

Оксана Василівна Гера

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії та землеустрою
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна)
E-mail: oksana.hera@nung.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6670-2820>, Scopus Author ID: 57224954097

**ПЕРЕХІД УКРАЇНИ ВІД БАЛТІЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ВИСОТ
ДО ЄВРОПЕЙСЬКОЇ ВЕРТИКАЛЬНОЇ РЕФЕРЕНЦНОЇ СИСТЕМИ
У КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ
НАЦІОНАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

Праця присвячена заміні застарілого радянського еталона 1977 року на висотну основу, якою послуговуються у країнах ЄС. Об'єктом дослідження є реформування вітчизняної координатної системи відповідно до вимог директиви INSPIRE. Викладено аналіз різних видів систем висот, описано недоліки БСВ-77 та позитивні кейси Польщі й держав Балтії у процесах переходу до EVRS. Висвітлено розробку актуальної моделі квазігеоїда УКГ2025 та перелік інженерно-геодезичних робіт, виконаних у 2007-2025 роках у межах підготовки до зміни системи висот. Встановлено, що впровадження нових норм дозволить модернізувати геодезичну інфраструктуру, а також точно проєктувати спільні транскордонні логістичні об'єкти.

Ключові слова: Балтійська система висот (БСВ-77); Європейська вертикальна референсна система висот (EVRS); ортометрична висота; нормальна висота; геодезична висота; Об'єднана європейська нівелірна мережа (UELN); квазігеоїд УКГ2025.

Рис.: 2. Табл.: 2. Бібл.: 16.

Актуальність теми дослідження. У результаті співпраці Держгеокадастру і Міністерства аграрної політики та продовольства України розроблено нормативний документ “Деякі питання використання Європейської вертикальної референсної системи (EVRS)”, який прийняв КМУ у 2023 р. (Постанова №590 від 09.06.2023). У Постанові задекларовано перехід на території України від Балтійської системи висот 1977 року (БСВ-77) до Європейської вертикальної референсної системи – European Vertical Reference System (EVRS), починаючи з 1 січня 2026 р. Така реформа має важливу місію, а саме сприяє інтеграції національної інфраструктури геопросторових даних до глобальної та європейської інфраструктури геопросторових даних.

Постановка проблеми. Розглядаючи вказане питання, потрібно встановити якими системами висот послуговуються на сучасному етапі в інших країнах світу; на чому базуються та які принципи побудов таких систем. Важливо виконати аналіз та визначити відмінності Балтійської та Європейської систем висот, визначити перелік завдань та проблем на шляху переходу від однієї до іншої.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання модернізації системи висот України та необхідності відходу від застарілої БСВ-77 активно досліджувалися провідними українськими геодезичними школами протягом останніх двох десятиліть [1,2]. Науковці, зокрема Ю. Карпінський, К. Третяк, у своїх працях ґрунтовно довели теоретичну та практичну застарілість Балтійської системи, яка базується на Кронштадтському футштоку [3]. Основними її недоліками вчені називають невідповідність сучасним вимогам точності через накопичення похибок у державних нівелірних мережах минулих десятиліть, а також її політичну та технічну відірваність від загальноєвропейського геодезичного простору [4].

Значний внесок у розроблення національної моделі квазігеоїда зробили Ф. Заблоцький та Б. Джуман, які досліджували можливості побудови геометричної СТНА-моделі геоїда для території західних областей України з метою забезпечення точної трансформації між геодезичними висотами GNSS та нормальними висотами системи EVRS [5]. І. Тревого, О. Марченко та Д. Марченко зосередили увагу на гравіметричних аспектах створення високоточної моделі гравітаційного поля України, що є критично важливим для коректного визначення квазігеоїда [2; 6; 7]. У свою чергу, А. Бондар у межах норма-

тивно-технічного планування обґрунтував поетапну інтеграцію української мережі нівелювання до європейської, що дозволяє сьогодні забезпечити єдиний стандарт висот для транскордонних інженерних проєктів.

Однак слід зазначити, що більшість наукових праць українських авторів зосереджувалися на окремих технічних аспектах (гравіметрія, GNSS-нівелювання, регіональні моделі квазігеоїда), тоді як питання загальнодержавної стратегії впровадження, економічних аспектів та міжнародного досвіду залишалися недостатньо дослідженими до 2023 року, коли було прийнято Постанову КМУ № 590.

Метою статті є аналіз передумов, проблематики та перспектив переходу України від Балтійської системи висот 1977 року до Європейської вертикальної референцної системи (EVRS) у контексті євроінтеграційних процесів та модернізації національної геодезичної інфраструктури.

Виклад основного матеріалу.

Системи та види висот точок. Система висот – це одновимірна координатна система для вираження метричної відстані, або висоти, точки над референцною поверхнею вздовж чітко визначеного шляху. Теоретично виділяють дві групи систем висот, а саме геометричні та фізичні. Якщо референцна поверхня та висота пов'язані з екіпотенціальними поверхнями і прямовисними лініями гравітаційного поля Землі, то така система називається фізичною системою висот. У випадку, якщо відлікова поверхня та висота не залежать від гравітаційного поля Землі, то система називається геометричною системою висот [8]. Для останніх, відліковою поверхнею служить референц-еліпсоїд, а вертикальні координати називаються геодезичною висотою, які за звичай, визначаються за допомогою супутникових систем позиціонування (GNSS).

Фізичні висоти точок визначають відносно геоїда, особливої екіпотенціальної поверхні гравітаційного поля Землі, яка знаходиться близько до середнього рівня моря. Тому, з практичного погляду, середній рівень моря вважається рівнем нульової висоти, який встановлюється за даними тривалих спостережень на мареографічних постах за певні проміжки часу. Датчики припливів національних систем висот у Європі розташовані в різних океанах (Атлантичному) і внутрішніх морях: Балтійському, Північному, Середземному, Чорному. Оскільки середній рівень моря відрізняється від геоїда (до 2 м), висоти, визначені вздовж нівелірних мереж, що належать до певного мареографа, визначають місцеву систему висот. Наразі використовується понад 100 місцевих фізичних систем висот. Цікавий факт, що внутрішні країни, які не мають виходу до моря, виконують прив'язку своїх нівелірних мереж до сусідніх держав. У деяких випадках ці вимірювання були проведені ще в XIX столітті й, очевидно, є не надійними сьогодні. На рисунку нижче зображено еталонні мареографи для європейських національних систем висотних відліків та відхилення від EVRF2019 у см (рис. 1) [9].

Для визначення фізичних висот точок земної поверхні традиційно виконують геометричне нівелювання. Щоб отримати точні дані, необхідно враховувати поправки за непаралельність рівневих поверхонь, яка зумовлена впливом відцентрової сили (що викликана добовим обертанням Землі) та нерівномірним розподілом мас планети. Залежно від способу врахування непаралельності екіпотенціальних поверхонь у результати нівелювання, розрізняють такі види фізичних висот: ортометричні, нормальні та динамічні. У деяких європейських країнах послуговуються висотами без врахування поправок за гравітацію (рис. 2) [10].

У цілому, ортометричні та нормальні висоти широко використовуються для визначення та реалізації систем фізичних висот, тоді як динамічні висоти застосовуються переважно для встановлення висотної координати водних об'єктів (наприклад, великих озер).

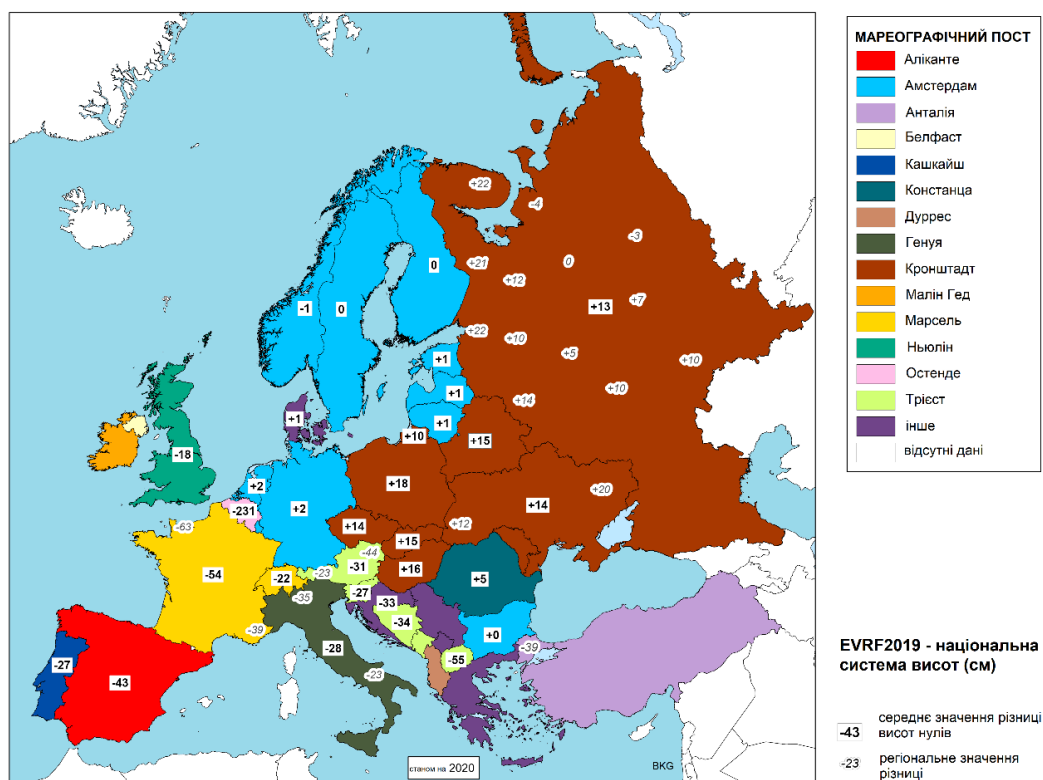


Рис. 1. Параметри перетворення від національних висот у Європі до EVRF2019 та референтні мареографічні пости (станом на 2020 рік)
 Джерело: <https://evrs.bkg.bund.de>.

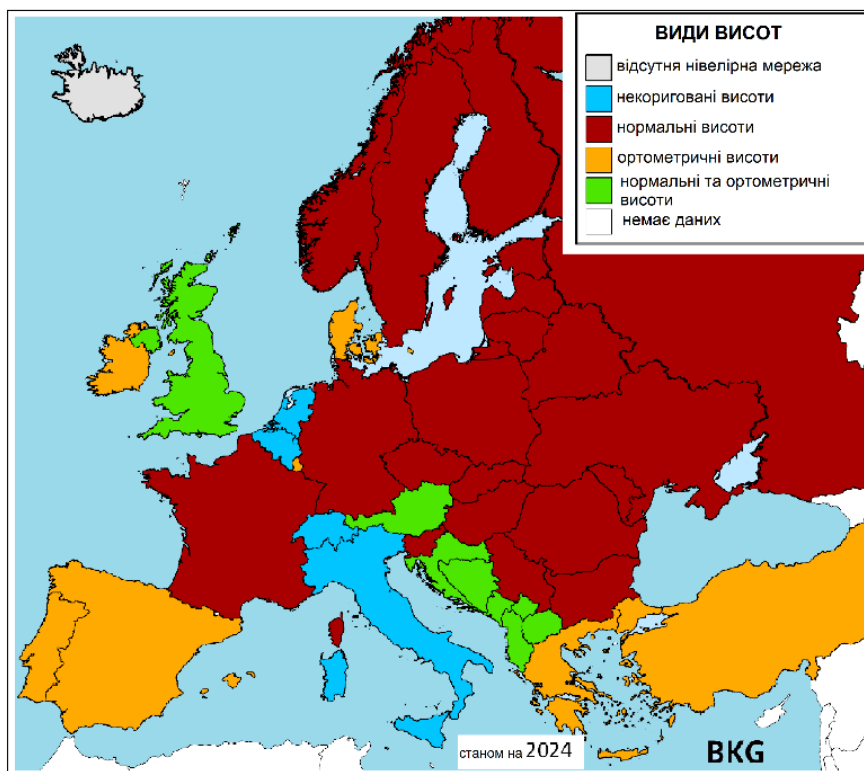


Рис. 2. Види висот національних систем висот країн Європи
 Джерело: <https://evrs.bkg.bund.de>.

Системи фізичних висот, що ґрунтуються на ортометричних висотах, використовують геоїд як відлікову поверхню. Ті, які базуються на нормальних висотах, використовують квазігеоїд. Квазігеоїд близький до геоїда, проте, на відміну від нього, не є еквіпотенціальною поверхнею. На малих висотах різниця між ними становить від міліметрів до сантиметрів, а у високогір'ї відхилення може сягати до 1 м. В океанах поверхні геоїда та квазігеоїда, а також ортометричні та нормальні висоти практично збігаються. Трансформація між геометричними та фізичними системами висот описується рівняннями:

$$h = H + N \approx H^N + \zeta, \quad (1)$$

де h – геодезична висота, H та H^N – ортометрична та нормальна висоти відповідно, N – хвиля геоїда (відстань між поверхнею геоїда і поверхнею математично визначеного базового еліпсоїда), а ζ – аномалія висоти. Геоїд та квазігеоїд визначаються за допомогою методів точного моделювання гравітаційного поля та можуть застосовуватися у поєднанні із GNSS-позиціонуванням для отримання фізичних висот, без необхідності виконання нівелювання [11].

Зведена інформація щодо особливостей визначення, відліку, переваг та недоліків, а також деяких цікавих моментів різних видів висот наведено у таблиці 1.

Балтійська та Європейська вертикальна референцна системи висот. Балтійська система висот – це система абсолютних висот, прийнята в СРСР у 1977 році, відлік яких ведеться від нуля Кронштадтського футштока. У 1976-1977 роках Кронштадтський водомірний рівень було затверджено як еталонну нульову поверхню висот для Радянського Союзу. З метою уніфікації систем висот у країнах Східного блоку, цей рівень був також прийнятий більшістю держав Ради економічної взаємодопомоги, а також Югославією, як основа їхніх національних геодезичних систем висот.

З часом, унаслідок змін на геополітичній карті світу, а також розвитку вимірювальних технологій та обладнання для них, стали очевидними проблеми БСВ-77. Висотна відмітка передавалась шляхом виконання нівелювання нівелірними мережами, протяжність яких близько 2 тис. км, що сприяло накопиченню похибок. Геодезичні роботи вздовж ліній нівелювання виконувались у різні часові тривалі проміжки, адже потрібно було покрити висотною мережею велику площу території. Урівнювання здійснювали на кожному етапі вимірювань окремо. Тобто виміряні перевищення між нівелірними пунктами у БСВ ніколи сумісно не вирівнювались, що на практиці спричинило суперечність у висотній складовій. Фахівці також констатують складність адаптації цієї системи до використання методів супутникової геодезії [4]. Перелічені проблеми, у поєднанні з військовою агресією, зробили неможливим подальше використання БСВ та зумовили необхідність пошуку альтернатив.

З огляду на стратегічну важливість європейської інтеграції України в різних сферах, логічним і обґрунтованим став вибір європейської системи висот для заміни застарілої, тим більше що вона вже використовується більшістю сусідніх держав. У Європі питаннями створення, підтримки та розвитку єдиної Європейської геодезичної системи відліку (ETRS89) займається комісія Міжнародної асоціації геодезії – EUREF (Reference Frame Sub-Commission for Europe).

Передумови створення єдиної системи висот формувалися ще у 1950-1970-х роках шляхом об'єднання та спільного урівнювання національних нівелірних мереж. Результатом цього стало урівнювання Об'єднаної європейської нівелірної мережі (United European Leveling Network, UELN) у 1986 році, а згодом її розширення за рахунок країн Східної Європи.

Таблиця 1 – Порівняння різних видів висот точок

Критерій	Ортометрична висота	Нормальна висота	Динамічна висота	Геодезична (еліпсоїдальна) висота
Вид системи висот	Фізична система висот (залежить від гравітаційного поля Землі)	Фізична система висот (залежить від нормального гравітаційного поля)	Фізична система висот (базується на геопотенціалі)	Геометрична система висот не залежить від гравітації
Референцна поверхня	Геоїд	Квазігеоїд	Рівнева поверхня нормального гравітаційного поля	Референц-еліпсоїд
Визначення	Відстань уздовж лінії сили тяжіння від точки до геоїда	Відстань уздовж лінії сили нормального поля тяжіння до квазігеоїда	Геопотенційне число, поділене на постійне значення γ_{45} (нормальна сила тяжіння на широті 45°)	Геометрична відстань по нормалі від точки до еліпсоїда
Переваги	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Фізично значуща – відображає реальну висоту над середнім рівнем моря ✓ Використовується у більшості світових систем висот 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Не потребує знання розподілу густини земної кори ✓ Висока точність визначення на практиці 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Найбільш придатна для гідрологічних робіт на великих територіях ✓ Усуває ефекти змін сили тяжіння 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Безпосередньо вимірюється GNSS-приладами ✓ Глобально узгоджена система ✓ Не потребує гравіметричних даних ✓ Висока точність визначення (см)
Недоліки	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Потребує знання розподілу густини мас усередині Землі ✗ Потребує гравіметричних вимірювань 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Квазігеоїд не є фізично значущою поверхнею (не еквіпотенціальна) 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Точки на одній горизонтальній площині мають різні динамічні висоти (через зміни сили тяжіння) ✗ Обмежене практичне застосування (переважно гідрологія) 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Не відповідає фізичній "висоті над рівнем моря" ✗ Непридатна для інженерних та гідрологічних застосувань без трансформації ✗ Потребує моделі геоїда для перетворення у фізичні висоти
Приклад системи висот	NAVD88 (США), CGVD28 (Канада), LHN95 (Швейцарія), NZVD2016	БСВ-77 (Україна до 2026 р.; Казахстан, Китай), DHHN2016 (Німеччина), EVRF2019 (ЄС)	IGLD85, Great Lakes Dynamic Heights	WGS84, ETRS89 (Європа), ITRF2014
Примітки (цікаві моменти)	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Різні країни використовують різні реалізації (урівнювання Німайєра, Гельмертові, точні ортометричні висоти) ✦ Найбільш зрозуміла для загального інженерного використання 	<ul style="list-style-type: none"> ✦ З часом дедалі більше європейських країн відмовляються від нормальних висот на користь ортометричних 	<ul style="list-style-type: none"> ✦ IGLD85 використовує динамічні висоти, тоді як NAVD88 — ортометричні (Гельмертові) ✦ Гідралічні коректори потрібні для врахування топографії водної поверхні 	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Різниця N (висота геоїда) варіює від -107 м до +85 м глобально ✦ Для переходу потрібна модель геоїда/квазігеоїда

Джерело: розроблено автором.

Відповідно до постанов симпозіуму EUREF 1994 року, у 1995 році роботи з UELN було відновлено з метою створення уніфікованої системи висот для Європи; перші результати цієї роботи були оприлюднені у 1999 році як реалізація EVRF2000 (European Vertical Reference Frame).

Паралельно було розроблено визначення та стандарти Європейської вертикальної референційної системи (European Vertical Reference System, EVRS), перше з яких ухвалено у 2000 році, а оновлене закріплено у Конвенціях EVRS 2007 року. Подальше накопичення нівелірних даних зумовило створення нових реалізацій системи, а саме EVRF2007 та EVRF2019.

Відповідно до Директиви європейського парламенту і Ради від 14.03.2007 р. про створення Інфраструктури просторової інформації у Європейському Співтоваристві (INSPIRE), прийняття для використання в Україні EVRS є необхідним для забезпечення гармонізації національної інфраструктури геопросторових даних з європейською та підвищення точності визначення висот. Отже, шлях України до переходу до нової системи висот розпочався у 2007 році і триває до сьогодні.

Європейська вертикальна референційна система визначається як кінематична система відліку висот. Опорною поверхнею служить рівнева поверхня зі сталим гравітаційним потенціалом поля тяжіння Землі, яка проходить через нуль Амстердамського футштоку. Висотні компоненти є різницями між потенціалом $-\Delta W_P$ гравітаційного поля Землі, яке проходить через деякі точки P , та потенціалом W_P умовного нульового рівня EVRS. Різниця потенціалів $-\Delta W_P$ також позначається як геопотенціальне число c_P :

$$-\Delta W_P = c_P = W_{0E} - W_P. \quad (2)$$

Нормальні висоти дорівнюють геопотенціальним числам, якщо референційне гравітаційне поле визначене. EVRS є системою з нульовим приливом (zero tidal system – гравітаційна система, у якій усувається потенціал, що генерується припливними силами, але зберігається потенціал від постійної деформації Землі, що зумовлюється цими силами) [12,13].

Досвід переходу сусідніх країн. Перехід до європейської системи координат є важливим етапом інтеграції країн Центральної та Східної Європи до спільного геодезичного простору. Досвід сусідніх країн України – Польщі та держав Балтії – демонструє як технічні, так і організаційні аспекти цього складного процесу.

Польща передбачила тривалий перехідний період для підготовки, а крайній термін впровадження EVRF2007 у Польщі як єдиної юридично дозволеної системи висот було встановлено на кінець 2023 року. Ключовим елементом переходу стало створення точної національної моделі квазігеоїда на основі європейських гравіметричних моделей геоїда (European Gravimetric Geoid, EGG). Польські дослідники провели валідацію моделей EGG2008 та EGG2015 для території Польщі, використовуючи різні методи підгонки. Основою для польської реалізації EVRS обрано ETRF2000. Для валідації моделі квазігеоїда науковці використовувала кілька GNSS/нівелірних мереж:

- EGG (European Unified Vertical Network): точність визначення аномалій висот оцінюється в ± 2 см;

- POLREF: національна мережа з точністю висотної компоненти 3-4 см;

- ASG-EUPOS: мережа постійно діючих GNSS-станцій.

Після аналізу різних підходів польські геодезисти дійшли висновку про доцільність використання локально підігнаних моделей EGG замість чистих гравіметричних реалізацій, що забезпечує оптимальний баланс між точністю та практичною застосовністю [14].

Естонія здійснила перехід до EVRS з 1 січня 2018 року, присвятивши це 100-річчю незалежності країни. За даними Celms et al. [15] різниця між БСВ-77 та EVRS тут варіює від 185 мм на південному сході до 207 мм на північному заході країни, що демонструє

неоднорідність трансформаційних параметрів по території. Естонія встановила тримісячний перехідний період: усі будівельні проекти, розпочаті до 1 січня 2018 року, могли виконуватися в старій системі БСВ-77. Це дозволило уникнути масових коригувань вже започаткованих проектів.

Латвія розпочала використання EVRS як національної системи висот з 1 серпня 2014 року, вона отримала назву LAS-2000.5 (Latvia Normal Height System at epoch 2000.5). Латвійська національна нівелірна мережа I класу, що складалася з 15 полігонів та 51 лінії, була повністю переобчислена у 2011 році. Це створило надійну основу для впровадження EVRS. Латвія активно співпрацювала з Нордичними країнами в рамках Нордичної геодезичної комісії (NKG); Данією через секторальні програми з модернізації геодезичних мереж; Литвою – шляхом створення транскордонних нівелірних ліній [16].

У 2008 році Литва створила два прикордонні з'єднувальні пункти з Польщею, що дозволило фізично підключити литовську вертикальну мережу до європейської вертикальної мережі (UELN). Аналізуючи процес переходу до європейської системи висот сусідніх країн, можна виділити такі ключові пункти, які допомогли їм успішно досягнути цілі:

- ретельна технічна підготовка з акцентом на створення точних моделей квазігеоїда;
- достатній перехідний період для адаптації всіх користувачів;
- активна міжнародна співпраця та обмін досвідом;
- комплексна роз'яснювальна робота для широкого кола зацікавлених сторін.

Виклики, завдання та проблеми переходу України від БСВ-77 до EVRS. Загалом, проблемами використання БСВ-77 можна вважати неактуальні, некоректні дані та антагоністичні цілі з провайдером цієї системи. БСВ-77 використовувала застарілі на той час моделі нормального гравітаційного поля. Сучасні дослідження (наприклад, професора О. Марченка) показують, що поверхня квазігеоїда, яка використовувалася в СРСР, має значні відхилення від сучасних високоточних моделей у напрямку "північ-південь". Крім того, земна кора не є статичною. Різні темпи вертикальних рухів на півночі та півдні України за 50 років призвели до того, що реальні висоти реперів змінилися відносно значень, зафіксованих у каталогах 1977 року. Якщо порівняти БСВ-77 із сучасною європейською системою EVRF2019, то різниця висот не буде сталим числом. Саме тому неможливо просто внести поправки у висотні відмітки, а потрібно їх перевизначити у новій системі відліку.

За період 2007 – 2025 років, згідно з даними Науково-дослідного інституту геодезії і картографії, здійснено великий обсяг робіт, а саме:

- 1) пошук та збір геодезичної інформації по лініях нівелювання I, II, III класів на всій території держави;
- 2) створення цифрових нівелірних наборів з наступним їх завантаженням до державного Банку геодезичних даних;
- 3) реалізація додаткових нівелірних зв'язків із сусідніми країнами;
- 4) вирівнювання вузлових пунктів нівелірної мережі I класу в Центрі оброблення UELN Федерального агентства картографії і геодезії Німеччини у 2018-2020 рр.;
- 5) сумісне вирівнювання нівелірної мережі I, II, III класів параметричним методом за перевищеннями та різницями геопотенціальних чисел;
- б) укладення зведених каталогів координат.

За результатами ґрунтовних досліджень та розрахунків (даних гравіметричних карт, вимірювань на пунктах гравіметричної мережі, даних супутникової альтиметрії) – визначено розподіл аномалій сили тяжіння на територію України. І у 2025 році було представлено модель гібридного квазігеоїда УКГ2025 (UKG2025).

Загалом можна резюмувати, що нормативно-правова база (Постанова КМУ), модель для трансформації, урівняна нівелірна мережа I – III класів, каталог із понад 30 тис. пунктів – базові необхідно кроки – виконані. Для успішної реалізації та практичного використання

нової системи висот варто здійснити перелік заходів, які можна об'єднати у такі стратегічні напрямки: врахування цього переходу у всіх дотичних нормативних документах, оновлення даних ДЗК та перевидання топографічних карт; навчання та тренінги для інженерів та здобувачів освіти в галузі; відновлення втрачених реперів та остаточне включення української геодезичної мережі до європейської; тісна міжнародна співпраця (детально в табл. 2).

Таблиця 2 – Завдання на 2026 рік

Напрямок	Зміст робіт
Фізична інтеграція до UELN	Держгеокадастр повинен завершити комплекс робіт щодо включення нівелірної (висотної) мережі України до UELN. Прокладання міжнародних нівелірних ліній до Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії. Участь у міжнародних кампаніях вимірювань EUREF.
Перерахунок кадастрових даних	Трансформація мільйонів записів про земельні ділянки з БСВ-77 в EVRS. Валідація перерахованих даних. Оновлення меж земельних ділянок (де є висотні дані).
Оновлення топографічних карт	Перерахунок висотних позначок на картах. Оновлення цифрових картографічних баз даних. Публікація нових видань карт.
Навчання та сертифікація фахівців	Масове перенавчання геодезистів та землевпорядників (курси, тренінг). Семінари для будівельників та проєктувальників. Оновлення навчальних програм у ВНЗ.
Програмне забезпечення	Оновлення всіх геоінформаційних систем. Створення вебсервісів для трансформації висот. Інтеграція в існуючі GNSS-сервіси.
Відновлення після воєнних дій	Інвентаризація пошкоджених геодезичних пунктів. Відновлення реперів на деокупованих територіях. Нівелірні роботи в зонах, де мережа пошкоджена.
Міжнародна співпраця	Участь у робочих групах EUREF. Обмін даними з сусідніми країнами ЄС. Залучення міжнародних експертів. Отримання грантів від ЄС на модернізацію геодезичної інфраструктури.

Джерело: розроблено автором.

Хоча перехід є трудомістким через необхідність перерахунку величезних масивів даних, він є критично важливим для інтеграції в європейські інфраструктурні проєкти. Це дозволяє усунути 15-20 см різницю на кордонах з країнами ЄС, що є обов'язковою умовою для будівництва спільних залізниць, трубопроводів та мостів. Впровадження EVRS є не лише технічним оновленням, але й кроком до євроінтеграції та відповідності Угоді про асоціацію з ЄС, спрощенням міжнародного співробітництва та символічним розривом з пострадянським простором.

Висновки. У представленому дослідженні здійснено всебічний аналіз процесу відмови від застарілої радянської системи БСВ-77 на користь європейського стандарту EVRS. Систематизовано теоретичні засади визначення фізичних висот, порівняно різні методи нівелювання та обґрунтовано переваги використання нормальних висот у поєднанні з сучасними супутниковими технологіями. Особливу увагу приділено практичному етапу підготовки національної геодезичної мережі протягом 2007–2025 років, що включав створення цифрових масивів даних, урівнювання ліній нівелювання спільно з європейськими центрами та розробку високоточної моделі квазігеоїда УКГ2025.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що перехід до системи EVRS є критичною умовою для інтеграції України в європейський геопростір та реалізації вимог директиви INSPIRE. Встановлено, що ліквідація розбіжностей у висотних відмітках дозволить уникнути технічних помилок при проєктуванні спільних транскордонних об'єктів та модернізувати національну інфраструктуру. Крім того, впровадження нових

стандартів забезпечує високу точність даних завдяки врахуванню актуальних геодинамічних процесів та сучасних гравітаційних моделей.

Успішна реалізація реформи з 2026 року потребуватиме комплексного підходу: від трансформації записів у кадастрових системах до перевидання топографічних карт та навчання фахівців. Досвід сусідніх країн, таких як Польща та країни Балтії, підтверджує, що запорукою успіху є поєднання ретельної технічної підготовки, перехідного періоду для адаптації проєктів та активної міжнародної співпраці.

Заява про використання генеративного ШІ та технологій на основі ШІ у процесі написання тексту статті

Під час написання цього матеріалу автор використовувала Google Gemini та NotebookLM – для швидкого та якісного пошуку найбільш відповідних англomовних літературних джерел, а також для коректної адаптації термінів українською мовою.

Після використання Google Gemini та NotebookLM, автор переглянула та відредагувала зміст та взяла на себе повну відповідальність за зміст публікації.

Список використаних джерел

1. Sossa, R. (2021). Contemporary status of topographic mapping in Ukraine. *Polish Cartographical Review*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/pcr-2021-0001>.
2. Trevoho, I., Zablotskiy, F., Piskorek, A., Dzhuman, B., & Vovk, A. (2021). About modernization of Ukrainian height system. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 93, 13–26. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2021.93.013>.
3. Karpinskyi, Y., & Maliuk, O. (2024). The methodological framework for the integration of national and pan-european spatial data infrastructures (INSPIRE). *Spatial Development*, 10, 458–470. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.458-470>.
4. Zablotskiy, F., Dzhuman, B., & Brusak, I. (2021). On the accuracy of (quasi) geoid models relatively UELN/EVRS2000 height systems. *Modern Achievements of Geodesic Science and Industry*, 41(I), 29–36. <https://doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-29-36>.
5. Заблоцький, Ф., & Джуман Б. (2021). Побудова геометричної СТНА-моделі геоїда на територію Львівської області. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, II (42), 49–56. <https://doi.org/10.33841/1819-1339-2-42-49-56>.
6. Marchenko, O. N., Kucher, O. V., & Marchenko, D. O. (2015). Regional quasigeoid solutions for the Ukraine area. *GEODYNAMICS*, Issue19, 7–14.
7. Sohor, A., Marchenko, D., & Kryva, K. (2024). Methods of calculating the parameters of the reference ellipsoid according to the data of the regional gravity field of the Earth. *Technical Sciences and Technologies*, 1(35), 346–356. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1\(35\)-346-356](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-346-356).
8. Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. (2006). *Physical geodesy*. Springer Vienna. <https://doi.org/10.1007/978-3-211-33545-1>.
9. Sánchez, L., Crespi, M., & Tanaka, Y. (n.d.). *Height systems*. Global Geodetic Observing System. Retrieved January 19, 2026, from <https://geodesy.science/item/height-systems>.
10. Schwabe, J., & Sacher, M. (2024). *Overview of national realizations of the integrated geodetic reference in Europe (Version 1.0)*. Federal Agency for Cartography and Geodesy. <https://doi.org/10.71603/NATREFEUROPE>.
11. Vaníček, P., & Santos, M. (2019). What Height System Should be Used in Geomatics. *International Journal of Earth & Environmental Sciences*, 4(1). <https://doi.org/10.15344/2456-351X/2019/160>
12. International Association of Geodesy. (1983). *Resolutions No. 9 and 16: Tidal systems in geodesy* [Conference resolutions]. XVIII General Assembly, Hamburg, Germany.
13. Ihde, J., & Augath, W. (2002). The European Vertical Reference System (EVRS), its relation to a world height system and to the ITRS. In J. Ádám & K.-P. Schwarz (Eds.), *Vistas for geodesy in the new millennium* (Vol. 125, pp. 78–83). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04709-5_14.
14. Marjańska, D., Olszak, T., & Piętka, D. (2019). Validation of European Gravimetric Geoid models in context of realization of EVRS system in Poland. *Geodesy and Cartography*, 329–347. <https://doi.org/10.24425/gac.2019.128461>.
15. Celms, A., Bimane, I., Reiniks, M., & Reke, I. (2014). European Vertical Reference System in Baltic countries. *Baltic Surveying*, 1, 49–55.

16. Celms, A., Reke, I., Rekus, D., & Balevicius, G. (2017). National height system testing in Baltic countries using GNSS measurements. In *2017 Baltic Geodetic Congress (BGC Geomatics)* (pp. 257–262). <https://doi.org/10.1109/BGC.Geomatics.2017.38>.

References

1. Sossa, R. (2021). Contemporary status of topographic mapping in Ukraine. *Polish Cartographical Review*, 53(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/pcr-2021-0001>.
2. Trevoho, I., Zablotskyi, F., Piskorek, A., Dzhuman, B., & Vovk, A. (2021). About modernization of Ukrainian height system. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 93, 13–26. <https://doi.org/10.23939/istcgcap2021.93.013>.
3. Karpinskyi, Y., & Maliuk, O. (2024). The methodological framework for the integration of national and pan-european spatial data infrastructures (INSPIRE). *Spatial Development*, 10, 458–470. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.10.458-470>.
4. Zablotskyi, F., Dzhuman, B., & Brusak, I. (2021). On the accuracy of (quasi) geoid models relatively UELN/EVRS2000 height systems. *Modern Achievements of Geodesic Science and Industry*, 41(I), 29–36. <https://doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-29-36>.
5. Zablotskyi, F., & Dzhuman B. (2021). Pobudova heometrychnoi STHA-modeli heoida na terytoriiu Lvivskoi oblasti [Construction of a geometric STHA model of the geoid for the territory of the Lviv region]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Recent advances in surveying science and technology*, II (42), 49–56. <https://doi.org/10.33841/1819-1339-2-42-49-56>.
6. Marchenko, O. N., Kucher, O. V., & Marchenko, D. O. (2015). Regional quasigeoid solutions for the Ukraine area. *GEODYNAMICS*, Issue19, 7–14.
7. Sohor, A., Marchenko, D., & Kryva, K. (2024). Methods of calculating the parameters of the reference ellipsoid according to the data of the regional gravity field of the Earth. *Technical Sciences and Technologies*, 1(35), 346–356. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1\(35\)-346-356](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-1(35)-346-356).
8. Hofmann-Wellenhof, B., & Moritz, H. (2006). *Physical geodesy*. Springer Vienna. <https://doi.org/10.1007/978-3-211-33545-1>.
9. Sánchez, L., Crespi, M., & Tanaka, Y. (n.d.). *Height systems*. Global Geodetic Observing System. Retrieved January 19, 2026, from <https://geodesy.science/item/height-systems>.
10. Schwabe, J., & Sacher, M. (2024). *Overview of national realizations of the integrated geodetic reference in Europe (Version 1.0)*. Federal Agency for Cartography and Geodesy. <https://doi.org/10.71603/NATREFEUROPE>.
11. Vaníček, P., & Santos, M. (2019). What Height System Should be Used in Geomatics. *International Journal of Earth & Environmental Sciences*, 4(1). <https://doi.org/10.15344/2456-351X/2019/160>
12. International Association of Geodesy. (1983). *Resolutions No. 9 and 16: Tidal systems in geodesy* [Conference resolutions]. XVIII General Assembly, Hamburg, Germany.
13. Ihde, J., & Augath, W. (2002). The European Vertical Reference System (EVRS), its relation to a world height system and to the ITRS. In J. Ádám & K.-P. Schwarz (Eds.), *Vistas for geodesy in the new millennium* (Vol. 125, pp. 78–83). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04709-5_14.
14. Marjańska, D., Olszak, T., & Piętka, D. (2019). Validation of European Gravimetric Geoid models in context of realization of EVRS system in Poland. *Geodesy and Cartography*, 329–347. <https://doi.org/10.24425/gac.2019.128461>.
15. Celms, A., Bimane, I., Reiniks, M., & Reke, I. (2014). European Vertical Reference System in Baltic countries. *Baltic Surveying*, 1, 49–55.
16. Celms, A., Reke, I., Rekus, D., & Balevicius, G. (2017). National height system testing in Baltic countries using GNSS measurements. In *2017 Baltic Geodetic Congress (BGC Geomatics)* (pp. 257–262). <https://doi.org/10.1109/BGC.Geomatics.2017.38>.

Дата першого надходження статті до видання: 19.12.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 14.01.2026

Oksana Gera

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Geodesy and Land Management
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine)

E-mail: oksana.hera@nung.edu.ua, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6670-2820>, **Scopus Author ID:** [57224954097](https://orcid.org/57224954097)

UKRAINE'S TRANSITION FROM THE BALTIC HEIGHT SYSTEM TO THE EUROPEAN VERTICAL REFERENCE SYSTEM IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION AND MODERNIZATION OF NATIONAL GEODETIC INFRASTRUCTURE

The article addresses the strategic transition of Ukraine from the obsolete Baltic Height System 1977 (BHS-77) to the European Vertical Reference System (EVRS). The objective of this work is to provide a comprehensive analysis of the prerequisites, challenges, and outcomes of preparing the national geodetic infrastructure for implementing European standards as of January 1, 2026, in accordance with Cabinet of Ministers Resolution No. 590. The relevance of this topic is driven by the need to harmonize national geospatial data with the requirements of the INSPIRE Directive.

The study examines theoretical distinctions between geometric and physical height systems, and substantiates the advantages of using normal heights for modern geodesy. Critical deficiencies of BHS-77 have been identified: the use of outdated gravity field models, accumulation of significant errors in leveling networks exceeding 2,000 km in length, and the complexity of adapting the system to satellite GNSS technologies. Based on the analysis of the experience of Poland and the Baltic States, key factors for successful reform have been identified, including the development of accurate local quasigeoid models and the establishment of adaptive transitional periods for engineering projects.

The study describes the complex of works carried out by Ukrainian specialists from 2007 to 2025: digitization of leveling lines of all classes, their joint adjustment at the Federal Agency for Cartography and Geodesy of Germany (BKG), and the creation in 2025 of the hybrid quasigeoid model UQG2025 (Ukrainian Quasigeoid 2025). A strategic action plan for 2026 has been formulated, including the transformation of millions of cadastral records, republication of topographic maps, and restoration of network benchmarks in de-occupied territories.

The conclusions demonstrate that the implementation of EVRS eliminates height discrepancies at the borders with EU countries, which is a critical condition for designing joint cross-border infrastructure projects. The reform is not merely a technical update but a strategic step toward full integration into the European geospatial framework and definitive departure from post-Soviet scientific standards.

Keywords: *Baltic Height System (BHS-77); European Vertical Reference System (EVRS); orthometric height; normal height; ellipsoidal height; United European Levelling Network (UELN); quasigeoid UQG2025.*

Fig.: 2. Table: 2. References: 16.