

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.9.238-249

УДК 528.9, 504.5

к.геол.н. **Клипа А.В.**,

klypa.andrii@gmail.com, ORCID: 0009-0006-5565-5305,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОЦІНЦІ ВІЙСЬКОВОГО ВПЛИВУ НА УРБАНІЗОВАНІ ТА ПРИЛЕГЛІ ТЕРИТОРІЇ

Висвітлено актуальність проблеми забруднення природних вод, ґрунтів і повітря внаслідок військових конфліктів та значущість моніторингу цих процесів. Представлені перспективи застосування геоінформаційних систем (ГІС) для оцінки впливу військових дій на урбанізовані та прилеглі території. Проаналізовано сучасні дослідження, присвячені використанню ГІС-технологій для екологічного моніторингу. Створено схему ГІС екологічної оцінки негативного впливу на складові екосистем. Окреслено перспективи майбутніх досліджень із використанням ГІС для моніторингу екологічних змін, спричинених військовими діями.

Ключові слова: геоінформаційні системи; екологічний моніторинг; військовий вплив; урбанізовані території; природні води; ґрунти; повітря; хімічні компоненти; просторовий аналіз.

Постановка проблеми. Вторгнення РФ в Україну продемонструвало глибину та масштаб впливу військових дій на довкілля, особливо на урбанізованих та прилеглих територіях. Вибухи, пожежі, руйнування інфраструктури, використання хімічної зброї та важких металів призводять до серйозних екологічних змін, які можуть мати довготривалі наслідки для екосистем та здоров'я населення. Основні аспекти такого впливу включають:

- забруднення повітря: вибухи та пожежі вивільняють у атмосферу токсичні гази та дрібнодисперсні частинки, що погіршують якість повітря і можуть спричинити респіраторні захворювання у населення;

- забруднення ґрунтів: руйнування промислових об'єктів та складів призводить до витоків палива, мастильних матеріалів, важких металів та інших небезпечних речовин у ґрунт, що може загрожувати флорі та фауні та викликати отруєння при контакті з людиною;

- забруднення природних вод: руйнування водовідвідних систем і каналізаційних мереж сприяє потраплянню забруднюючих речовин у річки,

озера та підземні водоносні горизонти, що загрожує здоров'ю населення через забруднену питну воду;

- деградація природних ландшафтів: військові дії призводять до фізичної руйнації ландшафтів, знищення зелених зон, ерозії ґрунтів і зміни русел річок, що спричиняє зниження біорізноманіття та порушення екосистемних процесів.

Погіршення екологічних умов в урбанізованих районах прямо впливає на здоров'я місцевого населення. Підвищення концентрацій токсичних речовин у воді, ґрунті та повітрі спричиняє зростання захворюваності, що має особливо критичний вплив на вразливі групи населення — дітей, людей похилого віку та людей з хронічними хворобами.

У зв'язку з цими викликами виникає потреба в ефективному моніторингу стану екологічних систем і оцінці наслідків. Саме тут ГІС-технології відіграють ключову роль. Вони дозволяють зібрати, обробити та візуалізувати великі обсяги даних про забруднення навколишнього середовища, що забезпечує надійний інструмент для оцінки та прогнозування наслідків, у тому числі і військових дій. Використання ГІС для моделювання поширення забруднювачів, інтерполяції даних та просторового аналізу дає змогу створювати детальні карти розподілу забруднень, які можуть використовуватись для вчасної ідентифікації найбільш уразливих ділянок та прийняття заходів щодо відновлення довкілля.

Таким чином, ГІС-технології є ефективним інструментом не лише для оцінки поточного стану забруднення, а й для прогнозування майбутніх змін та планування заходів для мінімізації наслідків впливу військових дій.

Мета статті. Проаналізувати та зацентувати увагу на перспективах та можливостях застосування ГІС-технологій при оцінці військового впливу на урбанізовані та прилеглі території. Виявити ключові аспекти, які потребують подальшого дослідження та розвитку методології для ефективного екологічного моніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження екологічних наслідків військових дій в Україні привертають значну увагу наукової спільноти. Ряд публікацій [1-4] описують вплив вибухів, руйнування промислових об'єктів, витоків небезпечних матеріалів на забруднення повітря, води та ґрунтів. Наприклад, Лісова Н. [1] проаналізувала руйнування природних ландшафтів і забруднення водоєм у зоні конфлікту, виявивши критичні рівні концентрацій важких металів, що негативно впливають на флору та фауну. Подібні дослідження підкреслюють серйозні ризики для здоров'я населення через забруднення питної води та атмосфери.

Окрім того, використання геоінформаційних систем для екологічного моніторингу після військових дій стало важливим напрямком досліджень.

Публікації [5-12] акцентують увагу на застосуванні ГІС для картографування забруднень і моделювання наслідків військових конфліктів. Наприклад, у дослідженні Parra L. [10] застосовано методи інтерполяції та просторового аналізу для оцінки розподілу концентрацій забруднювачів у поверхневих водах. У роботі Загородня С. [5] показано, як ГІС може бути використана для виявлення джерел забруднення та прогнозування їхнього поширення.

Крім того, низка досліджень [13-14] підкреслює важливість ГІС-технологій для оцінки довготривалих наслідків на екосистеми, включно з урбанізованими територіями. Використання дистанційного зондування та ГІС дозволяє вивчати вплив військових дій на флору і фауну, а також оцінювати зміни в біорізноманітті. Наприклад, у дослідженні Chang N. [13] використано дані дистанційного зондування для оцінки впливу на рослинний покрив у зонах бойових дій.

Таким чином, попередні дослідження виявляють серйозні екологічні наслідки військових дій та підкреслюють значення ГІС для моніторингу. Однак, більшість існуючих досліджень зосереджені на короткострокових впливах або на окремих компонентах довкілля. У нашому дослідженні ми пропонуємо більш комплексний підхід, застосовуючи ГІС для моделювання майбутніх змін та оцінки довгострокових екологічних наслідків.

Окрім того, результати нашого дослідження формують основу для створення методології ГІС-забезпечення екологічної оцінки негативного впливу на природні води, ґрунти та повітря. Така методологія матиме важливе наукове і практичне значення, оскільки допоможе не лише моніторити поточний стан забруднення, але й розробляти стратегії з мінімізації екологічних наслідків та відновлення постраждалих територій.

Виклад основного матеріалу. Основною проблемою, яку доводиться вирішувати при оцінці впливу військових дій на урбанізовані та прилеглі території, є представлення великого обсягу інформації, зокрема щодо хімічного складу води, ґрунту та повітря. Обробка та інтерпретація таких даних потребує детального аналізу й відповідних методологій, які дозволяють не лише збирати, але й систематизувати та візуалізувати екологічні показники на різних рівнях.

Для вирішення описаної проблеми було використано можливості і методи, які закладені в геоінформаційних системах. Зокрема, для аналізу було застосовано програмне забезпечення MapInfo Professional, яке дозволяє проводити інтерполяцію даних, побудову карт розподілу забруднень і моделювання поширення мікроелементів у водах та ґрунтах. Бази даних гідролітохімічних зйомок за періоди 1985–1988 рр. та 1991–1993 рр. (таблиця 1) стали основою для просторового аналізу хімічних мікроелементів у водах Полтавської області.

Таблиця 1.

Обсяги вимірювань в ході проведених гідролітохімічних зйомок по Полтавській області

№ п/п	Роки	Кількість відібраних проб	Вид аналізу	Хімічні компоненти	Одиниці виміру
1	1985–1988	264	Напівкількісний спектральний аналіз	Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V, Zn	мг/дм ³
2	1991–1993	560			мг/дм ³

Перший етап обробки та систематизації даного масиву даних дозволив візуалізувати одержану інформацію, побачити густоту відбору проб обох зйомок і порівняти їх між собою (рис.1).

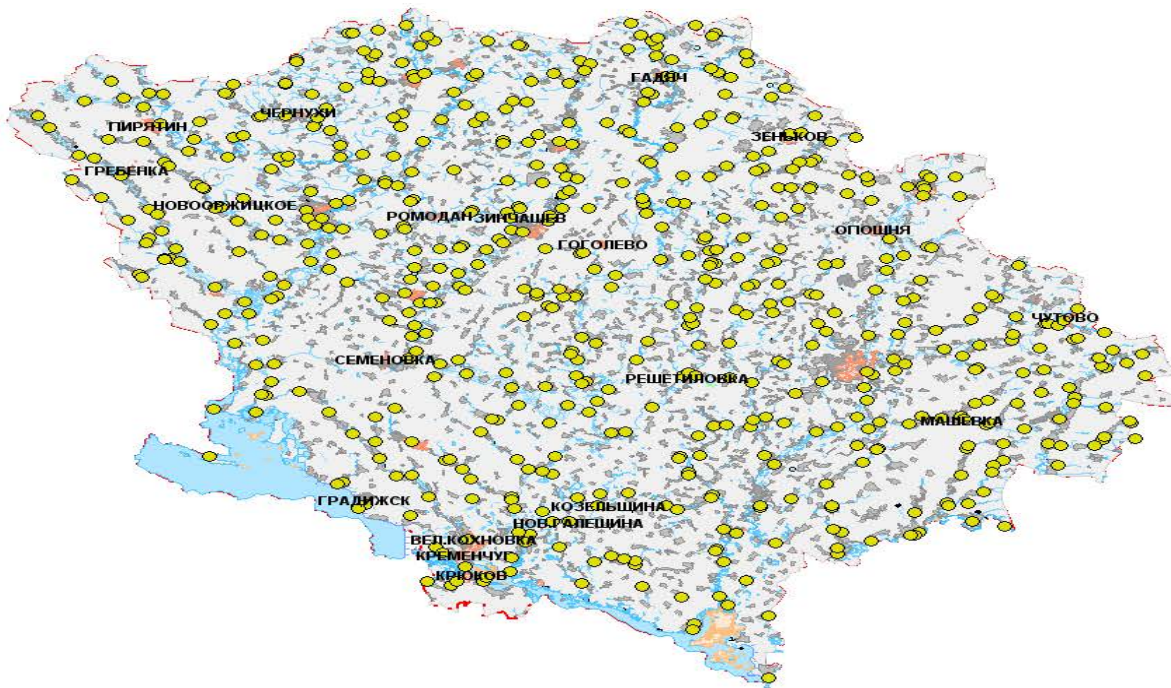


Рис. 1. Відображення точок відбору проб гідролітохімічної зйомки на карті Полтавської області

Вже на даному етапі обробки було отримано інформацію про місяця і зони з високими концентраціями мікроелементів, що могли слугувати основою для виявлення джерел забруднення. Аналіз густоти проб дозволив встановити критичні області, що вимагали підвищеної уваги, і таким чином оптимізувати стратегію відбору проб для забезпечення більш точної оцінки стану вод.

Для подальшого дослідження було вирішено з'ясувати критичні границі вмісту мікроелементів у поверхневих водах. Це б дозволило локалізувати площі досліджуваної території, на яких вміст того чи іншого елемента перевищує ці

критичні границі і становить загрозу для населення, яке може використовувати воду для своїх побутових потреб, у тому числі і вживати в їжу.

Критичні границі було визначено на основі нормативних документів з гранично-допустимими концентраціями мікроелементів у питній воді (таблиця 2). Найбільш точні показники наведені в ДСанПіН 2.2.4–171–10. В його основі закладені підходи щодо якості питної води прийняті в країнах ЄС та ВООЗ (ДСТУ 4808-2007 було використано у випадку відсутності ГДК у ДСанПіН 2.2.4–171–10).

Таблиця 2.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних елементів у питній воді за різними нормативними документами (мг/дм³), критичні границі ($D_{кр}$) та співвідношення між ними (K)

№ п/п	Хімічний елемент	Одиниці виміру	ГДК [19]	ГДК [20]	$D_{кр}$	$K = D_{кр}/ГДК$
1	Ba	мг/дм ³	–	0,1-0,2	6	30
2	Cr	мг/дм ³	0,05	0,004-0,05	5	100
3	Cu	мг/дм ³	1	0,001-0,05	10	10
4	Mn	мг/дм ³	0,05 (0,5*)	0,01-1	10	20
5	Mo	мг/дм ³	0,07	0,005-0,2	3,5	50
6	Ni	мг/дм ³	0,02	0,02-0,1	2	100
7	Pb	мг/дм ³	0,01	0,005-0,1	2	200
8	Sr	мг/дм ³	7	–	70	10
9	V	мг/дм ³	–	0,002-0,02	2	100
10	Zn	мг/дм ³	1	0,01-1	10	10

Застосувавши метод триангуляції для побудови просторових моделей, ми змогли більш точно відобразити варіації концентрацій мікроелементів у поверхневих водах досліджуваної території. (рис.2). Інтерполяція даних дозволила точно візуалізувати просторові варіації концентрацій елементів, які перевищували визначені критичні границі. Це дало можливість ідентифікувати небезпечні ділянки, де перевищення концентрації окремих мікроелементів становило потенційну загрозу для здоров'я населення, що мешкає на цих територіях.

Подальша обробка одержаних результатів дозволила визначити у відсотковому відношенні кількість площ, на яких концентрація мікроелементів у поверхневих водах перевищувала встановлені критичні границі. Для цього було використано метод просторового аналізу із застосуванням картографічних моделей, побудованих за допомогою інтерполяції даних концентрацій мікроелементів. Такий підхід дозволив не лише візуально оцінити географічне поширення забруднених зон за допомогою карт, але й забезпечити кількісну характеристику територій, що зазнали негативного впливу. Кількісні оцінки забруднених територій в поєднанні з картографічними даними дозволяють

більш інформативно оцінювати масштаб проблеми, планувати моніторингові заходи та здійснювати ефективне управління ризиками для довкілля та населення.

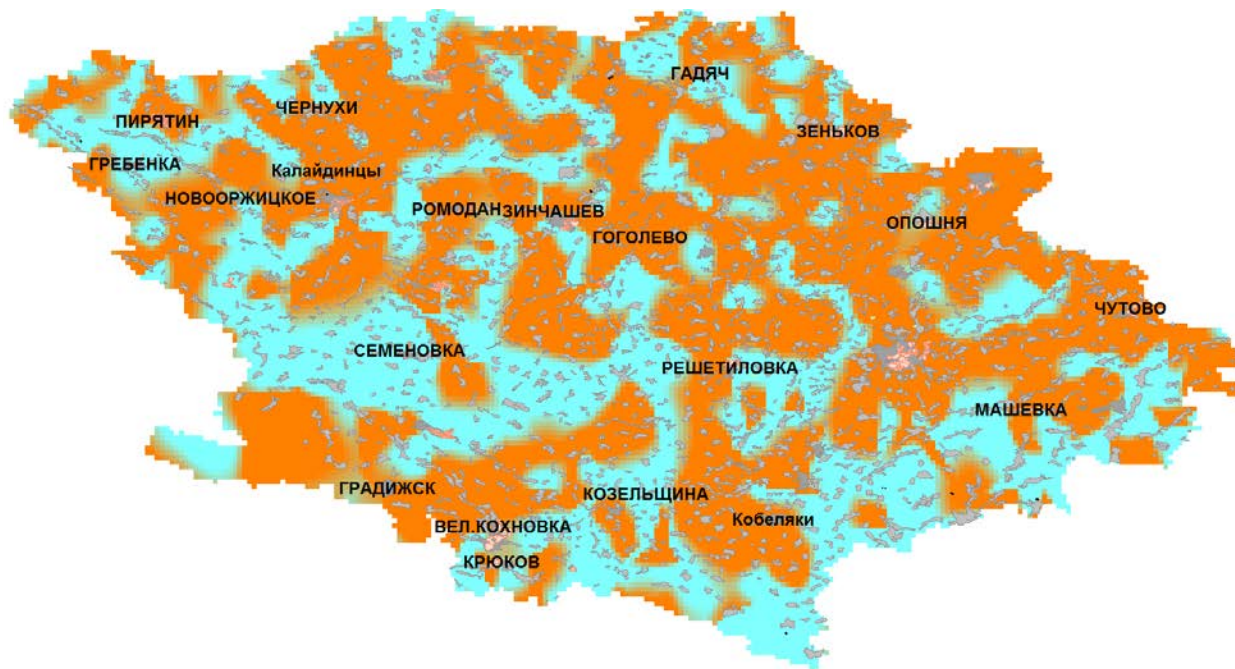


Рис. 2. Карта вмісту Ва у поверхневих водах на території Полтавської області у 1991-1993 рр.:
■ - нижче критичної границі (6 мг/дм³)
■ - вище критичної границі

Проведене дослідження показало, що площі, де концентрації барію, хрому, міді, марганцю, молібдену, свинцю, стронцію, титану та цинку перевищували критичні границі суттєво зросли в період другої зйомки порівняно з першою, при цьому вміст окремих елементів, таких як барій і мідь, збільшився у 3,5 та 7,5 разів відповідно, досягаючи рівнів у 10 і більше разів перевищення ГДК для питної води.

Серед досліджуваних мікроелементів траплялися й такі, площі перевищення критичних границь яких зменшились. Проте, поодинокий характер таких випадків свідчить не про загальну тенденцію, а про виключення з неї.

Отримані результати вказують на значні зміни у складі вод, що становлять серйозну загрозу для довкілля та здоров'я населення. Особливо небезпечними є зони, де перевищення критичних рівнів концентрацій мікроелементів є найбільшими, що вимагає невідкладних заходів.

Результати дослідження можуть бути використані екологічними службами та місцевими органами для оцінки загроз здоров'ю населення,

особливо в зонах з перевищенням критичних рівнів забруднення. Дані також важливі для аграрних підприємств, оскільки якість води впливає на стан ґрунтів і врожайність. Це дозволяє приймати рішення щодо впровадження систем очищення води для сільськогосподарських чи промислових потреб, а також ідентифікувати джерела забруднення та розробити стратегії мінімізації їх впливу на довкілля.

Проведене дослідження дозволило створити схему ГІС екологічної оцінки негативного впливу на складові екосистем, яка відображає логічний порядок дій і взаємозв'язки між різними етапами, забезпечуючи цілісне розуміння процесу оцінки такого впливу (рис.3).



Рис. 3. Схема ГІС екологічної оцінки негативного впливу на складові екосистем

Схема демонструє інтеграцію основних етапів екологічного аналізу, таких як спостереження, моделювання, оцінка ризиків та мінімізація наслідків, із постійним управлінням даними та створенням просторових баз.

Ключовим етапом є система спостереження, що включає збір даних про стан довкілля та аналіз змін у просторі та часі. Цей процес здійснюється на основі даних дистанційного зондування, наземних спостережень та автоматизованих моніторингових систем. Важливим елементом цього етапу є використання ГІС для відображення змін у складі природних вод, ґрунтів та повітря.

Прогнозування та моделювання є наступним етапом, на якому застосовуються різні сценарії для оцінки майбутніх екологічних змін. Використовуються як моделі поширення забруднювачів у водних ресурсах, так і гідрологічні моделі для оцінки динаміки водних потоків та ймовірності поширення забруднень на інші території. Цей етап дозволяє оцінювати вплив військових дій на екосистеми в довготривалій перспективі.

Оцінка ризиків базується на даних прогнозного моделювання та враховує вплив на різні компоненти довкілля (вода, ґрунти, повітря) і здоров'я населення. Цей етап дозволяє оцінити екологічні ризики і виявити критичні зони, які потребують негайної уваги. Важливою частиною цього процесу є інтеграція даних у просторові моделі для точнішої ідентифікації найбільш небезпечних територій.

Мінімізація наслідків є заключним етапом, на якому розробляються стратегії зменшення екологічного впливу та відновлення постраждалих територій. Це включає як технічні заходи з очищення забруднених територій, так і управління ризиками на основі просторових баз даних.

Управління даними та створення просторових баз даних є основою всього процесу. Ці бази забезпечують накопичення, збереження та обробку великих обсягів екологічної інформації, що дозволяє постійно оновлювати дані про стан довкілля та приймати обґрунтовані рішення щодо подальших дій.

Схема підкреслює важливість комплексного підходу до оцінки екологічних наслідків військових дій, інтеграції ГІС-технологій та прогнозних моделей для ефективного моніторингу та планування заходів з відновлення екосистем. Вона також показує, як сучасні ГІС можуть забезпечити точне управління екологічними даними, що має важливе наукове і практичне значення для подальших досліджень та екологічного управління.

Висновки. На основі проведеного дослідження за допомогою ГІС-технологій були побудовані карти розподілу вмісту мікроелементів у поверхневих водах досліджуваної території. Проведено кількісне визначення площ, на яких концентрація мікроелементів перевищувала встановлені критичні границі, що дозволило отримати точну інформацію про масштаби забруднених зон. Ці результати надають цінні інструменти для візуалізації проблемних територій та прийняття відповідних заходів.

Маючи карти перевищень критичних границь та дані про рух поверхневих вод, у подальшому можна спрогнозувати можливе поширення забруднення на інші території. Це відкриває перспективи для створення прогнозних моделей, які допоможуть оцінювати динаміку забруднення та його вплив на довкілля і здоров'я населення. Зокрема, можна визначити ймовірні шляхи переносу забруднювачів, що дозволить вчасно вживати запобіжних заходів та оптимізувати управління водними ресурсами.

Отримані дані можуть бути використані екологічними службами для оцінки загроз здоров'ю населення в зонах з перевищенням критичних рівнів забруднення. Це також важливо для аграрних підприємств, оскільки якість води має безпосередній вплив на стан ґрунтів і врожайність. Це дозволяє приймати рішення щодо впровадження систем очищення води для сільськогосподарських

або промислових потреб, а також ідентифікувати джерела забруднення та розробляти стратегії мінімізації їх впливу на довкілля.

Запропонована ГІС-схема може бути використана як основа для створення методології ГІС-забезпечення екологічної оцінки негативного впливу на природні води урбанізованих та прилеглих територій. Така методологія матиме важливе наукове і практичне значення, оскільки дозволяє систематично спостерігати за змінами вмісту мікроелементів до та після військових дій, моделювати можливі сценарії їх поширення, оцінювати екологічні ризики та планувати заходи для їх мінімізації.

Перспективи подальших досліджень включають інтеграцію додаткових джерел даних, таких як результати дистанційного зондування або аналіз супутникових знімків, а також адаптацію методології до інших регіонів, що зазнали військового впливу.

Література

1. Лісова Н. Вплив військових дій в Україні на екологічний стан території // Конструктивна географія і геоєкологія. – 2017. – № 2. – С. 165–173.
2. Yatsenko Y. The influence of military actions on atmospheric air quality in Ukraine // Visnyk Kyivskogo nacionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Geografiya [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Geography]. – 2022. – Vol. 1/2 (82/83). – P. 84–88. DOI: 10.17721/1728-2721.2022.82.12.
3. Bondar O., Gandziura V., Matviienko M. The impact of military actions and its consequences on the environment of Ukraine // Ecological Sciences. – 2024. – Vol. 1. – P. 7–15. DOI: 10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.1.
4. Stelmakh V., Melniichuk M., Melnyk O., Tokarchuk I. Hydro-ecological state of Ukrainian water bodies under the influence of military actions // Rocznik Ochrona Środowiska. – 2023. – Vol. 25. – P. 174–187. DOI: 10.54740/ros.2023.017.
5. Загородня С.А. Геоінформаційні технології для екологічної оцінки природно-заповідних територій // Екологічна безпека та природокористування. – 2016. – Вип. 22. – С. 87–93.
6. Климчук В. ГІС в екологічному моніторингу водойм України // Вісник екологічної безпеки. – 2019. – № 2. – С. 45–58.
7. Лавренюк М. Застосування ГІС для моделювання екосистем під впливом військових конфліктів // Екологія і захист довкілля. – 2020. – № 3. – С. 75–89.
8. Капінос Н., Дубовик І. Використання ГІС-технологій в процесі моніторингу екологічних та економічних наслідків збройної агресії Росії проти України // Наука і техніка сьогодні. – 2024. – № 6 (34). – С. 830–837.

9. Бондаренко Е. ГІС у задачах моніторингу навколишнього середовища // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія Географія. – 2020. – Вип. 1/2 (76/77). – С. 95–100.
10. Parra L. Remote Sensing and GIS in Environmental Monitoring // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12 (16). – P. 8045. DOI: 10.3390/app12168045.
11. Schellnhuber H.J., et al. GIS and Remote Sensing for Environmental Impact Assessment: Case Studies and Prospects // Environmental Impact Assessment Review. – 2020. – Vol. 82. – P. 102346. DOI: 10.1016/j.eiar.2020.102346.
12. Kääb A., et al. The use of GIS and remote sensing in monitoring conflict zones: A case study from Eastern Ukraine // Journal of Environmental Management. – 2021. – Vol. 299. – P. 113628. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113628.
13. Chang N.B., Yang Y.J. Geographic Information Systems (GIS) in Environmental Impact Assessment: Advances and Challenges // Journal of Environmental Management. – 2014. – Vol. 92 (3). – P. 837–849. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.02.019.
14. Heisel M., et al. Impact of armed conflicts on the environment: Using GIS for ecosystem recovery planning // Land Degradation & Development. – 2020. – Vol. 31 (13). – P. 1673–1684. DOI: 10.1002/ldr.3563.
15. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10).
16. ДСТУ 4808-2007. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.

PhD **Andrii Klypa**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF GIS TECHNOLOGIES IN ASSESSING MILITARY IMPACT ON URBANIZED AND ADJACENT AREAS

The paper presents a methodology for environmental impact assessment of military actions using geographic information systems (GIS). The relevance of this study is determined by the significant negative consequences of military conflicts on natural ecosystems, especially on water, soil, and air quality. The proposed methodology integrates several key stages of environmental analysis, including data collection, spatial analysis, and risk assessment. Special attention is paid to the use of GIS for the modeling of pollutant distribution in surface waters and soils, allowing for a comprehensive assessment of pollution across affected areas. The research

utilizes the MapInfo Professional software to build interpolation models and visualize spatial variations of element concentrations. This approach provides valuable insights for monitoring environmental changes and identifying critical zones that require immediate intervention. The article highlights the effectiveness of GIS not only for current condition assessments but also for forecasting future environmental risks. The developed GIS scheme is a key tool for environmental monitoring and decision-making, enabling local authorities and ecological services to respond promptly to the consequences of military actions. The study also outlines prospects for further research, including the integration of remote sensing data and the adaptation of the methodology to other regions affected by military actions.

Keywords: Geographic Information Systems; environmental monitoring; military impact; urbanized areas; natural waters; soils; air; chemical components; spatial analysis.

REFERENCES

1. Lisova N. Vplyv viiskovykh dii v Ukraini na ekolohichni stan terytorii. *Konstruktyvna heohrafiia i heoekolohiia*, (2), 165-173. {In Ukrainian}
2. Yatsenko Y. (2022). The Influence of Military Actions on Atmospheric Air Quality in Ukraine. *Visnyk Kyivskogo Natsionalnogo Universytetu Imeni Tarasa Shevchenka Geografiya*, 1/2(82/83), 84-88. {In English}
3. Bondar O., Gandziura V., Matviienko M. (2024). The Impact of Military Actions and Its Consequences on the Environment of Ukraine. *Ecological Sciences*, (1), 7-15. {In Ukrainian}
4. Stelmakh V., Melniichuk M., Melnyk O., Tokarchuk I. (2023). Hydro-Ecological State of Ukrainian Water Bodies Under the Influence of Military Actions. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 25, 174-187. {In Polish}
5. Zahorodnia S.A. (2016). Heoinformatsiini tekhnolohii dlia ekolohichnoi otsinky pryrodno-zapovidnykh terytorii. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, (22), 87-93. {In Ukrainian}
6. Klymchuk V. (2019). HIS v ekolohichnomu monitorynhu vodoim Ukrainy. *Visnyk ekolohichnoi bezpeky*, (2), 45-58. {In Ukrainian}
7. Lavreniuk M. (2020). Zastosuvannia HIS dlia modeliuvannia ekosystem pid vplyvom viiskovykh konfliktiv. *Ekolohiia i zakhyst dovkillia*, (3), 75-89. {In Ukrainian}
8. Kapinos N., Dubovyk I. (2024). Vykorystannia HIS-tekhnolohii v protsesi monitorynhu ekolohichnykh ta ekonomichnykh naslidkiv zbroinoi ahresii Rosii proty Ukrainy. *Nauka i tekhnika sohodni*, (6), 830-837. {In Ukrainian}

9. Bondarenko E. (2020). HIS u zadachakh monitorynhu navkolyshnoho seredovyscha. Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Seriiia Heohrafiia, 1/2(76/77), 95-100. {In Ukrainian}
10. Parra L. (2022). Remote Sensing and GIS in Environmental Monitoring. Applied Sciences, 12(16), 8045. {In English}
11. Schellnhuber H.J., Heisel M., Kääb A. (2020). GIS and Remote Sensing for Environmental Impact Assessment: Case Studies and Prospects. Environmental Impact Assessment Review, 82, 102346. {In English}
12. Kääb A., Chang N.B., Yang Y.J. (2021). The Use of GIS and Remote Sensing in Monitoring Conflict Zones: A Case Study from Eastern Ukraine. Journal of Environmental Management, 299, 113628. {In English}
13. Chang N.B., Yang Y.J. (2014). Geographic Information Systems (GIS) in Environmental Impact Assessment: Advances and Challenges. Journal of Environmental Management, 92(3), 837-849. {In English}
14. Heisel M., Kääb A. (2020). Impact of Armed Conflicts on the Environment: Using GIS for Ecosystem Recovery Planning. Land Degradation & Development, 31(13), 1673-1684. {In English}
15. DSanPiN 2.2.4-171-10. Hihienichni vymohy do vody pytnoi pryznachenoii dlia spozhyvannia liudynoiu. {In Ukrainian}
16. DSTU 4808-2007. Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia. {In Ukrainian}