

ГЕОМАТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ НА ТЕХНОГЕННО-НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

С.В. НЕСТЕРЕНКО,

кандидат технічних наук, доцент,
докторант кафедри вищої геодезії та астрономії
Національний університет «Львівська політехніка»
E-mail: NesterenkoS2208@gmail.com

Г.І. Шарий, доктор економічних наук, доцент,
завідувач кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

E-mail: shariy.grigoriy61@gmail.com

В.В. ЩЕПАК,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

E-mail: kanameshch@gmail.com

І.В. ТКАЧЕНКО,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

E-mail: ir.v.tkachenko@gmail.com

А.С. ТРИФОНОВА,

студентка,
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»

E-mail: aaaangelinaaa.2704@gmail.com

Анотація. Відмічено, що територія Східної України насичена потенційно небезпечними промисловими об'єктами та ділянками з геодинамічними процесами, за якими необхідний постійний контроль і моніторинг для виявлення деформацій. Запропоновано систему методів для комплексної оцінки показників екологічних загроз на техногенно-навантажених територіях та деформацій земної поверхні. Вибір методів геоматичного моніторингу залежить від виду середовища

і напрямку досліджень. Візуалізацію вмісту хімічних речовин, концентрації газів, температури, вологості, опадів можна здійснити через інтерфейси платформи *Giovanni*. Для класифікації об'єктів наземного покриття, зміни їх меж, моніторингу рослинного покриття, аналізу геологічної структури, виявлення динаміки водних та водно-болотних об'єктів, масштабів паводків і затоплення опрацьовують космічні знімки *Landsat*, *Sentinel — 2*, *MODIS*; для визначення місць розташування міських територій і окремих будівель, для увиразнення рельєфу гірських територій, для контролю за забрудненням поверхонь водою — радіолокаційні знімки *SIR — C/X — SAR*; для визначення характеристик рельєфу — цифрові моделі рельєфу *SRTM*. Спостереження за деформацією земних поверхонь і побудова карт зміщень виконується методом супутникової радіолокації *InSAR*, що базується на використанні космічних знімків з *KA Sentinel-1*. Для уточнення виявлених проблемних ділянок необхідно сумісно використовувати наземні геодезичні методи моніторингу деформацій техногенно-навантажених територій. Опрацювання отриманих даних здійснюється в різних геоінформаційних системах *ArcGIS*, *QGIS*, *Google Earth*, *Digitalis*; для оцінки просідань ґрунтів — *Estimating Subsidence using Sentinel-1 Data in SNAP*, *Landslides detection Sentinel-1*.

Запропоновано розглядати методи геоматичного моніторингу як систему, до компонентів якої входять наземні геодезичні методи, дистанційне зондування Землі та ГІС-технології. Такий підхід дасть можливість досліджувати стан земної поверхні залежно від умов її функціонування.

В статті зазначено, що геоматичний моніторинг здійснюється для нейтралізації загроз, для відновлення природо-ресурсного потенціалу, забезпечення геополітичної, еколого-безпечної та військової стійкості.

Ключові слова: деформація земної поверхні, геоінформаційні системи, геоматика, моніторинг, супутникова радіолокація, техногенно-навантажені території.

Вступ.

Військова агресія в Україні та військові дії на третині території призвели до багаточисельних техногенних і екологічних катастроф. Пошкоджені, частково або повністю зруйновані будівлі та споруди різного призначення, зокрема автомобільні дороги, залізничне полотно, водогінні й каналізаційні системи, нафто– і газопроводи тощо. Постійно є техногенні загрози критичної та військової інфраструктури, в тому числі енергетичних об'єктів та гідротехнічних споруд. Указане вимагає проведення геоматичного

моніторингу сучасними методами, переоцінки прогнозів й попереджень екологічних катастроф і погіршень, підвищення стійкості об'єктів і пониження їх вразливості.

Постановка проблеми.

В статті проведено геоматичний аналіз ситуації, що склалася, запропоновано заходи і технології моніторингу, прогнозів та подальшого розвитку безпекового середовища в Україні, стійкого до зовнішніх загроз і військових та інших геополітичних викликів. Війна вимагає переосмис-

лення державних геодезичних робіт, внутрішньої моніторингової, екологічної та економічної політики, та прийняття жорсткої системи регулювання в сфері геодезичного моніторингу, раціонального використання територій, просторового розвитку і будівництва.

Метою статті є проведення геоматичного моніторингу техногенно-навантажених територій Центральної і Східної України для визначення потенційних загроз і шляхів підвищення їх стійкості, прогнозування безпеки і надійності.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій.

На думку науковців, геоматичні методи можна розглядати як дієвий інструмент для надання конкретних інженерних рішень для моніторингу навколишньої території. Ці методи відіграють вирішальну роль для оцінки та управління ризиком через виникнення природних явищ (землетрус, зсув тощо), або для моніторингу антропогенної діяльності [1].

Науковці звертають увагу на методи побудови автоматизованої системи моніторингу забруднених та порушених внаслідок використання у військових та промислових цілях земель та подальшої їх конвертації [2]. У наукових дослідженнях позначені найбільш руйнівні геонебезпеки з точки зору моніторингу навколишнього середовища, охоплюючи сучасний стан використання геопросторових технологій [3]. У наукових роботах розглянуто досвід застосування геоінформаційних систем (ГІС) для забезпечення проектування, створення та функціонування природоохоронних територій Украї-

ни [4]. Увага насамперед приділяється характеристикам, можливостям та обмеженням щодо моніторингу та оцінювання. Розглядаються три види моніторингу та оцінки: екологічний аудит; звіти про стан довкілля; геоматика, або геоінформаційні системи (ГІС), моніторинг та оцінки [5]. На прикладі м. Києва представлені та відтворені нові можливості дешифрування, ідентифікації та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі та оперативних геопросторових моделей мережі інфраструктури екологічних обсервацій [6]. На основі аналізу просторово часових рядів даних космічної зйомки у тепловому діапазоні та цифрових моделей рельєфу прогнозується розвиток ділянок підтоплення та затоплення в окремих районах м. Києва. Головна причина затоплень – рельєф міста і порушення природної фільтрації зливових вод внаслідок міської забудови [7]. Моніторинг ландшафтів під час кліматичних змін є надзвичайно важливим питанням. За допомогою дистанційного зондування на основі порогів різниці оцінок у часових інтервалах, що охоплюють 20-річний проміжок часу, виконана оцінка чутливості до деградації земель середземноморського регіону, який є одним із головних глобальних кандидатів на розвиток явищ опустелювання [8]. Аналіз проводився на основі моделі MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use), розробленої в рамках спеціального європейського проекту. Параметри моделі були впроваджені, а потім оброблені за допомогою підходу на основі ГІС, щоб оцінити фактори якості ґрунту, клімату, управління та рослинності, які є необхідними вхідними даними для оцінки ESA [9]. У [10] представлено методику враз-

ливості водоносного горизонту для теорії та застосування акумуляції потоку, землекористування та гідравлічної провідності; виконано оцінку вразливості водоносного горизонту за допомогою моделі F-hydra. У [11] виконано моделювання вразливості прибережного середовища в Південній Індії: багатопараметричний підхід із використанням дистанційного зондування та ГІС.

У розвиток теоретичних і практичних питань вивчення геодинамічних процесів, організації геодинамічного моніторингу, впровадження новітніх технологій, оптимізації схем і методів спостережень, опрацювання та аналізу результатів, прогнозування деформацій значний внесок зробили вчені К. Р. Третьак, І. С. Тревого, К. О. Бурак, П. Г. Черняга, С. П. Войтенко, О. І. Мороз, А. Л. Островський, А. С. Мазницький, В. С. Староверов, О. Heunecke, F. Sanso, A. Ferretti, A. Mouratidis, F. Costantini, X. Chen, G. Tessari, M. Fabris, V. Achilli, E. Brockmann [12-22] та інші. Проблеми наукового та практичного підтвердження можливості безпечно-го виконання робіт та використання техногенно-навантажених територій піднімалися в працях [23], де основним висновком було твердження щодо необхідності точного прогнозування подальшого геодинамічного розвитку таких територій.

Виклад основного матеріалу.

24 лютого 2022 року Україна увійшла в новий етап глобальної історії, привернувши до себе увагу світової спільноти і ставши одним із провідних суб'єктів світової політики. Отриманий Україною статус кандидата на вступ до ЄС вимагає від

країни примноження інституційних зусиль, запровадження заходів та інструментів збереження екологічної, економічної та військової стійкості, покладаючись не лише на допомогу ззовні, а й посилюючи власну у сфері розбудови та розміщення інфраструктури, системи розселення та стійкості промислового і цивільного будівництва. Зважаючи на геополітичні виклики, Україна повинна посилити національну безпеку і сформувану безпечне середовище для населення.

В результаті зміни клімату, антропогенного впливу та ведення військових дій спостерігається негативний вплив на оточуюче середовище. Відбувається розвиток небезпечних геологічних процесів (підтоплення та затоплення); забруднення територій, в тому числі природоохоронних; деградація земель, що призводить до явищ опустелювання; забруднення водних ресурсів; деформації земної поверхні.

З початком повномасштабного вторгнення агресорів на територію нашої держави в зоні небезпеки, зокрема, опинилися техногенно-навантажені території, особливо Центральної та Східної України. Техногенно-навантаженими вважаються території, що мають істотний антропогенний вплив на навколишнє середовище. Вплив завжди пов'язаний зі змінами природного ландшафту з послідовними негативними наслідками, такими як забруднення територій різними викидами, виникнення техногенних екологічних кризових явищ, аварій та катастроф.

Для нейтралізації загроз необхідна система моніторингу, яка є складовою національної інформаційної інфраструктури, створена для спостережень, збирання, оброблення,

передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій щодо запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог безпеки [24]. Розвиток інформаційних технологій постійно змінює тенденції в організації та способах моніторингу.

Геоматика визначається як системний, комплексний підхід до вибору інструментів і відповідних методів для збирання, зберігання, обліку, моделювання, аналізу, пошуку за бажанням, перетворення, відображення та поширення просторово прив'язаних даних з різних джерел з визначеними характеристиками точності, безперервності і в цифровому форматі. Геопросторові технології, включаючи геоінформаційні системи, дистанційне зондування – спостереження Землі, а також відповідні інструменти аналізу просторових даних, моделі, бази даних, сьогодні роблять значний внесок у прогнозування, запобігання, дослідження, вирішення, реабілітацію та управління цими явищами та їхніми наслідками [25].

Геоматичний моніторинг важко уявити без застосування даних дистанційного зондування, а також опрацювання за допомогою ГС. Оскільки об'єкт дослідження можна вивчати в динаміці, то за останні кілька років це зумовило не тільки наочність, але й можливість отримати нову інформацію в результаті аналізу даних [26]. Супутникові знімки можна використовувати для виконання різних тематичних завдань – дослідження природних ресурсів, здійснення збалансованого керування цими ресурсами, виявлення природоохоронних

та екологічних порушень, а в геодезичних цілях методом супутникової радіолокації можна здійснювати моніторинг за зрушеннями земної поверхні [20, 27].

Використання техногенно-навантажених територій вимагає індивідуального підходу до питань геоматичного моніторингу, зокрема, деформацій земної поверхні і стану порушених земель. В умовах війни ускладняється доступ до таких територій. Виникає потреба у використанні сучасних підходів до проведення геоматичного моніторингу техногенно-навантажених територій, зокрема, дистанційного визначення зміщень земної поверхні, для подальшої їх оцінки та визначення стану порушених земель, що знаходяться під критичною інфраструктурою.

На думку авторів існуючі методи досліджень, зокрема, наземні геодезичні методи, дистанційне зондування Землі та ГС-технології необхідно розглядати як компоненти системи методів геоматичного моніторингу техногенно-навантажених територій. Такий підхід дасть можливість досліджувати стан земної поверхні залежно від умов її функціонування.

Техногенно-навантаженими територіями є всі гідровузли Дніпра [28], які в разі руйнування можуть спричинити як локальні, так і геомасштабні техногенні ризики і загрози для Центральної і Східної України. В Україні налічується понад п'ятдесят водосховищ, найбільші з них – каскадні водосховища на річці Дніпро. Це шість водосховищ: Дніпровське (площа водного дзеркала 410 км²), Кам'янське (567 км²), Канівське (582 км²), Київське (922 км²), Каховське (2155 км²) та Кременчуцьке (2250 км²), які були створені упродовж 30-70-х ро-

ків XX ст. [29]. Прорив дамби Каховської ГЕС 6 червня 2023 року призвів до важких наслідків: підтоплення близько 80 населених пунктів на Лівобережжі Дніпра, загибель людей і тварин, масовий мор риби, зміна русла річки, знищення біосферних заповідників на Херсонщині. Постраждав і аграрний сектор Херсонської області, де отримували врожаї двічі на рік. Спустошено багато зрошувальних каналів, з яких здійснювався обробіток зрошуваних територій. Скоротиться площа оброблюваних земель та зниження урожайності, а це величезна загроза для всієї України, так як Херсонщина мала найбільшу кількість орних земель до війни. Відбудеться заболочення осушених земель нижньої течії Дніпра, деградація ґрунтів, загине частина деревної рослинності, що стримувала явища ерозії берегів та поширення ярів і балок. Під загрозою зупинки своєї роботи підприємства м. Нікополь та м. Марганцю Дніпропетровської області. Внаслідок розкладання риби, змивання великої кількості добрив з полів, пестицидів, сміттєзвалищ у затоплених населених пунктах, виробництв і заводів виникне отруєння води. Води Дніпра у нижній течії, а також частині Південного Бугу та Інгульця стануть непридатними для пиття та використання у сільському господарстві [30].

За допомогою ГІС-технологій технадслідник і письменник Ларс Вільдеренг представляв моделювання найгірших сценаріїв у разі руйнування Каховського гідровузла [31]. В разі підриву шлюзів, тобто довжиною 200 м із загальною в 3500 м, прогнозував, що буде знесено ще 400–1800 м. Хвиля заввишки 4–5 м досягне Антонівського мосту на схід

від м. Херсону через 19 год, після чого почнеться розлив р. Інгулець, а через 4–5 днів – розлив річки Буг до м. Миколаєва. Наступне моделювання найгіршого варіанту прориву греблі виконала шведська гідрологічна інженерна компанія Dämningsverket. Моделювання здійснено з використанням програмного забезпечення HEC-RAS 6.3 Інженерного корпусу армії США (USACE). Дані про рельєф місцевості отримані в рамках місії радіолокаційної топографії шатлів НАСА (SRTM) і доступні на сайті Географічної служби США [31]. Припущення включали, що рівень греблі становить 13 м вище рівня Дніпра нижче за течією, і що прорив дамби протягом години розшириться до ширини приблизно у 200 м. Пік змодельованого потоку досягне 14 000 м³/с води, що можна порівняти з середнім потоком Ніагарського водоспаду у 2 400 м³/с та середнім потоком Дніпра 1 670 м³/с. Затоплення буде набагато сильнішим на лівому боці Дніпра.

Подібну катастрофу прослідковуємо в Київській області на р. Ірпін, де в результаті підриву Ірпінського гідровузла виникло підтоплення сіл Демидів, Козаровичі, Гута-Межигірська, Червоне, Мошун, Горенки й селища Гостомель [32]. Так як р. Ірпін знаходиться нижче за рівень Київського водосховища на 6 м, це спричинило масштабний розлив води аж до 1 км від адміністративної межі м. Києва. Частину затоплених територій склали розорані й оброблені добривами, які розчинилися у воді, сільськогосподарські землі, частину затоплених територій склали несанкціоновані і санкціоновані звалища твердих побутових і промислових відходів, частину – будівельні майданчики та склади будівельних ма-

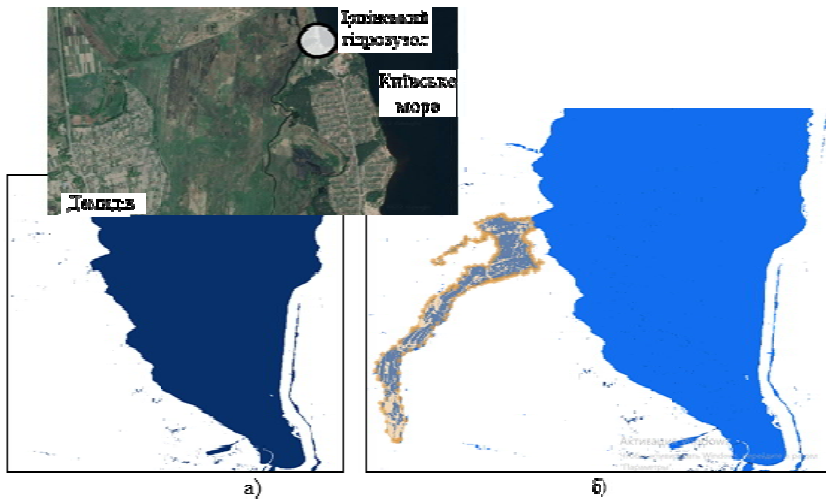


Рис. 1. Оброблені космічні знімки Київського водосховища:
а) 1 листопада 2021 р.; б) 21 березня 2022 р.

теріалів, що знаходилися у заплаві р. Ірпінь. Виконавши ідентифікацію затоплених об'єктів в програмному забезпеченні QGIS, за обробленими космічними знімками виявлено, що загальна площа затоплення (рис. 1) становить 2165 га, не враховуючи території поселень і прилеглих територій, де ґрунт став водонасиченим, відбулося значне підняття ґрунтів і верхніх водоносних горизонтів.

14 вересня 2022 року ворожі ракети влучили в гідротехнічні споруди Карачунівського водосховища у Кривому Розі. Виникла загроза розливу 290–300 млн м³ води, але завдяки частковому пошкодженню дамби вилилося лише понад 8 млн м³ води і було підтоплено лише приватний сектор міста [33].

Згідно проведеного геоматичного моніторингу площа територій можливого затоплення водосховищами Дніпра, крім 702 тис. га поверхні самих водосховищ, сягають від 350 до 500 тис. га. Військові дії можуть обезточити існуючі 27 насосних дію-

чих станцій, які постійно перекачують воду річок і потічків, фільтровану воду у Дніпро.

Особливо гостро стоїть проблема в районі Оболонської дамби (р. Крива Руда) і м. Кременчук на Полтавщині. В разі зупинки насосних станцій до 120 тис. гектарів буде підтоплено або повністю затоплено тільки в Полтавській області.

Попри негативні процеси в самих водосховищах за даними дистанційних досліджень виявлено, що водосховища здійснюють циклічне та постійне підпирання підґрунтових вод, поверхневих вод, що сприяє підйому поверхні землі в зоні впливу водосховищ. Особливо це прослідковується в Черкаській області на Правобережжі України, де підняття верхніх шарів ґрунтів може становити 5–15 см. В той час Лівобережна частина України може мати просадки до 5 см (Рис. 2).

Геоматичний моніторинг території навколо Канівського водосховища виконаний на основі обробки даних Sentinel-1 в програмному за-

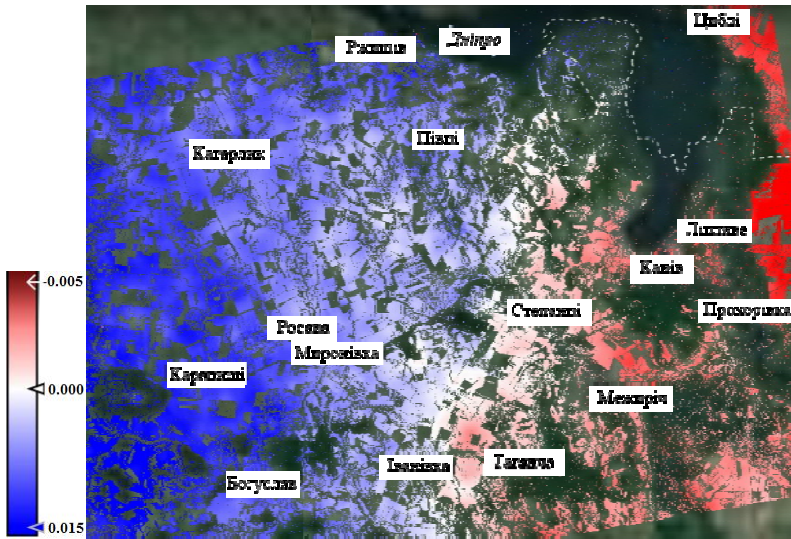


Рис. 2. Картограма вертикальних зміщень земної поверхні на території Черкаської області
(між двома знімками за 02.11.2020 р. і 14.11.2020 р.):
синім кольором – підняття верхніх шарів ґрунту, червоним – їх опускання

безпеченні SNAP (Sentinel Application Platform). Інтерферометрична обробка даних і побудова карт зміщень за допомогою супутникової радіолокації може здійснюватися різними методами й інструментами. Для роботи найчастіше використовуються радарні знімки, завантажені на веб-платформі Copernicus Open Access Hub, яка розроблена Європейським космічним агентством за програмою Copernicus. ПЗ SNAP також може обробляти знімки, завантажені на Vertex ASF Data Portal і SSARA.

Супутниковий моніторинг території України виявив численні підняття й опускання суші, як сезонні так і постійні. Указані рухи не тільки погіршують природно родючість земель, якість питної води у водоносних горизонтах, а й негативно впливають на забудовані території, будівлі і споруди.

На території Донецької області, в районі розміщення значної кількості шахт по видобутку корисних копалин, спостерігається повільне осідання цілих масивів ґрунтів. Згідно Рис. 3 річне опускання частин земної поверхні становить до 5 см/рік (виділена ділянка). Картограма вертикальних деформацій представлена на період 20.08.2021 - 27.08.2022. Згідно попередньо проведених досліджень [34] земна поверхня піддається повільним річним коливанням – перше півріччя відбувається підняття, а в наступне півріччя здійснюється опускання ґрунту, тобто за рік поверхневі точки повертаються у вихідне положення. Геодинаміка поверхні землі в селищах та містах в зонах активної діяльності добувної промисловості указує на значні опускання окремих територій, мікророзломи, порушення цілісності осадкових порід, вимиван-

ня соляних куполів, втрату величезних запасів підземних прісних вод, що накопичилися з льодовикового періоду і є особливо цінним національним ресурсом.

Щораз більші вимоги до точності визначення геодинамічних параметрів, безперервне вдосконалення моделей викликають необхідність порівняльного аналізу різних стратегій опрацювання спостережень. Оскільки кожна з вимірювальних технологій має свої особливості та переваги під час визначення різних параметрів, то необхідне оптимальне поєднання різних засобів спостережень. Надійніші результати отримуємо під час спільного опрацювання різних типів спостережень. Для визначення деформацій земної поверхні подібних техногенно-навантажених територій необхідне сумісне опрацювання радіолокаційних і наземних геодезичних методів.

Наземні геодезичні методи включають виконання традиційного геометричного і тригонометричного нівелювання, побудову і визначення елементів просторових лінійно-кутових мереж триангуляції та трилатерації; опрацювання результатів GNSS-мереж, наземне лазерне сканування і наземну фотограмметрію [13, 16, 17, 21, 26, 34, 35]. Камеральна обробка вимірів може здійснюватися на основі різних програмних продуктів: Delta/Digitals («Геосистема»), Leica Infinity, Cyclone, CloudWorx (Leica Geosystems); Dipsos, RealWorks Survey (Trimble); VoidWorks, I-Site Studio (I-Site Pty Ltd.); Focus Inspection, Focus reverse engineering (Metris); PolyWorks/Modeller, PolyWorks/Inspector (InnovMetric Software); RapidForm2006, RapidFormXO (INUS Technology); Scene Vision

3D (3rdTech); 3D-Extractor (Callidus Precision Systems); Faro Scene (Faro Technologies Company); RiSCAN PRO (Riegl Laser Measurement Systems); Z+F LFM Modeller (Zoller+Froehlich GmbH); Reconstructor (Topotek Survey Technologies); PointCloud (KUBIT GmbH); Studio (RainDrop Geomagic) та інші.

Всі перераховані методи геодезичних досліджень можуть взаємодоповнювати один одного. Супутникова радіолокація ефективна на великих територіях, коли можна спостерігати загальну тенденцію до зрушень. Далі, виявивши небезпечні ділянки, маючи в арсеналі найдоступніші технології і засоби для визначення деформацій земної поверхні, можна отримати досить точні геодезичні результати для окремих точок. Супутникова радіолокація зручна у використанні, особливо для обстежень небезпечних ділянок, зокрема зон бойових дій, так як за допомогою дистанційного моніторингу, не виїжджаючи на місцевість, можна виявляти зрушення рельєфу різного роду і виду. Наприклад, дистанційно «просканувавши» ділянку біля міста Попасна Донецької області, можна побачити чисельну кількість порушених земель, так званих вибухових «воронок» (Рис. 4).

В зоні бойових дій іде фізична руйнація поверхневого родючого шару не тільки за рахунок вибухів, а і шляхом будівництва оборонних споруд. Порушені землі займають сотні квадратних кілометрів, а втрати сільськогосподарського виробництва в результаті неможливості проведення технічної рекультивації і відновлення родючого шару в попередній стан сягають мільярдів гривень [36]. Склад ґрунту погіршують і металеві, і неметалеві осколки, предмети, які без ви-



Рис. 3. Картограма вертикальних деформацій частини території Донбасу

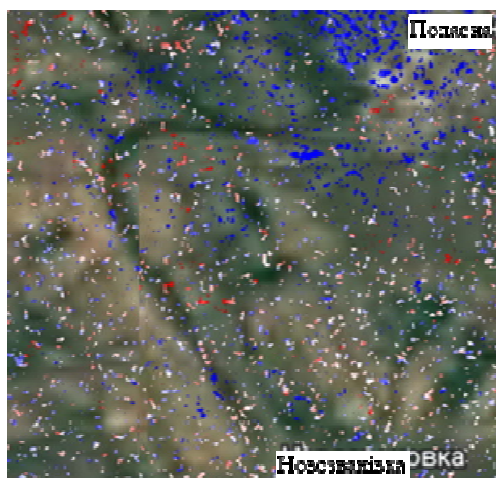


Рис. 4. Виявлення зрушених земель у зоні активних бойових дій (обробка космічних знімків в ПЗ SNAP)

лучення крупних решток і включень не дозволяють обробляти поля.

Також погіршує склад ґрунту і втрата біоти в результаті згорання та високих температур і аномальних тисків, розпилювання і знищення структури ґрунту та ущільнення. Змішування материкових порід з верхнім родючим шаром – завершений факт – і він суттєво погіршить природний фон родючості порушених земель в місцях бойових дій. Так, на Рис. 5 показана карта щільності пожеж на території України за літній період 2022 року на основі супутникових даних MODIS з сайту FIRMS (Fire Information for Resource Management System) [<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>]. Згідно картограми спостерігається зміщення еліпсу локалізації вогневих точок з південного сходу ближче до центру нашої держави. Результати досліджень отримані за допомогою геоінформаційної системи «ArcGIS Online».

Погіршують ґрунт і численні по-

жежі рослинності та підтоплення з потраплянням паливно-мастильних матеріалів, хімічних речовин, винос солей на поверхню та інше.

Військова агресія формує екологічну катастрофу не тільки в Україні, а й екологічну катастрофу геополітичного масштабу в Європі і у світі. Особливо під загрозою опинилися об'єкти атомної енергетики. Після закриття Чорнобильської АЕС в Україні залишилися в експлуатації 4 атомні електростанції з реакторами типу ВВЕР: Запорізька, Рівненська, Хмельницька та Південно-Українська, на яких працює 15 енергетичних установок, 9 з яких розміщені у Південно-Східній частині України, практично в зоні бойових дій [37]. На Рис. 6 представлено зону ураження радіоактивними речовинами території навколо атомних електростанцій, при умові аварії тільки одного енергоблоку (в аналогії з аварією, що сталася на Чорнобильській АЕС). В діаметрі приблизно 70 км навколо

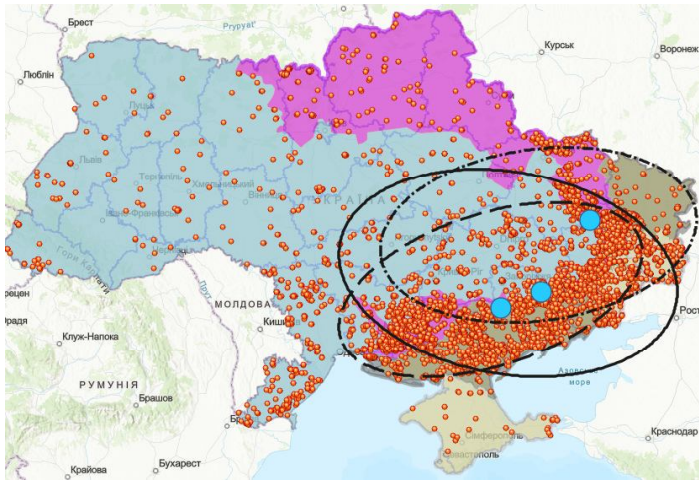


Рис. 5. Локалізація вогневих точок на території України за літній період в 2022 році

кожної станції (без урахування вітрового тиску) на територіях буде викид радіації >1000 рад, смертельною вважається доза в 700 рад.

Хімічні речовини, що вивільнюються при реакції вибухових речовин, спалюванні рослинності, пального, паливо-мастильних матеріалів

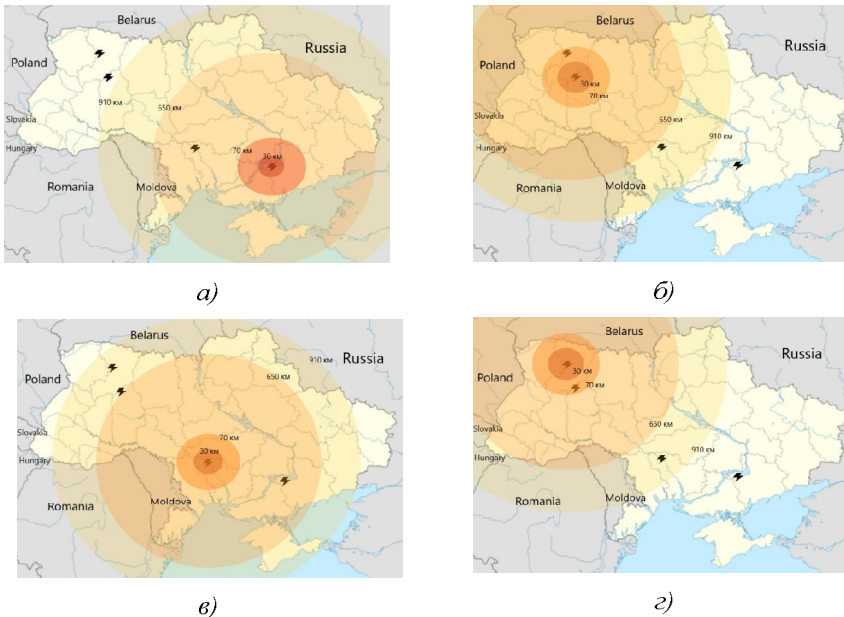


Рис. 6. Прогнозована зона ураження радіоактивними речовинами території навколо атомних електростанцій в разі аварії однієї енергетичної установи: а – Запорізька АЕС; б – Хмельницька АЕС; в – Південно-Українська АЕС; г – Рівненська АЕС

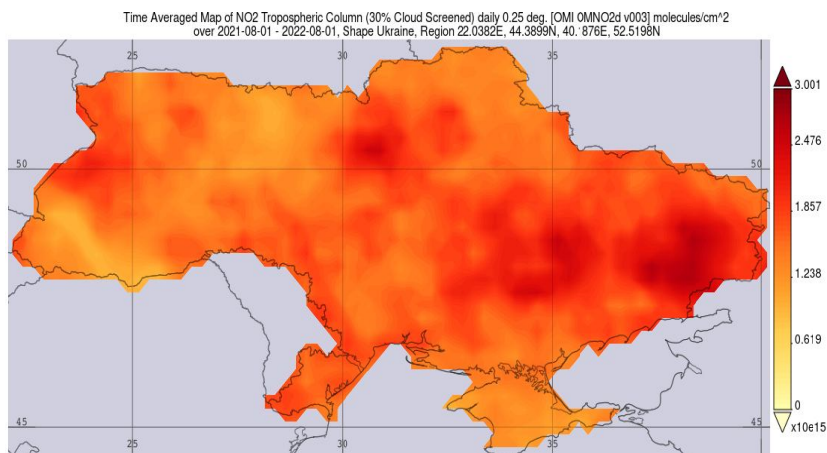


Рис. 7. Усереднене значення концентрації діоксиду азоту в шарах тропосфери на території України з 01 серпня 2021 р. по 01 серпня 2022 р. [платформа Giovanni]

формують стійкі хімічні хмари пилу та речовин, які осідаючи на поверхню забруднюють території, формують ґрунтотоксикоз і токсичні водні горизонти, розносячи токсини на тисячі кілометрів. Особливо страждають родючі землі – чорноземи. На Рис. 7 за допомогою платформи Giovanni візуалізована концентрація діоксиду азоту на території України. Найбільш затемнені ділянки ($0,25 \text{ мг/м}^3$) – в Центральній-Східній частині, на території активних бойових дій. Діоксид азоту впливає на дихальну систему, відчувається сухість і подразнення в горлі, це може призвести до запалення дихальних шляхів. Діоксид азоту послаблює нічний зір – здатність ока адаптуватися до темряви, цей ефект вже спостерігається при концентрації $0,14 \text{ мг/м}^3$, що нижче порогу виявлення ($0,23 \text{ мг/м}^3$) [38].

Крім вищеперелічених геоматичних методів, для підвищення продуктивності земель і проектування системи моніторингу за станом ґрунтів є підготовка і надання від-

повідної інформації за допомогою геоінформаційного забезпечення QGIS. Даний геоінформаційний аналіз повинен враховувати специфіку природних умов господарства. Використання ГІС-технологій дозволить візуалізувати числові дані, здійснити статистичний аналіз, виконати перетворення даних для пошуку похідної інформації, будувати електронні поверхні розподілу показників (рис. 8).

Це в свою чергу говорить про те, що обґрунтоване з екологічної та економічної точки зору сільськогосподарське використання земель, сприяє ефективному управлінню земельними ресурсами, збереженню родючості і природно-ресурсного потенціалу. Особливої уваги потребують порушені меліоративні системи та гідротехнічні споруди. Так у Полтавській області моніторинг за допомогою супутникового спостереження сумісно з QGIS виявив більше 320 ставків, не заповнених водою.

Системні безпекові заходи регуляторної політики держави, змінюючи

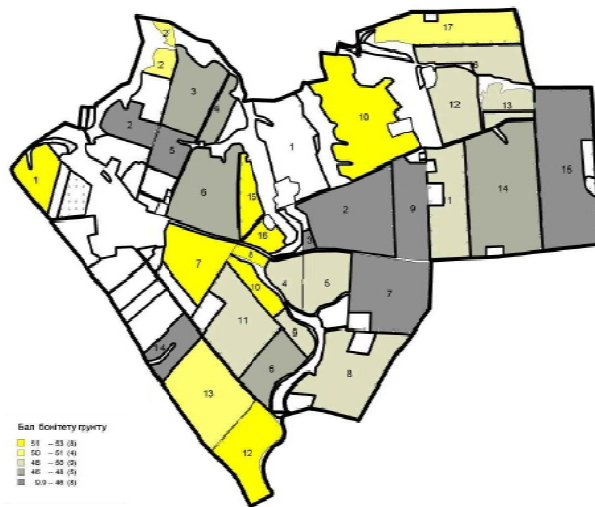


Рис. 8. Картосхема агрохімічної характеристики ґрунтів ПП «Агроекологія» відділку «Михайлики» Шишацького району Полтавської області

будівельні норми і правила забудови, структурна перебудова промисловості, винесення військової інфраструктури на безпечні території, розселення поселень, перебудова логістики позитивно вплинуть на безпеку країни.

Висновки і пропозиції.

В результаті індустріалізації та реалізації державних мегапроектів в Центральній і Східній Україні сформувалися антропогенно перевантажені території, на яких формується критично негативна екологічно-небезпечна ситуація. Небезпечні геодинамічні процеси обов'язково повинні підлягати постійному моніторингу для якісного прогнозу просторового руху земної поверхні.

Вибір геоматичної системи моніторингу залежить від виду середовища і напрямку досліджень. Візуалізацію вмісту хімічних речовин, концентрації газів, температури, вологості, опадів можна здійснити че-

рез інтерфейси платформи Giovanni. Для класифікації об'єктів наземного покриття, зміни їх меж, моніторингу рослинного покриття, аналізу геологічної структури, виявлення динаміки водних та водно-болотних об'єктів, масштабів паводків і затоплення опрацьовують космічні знімки Landsat, Sentinel-2, MODIS; для визначення місць розташування міських територій і окремих будівель, для увиразнення рельєфу гірських територій, для контролю за забрудненням поверхонь водойм – радіолокаційні знімки SIR – C/X – SAR; для визначення характеристик рельєфу – цифрові моделі рельєфу SRTM. Спостереження за деформацією земних поверхонь і побудова карт зміщень виконується методом супутникової радіолокації InSAR, що базується на використанні космічних знімків з КА Sentinel-1. Для уточнення виявлених проблемних ділянок необхідно сумісно використовувати наземні геодезичні методи моніторингу деформацій

техногенно-навантажених територій. Опрацювання отриманих даних здійснюється в різних геоінформаційних системах ArcGIS, QGIS, Google Earth, Digital; для оцінки просідань ґрунтів – Estimating Subsidence using Sentinel-1 Data in SNAP, Landslides detection Sentinel-1.

Запропоновано розглядати методи геоматичного моніторингу як системи, до компонентів якої входять наземні геодезичні методи, дистанційне зондування Землі та ГІС-технології. Такий підхід дасть можливість досліджувати стан земної поверхні в залежності від умов її функціонування.

Геоматичний моніторинг повинен здійснюватися для нейтралізації загроз різного роду, для відновлення природо-ресурсного потенціалу, забезпечення геополітичної, еколого-безпечної та військової стійкості як окремих агломерацій і регіонів, так і України в цілому.

Список використаних джерел

1. Alicandro M. The Role of Geomatics for Civil and Environmental Monitoring. Conference: 21st Ka and Broadcast Communications Conference. 14 October 2015. Bologna.
2. Васюхин М., Касим А., Ткаченко А., Иванюк Ю. Методы и средства построения автоматизированной системы агроэкологического мониторинга, паспортизации и оценки земель, загрязненных в результате антропогенного воздействия. Вестник ХНТУ, 2013, № 1 (46). С. 240-242.
3. Tsatsaris A., Kalogeropoulos K., Stathopoulos N., Louka P., Tsanakas K., Tsesmelis D.E., Krassanakis V., Petropoulos G.P., Pappas V. & Chalkias C. Geoinformation Technologies in Support of Environmental Hazards Monitoring under Climate Change. ISPRS IJGI. 2021, 10(2), 94. DOI:10.3390/ijgi10020094
4. Пересадько В.А., Сінна О.І., Вяткін К.В., Бодня О.В. Геоінформаційне забезпечення природоохоронних територій. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Збірник наукових праць. Харків, 2012. Вип. 15. С. 74-77
5. Bruce M. Monitoring and Evaluation. Resource and Environmental Management: Third Edition (New York, 2019; online edn, Oxford Academic, 22 Aug. 2019), accessed 30, June 2023. DOI:10.1093/oso/9780190885816.003.0011
6. Шевченко Р.Ю. Інструментарій моніторингу довкілля міста Києва. Монографія. Київ, 2020. 324 с.
7. Філіпович В.Є. Використання космічної інформації для прогнозу розвитку небезпечних геологічних процесів (підтоплення та затоплення) на прикладі окремих районів м. Києва. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 7. С. 58-63.
8. Gabriele M., • Brumana R., • Previtali M. & • Cazzani A. A combined GIS and remote sensing approach for monitoring climate change-related land degradation to support landscape preservation and planning tools: the Basilicata case study. Applied Geomatics. 26 June 2022. DOI:10.1007/s12518-022-00437-z
9. Gabriele M., Previtali M. A GIS and Remote Sensing Approach for Desertification Sensitivity Assessment in Basilicata Region (Italy). Conference: ICGDA 2020: 2020 3rd International Conference on Geoinformatics. April 2020. DOI:10.1145/3397056.3397079
10. Agyare A., Kobo-Bah A., Bayel B. and Jalloh A. Integration of GIS and F-Hydra Model for Aquifer Vulnerability Monitoring in the Afram Plains, Ghana. Journal of Geoscience and Environment Protection, 2021, 9. 222-248. DOI:10.4236/gep.2021.93014
11. Seenipandi K., Ramachandran K.K. and

- Chandrasekar N. Modeling of coastal environmental vulnerability in South India: a multiple parametric approach using remote sensing and GIS. *Remote Sensing of Ocean and Coastal Environments*. 2020. 225–249.
12. Третяк К., Максимчук В., Кутас Р. Сучасна геодинаміка та геофізичні поля Карпат і суміжних територій. Львів, 2015. 420 с.
13. Тревого І., Горб А., Мелешко О. Застосування радарів із синтезованою апертурою для високоточного геопросторового моніторингу. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2017. С. 44–46.
14. Буряк К. Геодезичний моніторинг деформацій методом радарної інтерферометрії. *International Research and Practical Conference «The development of technical sciences: problems and solutions»*, м. Брно, 28 квіт. 2018 р. С. 168–171.
15. Черняга П., Басовець О. Використання ГІС-технологій для виконання моніторингу сільськогосподарських земель та управління угіддя-ми. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2009. Т. 1(17). С. 204–208.
16. Островський А., Мороз О. Геомоніторинг у геодинаміці та підвищення точності геодезичних вимірів знешкодженням атмосферних впливів. Матеріали науково-технічного симпозиуму «Геомоніторинг-2002». 2002. С. 12–15.
17. Staroverov V., Haikin D. Geodesic monitoring of hydrotechnical structures using an automated observation system. *Urban development and spatial planning*. 2020. No. 74. P. 298–307. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2020.74.298-307>
18. Heunecke O., Welsch W. Terminology and Classification of Deformation Models in Engineering Surveys. *Journal of Geospatial Engineering*. 2001. No. 1. P. 35–44.
19. Sansò F. *Navigazione geodetica e rilevamento cinematico*. Milano : Polipress, 2006. 294 p.
20. A New Algorithm for Processing Interferometric Data-Stacks: SqueeSAR / A. Ferretti et al. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 2011. No. 49. P. 3460–3470.
21. A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers / A. Hooper et al. *Geophysical Research Letters*. 2004. Vol. 31, no. 23. URL: <https://doi.org/10.1029/2004gl021737>
22. Determination of Tectonic Movements in the Swiss Alps Using GNSS and Levelling / E. Brockmann et al. *Intern. Association of Geodesy Symposia*. 2012. No. 136. P. 689–695.
23. Долгих О.В. Прогнозування деформацій денної поверхні за результатами обмеженої кількості циклів спостережень. Вісник Криворізького національного університету. 2012, Вип. 33. С. 40–45.
24. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля : Постанова Каб. Міністрів України від 30.03.1998 р. № 391. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP980391?an=4>.
25. Gomarasca M.A. *Basics of Geomatics*. Springer, 2009. 697 s.
26. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах / С. Довгий та ін. Київ, 2020. 268 с.
27. Нестеренко С. Методи досліджень деформацій земної поверхні на основі даних супутникової радіолокації. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Геофорум-2022», м. Львів-Яворів-Брюховичі, 6–8 квіт. 2022 р. 2022. С. 11–14.
28. Sharyi H., Nesterenko S., Stoiko N. Ways of revitalization of Dnipro reservoirs. *Journal LNEU: Architecture and Building*. 2022. No. 23. P. 118–124.
29. Khilchevsky V., Grebenya V. Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs – reservoirs

- and ponds. Kyiv, 2014.
30. Що чекає Південь України після руйнування Каховського водосховища. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1460-scho-chekaye-pivden-ukrayini-pislyaruynuvannya-kahovskogo-vodoshovischa>
 31. Моделювання найгірших сценаріїв прориву греблі Каховської ГЕС. URL: <https://texty.org.ua/fragments/108141/modelyuvannya-najhirshyh-scenariyiv-proryvu-hrebli-kahovskoyi-ges/>
 32. В Ірпені руйнування дамби призвело до масштабних затоплень: наслідки для природи та людини. ЕкоПолітика. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-irpeni-ruynuvannya-dambi-prizvelo-do-masshtabnih-zatoplen-yaki-naslidki/>
 33. «Кривава річка». На що вплине пошкодження дамби в Кривому Розі. URL: <https://texty.org.ua/articles/107751/kryvava-richka-na-sho-vplyne-poskodzhennya-damby-v-kryvomu-rozi/>
 34. Nesterenko S., Kliepko A. Geodetic monitoring of the Kaniv HPP dam using satellite radar. 2022. Available at: <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper-2022/geodetic-monitoring-kaniv-hpp-dam-using-satellite-radar>
 35. Eteje S.O. Detailed geodetic technique procedures for structural deformation monitoring and analysis. Int. J. of Scientific and Technological Research. 2020. 6(7), 7-23. <https://doi.org/10.7176/JSTR/6-07-02>
 36. Про розміри та Порядок визначення втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню : Постанова Каб. Міністрів України від 17.11.1997 р. № 1279. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1279-97-п#Text>.
 37. Діючі АЕС України. <https://www.uation.org/zagalni-vidomosti>
 38. Вплив діоксиду азоту на організм людини та НПС. Nova ecologia. URL: <http://www.novaecologia.org/voecos-377-1.html>

References

1. Alicandro M. (2015). The Role of Geomatics for Civil and Environmental Monitoring. Conference: 21st Ka and Broadcast Communications Conference. 14 October 2015. Bologna.
2. Vasiukhyn M., Kasym A., Tkachenko A., Yvanyk Yu. (2013). Methods and tools for building an automated system for agroecological monitoring, certification and assessment of lands contaminated as a result of anthropogenic impact. Vestnyk KhNTU, № 1 (46). P. 240-242.
3. Tsatsaris A., Kalogeropoulos K., Stathopoulos N., Louka P., Tsanakas K., Tsesmelis D.E., Krassanakis V., Petropoulos G.P., Pappas V. & Chalkias C. (2021). Geoinformation Technologies in Support of Environmental Hazards Monitoring under Climate Change. ISPRS IJGI., 10(2), 94. DOI:10.3390/ijgi10020094
4. Peresadko V.A., Sinna O.I., Viatkin K.V., Bodnia O.V. (2012). Geoinformation provision of nature conservation areas. Problems of continuous geographical education and cartography. Collection of scientific papers. Kharkiv. Vol. 15. P. 74-77.
5. Bruce M. (2023). Monitoring and Evaluation. Resource and Environmental Management: Third Edition (New York, 2019; online edn, Oxford Academic, 22 Aug. 2019), accessed 30, June 2023. DOI:10.1093/oso/9780190885816.003.0011
6. Shevchenko R.Iu. (2020). Toolkit for environmental monitoring of the city of Kyiv. Monograph. Kyiv. 324 s.
7. Filipovych V.Ie. (2015). The use of space information for the forecast of the development of dangerous geological processes (submergence and flooding) on the example of certain districts of the city of Kyiv. Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing. 2015. № 7. P. 58-63.
8. Gabriele M., • Brumana R., • Previtali M. & • Cazzani A. (2022). A combined GIS and remote sensing approach for monitoring

- climate change-related land degradation to support landscape preservation and planning tools: the Basilicata case study. *Applied Geomatics*. 26 June 2022. DOI:10.1007/s12518-022-00437-z
9. Gabriele M., Previtali M. (2020). A GIS and Remote Sensing Approach for Desertification Sensitivity Assessment in Basilicata Region (Italy). Conference: IC-GDA 2020: 2020 3rd International Conference on Geoinformatics. April 2020. DOI:10.1145/3397056.3397079
 10. Agyare A., Kabo-Bah A., Bayel B. and Jalloh A. (2021). Integration of GIS and F-Hydra Model for Aquifer Vulnerability Monitoring in the Afram Plains, Ghana. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 9. 222-248. DOI:10.4236/gep.2021.93014
 11. Seenipandi K., Ramachandran K.K. and Chandrasekar N. (2020). Modeling of coastal environmental vulnerability in South India: a multiple parametric approach using remote sensing and GIS. *Remote Sensing of Ocean and Coastal Environments*. 225-249.
 12. Tretiak K.R., Maksymchuk V.Yu., Kutas R.I. (2015). Modern geodynamics and geophysical fields of the Carpathians and adjacent territories. Lviv. 420.
 13. Trevohe I., Horb A., Meleshko O. (2017). Application of synthetic aperture radars for high-precision geospatial monitoring. Modern achievements of geodetic science and production. Lviv. 44-46.
 14. Buriak K. (2018). Geodetic monitoring of deformations by the method of radar interferometry. International Research and Practical Conference «The development of technical sciences: problems and solutions» (Brno, 28.04.2018), 168-171.
 15. Cherniaha P., Basovets O. (2009). Use of GIS technologies for monitoring agricultural land and land management. Modern achievements of geodetic science and production, 1(17), 204-208.
 16. Ostrovskiy A., Moroz O. (2002). Geomonitoring in geodynamics and increasing the accuracy of geodetic measurements by neutralizing atmospheric effects. *Proceedings of the scientific and technical symposium «Geomonitoring-2002»*, 12-15.
 17. Starovierov V. (2020). Geodetic monitoring of hydrotechnical structures using an automated surveillance system. *Urban planning and territorial planning*, 74, 298-307. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2020.74.298-307>
 18. Heunecke O., Welsch W. (2001). Terminology and Classification of Deformation Models in Engineering Surveys. *Journal of Geospatial Engineering*, 1, 35-44.
 19. Sansò F. (2006). *Navigazione geodetica e rilevamento cinematico*. Milano: Polipress. 294.
 20. Ferretti A., Fumagalli A., Novali F., Prati C., Rocca F., Rucci A. (2011). A New Algorithm for Processing Interferometric Data-Stacks: SqueeSAR. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49, 3460-3470.
 21. Hooper A., Zebker H., Segall P., Kampes B. (2004). A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers. *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 31, no. 23. <https://doi.org/10.1029/2004GL021737>
 22. Brockmann E., Ineichen D., Marti U., Schaer S., Schlatter A., Villiger A. (2012). Determination of Tectonic Movements in the Swiss Alps Using GNSS and Levelling. *Intern. Association of Geodesy Symposia*, 136, 689-695. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20338-1_85
 23. Dolhikh O.V. Forecasting deformations of the daytime surface based on the results of a limited number of observation cycles. *Bulletin of Kryvyi Rih National University*. 2012, Vol. 33. P. 40–45.
 24. On the approval of the Regulation on the state system of environmental monitoring: Resolution of the Kab. of Ministers of Ukraine dated 30.03.1998. № 391.

- URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP980391?an=4>
25. Gomasasca M.A. Basics of Geomatics. Springer, 2009. 697 s.
 26. Dovhyi S., Babiichuk S., Kuchma T., Tomchenko O., Yurkiv L. (2020). Remote sensing of the Earth: analysis of space images in geoinformation systems. Kyiv. 268.
 27. Nesterenko S.V. (2022). Methods of studying deformations of the earth's surface based on satellite radar data. Materials of the International Scientific and Technical Conference «Geoforum-2022», Lviv-Yavo-riv-Bryukhovychi, 06-08.04.2022, 11-14.
 28. Sharyi H., Nesterenko S., Stoiko N. (2022). Ways of revitalization of Dnipro reservoirs. Journal LNEU: Architecture and Building, 23, 118-124.
 29. Khilchevsky V., Grebenya V. (2014). Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs – reservoirs and ponds. Kyiv.
 30. What awaits the South of Ukraine after the destruction of the Kakhov reservoir. Available at: <https://kurkul.com/spetsproekty/1460-scho-chekaye-pivden-ukrayini-pislya-ruynuvannya-kahovskogo-vodoshovischa>
 31. Modeling of the worst scenarios of the Kakhovskaya HPP dam breach. Available at: <https://texty.org.ua/fragments/108141/modelyuvannya-najhirshyh-scenariyiv-proryvu-hrebli-kahovskoyi-ges/>
 32. In Irpen, the destruction of the dam led to large-scale flooding: consequences for nature and people. EkoPolityka. Available at: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-irpeni-rujnuvannya-dambi-prizvelo-domasshtabnih-zatoplen-yaki-naslidki/>
 33. «Bloody River». What will be the effect of damage to the dam in Kryvyi Rih. Available at: <https://texty.org.ua/articles/107751/kryvava-richka-na-sho-vplyne-poshkodzheniya-damby-v-kryvomu-rozi/>
 34. Nesterenko S., Kliepko A. (2022). Geodetic monitoring of the Kaniv HPP dam using satellite radar. Available at: <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper-2022/geodetic-monitoring-kaniv-hpp-dam-using-satellite-radar>
 35. Eteje S.O. (2020). Detailed geodetic technique procedures for structural deformation monitoring and analysis. Int. J. of Scientific and Technological Research, 6(7), 7-23. <https://doi.org/10.7176/JSTR/6-07-02>
 36. On the size and procedure for determining the losses of agricultural and forestry production that are subject to compensation: Decree of the Kab. of the Ministers of Ukraine dated 11.17.1997. № 1279. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1279-97-p#Text>
 37. Operating NPPs of Ukraine. Available at: <https://www.uation.org/zagalni-vidomosti>
 38. The effect of nitrogen dioxide on the human body and NPS. Nova ecologia. Available at: <http://www.novaecologia.org/voecos-377-1.html>

Nesterenko S., Shariy G., Shchepak V., Tkachenko I., Trifonova A.
GEOMATIC MONITORING OF ENVIRONMENTAL HAZARDS IN TECHNOGENIC-LOADED TERRITORIES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 2'23: 26-44
<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2023.02.03>

Abstract. It was noted that the territory of Eastern Ukraine is saturated with potentially dangerous industrial facilities and areas with geodynamic processes that require constant control and monitoring to detect deformations. Geomatic methods and tools were proposed for a comprehensive assessment of deformations, indicators of environmental threats in technogenically loaded territories. The choice of the geomatic monitoring system depends on the type of environment and the

direction of research. Visualization of the content of chemical substances, gas concentration, temperature, humidity, precipitation can be carried out through the interfaces of the Giovanni platform. Landsat, Sentinel-2, MODIS space images are processed to classify land cover objects, change their boundaries, monitor vegetation cover, analyze the geological structure, identify the dynamics of water and wetland objects, the scale of floods and inundation; SIR - C/X - SAR radar images are processed to determine the location of urban areas and individual buildings, to emphasize the relief of mountainous areas, to control the pollution of water bodies' surfaces; SRTM digital terrain models are processed to determine terrain characteristics. Observation of the deformation of the Earth's surfaces and construction of displacement maps is performed by the InSAR satellite radar method, which is based on the use of space images from the Sentinel-1 spacecraft.

To clarify the identified problem areas, it is necessary to jointly use the ground-based geodetic methods of monitoring the deformations of man-made territories. Processing of the received data is carried out in various geoinformation systems ArcGIS, QGIS, Google Earth, Digital; the land subsidence estimation using Sentinel-1 Data in SNAP, the landslides detection using Sentinel-1.

It was proposed to consider methods of geomatic monitoring of territories as a system that includes ground-based geodetic methods, remote sensing of the Earth and geographic information systems (GIS). This approach will make it possible to study territories, in particular the state of the Earth's surface, depending on the conditions of its functioning.

The article states that geomatics monitoring is carried out to neutralize threats, to restore natural resource potential, to ensure geopolitical, ecological, security and military stability.

Keywords: *deformation of the earth's surface, geoinformation systems, geomatics, monitoring, satellite radar, technogenic-loaded territories.*