів в залежності від типу балістичних снарядів на прикладі міста Миколаїв за допомогою сучасних засобів геопросторового аналізу. Запропоновано практичне вирішення проблеми створення зон пішої доступності укриттів залежно від типу балістичних снарядів за допомогою сучасних засобів геопросторового аналізу. **Метою статті** є підвищення ефективності захисту населення в умовах небезпеки, використовуючи сучасні засоби геопросторового аналізу. **Отримані результати:** виявлені основні недоліки існуючої системи забезпечення безпеки та належного інформування населення щодо укриттів у містах, на базі запропонованої методики проведено аналіз загальної ситуації з укриттями в м. Миколаїв, в результаті якого були побудовані картографічні звіти із розрахованими зонами покриття пішої доступності залежно від типу балістичних снарядів, що надає можливість більш ефективно та обґрунтовано оцінювати безпекову ситуацію та приймати управлінські рішення. **Висновки:** у ході практичної реалізації методики на прикладі міста Миколаїв виявлено, що наявні в місті укриття не здатні забезпечити необхідну часову доступність та не мають необхідної місткості для порятунку навіть половини населення вразі наявної необхідності, тому створено рекомендації до визначення потенційних та створення нових укриттів для підвищення безпеки населення.

Ключові слова: зона покриття, снаряд, ArcGIS Online, QGIS, укриття, місткість, піша доступність, зона.

Вступ

Укриття мають велике значення для збереження життів цивільного населення під час сучасної війни. Час польоту снаряду залежить від багатьох факторів, зокрема типу снаряду, його балістичних характеристик, погодних умов та відстані яку він долає. Таким чином, доступність і місткість укриттів є важливими факторами безпеки цивільного населення під час війни. Багато з них, через недбалість та інші фактори, перестали відповідати вимогам щодо забезпечення ними необхідного ступеня захисту. Також, через поганий стан, загальна місткість укриттів для наявного населення є недостатньою. У містах України до сьогодні є багато непрацюючих укриттів, які вважалися придатними до початку повномасштабного вторгнення. За результатами аналізу державних джерел створених для надання інформації населенню щодо укриттів та інших установ цивільного захисту також було виявлено ряд недоліків, які в сукупності пов'язані з відсутністю відповідного аналізу загроз від яких потрібно рятувати населення, відсутністю кількісного розподілення місць призначених на певну кількість населення. Також немає чітко прописаних стандартів безпеки, якими можна було б характеризувати рівень захисту укриттів. Відсутність стандартизації укриттів та певних вимог до їх кількості та доступності для жителів міст, спираючись на демографічні та соціологічні дані, призводитиме до неналежного рівня безпеки населення та, як слідство, до збільшення жертв серед мирного населення.

Виходячи з викладених проблем, надважливими задачами сьогодення є: визначення необхідної кількості укриттів залежно від кількості людей в районах міст з урахуванням доступності існуючих укриттів залежно від типів снарядів, що використовує ворог та

створення аналітичного підґрунтя для органів виконавчої влади щодо пріоритетності облаштування непрацюючих та створення нових укриттів. Задля реалізації поставлених задач запропонована єдина методика (рис. 1) аналізу покриття зонами пішої доступності укриттів залежно від типу балістичних снарядів, яка стане науково-аналітичною основою для стандартизації укриттів та прийняття управлінських рішень щодо модернізації, релокації та створення нових укриттів.

Сучасні засоби ведення війни налічують широку номенклатуру, яка відрізняється технічними характеристиками та характером ураження. Ворог здатен використовувати як один тип збройних систем, так і комбіновані атаки із різними швидкісними характеристиками, дальністю дії снарядів та балістичною траєкторією. Задля демонстрації можливостей створеної методики було розглянуто Місто Миколаїв, розташоване в стратегічно важливому районі, що робить його потенційною мішенню для ракетних ударів.

Метою статті є підвищення ефективності захисту населення в умовах небезпеки, використовуючи сучасні засоби геопросторового аналізу.

Основна частина

Із урахуванням поставленої мети, результатів проведеного аналізу предметної області та програмно-аналітичних засобів для виконання практичних завдань роботи, побудована структурна схема методики аналізу покриття зонами пішої доступності укриттів залежно від типу балістичних снарядів (рис. 1).

На першому етапі відбувається збір даних про кількість і розподілення населення по адміністративним районам і наявність придатних та непридатних, але потенційних, укриттів [1].

На другому етапі відбувається підготовка даних, які включають пошук інформації про укриття,

роботу з атрибутами, а саме даними про місткість і площу укриттів, орієнтовне місце запуску снаряду та час його підльоту, а також конвертування усіх шарів до єдиного формату, наприклад, SHP-файлів [2].

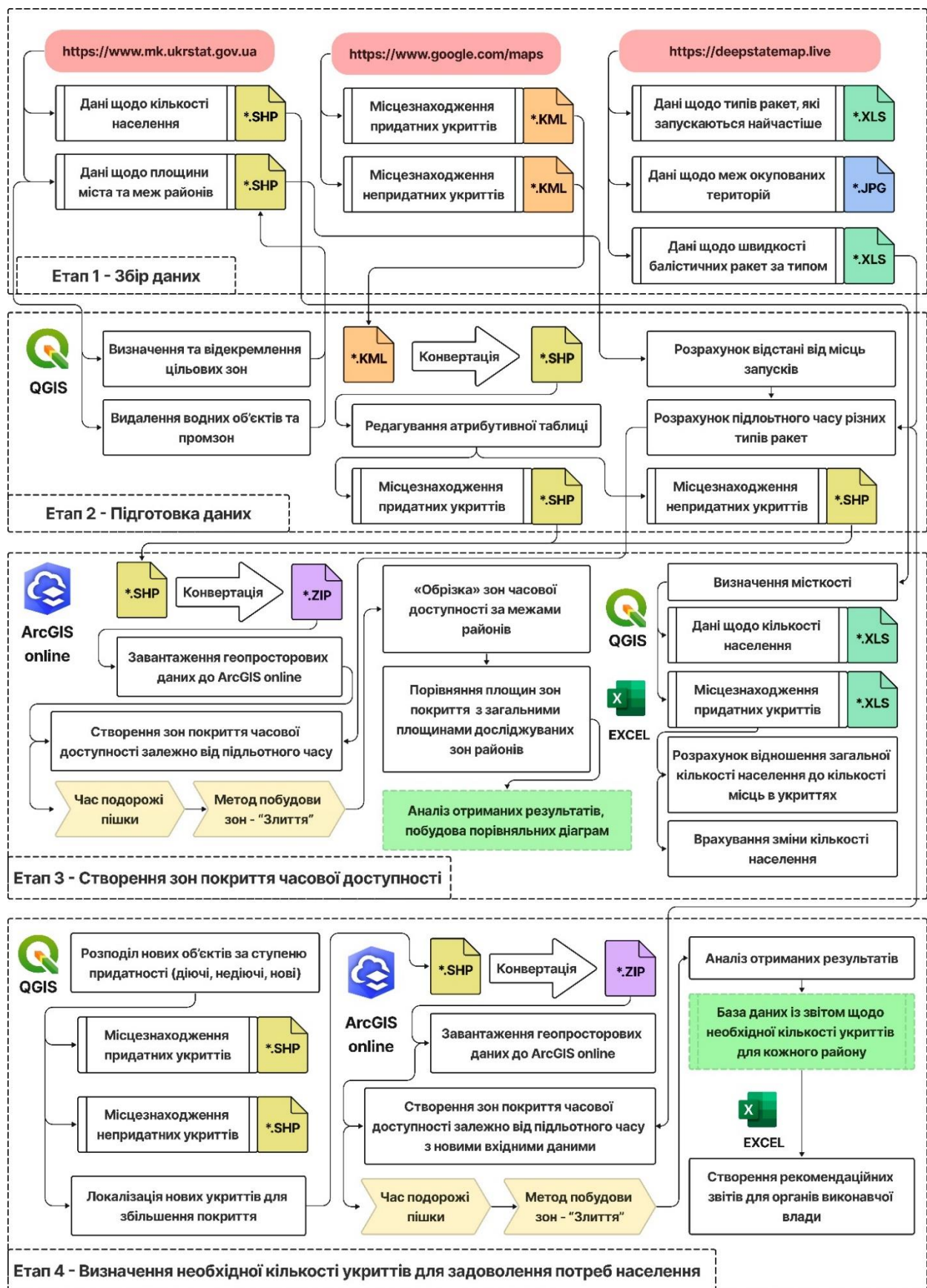


Рис. 1. Схема методики аналізу покриття зонами пішої доступності укриттів в залежності від типу балістичних снарядів за допомогою сучасних засобів геопросторового аналізу

На третьому етапі відбувається створення зон покриття доступності укриттів у залежності від часу підльоту снаряда, порівняння площин зон покриття з загальними площинами районів, розрахунок відношення місць в укриттях до загальної кількості населення району.

На останньому етапі відбувається визначення необхідної кількості укриттів, їх місткості та зонування для забезпечення безпеки населення.

За результатами аналізу технічних можливостей існуючих інструментів геопросторового аналізу, для подальшої роботи в якості програмного забезпечення були обрані: QGIS (Для роботи з файлами та їх конвертації) та ArcGIS Online (для роботи з аналітикою та формуванням звітних картографічних матеріалів).

Аналіз покриття зонами пішої доступності укриттів залежно від типу балістичних снарядів потребує використання сучасних засобів геопросторового аналізу та геоінформаційних систем. Початковою задачею перед побудовою картографічних матеріалів є створення бази даних локацій сховищ у місті Николаїв. З відкритих джерел було отримано шейп-файли з межами міста Николаєва та його районів в якості основи для подальшої обробки. Для того, щоб скористатися геопросторовими аналітичними інструментами для визначення зон, які доступні для пішої евакуації у разі надзвичайних ситуацій, необхідно створити базу даних з підльотним часом ракет з урахуванням географічних характеристик району, приблизних локацій пусків ракет та їх типу.

Знайдені дані про можливі типи балістичних снарядів, які можуть бути використані в загрозах до різних частин міста Николаєва. Для цього, були опрацьовані новинні зведення щодо обстрілів з описом типу ракет, які атакували житлові райони Николаєва від першого дня війни. За результатами аналізу даних були виявлені, найпоширеніші моделі ракет, за допомогою яких завдаються удари по зазначеному місту: Шахеда [3], Калібр-М [4], Калібр-А, Іскандер-М [5], Іскандер-К [6]. Для того, щоб можна було визначити відстань, яку пролітає ракета, для початку було створено полігональний шар з тимчасовою окупованою територією у програмі QGIS в якості джерела інформації використовувався офіцій-

ний сайт DeepState. Також для розрахунку усереднених значень підльотного часу снарядів залежно від їх типу, за результатами аналізу новинних зведень були знайдені усереднені локації запусків на Николаїв окремих типів снарядів з дня початку війни (рис. 2).



Рис. 2. Усереднені локації запусків певних типів снарядів за останні 2 роки за даними ЗМІ

На рис. 3 та в табл. 1 надано результати розрахунків підльотного часу ракет з урахуванням географічних характеристик району, приблизних локацій пусків ракет та їх типу, а саме головних районів – Центральний, Корабельний, Заводський, Інгульський.

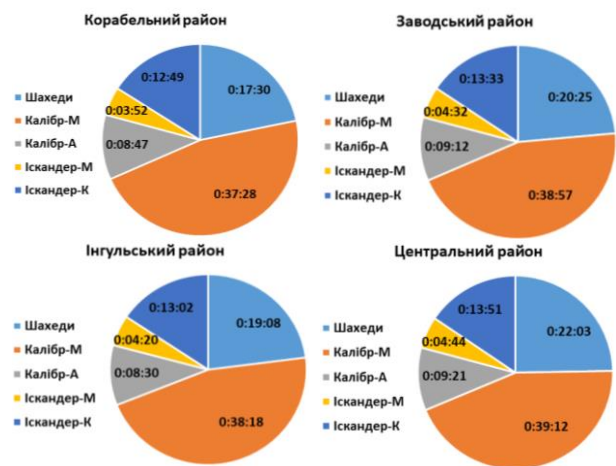


Рис. 3. Порівняльні діаграми підльотного часу залежно від моделі ракети для кожного району Николаїва

Таблиця 1 – Дані щодо підльотного часу різних типів ракет для районів

Тип		Шахеда	Калібр-М	Калібр-А	Іскандер-М	Іскандер-К
Швидкість (км/год)		185	650	860	900	580
Відстань (км)	Корабельний	54	405	126	58	124
	Заводський	63	422	132	68	131
	Інгульський	59	415	122	65	126
	Центральний	68	425	134	71	134
Час підльоту	Корабельний	17 хв. 30 с.	37 хв. 28 с.	8 хв. 47 с.	3 хв. 52 с.	12 хв. 49 с.
	Заводський	20 хв. 25 с.	38 хв. 57 с.	9 хв. 12 с.	4 хв. 32 с.	13 хв. 33 с.
	Інгульський	19 хв. 8 с.	38 хв. 18 с.	8 хв. 30 с.	4 хв. 20 с.	13 хв. 2 с.
	Центральний	22 хв. 3 с.	39 хв. 12 с.	9 хв. 21 с.	4 хв. 44 с.	13 хв. 51 с.

Для аналізу зон покриття пішої доступності до сховищ від ракетної небезпеки залежно від підльотного часу ракет у програмі ArcGIS Online, можна використати геоаналітичні інструменти, що надає ця

платформа [7]. Після того, як було проведено збір географічних даних, таких як точки пуску ракет, розташування сховищ, географічні межі міста та інші важливі шари. Завантажено ці дані в ArcGIS Online та

переходимо до створення нових шарів на основі наданих даних.

Для реалізації поставленої в статті мети був використаний інструмент геопросторового аналізу, вбудований в ArcGIS online «Використовувати наближеність», що має такі можливості: з'єднання джерел з пунктами призначення (вимірює час у дорозі або відстань між парами точок); створення буферів (створює області з однаковою відстанню від об'єктів); створення областей часової доступності (знаходить області навколо місць розташування, яких можна досягти протягом певного періоду часу); пошук найближчих (визначає місця, які знаходяться найближче до відомих місць розташування); планування маршрутів (визначає найкращий шлях для відвідання парком транспортних засобів множини зупинок) [7].

Інструмент «Створення зон часової доступності» створює області, яких можна дістатись в межах визначеного часу поїздки автомобілем, відстані поїздки автомобілем, відстані переміщення пішки і т. д. Цей інструмент виконує вимірювання від однієї або багатьох точок (до 1000) вздовж доріг або пішохідних доріжок та створює шар [8].

Для створення зони були введені всі необхідні параметри для отримання бажаного результату. На першому етапі, буде показаний шар, який взятий як вхідні дані. У другому етапі є різні варіанти налаштування вхідних даних щодо переміщення (легковим автомобілем, вантажним автомобілем або пішки) та параметр (час або відстань), для роботи було використано «Час подорожі пішки». На третьому етапі, необхідно вибрати метод обробки спільних областей з різних вхідних точок, коли вони досягають одна одну, обраний метод злиття, так як, це найкраще покаже зону покриття та дозволить визначити його площу. Останнім етапом, був зроблений запис назви вихідного шару та отримані результати (рис. 4) [9].

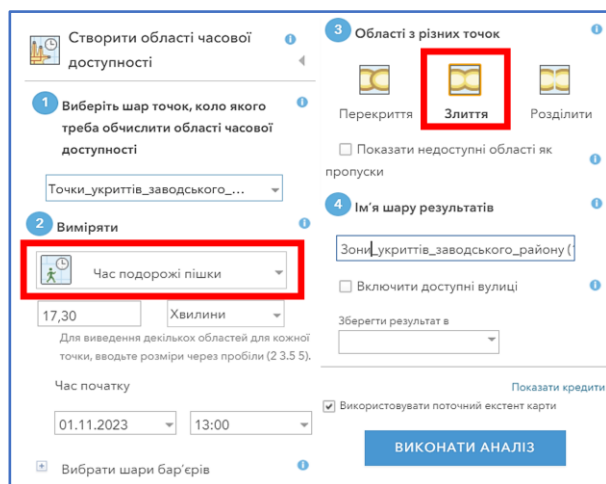


Рис. 4. Вікно налаштування інструменту аналізу зон доступності в ArcGIS online

Далі даний метод, було застосовано для всіх районів та різних типів ракет, у результаті було отримано двадцять полігональних векторних шарів, які відрізнялися своєю зоною покриття. Таким чином, проаналізовано діючі укриття у кожному районі міста

і для типу снаряду «Іскандер-М», який використовується для атак.

На рис. 5-10 представлені результуючі карти зон покриття укриттями м. Миколаїв за типом снаряду «Калібр-А», «Іскандер-К», «Шахед», «Калібр-М» відповідно, з урахуванням діючих укриттів у кожному районі міста [10].

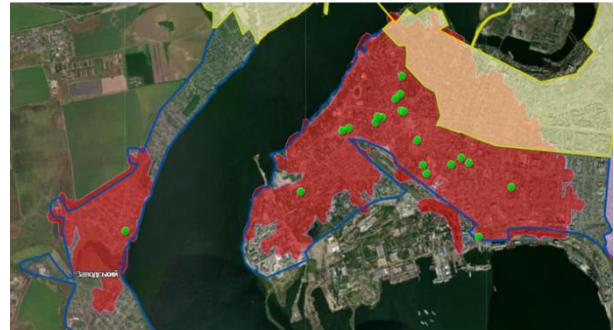


Рис. 5. Результат розрахунку зон покриття Центрального району до укриттів за типом снаряду «Шахед»

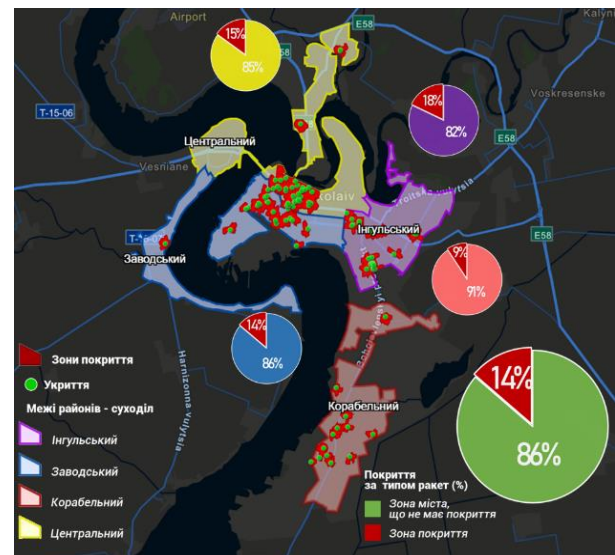


Рис. 6. Результуюча карта зон покриття укриттями м. Миколаїв за типом снаряду «Іскандер-М»

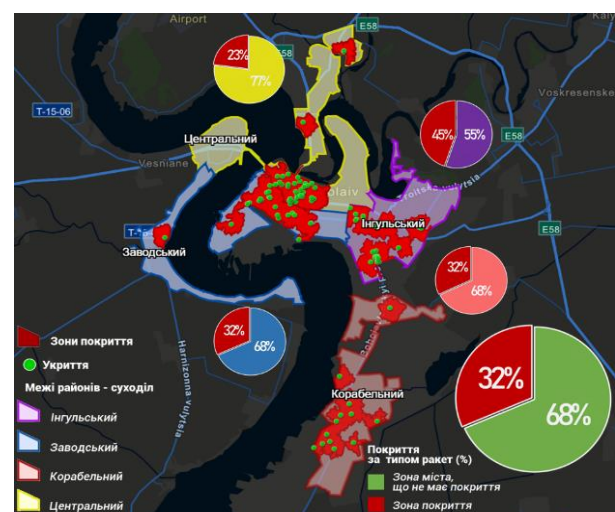


Рис. 7. Результуюча карта зон покриття укриттями м. Миколаїв за типом снаряду «Калібр-А»

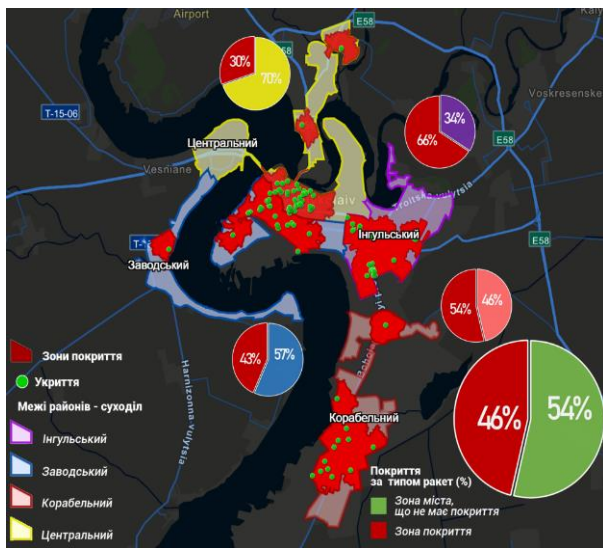


Рис. 8. Результуюча карта зон покриття укріпленнями м. Миколаїв за типом снаряду «Іскандер-К»

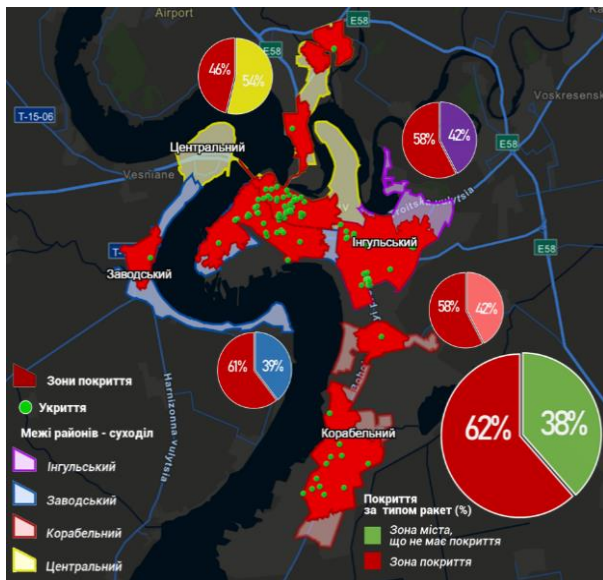


Рис. 9. Результуюча карта зон покриття укріпленнями м. Миколаїв за типом снаряду «Шахед»

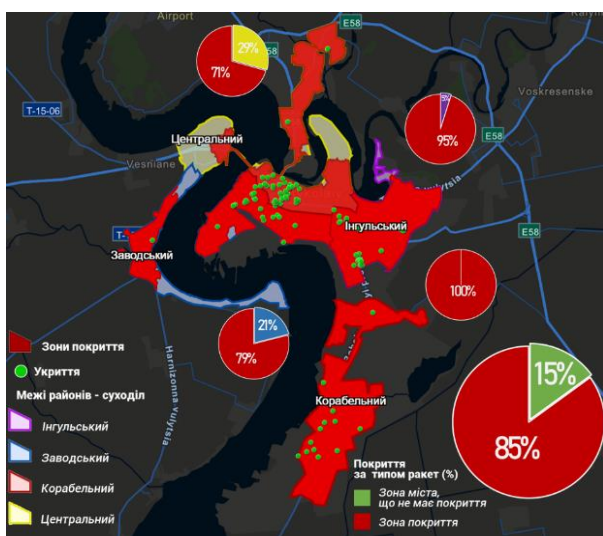


Рис. 10. Результуюча карта зон покриття укріпленнями м. Миколаїв за типом снаряду «Калібр-М»

У ході аналізу зон покриття з'ясувалося, що часової доступності наявних укріплень недостатньо для забезпечення укріпленнями всіх жителів міста, а тому було проведено повторний аналіз з урахуванням недіючих укріплень, так як вони в короткий час після ремонтних робіт та переобладнання можуть стати діючими.

Для аналізу зон покриття пішої доступності з урахуванням недіючих сховищ та створення нових із задачею повного покриття району та врахуванням місткості, було застосовано програму QGIS для створення нових точкових векторних шарів. Для того, щоб визначити місця для запроектування нових укріплень, врахувались дані отримані раніше, це області, які перекриваються зонами пішої доступності, тобто зони перекриття.

Також, це дає розуміння щодо зон пропусків, тобто області, які залишаються непокритими. Це дозволило виявити потребу в нових укріпленнях та оптимізувати існуючі та задіяти укріплення, які було занедбані та оновити їх [11].

Було враховано, що для кожного типу ракет в окремих районах зони покриття вийшли різні, а отже окремо для кожної зони покриття побудовано власний шар точок для повного перекриття районів. Для того, щоб перекрити зони у тих районах, де вони недостатні або розташовані далеко, було використані точки непридатних укріплень, які потребують ремонту та створення нових.

Після того, були проставлені нові точки з урахуванням вже наявних зон пішої доступності, було завантажено шар до програми ArcGIS Online та було побудовано нову зону покриття пішої доступності із урахуванням недіючих та нових сховищ. При побудові нової зони покриття було досягнене повне перекриття міста.

При повторному аналізі зон покриття пішої доступності із урахуванням недіючих та нових сховищ було отримані з максимальним перекриттям районів, а результат по найбільшій кількості укріплень представлена на рис. 11, з повним перекриттям зон пішої доступності [12].

Маючи дані щодо необхідної кількості укріплень для забезпечення повного покриття міста, були створені рекомендації для органів виконавчої влади міста із урахуванням результатів аналізу поточної ситуації.

У процесі аналізу були створені карти із доданими необхідними точками укріплень для досягнення найбільшого відсотку покриття для кожного району міста за типом снаряду, що використовується під час атак, а також прораховані діючі та наявні непридатні укріплення, що можуть бути переобладнані.

На основі таких даних було прораховано кількість укріплень різного типу для кожного району міста.

У табл. 2 представлена необхідна кількість укріплень для кожного району для того, щоб зробити максимальну зону покриття районів, враховуючи різні типи снарядів.

В табл. 3 представлені дані щодо місткості укріплень з різними вхідними даними по районам міста.

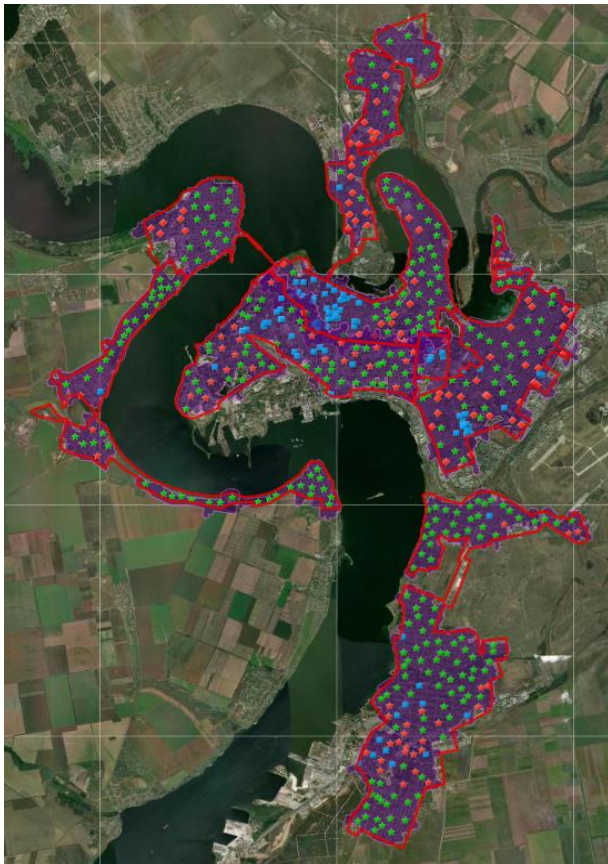


Рис. 11. Зона покриття укриттями м. Миколаїв за типом снаряду «Іскандер-М» з урахуванням діючих, непридатних та нових укриттів

За даними відображеними в таблиці, місткість діючих укриттів катастрофічно мала порівняно з загальною кількістю населення. При розрахунках місткості щодо непридатних укриттів було отримано 15 % розміщення населення, що майже втричі більше, ніж було раніше.

Дана місткість все одно погано перекриває потреби населення, але якщо запроєктувати нові укриття, то можна побачити результат, що вони перекривають таку ж кількість населення як діючі та непридатні разом. Отже, загальна місткість з урахуванням діючих, непридатних та нових укриттів становить майже половину населення міста. Підвищення місткості укриттів за рахунок існуючих та нових допомагає зберегти соціальну стабільність та є важливою складовою стратегії захисту населення в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновки

Аналіз покриття зонами пішої доступності укриттів у м. Миколаєві в умовах потенційної небезпеки показав, що існує ряд проблем, які потребують негайного вирішення. Для забезпечення належного рівня захисту населення необхідно створити нові укриття, провести ремонт та модернізацію непридатних укриттів, а також підвищити рівень інформованості населення про розташування укриттів.

Розроблена методика аналізу покриття зонами пішої доступності укриттів залежно від типу балістичних снарядів базується на сучасних засобах геопросторового аналізу.

Таблиця 2 – База даних щодо необхідної кількості укриттів для кожного району

Райони		Центральний	Інгульський	Заводський	Корабельний	Загалом
Діячі укриття		40	26	21	13	100
Калібр-М (37-39 хв.)	Непридатні укриття	3	1	0	0	4
	Нові укриття	0	0	3	0	3
Шахіди (17-22 хв.)	Непридатні укриття	8	3	7	1	19
	Нові укриття	3	1	4	3	11
Іскандер-К (12-13 хв.)	Непридатні укриття	13	7	12	3	35
	Нові укриття	19	4	15	6	44
Калібр-А (8-9 хв.)	Непридатні укриття	21	16	15	6	58
	Нові укриття	24	13	39	26	102
Іскандер-М (3-4 хв.)	Непридатні укриття	40	30	25	25	120
	Нові укриття	71	26	89	102	288

Таблиця 3 – База даних щодо місткості з урахуванням діючих, непридатних та нових укриттів

Назва району	Центральний	Інгульський	Заводський	Корабельний	Загалом
Кількість населення	117719	109743	101476	61622	390560
Місткість діючих укриттів	5779	6358	5237	7259	24633
Розміщення населення в укриттях, %	4,909	5,793	5,16	11,77	6,3
Місткість непридатних укриттів	22868	14659	11212	9877	58616
Розміщення населення в укриттях, %	19,42	13,35	11,04	16,02	15,008
Місткість нових укриттів	28400	20800	26700	15300	91200
Відсоток розміщення населення в укриттях, %	24,12	18,95	26,31	24,821	23,35
Загальна місткість з урахуванням діючих, непридатних та нових укриттів, %					44,65

Також розроблена методика використовує та адаптує існуючі інструменти та методи геоінформаційних технологій та програмних продуктів для цифрової картографії та моделювання для конкретних завдань сучасності. Зони часової доступності розраховувались за допомогою новітніх інструментів аналізу логістичних міських мереж доріг, що дозволяє доволі точно визначити зони міста, в яких укриття знаходяться далеко від людей, або їх недостатньо.

Практична реалізація методики доводить доцільність підходу, в якому ключовим фактором задля побудови оптимальної інфраструктури споруд призначених для захисту населення є їх доступність для цього населення в рамках встановленого часу залежно від типів балістичних снарядів, що використовує ворог. Час підльоту вказує на те які частини міста будуть атаковані першими, що дозволило ідентифіку-

вати зони найвищого ризику. Застосування такого підходу разом із сучасними засобами геопросторового аналізу дозволить значно покращити ефективність заходів захисту населення в умовах потенційної небезпеки.

За результатами побудованих зон покриття міста з урахуванням типу балістичних ракет з 14-85% до 100 % перекриття за рахунок збільшення кількості укриттів в необхідних частинах районів. Результати аналізу вказали на те що укриттів недостатньо, а більшість з них перебуває у непридатному стані. Це вимагає негайного залучення додаткових ресурсів для модернізації старих та створення нових, більш ефективних укриттів, щоб забезпечити адекватний загальний рівень місткості укриттів задля захисту населення в умовах потенційної небезпеки через масовані обстріли.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ржеутська Л. Укриття: чи можна покращити ситуацію ще під час війни? – DW – 26.08.2022. dw.com. URL: <https://www.dw.com/uk/ukritta-i-bomboshovisa-ak-v-ukraini-vpravlout-pomilki-dovoennogo-casu/a-62923685>
2. Вирішення проблеми з укриттями по-миkolaївські: спочатку включити до «карти укриттів» майже 400 підвалів, а потім їх викреслити | Inshe.tv. inshe.tv. URL: <https://inshe.tv/mykolayv/2023-08-30/790389>
3. Гучні та непомітні для ППО: на що здатні дрони-камікадзе Shahed-136. ФАКТИ ICTV. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20230928-guchni-ta-nepomitni-dlya-ppo-na-shho-zdatni-drony-kamikadze-shahed-136>
4. Ракети Калібр: характеристики снарядів, які росіяни випускають по Україні. Vikna. URL: <https://vikna.tv/dlia-tebe/bezpeka/rakety-kalibr-harakterystyky/#:~:text=до%>
5. С. Морфінов Іскандери: російське wunderwaffe, яким вони обстрілюють Україну. BBC Україна URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/cgrmym7eqm8o>
6. А. Одінцева По Краматорську вдарили Іскандерами. Що це за комплекси і в чому різниця між їхніми балістичними та крилатими ракетами. New Voice. URL: <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/raketi-iskander-harakteristiki-vidi-zona-urazhennya-balistichnih-raket-iskander-yaki-zastosuvala-rf-50327983.html>
7. ArcGIS Online - Web-based GIS Mapping Software | Esri UK. GIS Software, Spatial Analytics & Location Intelligence | Esri UK. URL: <https://www.esriuk.com/en-gb/arcgis/products/arcgis-online/overview> (дата звернення: 14.12.2023).
8. ArcGIS Online - Swarthmore College ITS Blog. Swarthmore College ITS Blog. URL: <https://blogs.swarthmore.edu/its/2020/04/16/arcgis-online/>
9. Danshyna S.Yu., Nechausov A.S. Solution of the problem of placing medical facilities in city development projects / Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2020. – № 3 (54). – P. 138–149. DOI 10.15588/1607-3274-2020-3-13
10. Danshyna S. Yu., Nechausov A. S. Method of information technology for structure analysis of urban network fire-rescue units – Radioelectronic and computer systems. – 2023. – № 4(108). – P. 171 – 183.
11. QGIS. Welcome to the QGIS project!. URL: <https://qgis.org/uk/site/about/index.html>
12. Perform analysis (Map Viewer Classic) | Esri UK. URL: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/analyze/perform-analysis.htm>

Received (Надійшла) 22.02.2024

Accepted for publication (Прийнята до друку) 24.04.2024

Methodology for analyzing the areas of walking accessibility of shelters depending on the type of ballistic missiles using modern geospatial analysis tools

A. Nechausov, S. Horelyk, S. Andreev, A. Lakhtina

Abstract. The article analyses the coverage of the walking distance of shelters in Mykolaiv city under conditions of potential danger. The capacity of existing and potential shelters was assessed, on the basis of which a conclusion was made about the need to create new shelters. The article considers methods of analysing the coverage of the walking distance of shelters depending on the type of ballistic shells on the example of the city of Mykolaiv using modern geospatial analysis tools. A practical solution to the problem of creating zones of walking accessibility of shelters depending on the type of ballistic projectiles using modern geospatial analysis tools is proposed. **The purpose** of the article is to increase the effectiveness of protection of the population in conditions of danger using modern means of geospatial analysis. **Results:** the main shortcomings of the existing system of ensuring security and proper informing of the population about shelters in cities were identified, the general situation with shelters in Mykolaiv city was analysed on the basis of the proposed methodology, which resulted in the construction of cartographic reports with calculated areas of coverage of walking distance depending on the type of ballistic missiles, which makes it possible to more effectively and reasonably assess the security situation and make management decisions. **Conclusions:** in the course of practical implementation of the methodology on the example of the city of Mykolaiv, it was found that the existing shelters in the city are not able to provide the necessary time accessibility and do not have the necessary capacity to save even half of the population in case of emergency, therefore, recommendations for identifying potential and creating new shelters to improve the safety of the population were created.

Keywords: coverage area, shell, ArcGIS Online, QGIS, shelter, capacity, walking distance, zone.