

DOI: 10.32347/2076-815X.2025.89.519-536

УДК 528.4:622

д.т.н., професор **Куліковська О.Є.**,
kulikovskaja13@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2168-1445,д.е.н. наук, професор, **Ковалишин О.Ф.**,
kovalyshynlesya@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7045-2462,д.е.н., професор **Ступень Р.М.**,
romomas@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4951-2838,к.е.н., доцент **Колодій П.П.**,
pavlokolodiy@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9847-9520,

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій

ОХОРОНА ПУНКТИВ ДЕРЖАВНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ: МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ПРАКТИКИ

Державні геодезичні мережі є основою для топографічних зйомок, картографування, інженерних проектів та навігації. Їхні пункти, закріплені на місцевості, потребують суворої охорони для збереження точності та довговічності. У статті порівняно підходи до захисту геодезичних пунктів у США, Німеччині, Китаї, Японії та Україні.

Ключові слова: державні геодезичні мережі; міжнародний досвід; практики; пункти; охорона; точність; довговічність; захист; закони.

Проблема і її зв'язок із науковими і практичними завданнями. Геодезичні пункти – основа для створення карт, будівництва, навігації та моніторингу природних процесів. Їхня охорона регулюється національними законами та міжнародними стандартами.

Проблема знищення або пошкодження пунктів державної геодезичної мережі (ДГМ) є системною для багатьох регіонів, країн світу. При цьому, можна виділити такі глобальні виклики: 1) урбанізація: будівництво та інфраструктурні проекти руйнують маркери (наприклад, у Індії та Бразилії); 2) кліматичні зміни: підвищення рівня моря загрожує пунктам у прибережних зонах (Флорида, Бангладеш); 3) війни та конфлікти: Сирія, Ємен (геодезичні мережі знищені на 60–80%). Кількість геодезичних пунктів у кожній із країн значно відрізняється залежно від розмірів території, геодезичної інфраструктури та рівня деталізації мережі. Нижче наведено актуальні дані для США, Німеччини, Китаю, Японії та України. Необхідно також зауважити, що останніми роками більшість країн активно модернізують систему, і частина класичних пунктів може бути ліквідована або втрачена через відмову від підтримки окремих пунктів на користь GNSS-технологій.

Мета дослідження полягає у порівнянні підходів до збереження та захисту геодезичних пунктів державних мереж у США, Німеччині, Китаї, Японії та Україні.

Аналіз останніх публікацій. Створенню й аналізу державних геодезичних мереж, розробці рекомендацій щодо удосконалення заходів розвитку і збереження їх пунктів присвячена велика кількість публікацій. Серед них можна виділити такі. Wang, J., Chen, Y., & Zhang, Z. (2023) досліджують стан національної геодезичної мережі Китаю, її історичний розвиток та необхідність модернізації [14]. Аналізуються методи збереження контрольних пунктів і впровадження сучасних технологій, таких як GNSS, для підвищення точності геодезичних вимірювань. У роботі [4] Li, X., Zhao, Q. (2022) також розглядається сучасний стан геодезичної інфраструктури Китаю, включаючи GNSS-мережі, гравіметричні системи та висотні референтні моделі. Автори обговорюють виклики, з якими стикається система, та можливі напрями розвитку, такі як автоматизація та інтеграція даних з глобальними геодезичними мережами. Автори Tanaka, Y., Sato, T., & Kimura, H. (2021) описують заходи, спрямовані на створення та підтримку геодезичних контрольних точок у Японії для запобігання стихійним лихам, таким як землетруси та цунамі [12]. Стаття акцентує увагу на впровадженні GNSS-станцій та використанні цих даних у системах раннього попередження про катастрофи. Matsumoto, N. (2020) аналізує інтеграцію GNSS-контрольних пунктів у загальну геодезичну систему Японії. У даній роботі розглядаються питання сумісності старих та нових геодезичних даних, а також вплив GNSS на точність геодезичних вимірювань [5]. Дослідники Schmidt, M., & Becker, M. (2023) вивчають проблему збереження геодезичних монументів у міських районах Німеччини [9]. Автори розглядають вплив урбанізації на стабільність геодезичних пунктів і пропонують методи їх захисту, включаючи використання сучасних сенсорних технологій та правові заходи. Обговорюються виклики та рішення, пов'язані з модернізацією національної геодезичної мережі Німеччини у праці Klein, H., Müller, F. (2021). Автори [3] розглядають вплив цифрових технологій, автоматизації та GNSS на вдосконалення геодезичних вимірювань та підтримку стабільності і збереження геодезичних пунктів.

Виклад матеріалу і результати. Державна геодезична мережа США - National Spatial Reference System (NSRS), включає понад 1500000 геодезичних пунктів. Типи пунктів: горизонтальні (позиційні), вертикальні (висотні репери), гравіметричні. Управління здійснює Національна геодезична служба (NGS). Багато традиційних геодезичних пунктів зберігаються, але сучасна система поступово переходить на супутникові методи (GNSS) [8].

Німеччина створила національну геодезичну мережу Deutsches Grundnetz (DGN) та SAPOS (Satellite Positioning Service). Загальна кількість геодезичних пунктів складає близько 250000 наземних пунктів (основна і детальна мережа), включає понад 270 постійних GNSS-станцій для супутникового позиціонування. Мережа розподілена по федеральних землях і має як горизонтальні, так і вертикальні реperi [2].

Національна геодезична мережа Японії - Geodetic Control Network of Japan, складається з 110000 геодезичних пунктів для горизонтального та вертикального контролю і має понад 1300 постійних GNSS-станцій (мережа GEONET) для точного позиціонування і моніторингу сейсмічної активності. Японія активно оновлює геодезичну мережу через небезпеку зміщень земної поверхні після землетрусів [5].

На рис. 1 на підставі даних табл. 1 подано графік, який показує щільність геодезичних пунктів на 1000 км² у різних країнах. Як видно, Німеччина має найбільшу щільність, тоді як США та Україна мають найменшу.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика ДГМ

Країна	Загальна площа (км ²)	Тип геодезичної мережі	Кількість пунктів	Щільність геодезичних пунктів на 1000 км ²
США	~9,8 млн	Національна геодезична мережа (NGS), Національна система просторових координат (NSRS).	~1,5 млн геодезичних пунктів, 1300 постійно діючих GNSS-станцій (CORS)	153
Німеччина	~357 тис.	DREF91 (German Reference Frame), Постійна GNSS-мережа SAPOS	~200000 пунктів різних класів, із них 270 станцій постійно діючих GNSS-станцій	560
Китай	~9,6 млн	Китайська національна мережа (CGCS2000)	>2,4 млн геодезичних пунктів, 2000 постійно діючих GNSS-станцій	250
Японія	~378 тис.	Геодезична мережа GSI (GEONET)	~100 000 пунктів, 1 300 постійних GNSS-станцій	265
Україна	~603,5 тис.	Державна геодезична мережа (UGRS)	~55 000 пунктів, понад 150 постійних GNSS-станцій	91

У Китаї національна геодезична мережа є однією з найбільших і найсучасніших у світі. Вона складається з мільйонів геодезичних пунктів, побудованих як для горизонтальної, так і для вертикальної зйомки. Кількість геодезичних пунктів у Китаї складається із понад 24000000 пунктів державної геодезичної мережі (D级, C级, B级, A级). Основна мережа вищого класу точності налічує близько 50000 пунктів (класів A і B), вертикальна геодезична мережа має понад 200000 висотних реперів, які використовуються для точного визначення висоти над рівнем моря. Китай активно інтегрує геодезичні мережі з використанням супутникових технологій. Серед них: BeiDou Ground-Based Augmentation System (GBAS) - це мережа з близько 2500 постійно діючих GNSS-станцій, яка забезпечує високоточне позиціонування (з точністю до кількох сантиметрів). Ця мережа в свою чергу є частиною глобальної навігаційної системи BeiDou (BDS) [14].

Державна геодезична мережа України складається з близько 55000 геодезичних пунктів планової і висотної мереж. Також функціонує система постійно діючих GNSS-станцій (близько 150 станцій) для сучасного геодезичного забезпечення. Державна система координат УСК-2000, яка базується на використанні GNSS-технологій і об'єднує наземну мережу та супутникові станції. У теперішній час впроваджується перехід на систему WGS-84 для сумісності зі стандартами НАТО [17].

Найбільша щільність у Німеччині, що пояснюється компактною територією та високою потребою в точних геодезичних даних для інфраструктури.

Ключові підходи країн світу до захисту цих об'єктів базуються на міжнародних стандартах, а саме на: 1) рекомендаціях IAG (Міжнародної асоціації геодезії): використання глобальних систем координат (ITRF, WGS-84) для уніфікації даних, запобігання фізичному руйнуванню через перехід до супутникових технологій (GNSS); 2) директивах FIG (Міжнародної федерації геодезистів): встановлення охоронних зон навколо пунктів (від 1 до 5 м залежно від країни), обов'язковий моніторинг стану мережі.

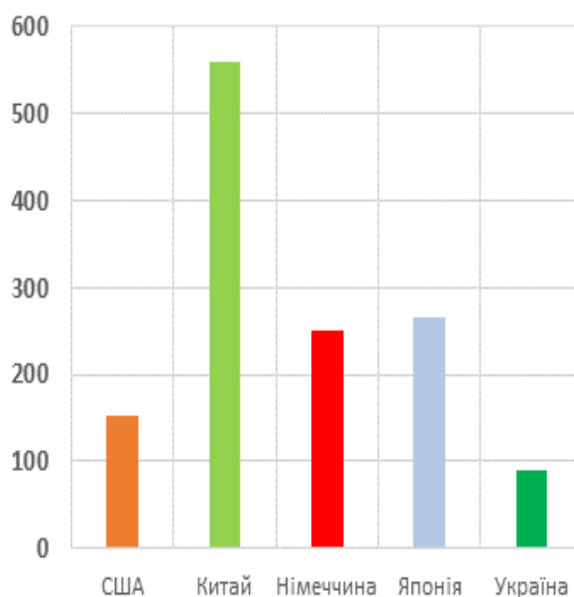


Рис. 1. Щільність геодезичних пунктів на 1000 км²

У табл. 2 наведена зведена інформація щодо нормативно-правових документів, технологій, що використовуються у теперішній час у дослідних країнах [7, 21, 19] та Австралії і Південної Кореї для порівняння.

Проблема знищення або пошкодження пунктів державної геодезичної мережі (ДГМ) є системною для всіх регіонів та країн світу. Нижче наводяться приклади втрати пунктів у Китаї, Німеччині та Японії (табл. 3) і на рис. 2 для США за 2022-2024 роки.

Таблиця 2

Підстави для створення та охорони пунктів
державних геодезичних мереж [3, 12,14]

Параметр	США	Німеччина	Японія	Австралія	Південна Корея
Правова база	Федеральні закони (наприклад, 43 U.S. Code § 931), контроль через NGS (National Geodetic Survey).	Закон «Про геодезію та картографію» , контроль BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)	Закон «Про геопросторову інформацію»	Державний стандарт GDA2020, регулювання на рівні штатів	Закон «Про національн у геодезію»
Технології	GPS, GLONASS, дистанційний моніторинг	Galileo, наземні радари для виявлення змін	Власна супутникова система QZSS, датчики для виявлення руйнувань	GNSS, хмарні платформи для зберігання даних	Моніторинг через 5G, штучний інтелект для аналізу ризиків
Особливість	Акцент на цифровій інфраструктурі — 70% даних збираються через супутники	Інтеграція геодезичних даних у систему «розумних міст»	Маркери інтегровані в антисейсмічну інфраструктуру	Пункти позначаються як «національна спадщина»	-

Таблиця 3

Орієнтовні втрати геодезичних пунктів у Китаї, Німеччині та Японії
за 2022-2024 роки

Країна	Втрачено пунктів			Приклади причин втрати
	2022	2023	2024	
Китай	12000	15000	18000	Урбанізація, природні процеси із-за землетрусів
Німеччина	3000	4000	5000	Розвиток інфраструктури міст
Японія	8000	10000	12000	Землетруси та цунамі

Законодавча база країн передбачає, що геодезичні пункти є державною власністю, їх облік ведуть спеціальні організації, навколо пунктів встановлюються охоронні зони, де заборонено господарські роботи, знесення або перезакладка пунктів можливі лише за погодженням із керуючими установами. Порушення вимог охорони тягне адміністративну або кримінальну відповідальність. Узагальнення штрафних санкцій представлено у порівняльній таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняльний аналіз покарань за порушення вимог охорони геодезичних знаків

Країна	Система координат	Охороні зони, м	Технології	Санкції за порушення
Україна	УСК-2000 WGS-84	1	GPS, UTM	Адміністративна/кримінальна відповідальність
США	NAD83, WGS-84	2-5	GPS, GLONASS	Адміністративна/кримінальна відповідальність
Німеччина	ETRS89	2	GPS, Galileo	Адміністративна/кримінальна відповідальність
Китай	CGCS2000	3	BeiDou	Адміністративна/кримінальна відповідальність
Японія	JGD2011	1,5	QZSS, GNSS	Адміністративна/кримінальна відповідальність

Захист геодезичних пунктів у США забезпечується комплексом федеральних, державних і місцевих законів, а також нормативними актами, що регулюють їхнє використання та збереження [7, 15]. Розмір штрафів за пошкодження або знищення геодезичних пунктів у США залежить від конкретного закону, під юрисдикцію якого потрапляє порушення, а також від тяжкості правопорушення. Згідно з Розділом 18 Кодексу США, розділ 1858, за знищення, пошкодження або переміщення геодезичних знаків, установлених урядом США, передбачено такі покарання: штраф до \$250 (станом на актуальні дані, сума може коригуватися з урахуванням інфляції); тюремне ув'язнення до 6 місяців. Ці покарання можуть застосовуватися як окремо, так і разом, залежно від рішення суду [1, 13].

Штрафи в різних штатах можуть значно варіюватися. Наприклад, у Каліфорнії штрафи за пошкодження геодезичних знаків можуть сягати \$1,000 або більше, залежно від обставин. У Техасі штрафи можуть становити \$500-\$1,000, а в разі повторних порушень - збільшуватися. Крім штрафів, порушник може бути зобов'язаний: відновити пошкоджений геодезичний пункт власним коштом; компенсувати витрати на проведення повторних геодезичних вимірювань, якщо це необхідно [6]. У разі навмисного або злісного пошкодження геодезичних пунктів порушника може бути притягнуто до кримінальної відповідальності, що може спричинити за собою: вищі штрафи

(до \$10,000 і більше); тюремне ув'язнення (до 6 місяців або більше, залежно від штату і тяжкості порушення). Якщо пошкодження геодезичного пункту призвело до збитків для третіх осіб (наприклад, затримки будівельних робіт або помилок у землеустрої), порушник може бути притягнутий до цивільної відповідальності і зобов'язаний виплатити компенсацію [5, 16].

Використовується NAD 83 (Національна система координат) та WGS-84 для військових і глобальних потреб. GPS-технології дозволяють моніторити стан пунктів дистанційно, а акцент на супутникові методи зменшує залежність від фізичних пошкоджень [10, 11].

У Німеччині геодезичні пункти охороняються на законодавчому рівні. Вони є частиною національної геодезичної мережі (Deutsches Grundnetz – DGN), і їх захист забезпечується спеціальними законами та регламентами як на федеральному, так і на земельному рівнях [2, 3]. Основними ключовими нормативними актами охорони є: 1) Закон про геодезію та кадастр (Vermessungsgesetz – VermG) – це основний закон, який визначає порядок установа, збереження та захисту геодезичних пунктів; Адміністративні правила окремих федеральних земель. Оскільки Німеччина – федеративна держава, кожна земля може мати свої додаткові регламенти щодо охорони та управління геодезичними пунктами; 2) Закон про охорону державного майна (StGB § 305a): пошкодження геодезичних пунктів прирівнюється до пошкодження державного майна і карається законом [9].

Геодезичні пункти позначаються спеціальними маркерами або знаками (бетонні стовпчики, металеві таблички тощо), які мають офіційні попереджувальні позначення. Руйнування, переміщення або навмисне пошкодження цих пунктів заборонено і тягне за собою штрафи або кримінальну відповідальність. Власники земельних ділянок, де розташовані геодезичні пункти, зобов'язані забезпечувати доступ до них для геодезистів і не перешкоджати їх збереженню. Німеччина використовує ETRS89 (Європейська система) з інтеграцією в WGS-84 для сумісності з ЄС та НАТО. Пункти захищені земельним законодавством, зокрема Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) відповідає за їх збереження. Заборонено будь-які роботи в радіусі 2 м навколо геодезичних пунктів [21].

Відповідальними органами за охорону виступають Федеральне агентство картографії та геодезії (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie – BKG і Земельні геодезичні служби (Landesvermessungsämter) в кожній федеральній землі.

Розмір штрафів за пошкодження геодезичних пунктів у Німеччині залежить від характеру порушення і визначається відповідно до

Адміністративного кодексу (Ordnungswidrigkeitengesetz – OWiG) або Кримінального кодексу (StGB), а також законів федеральних земель.

Ось конкретні приклади:

1. Адміністративні штрафи. Якщо пошкодження геодезичного пункту не було навмисним, це класифікується як адміністративне правопорушення. Штрафи можуть становити: до 5000 євро – за незначні пошкодження (наприклад, ненавмисне порушення цілісності знаку під час будівельних робіт); від 5000 до 25000 євро – за більш серйозні порушення або за недотримання приписів щодо охорони пунктів.

2. Кримінальна відповідальність (StGB § 305a – Пошкодження важливих об'єктів державного майна). У випадках умисного знищення або переміщення геодезичних пунктів: штраф до 50000 євро або позбавлення волі до 2 років (у разі значного збитку або навмисного приховування місця розташування пункту).

Окрім штрафу, порушник може бути зобов'язаний компенсувати витрати на відновлення геодезичного пункту (які можуть сягати кількох тисяч євро) і проведення повторних геодезичних вимірювань.

В Китаї охорона геодезичних пунктів регламентується низкою законів та нормативних актів на національному рівні [4]. Ключовим з них є Закон Китайської Народної Республіки про геодезію та картографію (Surveying and Mapping Law of the People's Republic of China) [14]. Це - основний закон, що регулює діяльність у сфері геодезії, картографії та охорони геодезичних пунктів. Статті 18 і 19 – визначають обов'язки місцевих органів влади щодо захисту геодезичних пунктів та запобігання їх пошкодженню. Забороняється руйнувати, переміщувати або здійснювати будь-які дії, які можуть пошкодити пункти. Адміністративний регламент щодо охорони геодезичних пунктів (Administrative Regulation on the Protection of Survey Marks) деталізує процедури охорони, технічного обслуговування та відновлення геодезичних пунктів, встановлює штрафи та адміністративні санкції за пошкодження пунктів. Національні стандарти Китаю щодо будівництва та охорони геодезичних мереж (National Standards for Geodetic Control Network Construction and Maintenance) описують технічні вимоги до побудови, моніторингу та збереження геодезичних пунктів. Закон КНР про охорону державної власності (Law of the People's Republic of China on the Protection of State-owned Property) передбачає відповідальність за їх умисне пошкодження чи крадіжку, так як геодезичні пункти вважаються державною власністю. Окрім вищезгаданих законів, кожна провінція може приймати додаткові постанови щодо охорони геодезичних пунктів, залежно від особливостей регіону. Національна геодезична система Китаю побудована у CGCS2000 (Китайська геоцентрична система), яка є

аналогом WGS-84, але з локальними параметрами. Використання супутникових технологій (BeiDou) зменшує ризик фізичних пошкоджень.

В Японії охорона геодезичних пунктів регламентується кількома ключовими законами та нормативними актами, спрямованими на забезпечення точності геопросторових даних і захист державної геодезичної інфраструктури. Основними документами є:

1. Закон про геопросторову інформацію (Basic Act on the Advancement of Utilizing Geospatial Information). Це базовий закон, який регулює створення, використання та охорону геопросторових даних і геодезичних пунктів, передбачає заходи для запобігання пошкодженню пунктів та створення сучасної GNSS-мережі (GEONET);

2. Закон про геодезичну діяльність (Survey Act). Основний нормативний документ, який визначає правила проведення геодезичних робіт. Статті 28 і 29 – описують обов'язки щодо захисту геодезичних пунктів, відповідальність за їх пошкодження, а також процедури технічного обслуговування, забороняє самовільне переміщення, руйнування або знищення геодезичних знаків;

3. Закон про охорону державного майна (State Property Act). В законі прописано, що геодезичні пункти вважаються державною власністю, і цей закон регулює їхній правовий захист, передбачає штрафи та кримінальну відповідальність за умисне пошкодження;

4. Технічні стандарти щодо геодезичних мереж (Technical Standards for Geodetic Control Points). Вони регламентують технічні вимоги до встановлення, моніторингу та збереження геодезичних пунктів, визначають класифікацію пунктів і правила їхньої експлуатації;

5. Місцеві регламенти (Prefectural Regulations). Деякі префектури приймають додаткові правила для захисту геодезичних пунктів у межах свого регіону, особливо в сейсмічно активних районах.

У Японії застосовується система координат JGD2011, яка є національною системою, що інтегрована з ITRF (Міжнародна терестріальна система). Використання високоточних GNSS-технологій (наприклад, QZSS) для моніторингу знижає небезпеку знищення або ушкодження геодезичних маркерів [5, 12]. Пошкодження або знищення геодезичних пунктів вважається серйозним правопорушенням, яке тягне за собою адміністративну або кримінальну відповідальність. Санкції визначені Законом про геодезичну діяльність (Survey Act) та іншими нормативними актами. Ось основні види покарань: за умисне пошкодження або знищення геодезичних пунктів передбачено штраф до 500000 єн (близько 3500 USD). У разі неумисного пошкодження – можливий штраф до 200000 єн (близько 1400 USD). Разом з тим, порушник може бути зобов'язаний за власний кошт відновити

пошкоджений або знищений геодезичний пункт [19]. Умисне знищення геодезичного пункту, що належить державі, може тягнути за собою покарання у вигляді: позбавлення волі на строк до 1 року або штраф до 1000000 єн (близько 7000 USD). Передбачено санкції і за порушення в зонах обмеженого доступу (захищені території). Якщо геодезичний пункт розташований на об'єкті з особливим режимом охорони (зони державного значення або військові об'єкти), санкції значно жорсткіші, з більшими штрафами і можливим тривалішим терміном ув'язнення. У разі, якщо геодезичний пункт пошкоджено юридичною особою (наприклад, під час будівельних робіт), компанія несе відповідальність і може бути оштрафована на суму до 3000000 єн (близько 21000 USD). Додатковими наслідками для порушників може бути втрата ліцензій на здійснення будівельної або геодезичної діяльності, а також репутаційні ризики для компаній або осіб, залучених до порушення.

В Україні охорона геодезичних пунктів регламентується кількома головними законами та нормативними актами, які забезпечують їх захист і збереження [17]. Основним законом, що визначає правові засади топографо-геодезичної діяльності та встановлює правила охорони геодезичних пунктів є Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність". Стаття 15 зобов'язує власників земельних ділянок забезпечувати збереження геодезичних пунктів і забороняє їх пошкодження чи знищення, передбачає відповідальність за руйнування або переміщення геодезичних знаків. Закон України "Про державну геодезичну референцну систему координат" регулює створення та підтримку сучасної геодезичної інфраструктури, зокрема GNSS-мережі (UGRS), забезпечує правовий захист пунктів геодезичних мереж. Стаття 188-13 Кодексу України про адміністративні правопорушення (КУпАП) передбачає адміністративну відповідальність за порушення правил охорони геодезичних пунктів у вигляді штрафів для громадян - від 170 до 340 грн., для посадових осіб - від 340 до 850 грн. Земельний кодекс України у ст. 92 і 96 зобов'язує землекористувачів забезпечувати збереження розташованих на земельних ділянках геодезичних пунктів. Постанова Кабінету Міністрів України № 844 від 8 липня 2015 року "Про затвердження Порядку охорони геодезичних пунктів" визначає процедури охорони, обслуговування та відновлення геодезичних пунктів, зобов'язує органи місцевого самоврядування контролювати збереження пунктів на їх території. Національний стандарт України (ДСТУ) ДСТУ 7465:2013 "Геодезичні мережі. Правила створення, оновлення та охорони" містить технічні вимоги до створення, утримання та захисту геодезичних пунктів. Стаття 360 КК України за знищення, пошкодження або переміщення межових знаків, геодезичних пунктів

передбачає покарання. виправними роботами до двох років, або обмеженням волі до трьох років [20].

Наведемо декілька прикладів накладання санкцій за пошкодження геодезичних пунктів у різних країнах.

Таблиця 5

Приклади санкцій щодо пошкодження або знищення геодезичних пунктів

Країна	Адміністративна відповідальність*	Кримінальна відповідальність
США	\$10000-250000 + відшкодування	Так (у разі умислу: позбавлення волі на строк до 6 років)
Німеччина	€5000 *штраф	Так (у разі умислу до 2 років ув'язнення)
Японія	¥1000 000 (\$3500-7800)	Так, позбавлення волі до 3 років
Китай	200000 юанів (\$28000)	Так (до 7 років ув'язнення)
Україна	8500 грн (≈\$230)	Так (до 3 років)

Реальний випадок у США (Каліфорнія, 2021 рік). Будівельна компанія під час прокладки комунікацій в околицях Лос-Анджелеса випадково зруйнувала кілька геодезичних пунктів. Через відсутність перевірки місцевої геодезичної карти вони знесли бетонні маркери та не повідомили про це. У результаті на компанію накладено штраф 15000 доларів США і компенсацію витрат на відновлення у розмірі 30000 доларів США. Роботи були зупинені на 4 тижні для проведення нових геодезичних вимірювань. Другий випадок (Техас, 2018 рік). Фермер у сільській місцевості перемістив геодезичний знак, оскільки він заважав обробітку ґрунту. Він не знав, що це частина федеральної геодезичної мережі. Фермер заплатив штраф 2 500 доларів США і витрати на відновлення склали 10000 доларів США, включно з роботою геодезистів. На рис. 2 наведена карта-схема втрати пунктів ДГМ у США за 2022-2024 роки.

Згідно з даними 2018 року, 22,4% пунктів у Миколаївській області були знищені, 16,4% – пошкоджені.

Окрім вищезгаданих областей, знищення пунктів відбувається і в інших областях України. У 2019 році під час незаконного будівництва торгового центру в Харкові було знищено кілька геодезичних пунктів. Це призвело до судових розглядів із вимогою відновити маркери за кошт порушника. У 2021 році сільгоспприємство в Ізюмському районі пошкодило пункт ДГМ під час розорювання поля. Власнику винесли штраф у розмір 3400 грн (стаття 164 КУпАП).

У 2022 році у Львові під час ремонту дороги на вул. Городоцькій було демонтовано геодезичний маркер. Місцева влада зобов'язала підрядника відновити пункт та сплатити штраф 5000 грн. У Стрийському районі фермери неодноразово засипали пункти ґрунтом під час обробітку землі, що вимагало повторного встановлення. У 2020 році в Одесі під час незаконного будівництва

багатоповерхівки було знесено геодезичний пункт. Власник будівництва отримав штраф 8500 грн (максимальна межа для посадових осіб) та зобов'язання відновити маркер. У Ізмаїльському районі пункти ДГМ постійно пошкоджуються через розширення виноградників. У 2021 році в Кам'янському (колишній Дніпродзержинськ) під час реконструкції моста через Дніпро було знищено 2 геодезичні пункти. Компанія-підрядник сплатила 6800 грн штрафу та 12000 грн на відновлення. У 2023 році в Запоріжжі під час прокладання комунікацій без погодження з Держгеокадастром було пошкоджено пункт ДГМ. Штраф становив 5100 грн для будівельної фірми.



Рис. 2. Карта-схема втрати пунктів ДГМ у США

Загальна ситуація в Україні за даними Держгеокадастру (2022 рік) характеризується таким: близько 15–20% пунктів ДГМ потребують ремонту або відновлення через пошкодження. Найбільше порушень фіксується в областях із активним будівництвом (Київська, Одеська, Харківська) та сільсько-господарськими регіонами (Миколаївська, Дніпропетровська). Лише 30–40% випадків доводяться до суду через недостатню свідомість громадян і складність доказування [17. 18].

Будівельна компанія Баварії (2022 рік), що прокладала каналізаційні мережі у районі Мюнхена, випадково знищила три геодезичних пункти. Це сталося через відсутність попереднього узгодження із земельною геодезичною службою. Після перевірки було встановлено, що компанія: не отримала дозвіл на роботи поблизу геодезичних пунктів, не вжила заходів для їх захисту. У результаті: штраф 15 000 євро за пошкодження пунктів, додаткові витрати: близько 12000 євро на відновлення трьох пунктів. Компанія також повинна була зупинити будівельні роботи на 3 тижні для повторного геодезичного вимірювання.

Інший випадок стався у Саксонії (2019 рік). Приватний забудовник у Дрездені зруйнував геодезичний пункт під час розчищення території для будівництва приватного будинку. Забудовник вважав його звичайним бетонним стовпчиком і демонтував, не повідомивши геодезичну службу. На забудовника

накладено штраф у розмірі 5000 євро за пошкодження пункту і він сплатив компенсацію 4500 євро за встановлення нового пункту. Забудовник пізніше зобов'язався погоджувати всі подальші дії з місцевим управлінням геодезії.

Висновки та рекомендації. Підсумовуючи можна стверджувати, що збереження геодезичних пунктів є важливим для забезпечення точності геопросторових даних. Для ефективної охорони цих об'єктів необхідно впроваджувати низку організаційних, технічних та правових заходів.

Загальні рекомендації щодо охорони геодезичних пунктів перш за все передбачають законодавче регулювання, а саме: впровадження чітких норм відповідальності за пошкодження або знищення пунктів геодезичної мережі; гармонізацію міжнародного законодавства щодо охорони геодезичних пунктів; регулярне оновлення законодавства з урахуванням сучасних технологій у сфері геодезії.

Також необхідно звернути увагу на технічні заходи: виконувати маркування геодезичних пунктів спеціальними попереджувальними знаками, що інформують про їх значення; використовувати геодезичні реperi з антивандальним захистом (бетонні основи, металеві обмежувачі); виробляти резервні пункти для компенсації втрат. Особливою роботою слід вважати моніторинг і облік знаків за рахунок цифровізації та ведення національних баз даних геодезичних пунктів; впровадження систем моніторингу з використанням GPS-трекерів та фотозйомки для виявлення пошкоджень; здійснення регулярних польових перевірок стану геодезичних пунктів.

У зв'язку з тим, що пошкодження або знищення пунктів геодезичних мереж відбувається через незнання законів (багато громадян і підприємців не усвідомлюють значення геодезичних пунктів), необхідно проводити освітню та інформаційну роботу, анонсувати просвітницькі кампанії серед населення, власників земельних ділянок, будівельних компаній щодо значення геодезичних пунктів. Також рекомендується розробка пам'яток і рекомендацій для будівельників та фермерів, щоб уникнути випадкового пошкодження пунктів.

Для України можна сформулювати такі специфічні рекомендації: посилення законодавчої відповідальності; актуалізація Кримінального кодексу України (ст. 360) із підвищенням штрафів за знищення геодезичних пунктів; забезпечення тісної співпраці між Держгеокадастром, Національною поліцією та місцевими органами влади у виявленні порушників.

З технічної точки зору варто модернізувати існуючі геодезичні пункти, адаптуючи їх до сучасних GNSS-технологій і встановлювати віртуальні геодезичні станції для зниження ризику втрат фізичних пунктів. Не буде зайвою і просвітницька діяльність. Для цього потрібно розробити серію

навчальних семінарів для землепорядників, будівельників, аграріїв, проводити публічні кампанії для підвищення обізнаності громадськості щодо значення геодезичних пунктів у повсякденному житті (через ЗМІ, соцмережі).

Загалом, світовий досвід показує: ефективна охорона геодезичних пунктів можлива лише за умови комбінації суворих законів, технологій та свідомого суспільства.

Список літератури

1. Code of Federal Regulations (CFR), Title 43. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-43>. (дата звернення: 10.02.2025).
2. Criminal Code of Germany (Strafgesetzbuch – StGB). URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/stgb>. (дата звернення: 10.02.2025).
3. Klein, H., Müller, F. Modernizing the German National Geodetic Network: Challenges and Solutions // *Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV)*. – 2021. – Vol. 146, No. 2. – С. 92–110.
4. Li, X., Zhao, Q. Geodetic Infrastructure in China: Current Status and Future Perspectives // *Chinese Journal of Geophysics*. – 2022. – Vol. 65, No. 4. – С. 234–245.
5. Matsumoto, N. Integration of GNSS-Based Control Points into the Japanese Geodetic Framework // *Journal of Surveying and Geoinformatics*. – 2020. – Vol. 48. – С. 89–102.
6. Milbert, D.G., Huang, J. Integration of CORS Stations into the U.S. National Geodetic Network // *NOAA Technical Report*. – 2023. – С. 1–45.
7. National Geodetic Survey (NGS), USA: Офіційний сайт Національної геодезичної служби США. URL: <https://www.ngs.noaa.gov>. (дата звернення: 10.02.2025).
8. Rizos, C., Satirapod, C. Use of GNSS for the Modernization of the U.S. National Geodetic Infrastructure // *GPS Solutions*. – 2020. – Vol. 24, No. 3. – С. 158–172. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-020-01034>.
9. Schmidt, M., Becker, M. Protecting Geodetic Monuments in Urban Areas: A Case Study from Germany // *Journal of Applied Geodesy*. – 2023. – Vol. 17. – С. 12–26. – DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2023-0015>.
10. Smith, D.A., Roman, D.R. The Evolution of the U.S. National Spatial Reference System // *Journal of Geodesy*. – 2022. – Vol. 96, No. 4. – С. 421–437. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-022-01667>.
11. Snay, R.A., Soler, T. Continuously Operating Reference Stations (CORS): A Key Component of the National Geodetic Infrastructure // *Journal of Surveying Engineering*. – 2019. – Vol. 145, No. 1. – С. 34–47. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000315](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000315).
12. Tanaka, Y., Sato, T., Kimura, H. Development and Maintenance of Geodetic Control Points for Disaster Mitigation in Japan // *Earth, Planets and Space*. – 2021. – Vol. 73, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40623-021-01442>.
13. United States Code, Title 18, Section 1858. URL: <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/18/1858>. (дата звернення: 10.02.2025).

14. Wang, J., Chen, Y., Zhang, Z. Preservation and Modernization of National Geodetic Control Networks in China // *Journal of Geodesy and Geomatics Engineering*. – 2023. – Vol. 12, No. 1. – С. 45–58. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s11487>.
15. Weston, D. P. Strategies for the Preservation of Geodetic Control Monuments in Rural and Urban Settings in the U.S. // *American Surveyor*. – 2021. – Vol. 18, No. 3. – С. 22–33.
16. Zilkoski, D. B., Carlson, E. E. Monitoring and Protecting Geodetic Control Points in the United States: Current Practices and Future Plans // *Surveying and Land Information Science*. – 2021. – Vol. 80, No. 2. – С. 75–91.
17. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр). Офіційний сайт. URL: <https://land.gov.ua>. (дата звернення: 10.02.2025).
18. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»: Закон України від 23 грудня 1998 р. № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14>. (дата звернення: 10.02.2025).
19. Закон Японії про геодезичні роботи та кадастр (測量法, Sokuryō-hō). Міністерство землі, інфраструктури, транспорту і туризму Японії. URL: <https://www.mlit.go.jp>. (дата звернення: 10.02.2025).
20. Кримінальний кодекс України: Закон України від 05 квітня 2001 р. № 2341-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14>. (дата звернення: 10.02.2025).
21. Федеральні земельні закони про геодезію Німеччини (Vermessungsgesetze der Bundesländer). URL: <https://www.gesetze-bayern.de>. (дата звернення: 10.02.2025).

Doctor of Technical Sciences, Professor **Olga Kulikovska**,
Doctor of Economics, Professor **Oleksandra Kovalyshyn**,
Doctor of Economics, Professor **Roman Stupen**,
PhD in Economics, Associate Professor **Pavlo Kolodiy**,
Stepat Gzhytskyi National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies of Lviv

PROTECTION OF THE STATE GEODETIC NETWORK POINTS: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND PRACTICES

Geodetic stations are the basis for mapping, construction, navigation and monitoring of natural processes. Their protection is regulated by national laws and international standards. The problem of destruction or damage to the State Geodetic Network (SGN) points is a systemic one for many regions and countries of the world. The following global challenges can be identified: 1) urbanization: construction and infrastructure projects destroy markers (for example, in India and Brazil); 2) climate change: sea level rise threatens points in coastal areas (Florida, Bangladesh); 3) wars and conflicts: Syria, Yemen (geodetic networks were destroyed by 60-80%). The

number of geodetic points in each country varies significantly depending on the size of the territory, geodetic infrastructure and the level of network detail. Below are the current data for the United States, Germany, China, Japan, and Ukraine. It should also be noted that in recent years, most countries have been actively modernizing the system, and some of the classic points may be eliminated or lost due to the refusal to support certain points in favor of GNSS technologies. The purpose of the study is to compare approaches to the preservation and protection of geodetic points of state networks in the USA, Germany, China, Japan and Ukraine.

It is argued that the preservation of geodetic points is important to ensure the accuracy of geospatial data. For effective protection of these objects, it is necessary to implement a number of organizational, technical and legal measures.

General recommendations for the protection of geodetic points primarily include legislative regulation, namely: the introduction of clear rules of liability for damage or destruction of geodetic network points; harmonization of international legislation on the protection of geodetic points; regular updating of legislation to reflect modern technologies in the field of geodesy. It is necessary to pay attention to technical measures: marking geodetic points with special warning signs informing about their significance; using geodetic raps with anti-vandal protection (concrete bases, metal stops); making reserve points to compensate for losses. Special work should be done to monitor and record signs through digitalization and maintenance of national databases of geodetic points; implementation of monitoring systems using GPS trackers and photography to detect damage; regular field inspections of the condition of geodetic points.

For Ukraine, the following specific recommendations can be made: strengthening legislative responsibility; updating the Criminal Code of Ukraine (Article 360) with increased fines for the destruction of geodetic points; ensuring close cooperation between the StateGeoCadaastre, the National Police and local authorities in identifying violators.

From a technical point of view, it is worth modernizing existing geodetic stations by adapting them to modern GNSS technologies and installing virtual geodetic stations to reduce the risk of losing physical stations. Educational activities will not be superfluous. To do this, it is necessary to develop a series of training seminars for land surveyors, builders, and farmers, and to conduct public campaigns to raise public awareness of the importance of geodetic points in everyday life (through the media and social networks).

In general, international experience shows that effective protection of geodetic points is possible only with a combination of strict laws, technology, and a conscious society.

Keywords: state geodetic networks; international experience; practices; points; protection; accuracy; durability; protection; laws.

REFERENCES

1. Code of Federal Regulations (CFR), Title 43. URL: <https://www.ecfr.gov/current/title-43>. (data zvernennia: 10.02.2025) {In English}.
2. Criminal Code of Germany (Strafgesetzbuch – StGB). URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/stgb> (data zvernennia: 10.02.2025). {In German}.
3. Klein, H., Müller, F. Modernizing the German National Geodetic Network: Challenges and Solutions // Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV). – 2021. – Vol. 146, No. 2. – S. 92–110. {In German}.
4. Li, X., Zhao, Q. Geodetic Infrastructure in China: Current Status and Future Perspectives // Chinese Journal of Geophysics. – 2022. – Vol. 65, No. 4. – S. 234–245. {In English}.
5. Matsumoto, N. Integration of GNSS-Based Control Points into the Japanese Geodetic Framework // Journal of Surveying and Geoinformatics. – 2020. – Vol. 48. – S. 89–102. {In English}.
6. Milbert, D.G., Huang, J. Integration of CORS Stations into the U.S. National Geodetic Network // NOAA Technical Report. – 2023. – S. 1–45. {In English}.
7. National Geodetic Survey (NGS), USA: Ofitsiinyi sait Natsionalnoi heodezychnoi sluzhby SShA. URL: <https://www.ngs.noaa.gov> (data zvernennia: 10.02.2025). {In English}.
8. Rizos, C., Satirapod, C. Use of GNSS for the Modernization of the U.S. National Geodetic Infrastructure // GPS Solutions. – 2020. – Vol. 24, No. 3. – S. 158–172. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-020-01034>. {In English}.
9. Schmidt, M., Becker, M. Protecting Geodetic Monuments in Urban Areas: A Case Study from Germany // Journal of Applied Geodesy. – 2023. – Vol. 17. – S. 12–26. DOI: <https://doi.org/10.1515/jag-2023-0015>. {In English}.
10. Smith, D.A., Roman, D.R. The Evolution of the U.S. National Spatial Reference System // Journal of Geodesy. – 2022. – Vol. 96, No. 4. – S. 421–437. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-022-01667>. {In English}.
11. Snay, R.A., Soler, T. Continuously Operating Reference Stations (CORS): A Key Component of the National Geodetic Infrastructure // Journal of Surveying Engineering. – 2019. – Vol. 145, No. 1. – S. 34–47. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000315](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000315). {In English}.
12. Tanaka, Y., Sato, T., Kimura, H. Development and Maintenance of Geodetic Control Points for Disaster Mitigation in Japan // Earth, Planets and Space. – 2021. – Vol. 73, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40623-021-01442>. {In English}.

13. United States Code, Title 18, Section 1858. URL: <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/18/1858>. (data zvernennia: 10.02.2025). {In English}.
14. Wang, J., Chen, Y., Zhang, Z. Preservation and Modernization of National Geodetic Control Networks in China // Journal of Geodesy and Geomatics Engineering. – 2023. – Vol. 12, No. 1. – S. 45–58. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11487>. {In English}.
15. Weston, D.P. Strategies for the Preservation of Geodetic Control Monuments in Rural and Urban Settings in the U.S. // American Surveyor. – 2021. – Vol. 18, No. 3. – S. 22–33. {In English}.
16. Zilkoski, D.B., Carlson, E.E. Monitoring and Protecting Geodetic Control Points in the United States: Current Practices and Future Plans // Surveying and Land Information Science. – 2021. – Vol. 80, No. 2. – S. 75–91. {In English}.
17. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan heodezii, kartohrafii ta kadastru (Derzhheokadastr). Ofitsiinyi sait. URL: <https://land.gov.ua>. (data zvernennia: 10.02.2025.) {In Ukrainian}.
18. Zakon Ukrainy «Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist»: Zakon Ukrainy vid 23 hrudnia 1998 r. № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14>. (data zvernennia: 10.02.2025). {In Ukrainian}.
19. Zakon Yaponii pro heodezychni roboty ta kadastr (測量法, Sokuryō-hō). Ministerstvo zemli, infrastruktury, transportu i turyzmu Yaponii. URL: <https://www.mlit.go.jp>. (data zvernennia: 10.02.2025). {In Japan}.
20. Kryminalnyi kodeks Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 05 kvitnia 2001 r. № 2341-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14>. (data zvernennia: 10.02.2025). {In Ukrainian}.
21. Federalni zemelni zakony pro heodeziiu Nimechchyny (Vermessungsgesetze der Bundesländer). URL: <https://www.gesetze-bayern.de>. (data zvernennia: 10.02.2025). {In German}/