УДК 504.05:355.01(477.54)

Аспекти техногенного навантаження в Харківській області у зв'язку з воєнними діями

Кононенко А.В.[1]***,*** *к.геол.н., ORCID ID 0000-0003-0382-3910, kononenko_alina01@ukr.net;*
Удалов І.В.[1]*, д.геол.н., професор, ORCID ID 0000-0003-3844-6481, igorudalov8@gmail.com;*
Ломакіна О.С.[1]***,*** *ORCID ID 0000-0003-3908-4638, oslomakina@ukr.net;*
Липовський Д.Д.[2]***,*** *dimon0342@gmail.com*

1 - Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

2 - Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

У статті досліджено основні прояви та просторово-часові зміни техногенного навантаження на навколишнє природне середовище Харківської області внаслідок воєнних дій. Проаналізовано екологічні наслідки пошкодження промислових, нафтогазових, енергетичних і гідротехнічних об'єктів, які є додатковим фактором до традиційного техногенного навантаження регіону. Особливу увагу приділено трансформації природно-ресурсного потенціалу територій, пов'язаній із забрудненням ґрунтів і вод, викидами продуктів горіння, руйнуванням інфраструктури та змінами гідрологічного режиму. На прикладі Оскільського водосховища розглянуто наслідки пошкодження гідротехнічних споруд, що спричинило масштабне зниження рівня води, оголення донних відкладів, зміну умов живлення підземних вод і деградацію водних та прибережних екосистем. Для оцінювання просторово-часової динаміки водної поверхні та рослинного покриву використано дані дистанційного зондування Землі та спектральні індекси NDWI і NDVI. Встановлено багатокомпонентний характер воєнного техногенного впливу, екологічні наслідки якого можуть поширюватися за межі безпосередніх зон ураження. Обґрунтовано необхідність створення інтегрованої системи оцінювання воєнного техногенного навантаження на основі поєднання даних дистанційного зондування, геохімічного та гідрогеологічного моніторингу, що дозволить визначати території підвищеного екологічного ризику та обґрунтовувати пріоритети їх відновлення.

Ключові слова: Харківська область, воєнні дії, техногенне навантаження, навколишнє природне середовище, нафтогазовидобування, Оскільське водосховище.

Aspects of Technogenic Load in the Kharkiv Region Due to Military Actions

Kononenko Alina, *Candidate of Geological Sciences, ORCID ID 0000-0003-0382-3910, kononenko_alina01@ukr.net;*
Udalov Igor[1]***,*** *Doctor of Geological Sciences, Professor, ORCID ID 0000-0003-3844-6481, igorudalov8@gmail.com;*
Lomakina Olha[1]*, ORCID ID 0000-0003-3908-4638, oslomakina@ukr.net;*
Lypovskyi Dmytro[2]***,*** *dimon0342@gmail.com*

1 - O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

2 - V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

The article examines the main manifestations and spatiotemporal changes regarding the technogenic load on the natural environment of the Kharkiv region resulting from military actions. It analyzes the environmental consequences of damage to industrial, oil and gas, energy, and hydraulic engineering facilities, which act as an additional factor alongside the region's traditional technogenic load. Particular attention is paid to the transformation of the territories' natural resource potential, associated with soil and water pollution, emissions of combustion products, infrastructure destruction, and changes in the hydrological regime. Using the Oskil Reservoir as a case study, the paper examines the consequences of damage to hydraulic structures, which resulted in a significant drop in water levels, the exposure of bottom sediments, altered groundwater recharge conditions, and the degradation of aquatic and riparian ecosystems. Earth remote sensing data and the NDWI and NDVI spectral indices were used to assess the spatiotemporal dynamics of the water surface and vegetation cover. The study identifies the multifaceted nature of military-induced technogenic impacts, noting that their environmental consequences can extend beyond the immediate zones of damage. It substantiates the need for an integrated system to assess military-induced technogenic pressure by combining remote sensing data with geochemical and hydrogeological monitoring; such a system would enable the identification of areas at high environmental risk and the determination of priorities for their restoration.

Keywords: Kharkiv region, military actions, technogenic pressure, natural environment, oil and gas extraction, Oskil Reservoir.

Вступ. Воєнні конфлікти є одним із найбільш масштабних чинників трансформації навколишнього природного середовища (НПС). Вибухи, пожежі, руйнування промислових і енергетичних об'єктів, пошкодження транспортної та гідротехнічної інфраструктури

спричиняють надходження забруднювальних речовин до атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод. Особливої актуальності ця проблема набуває для Харківської області, яка внаслідок географічного розташування та тривалості бойових дій належить до територій України з високим рівнем воєнного техногенного навантаження.

Мета дослідження. Оцінити основні прояви та просторово-часові зміни техногенного навантаження на природне середовище Харківської області внаслідок воєнних дій, а також визначити основні екологічні наслідки пошкодження промислових і гідротехнічних об'єктів.

Методи дослідження. У роботі використано системний, порівняльно-географічний, статистичний та картографічний методи, а також методи просторово-часового аналізу даних дистанційного зондування Землі**.** Для оцінювання змін водної поверхні та стану рослинного покриву застосовано спектральні індекси NDWI (Normalized Difference Water Index**)** та NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)**.** Проведено порівняння супутникових даних за період 2021–2023 рр. для виявлення змін, пов'язаних із порушенням гідрологічного режиму Оскільського водосховища. Аналіз техногенного впливу здійснено з урахуванням розташування промислових, нафтогазових та інфраструктурних об'єктів, їх пошкодження внаслідок воєнних дій і потенційних шляхів поширення забруднювальних речовин.

Наукова новизна дослідження. Наукова новизна полягає у комплексному розгляді воєнного техногенного навантаження на Харківську область як сукупності взаємопов'язаних промислових, інфраструктурних, гідрологічних та екосистемних впливів. Удосконалено підхід до просторової оцінки наслідків воєнних дій шляхом поєднання аналізу техногенних джерел впливу з даними дистанційного зондування Землі. Обґрунтовано доцільність комплексного використання NDWI та NDVI для виявлення просторово-часової трансформації водних і рослинних компонентів території. На прикладі Оскільського водосховища показано, що пошкодження гідротехнічних споруд може мати не лише локальні, а й регіональні гідроекологічні та гідрогеологічні наслідки. Запропонований підхід створює методичну основу для подальшого формування інтегрального індексу воєнного техногенного навантаження та районування території Харківської області за рівнями екологічного ризику.

Основний матеріал дослідження. Харківська область історично характеризується значним розвитком нафтогазовидобувної промисловості. Після відкриття Шебелинського родовища на території області сформувався потужний комплекс видобування, переробки, зберігання та транспортування вуглеводнів. Значна частина об'єктів нафтогазового сектору в районах активних бойових дій зазнала пошкоджень. Показовими є удари по об'єктах видобування вуглеводнів у районі м. Берестин, нафтопереробному об'єкту в м. Мерефа, а також неодноразові ураження промислових об'єктів у Балаклійському районі.

Пошкодження та руйнування об'єктів нафтогазового комплексу супроводжуються викидами продуктів горіння, нафтопродуктів та інших небезпечних речовин, формуванням локальних осередків забруднення ґрунтів і поверхневих вод. Враховуючи тривалість бойових дій, накопичувальний характер впливу та недостатність оперативних даних щодо стану окремих територій, повна оцінка масштабів екологічних наслідків наразі є складною. Водночас уже наявні результати досліджень свідчать про значну трансформацію еколого-ресурсного потенціалу окремих районів області.

Особливого значення набуває регіональна трансформація гідрологічних та гідрогеологічних умов. Одним із найбільш показових проявів якої стали зміни, пов'язані з руйнуванням гідротехнічних споруд Оскільського водосховища.

Оскільське водосховище є одним із найбільших водосховищ України, розташованим на річці Оскіл у східній частині Харківської області. Його проєктний об'єм становить близько 474,3 млн м³, площа – 122,6 км², довжина – близько 84,6 км. Руйнування одного із затворів греблі 2 квітня 2022 року спричинило масштабне спрацювання водосховища (Українська природоохоронна група, 2022). За наведеними оцінками, одночасно було вивільнено близько 355,5 млн м³ води, що призвело до різкої зміни гідрологічного режиму річки Сіверський Донець та оголення значних площ донних відкладів. Зміна водного балансу території спричинила комплекс взаємопов'язаних еколого-гідрогеологічних наслідків:

• зниження рівня ґрунтових вод та можливе осушення колодязів у прилеглих населених пунктах;

• зміна умов живлення та розвантаження підземних вод;

• потенційне підвищення концентрацій забруднювальних речовин у зоні аерації внаслідок висихання та вітрового перенесення донних відкладів;

• зміна хімічного складу ґрунтових і підземних вод;

• трансформація руслових параметрів річки Оскіл;

• формування значних площ оголених донних відкладів;

• зміна локальних мікрокліматичних умов;

• деградація водних та прибережних екосистем, скорочення біорізноманіття, зміна умов існування риб, водолюбних рослин і тварин.

Для оцінювання просторово-часових змін водних та рослинних компонентів території було використано дані дистанційного зондування Землі та спектральні індекси NDWI і NDVI (рис.1) (McFeeters, 1996; Rouse et al., 1974).

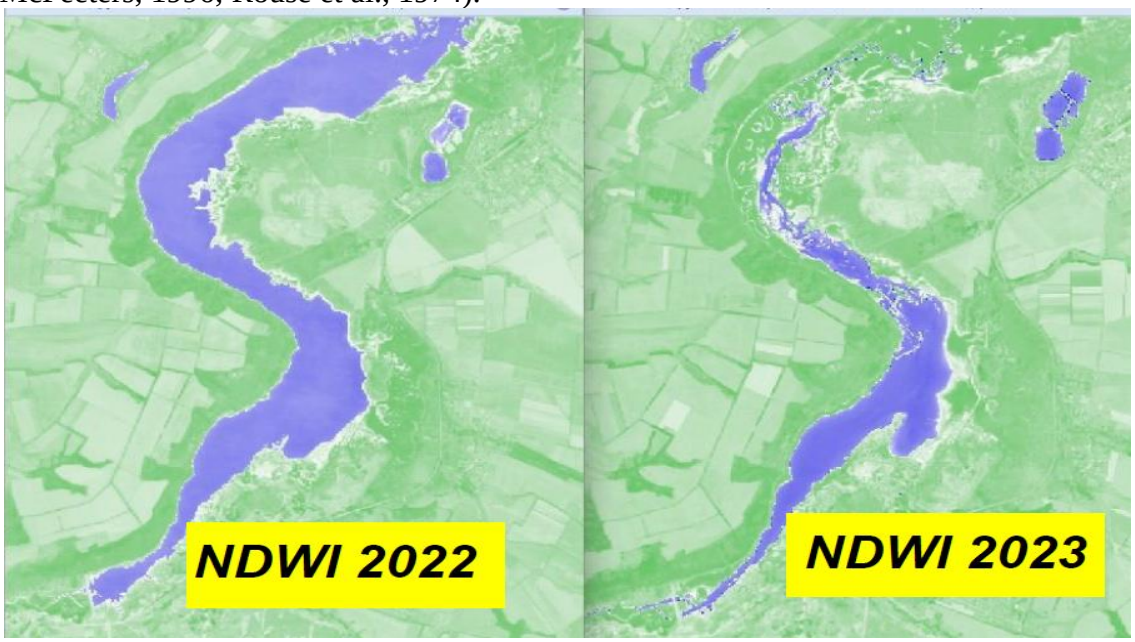

Рис. 1. Просторово-часова динаміка водної поверхні та прибережної зони за результатами аналізу індексу NDWI, 2022–2023 рр.

Аналіз космічних знімків показав, що процес інтенсивного обміління Оскільського водосховища розпочався вже на початку квітня 2022 року. Подальші зміни водного дзеркала та рослинного покриву простежувалися протягом наступних сезонів.

Порівняльний аналіз супутникових даних за 2021–2023 рр. дозволив встановити суттєві зміни стану рослинного покриву на територіях, прилеглих до водосховища. Використання спектральних індексів дає можливість кількісно оцінити трансформацію рослинності та водних поверхонь і простежити динаміку відновлення або деградації природних комплексів.

Водночас важливо розмежовувати застосування індексів: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) характеризує стан і продуктивність рослинного покриву, тоді як для безпосереднього оцінювання змін площі та стану водної поверхні доцільніше використовувати NDWI (Normalized Difference Water Index) або його модифікації (McFeeters, 1996; Rouse et al., 1974). Комплексне використання NDVI та NDWI дозволяє простежити взаємозв’язок між змінами водного режиму та станом прибережної рослинності (McFeeters, 1996; Rouse et al., 1974). Зменшення площі водної поверхні може супроводжуватися розширенням зон із наземною або вологолюбною рослинністю, однак за умов забруднення, механічного пошкодження територій чи деградації ґрунтового покриву така закономірність може порушуватися. Саме тому поєднання спектральних індексів є більш інформативним для комплексної оцінки трансформації природних комплексів, ніж використання одного показника.

Встановлено, воєнні дії на території Харківської області спричинили багатокомпонентну трансформацію природно-ресурсного потенціалу регіону. Показано, що

найбільш суттєві прояви техногенного навантаження пов'язані з пошкодженням промислових підприємств, об'єктів нафтогазового комплексу, інфраструктури та гідротехнічних споруд. При цьому екологічні наслідки не обмежуються локальними осередками забруднення, а можуть поширюватися на значні території через зміни гідрологічного режиму, міграцію забруднювальних речовин, деградацію ґрунтів та трансформацію екосистем.

Висновки. Проведений аналіз свідчить, що воєнні дії є потужним фактором формування техногенного навантаження на територію Харківської області. Особливу небезпеку становить поєднання традиційного промислового навантаження з новими воєнними чинниками. Руйнування об'єктів нафтогазового комплексу формує локальні та потенційно регіональні осередки забруднення. Тоді як пошкодження гідротехнічної інфраструктури здатне спричиняти масштабні зміни гідрологічних і гідрогеологічних умов, наслідки яких будуть відчуватися ще десятки років.

Перспективним напрямом подальших досліджень є створення інтегрованої системи оцінювання воєнного техногенного навантаження, яка поєднуватиме результати дистанційного зондування Землі, геохімічного та гідрогеологічного моніторингу, оцінювання стану ґрунтів, водних ресурсів і біоти. Такий підхід дозволить визначати території з найбільшим рівнем екологічного ризику та обґрунтовувати пріоритетність природоохоронних і відновлювальних заходів.

Список використаних джерел:

1. Gao, B.C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment, 58*(3), 257–266. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3

2. McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing, 17*(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

3. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-351, 309–317.

4. Українська природоохоронна група. (2022). Чи відновлювати Оскільське водосховище після завершення війни? Українська природоохоронна група. Режим доступу: https://uncg.org.ua/chy-vidnovliuvaty-oskilske-vodoskhovyshche-pislia-zavershennia-vijny/?utm_source=chatgpt.com

References:

Gao, B.C. (1996). NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment, 58*(3), 257–266. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing, 17*(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*. Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, NASA SP-351, 309–317.

Ukrainska pryrodookhoronna hrupa. (2022). Chy vidnovliuvaty Oskilske vodoskhovyshche pislia zavershennia viiny? Ukrainska pryrodookhoronna hrupa. Rezhym dostupu: https://uncg.org.ua/chy-vidnovliuvaty-oskilske-vodoskhovyshche-pislia-zavershennia-vijny/?utm_source=chatgpt.com [in Ukrainian]