

тезисов. Крым, Евпатория. – 2008. – С. 34. 4. Черногор Л.Ф., Домнин И.Ф., Емельянов Л.Я., Котов Д.В., Ляшенко М.В. Исследование ионосферных процессов над Украиной // Космічні дослідження в Україні 2010–2012. – К.: Академперіодика, 2012. – С.33–43. 5. Bilitza D., McKinnel L.-A., Reinisch B., Fuller-Rowell T., International reference, ionosphere today and in the future. J. Geod. 85, 909–920 (2011). doi:10.1007/s00190-010-0427-x. 6. Khattatov et al. Ionospheric nowcasting via assimilation of GPS measurements of ionospheric electron content in a global physics-based time-dependent model // Q. J. R. Meteorol. Soc., 131, 2005. pp. 3543–3559. 7. Klobuchar J., Ionospheric time-delay algorithm for single-frequency GPS users // IEEE Transactions on Aerospace and Electronics System, 1987, AES 23(3), 325–331. 8. Bidaine B, Warnant R (2010) Assessment of the NeQuick model at mid-latitudes using GNSS TEC and ionosonde data. Advances in Space Research 45(9):1122. 9. Жеребцов Г.А., Заворин А.В., Медведев А.В., Носов В.Е., Потехин А.П., Шпынев Б.Г. Иркутский радар некогерентного рассеяния // Радиотехника и электроника. – 2002. – Т.47. – № 11. – С. 1–7. 10. Ратовский К.Г., Потехин А.П., Медведев А.В., Куркин В.И. Современный цифровой ионозонд DPS-4 и его возможности // Солнечно-земная физика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – Вып.5 (118). – С.102–104. 11. Захаров И.Г., Ляшенко М.В. Сравнение экспериментальных и модельных значений полного электронного содержания в ионосфере над Восточной Европой // Радиофизика и радиоастрономия. – 2003. – Т. 8, 3. – С. 280–286. 12. Иванов-Холодный Г.С., Михайлов А.В. Прогнозирование состояния ионосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 190 с.

УДК 528.3

І. Засць

Національний університет “Львівська політехніка”

ЕТАПИ ПОБУДОВИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ВІДЛІКУ В УКРАЇНІ

© Засць І., 2012

Рассмотрены основные этапы построения в Украине национальной геодезической системы отсчета – государственной референционной системы координат.

The main stages of construction in Ukraine national geodetic reference system – state reference system of coordinates.

Постановка проблеми. У 70-х роках ХХ ст. із впровадженням супутникових та комп'ютерних технологій геодезія стала наукою планетарного масштабу. Національні геодезичні системи відліку перестали задовольняти потреби науки і практики. Всебічний розвиток почали набувати загальноземні системи відліку та геодезичні референційні системи координат, утворені на їх основі. Згодом більшість країн почали реорганізацію своїх національних геодезичних систем відліку і адаптувати їх до нових умов. Не оминув цей процес і Україну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На початку ХХІ ст. в Україні актуальним стало складне завдання у виборі оптимального шляху перебудови національної системи відліку [1]. Складність цього обумовлювалася такими основними факторами:

- з одного боку, необхідне було оперативне впровадження у геодезичне виробництво нової системи відліку, що забезпечило б ефективне використання супутникових радіонавігаційних систем та європейську інтеграцію в питаннях геопросторового представлення інформації;

– з іншого, в новій структурі системи відліку в максимальному ступені повинна бути врахована можливість використання наявної Державної геодезичної мережі (ДГМ), на створення якої були затрачені великі фінансові і трудові ресурси країни і яка була математичною основою загальнодержавного картографування території України.

За дорученням Укргеодезкартографії в Науково-дослідному інституті геодезії і картографії у 2001 р. виконані роботи з дослідження референцних систем координат, які найбільше поширені, порівняно з чинною в Україні системою координат 1942 р. (СК-42) [2].

У подальші роки була реалізована стратегічна лінія Укргеодезкартографії з створення та впровадження геодезичної референцної системи координат, як планової складової національної системи відліку [3].

Створення геодезичної референцної системи координат та її впровадження виконувалося відповідно до положень нормативних актів [6–11].

Комплекс наукових та прикладних робіт, пов'язаних із модернізацією державної геодезичної мережі, дозволив в достатньо короткі терміни повністю перебудувати систему геодезичного забезпечення України на основі сучасних супутникових та комп'ютерних технологій, та вирішити питання створення і подання цифрової картографічної інформації на сучасному науковому і технічному рівні.

Постановка завдання. З метою інтеграції України в світову та європейську економічні системи, запровадження сучасних систем навігації транспортних засобів, участі в міжнародних наукових дослідженнях глобальних екологічних і геодинамічних процесів, вивчення фігури Землі, загальнодержавного картографування території, розвитку та модернізації ДГМ у цій статті розглянуті основні етапи побудови національної геодезичної системи відліку – державної геодезичної референцної системи координат України в загальному, а детальніше висвітлено процес побудови та проведення супутникових спостережень на пунктах періодично діючої GPS мережі, перманентних GNSS станціях та їх опрацювання.

Виклад основного матеріалу. Застосування сучасних супутникових технологій в практиці геодезичного та картографічного забезпечення доводить, що ефективно використання глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) в діючій системі координат 1942 р. в здебільшого неможливе. Це зумовлювалося такими причинами [4]:

- система координат 1942 р. не забезпечує на необхідному рівні точності однозначного переходу до загальноземної референцної системи координат ITRS (її реалізацій ITRF). А саме у цій системі і визначаються координати пунктів GNSS спостережень. Встановлено, що середня квадратична похибка такого переходу (трансформування координат) становить декілька метрів, м;
- відсутність однозначних параметрів зв'язку з іншими референцними системами, які поширені у Європі, наприклад, системою ETRS89, зокрема і для забезпечення загальнодержавного картографування;
- похибки взаємного положення пунктів ДГМ у системі координат 1942 р. на відстанях 50–100 км можуть досягати 1 м і більше, що не дозволяє здебільшого з необхідною точністю виконувати геодезичну прив'язку до пунктів ДГМ чи інших спеціальних мереж, які будуються з використанням GNSS технологій;
- деформація ДГМ у системі координат 1942 р. у межах зон використання місцевих систем координат здебільшого не забезпечує з необхідною точністю визначення параметрів переходу до місцевих систем координат.

Отже, на той період часу, коли в Україні почали використовуватися супутникові технології у геодезичному виробництві (середина 90-х років XX ст.), все більш явними ставали протиріччя між використанням державної системи координат СК-42, а також і Балтійської системи нормальних висот, з одного боку, та новітніми засобами вимірювань, з іншого. Головною причиною протиріч

стала невідповідність системи координат, в якій виконуються вимірювання супутниковою апаратурою, існуючій державній системі координат та системі нормальних висот. Результатами супутникових вимірювань є координати пунктів у прямокутній просторовій системі, а, як відомо, система координат СК-42 є плановою системою координат на поверхні еліпсоїда Красовського. Єдиним варіантом для отримання результатів у державній системі координат під час виконання геодезичних робіт з використанням супутникових технологій вимірювань стало визначення параметрів трансформування до неї від системи координат вимірювань, тобто діючої реалізації ITRS. До того ж вважалося, що система координат СК-42 є просторовою системою. Саме ця апіорна умова приводила до того, що у вимірювання вносились помилки. Величини тих помилок безпосередньо залежали від території проведення робіт: чим менша територія робіт, тим менші величини помилок, що спотворюють вимірювання і, відповідно, навпаки. Тому здебільшого вдавалося виконувати поставлені завдання з необхідною точністю шляхом проведення локальних супутникових вимірювань. У тих умовах для переважної більшості геодезистів така практика визначення параметрів була єдиноможливою. Але вона мала низку негативних моментів, які полягали у такому:

- у результаті трансформування до СК-42 спотворюються точні супутникові вимірювання і зберігаються тільки спотворені результати;
- здебільшого висотна координатна компонента, що отримується з вимірювань, не використовується, а якщо і використовується, то з помітною втратою точності;
- необхідність визначення параметрів трансформування для порівняно невеликих ділянок призводило до збільшення обсягів польових робіт, що безпосередньо впливало на їхню вартість;
- через відсутність відомих наборів параметрів трансформування, що зв'язують загальземну просторову систему координат ITRS та СК-42, кожна група виконавців, що проводить відповідні геодезичні роботи, отримує свої параметри на окремі ділянки, значення яких залежать від набору вихідних геодезичних пунктів;
- за збільшення території робіт точність трансформування координат з використанням одного набору параметрів знижується. Тому під час роботи на протяжних об'єктах виникають складнощі переходу до СК-42, особливо у разі високих вимог до точності і необхідності отримання результатів у реальному часі.

Отже, наявна державна система координат, що розроблялася у минулому як основа системи геодезичного забезпечення, не може повною мірою виконувати покладені на неї функції у сучасній системі геодезичного забезпечення. Для зміни ситуації до кращого передусім необхідно було створити і впровадити нову геодезичну систему відліку, як основу сучасної системи геодезичного забезпечення в Україні [5].

У результаті тривалих пошуків оптимального розв'язання цього глобального завдання були запропоновані такі етапи впровадження геодезичної референцної системи координат:

- побудова періодично діючої мережі GNSS спостережень;
- проведення супутникових спостережень на пунктах періодично діючої мережі, перманентних GNSS станціях та їх опрацювання;
- моделювання параметрів геодезичної референцної системи координат;
- проведення супутникових спостережень на пунктах астрономо-геодезичної мережі України та їх опрацювання;
- створення та наповнення банку геодезичних даних пунктів ДГМ України;
- загальне вирівнювання ДГМ України та каталогізація пунктів;
- встановлення параметрів зв'язку між національною геодезичною референцною системою УСК2000 та іншими референцними системами координат;
- розроблення цифрової моделі та програмно-методичного комплексу трансформування координат із державної системи СК-42 до національної геодезичної референцної системи УСК2000;
- введення геодезичної референцної системи координат УСК2000, як складової національної геодезичної системи відліку.

Побудова та функціонування періодично діючої мережі GNSS спостережень. Перші кроки з побудови постійнодіючої мережі GNSS спостережень в Україні розпочалися у 1995 р. з реалізації проекту Технічної робочої групи Підкомісії EUREF – UKRREF95. Відповідно до загальноприйнятої тоді методики національного згущення EUREF мережі планувалось провести п'ятиденні GPS спостереження на 16 спеціально побудованих пунктах з середніми відстанями між ними близько 200–300 км. Основні функції мережі:

- задавання та оперативне відтворення загальноземної системи координат ITRS;
- усунення можливих спотворень ДГМ та мереж згущення в регіональному та глобальному масштабах;
- експериментальне виявлення та облік деформуючого впливу геодинамічних процесів на стабільність координатної основи (приведення до “єдиної” епохи);
- метрологічне забезпечення перспективної виробничої діяльності (еталонування й атестація майбутніх високоточних космічних та інших систем).

У тому ж році за ініціативи Головного управління геодезії, картографії та кадастру (Укргеодезкартографії) та за технічної підтримки Інституту прикладної геодезії (IfAG, тепер ВКГ) з Франкфурта-на-Майні (Німеччина) було організовано проведення першої GPS-кампанії із створення постійнодіючої мережі.

Схема мережі, побудованої за проектами EUREF-UKR95, наведено на рис. 1, а її характеристики – у табл. 1.



Рис. 1. Схема мережі періодично діючих пунктів проекту EUREF-UKR95

Зазначені у табл. 1 періодично діючі пункти мережі були побудовані у 1994 р. силами Українського державного аерогеодезичного підприємства (УкрДАГП). Побудовані пункти в переважній більшості (окрім пункту Сімеїз) є турами (бетонний моноліт) різної висоти (від 0.1 до 3 м) та глибини закладки (до 3 м) з маркою для примусового центрування.

Таблиця 1

Відомості про періодично діючі пункти проекту EUREF-UKR95

№ з/п	Повна назва пункту	Код пункту	Ідентифікатор пункту	Наближені координати Широта/Довгота
1	Вапнярка (сmt.Томашпіль)	016	VAPN	48°33'46" N / 28°30'50"E
2	Каховка	004	KACH	46°48'30" N / 33°29'00"E
3	Кіровоград	005	KIRO	48°32'24" N / 32°17'00"E
4	Київ (ГУГК)	013	GUGK	50°27'36" N / 30°38'07"E
5	Львів (с.Брюховичі)	015	LVIV	49°55'00" N / 23°57'18"E
6	Одеса (с.Крижанівка)	017	ODES	46°33'39" N / 30°48'29"E
7	Суми	001	SUMY	50°51'33" N / 34°45'35"E
8	Ужгород (с.Деренівка)	б/№	UZHD	48°33'45" N / 22°19'05"E
9	Чернівці	008	CHER	48°15'36" N / 25°59'10"E
10	Шацьк (с.Світязь)	010	SHAT	51°28'30" N / 23°49'30"E
11	Шепетівка	б/№	SHEP	50°09'45" N / 27°01'29"E
12	Маріуполь	003	MARI	47°04'52" N / 37°27'17"E
13	Сімеїз		SIME	44°24'56" N / 33°59'35"E
14	Полтава	002	POLT	49°34'22" N / 34°24'05"E
15	Алчевськ (с.Михайлівка)	009	ALCH	48°27'25" N / 38°54'22"E
16	Миколаїв	019	MIKO	46°58'22" N / 31°58'22"E

Таблиця 2

Характеристика GPS спостережень на пунктах проекту EUREF-UKR95 (1995 р.)

№ з/п	Ідентифікатор пункту	Тип приймача	Тип антени	К-ть діб спостережень
1	VAPN	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
2	KACH	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	2
3	KIRO	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	3
4	GUGK	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	6
5	LVIV	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
6	ODES	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
7	SUMY	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	4
8	UZHD	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
9	CHER	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
10	SHAT	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
11	SHEP	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	5
12	MARI	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
13	SIME	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
14	POLT	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
15	ALCH	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
16	MIKO	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6

На жаль, завершити повноцінно спостереження, згідно з планом, не вдалось з причини деяких організаційних прорахунків. Були отримані дані спостережень десь на 80 % від запланованого (див. табл.2) і це дало можливість провести перше попереднє їх опрацювання у 1996 р.. Головним недоліком виконаного опрацювання була відсутність надійної прив'язки побудованої мережі до перманентних станцій Європи.

У 1998 р. було проведено повторне обчислення та вирівнювання мережі. В опрацювання було включено результати спостережень на 16 пунктах GPS мережі України та на 5 закордонних перманентних станціях мережі EUREF. Це такі станції: GRAZ (Graz, Австрія), JOZE (Jozefoslaw, Польща), METS (Metsahovi, Фінляндія), POTS (Potsdam, Німеччина), WTZR (Wetzlar, Німеччина). Координати цих перманентних станцій у системі ITRF94, епоха 1993.0 слугували опорними для вирівнювання GPS мережі України. За результатами опрацювання даних спостережень отримані такі характеристики GPS мережі України:

- середня квадратична похибка взаємного положення пунктів мережі $\pm 2 - \pm 5$ мм;
- середня квадратична похибка узгодження з загальноземною системою ITRF94 на епоху 1995.47 становить $\pm 5 - \pm 8$ мм;
- загальна оцінка точності мережі – на рівні 10 мм.

Наведені характеристики є надзвичайно високими, хоч і мало достовірними навіть сьогодні, зважаючи на відчутну різницю у тодішніх і теперішніх технологіях опрацювання даних та їх якості. Це можна показати на таких прикладах. Тільки три із зазначених перманентних станцій мали координати класу А (GRAZ, POTS, WTZR), а решта дві – класу С. Відповідно їх швидкості зміни координат відрізняються істотно від сучасних даних і можуть лише за цей фактор дати похибку в 1 см. Оцінити значення похибки ефемерид супутника на точність координат пункту m_p можна за такою формулою:

$$m_p = l \cdot \frac{d_{\text{опб.}}}{r},$$

де l – довжина базової лінії, r – відстань від пункту на земній поверхні до супутника (близько 20 000 км), $d_{\text{опб.}}$ – похибка ефемерид супутника. Якщо прийняти довжину базової лінії Wettzel-Київ у 1600 км, а похибку тодішніх ефемерид 0.25 м, то отримаємо оцінку m_p на рівні 2 см.

Проведення супутникових спостережень на пунктах періодично діючої мережі, перманентних GNSS станціях та їх опрацювання. Процес згушення EUREF мережі на території України було відновлено тільки у 2000 р. з прийняттям Постанови Кабінету Міністрів України [8].

Таблиця 3

Характеристика GPS спостережень на пунктах проекту EUREF-UKR95 (2000 р.)

№ з/п	Ідентифікатор пункту	Тип приймача	Тип антени	К-ть діб спостережень
1	VAPN	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	7
2	KACH	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	5
3	KIRO	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	19
4	LVIV	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	6
5	ODES	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	10
6	SUMY	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	5
7	UZHD	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	4
8	CHER	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	14
9	SHAT	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	2
10	SHEP	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	9
11	MARI	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	6
12	SIME	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	4
13	POLT	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	7
14	ALCH	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	4
15	MIKO	LEICA SR299	LEISR299_INT	3

Другий цикл спостережень на 15 пунктах мережі (пункт Київ (ГУГК) був вилучений) проводився в період з 3 по 30 вересня 2000 р. У табл. 3 наведено характеристики цих спостережень. Для опрацювання результатів спостережень було включено дані із трьох перманентних GPS-станцій, що діяли на той час в Україні – GLSV (Київ), UZHL (Ужгород), CRAO (Сімеїз), а також дані із шести закордонних перманентних станцій мережі IGS.

Третій цикл GPS спостережень було виконано в 2001 р. на пунктах GPS мережі в межах проекту повторних (цикл 5 років) вимірювань. Роботи проводилися в період з 18 по 23 червня 2001 р. У табл. 4 наведено статистичні дані виконаних спостережень.

В опрацювання приймали результати спостережень із 15 пунктів мережі, 5 перманентних станцій, які розташовані на території України – GLSV (Київ), UZHL (Ужгород), CRAO (Сімеїз), SULP (Львів) та POLV (Полтава). Прив'язку до загальноземної системи координат ITRF97 виконали шляхом долучення до опрацювання результатів спостережень з шести закордонних перманентних IGS-станцій.

Наступний цикл GPS спостережень було виконано в 2004 р. на пунктах GPS мережі в межах проекту впровадження на території України Державної референцної системи координат УСК-2000. Супутникові спостереження виконувалися в період з 14 квітня по 23 жовтня 2004 р. на 13 пунктах GPS мережі. Треба зазначити, що на той час вже повноцінно діяли перманентні станції SULP (Львів), POLV (Полтава) та MIKL (Миколаїв) і тому задіювати пункти LVIV, POLT та MIKO, які знаходяться на близьких відстаннях від зазначених станцій, не було потреби. Основні відомості про спостереження на пунктах наведено в табл. 5.

Виконання чергових (циклічних) супутникових спостережень на періодично діючих пунктах GPS мережі для моніторингу Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 на території України проводилося у 2007 р. Основні відомості про спостереження, виконані в 2007 р., наведено в табл.6.

У табл. 2–6 наведено дані про виконані супутникові спостереження на періодично діючих пунктах GPS мережі у межах загальнодержавних кампаній, які були скеровані на створення та підтримку національної системи відліку.

Таблиця 4

Характеристика GPS спостережень на пунктах проекту EUREF-UKR95 (2001 р.)

№ з/п	Ідентифікатор пункту	Тип приймача	Тип антени	К-ть діб спостережень
1	VAPN	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
2	KACH	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	6
3	KIRO	ASHTech UZ-12	ASH700718B	5
4	GUGK	TRIMBLE 4700	TRM33429.20+GP	6
5	LVIV	TRIMBLE 4000SSE	TRM33429.20+GP	6
6	ODES	LEICA SR299	LEISR299_INT	5
7	SUMY	ASHTech UZ-12	ASH701975.01A	5
8	UZHD	LEICA SR399	LEISR399_INT	6
9	CHER	TRIMBLE 4000SSI	TRM22020.00+GP	6
10	SHAT	LEICA SR9500	LEIAT202-GP	6
11	SHEP	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	6
12	MARI	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
13	SIME	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	5
14	POLT	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6
15	ALCH	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	6

Таблиця 5

Характеристика GPS спостережень на пунктах проекту EUREF-UKR95 (2004 р.)

№ з/п	Ідентифікатор пункту	Тип приймача	Тип антени	К-ть діб спостережень
1	VAPN	TRIMBLE 4000SSE TRIMBLE 5700	TRM22020.00+GP TRM41249.00	2 9
2	KACH	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	3
3	KIRO	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	3
4	GUGK	TRIMBLE 4000SSE TRIMBLE 5700	TRM29659.00 TRM41249.00	10 5
5	ODES	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
6	SUMY	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	3
7	UZHD	TRIMBLE 4000SSE	TRM22020.00+GP	2
8	CHER	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	5
9	SHAT	TRIMBLE 4000SSE	TRM14532.00	2
10	SHEP	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	4
11	MARI	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	3
12	SIME	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	2
13	ALCH	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	1

Таблиця 6

Характеристика GPS спостережень на пунктах проекту EUREF-UKR95 (2007 р.)

№ з/п	Ідентифікатор пункту	Тип приймача	Тип антени	К-ть діб спостережень
1	VAPN	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	8
2	KACH	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
3	KIRO	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
4	ODES	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
5	SUMY	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
6	UZHD	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
7	CHER	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	7
8	SHAT	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
9	SHEP	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	8
10	MARI	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
11	LVIV	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6
12	POLT	TRIMBLE 5700	TRM41249.00	6

За вказаний період проводилися і інші кампанії GPS спостережень, що були скеровані на інші завдання, але використовували пункти проекту EUREF-UKR95. Так у 1997 р. у межах міжнародного проекту EUVN97 було виконано 8-добові спостереження на 4 пунктах мережі, а саме: KIEA (Київ), MIKO (Миколаїв), SIME (Сімеїз), UZHD (Ужгород). Цей міжнародний проект передбачав створення єдиної висотної основи для території Європи. У межах міжнародного проекту MOLDREF-99 (згущення мережі EUREF на території Молдови) було виконано 5-добові спостереження на трьох пунктах мережі проекту EUREF-UKR95: MIKO (Миколаїв), SIME (Сімеїз) та UZHD (Ужгород). У 2003 р. з метою побудови спеціальної геодезичної мережі у зоні північної ділянки Українсько-Молдовського кордону було виконано спостереження на двох періодично

діючих пунктах CHER (Чернівці) та VAPN (Вапнярка). Спостереження 2005 р. на двох періодично діючих пунктах LVIV (Львів) та UZHD (Ужгород) виконувалися у межах реалізації проекту “Побудова моделі квазігеоїда на територію ділянки Українсько-Молдовського кордону”.

Зведена відомість про обсяги виконаних GPS спостережень на періодично діючих пунктах наведена в табл.7. Аналізуючи наведену у цій таблиці інформацію, можна відмітити доволі неоднорідний характер виконаних спостережень. Крім того, треба ще зазначити, що для виконання GPS спостережень залучалась супутникова апаратура виробників різних фірм. Також на результати опрацювання цих спостережень впливає той факт, що вони виконувались з різною тривалістю. Ще один важливий фактор – лише під час трьох кампаній (1995, 2001 та 2007 рр.) супутникові спостереження виконувалися одночасно.

Таблиця 7

**Зведена відомість про обсяги виконаних спостережень
на періодично діючих пунктах EUREF-UKR95**

№ з/п	Ідентифікатор пункту	Роки спостережень / Кількість діб спостережень за рік									Всього по пункту
		1995	1997	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2007	
1	ALCH	6			4	6		1			17
2	CHER	6			14	6	2	5		7	40
3	GUGK	6				6		15			27
4	KACH	2			5	6		3		6	22
5	KIRO	6			19	5		3		6	39
6	LVIV	6			6	6			6	6	30
7	MARI	6			6	6		3		6	27
8	MIKO		8	5	3	4					20
9	ODES	6			10	5		6		6	33
10	POLT	6			7	6				6	25
11	SHAT	6			2	6		2		6	22
12	SHEP	5			9	6		4		8	32
13	SIME	6	8	5	4	5		2			30
14	SUMY	4			5	5		3		6	23
15	UZHD	6	8	5	4	6		2	6	6	43
16	VAPN	6			7	6	1	11		8	39

Всі вище перераховані недоліки істотно ускладнили процес опрацювання супутникових спостережень.

Зазначимо, що опрацювання даних GPS спостережень, які проводилися від 2000 р., виконувалося у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії. Результатом цих опрацювань стало отримання координат періодично діючих пунктів GPS мережі проекту EUREF-UKR95 у різних реалізаціях ITRS на епоху виконаних спостережень. Саме ці результати і слугували основою для отримання національної геодезичної референційної системи координат УСК2000.

На час побудови мережі періодично діючих пунктів GPS спостережень в Україні не було ще жодної перманентної супутникової станції, яка б входила у міжнародні структури. Але, оскільки

такі станції вже доволі активно розвивалися на території Європи, то передбачалося, що періодично діючі пункти надалі будуть замінюватися на постійно діючі GPS, а у майбутньому і GNSS станції.

Починаючи із 1997 р. в Україні стали створюватися повноцінні постійні супутникові станції, які свою роботу узгоджували із міжнародними організаціями, насамперед, із IGS та EUREF. Першою українською постійною GPS станцією була станція Голосіїв (GLSV). Пізніше постали і багато інших станцій. У табл. 8 наведено перелік українських постійних GNSS станцій, що входять у міжнародні мережі. Саме цей процес почав значно впливати на подальший розвиток періодично діючих пунктів, що були створені у межах проекту EUREF-UKR95. Частина пунктів втратила своє значення через цей фактор: Київ-А (KIEA), Київ ГУГК (GUGK), Алчевськ (ALCH), Миколаїв (MIKO), а інша частина формально залишилася у складі періодично діючих пунктів, але їхнє практичне використання зведене до мінімуму: Львів (LVIV), Шацьк (SHAT), Полтава (POLT), Ужгород (UZHD), Чернівці (CHER), Кіровоград (KIRO), Одеса (ODES), Сімеїз (SIME).

Таблиця 8

Основні відомості про постійні GNSS станції України (2012 р.)

№ з/п	Ідентифікатор станції	Місце розташування	Початок діяльності	Статус	Мережі	
					IGS	EPN
1	ALCI	Алчевськ (Михайлівка)	19.04.2009	Клас А	-	+
2	CNIV	Чернігів	29.10.2006	Клас В	-	+
3	EVPA	Євпаторія	13.11.2005	Клас А	-	+
4	GLSV	Київ (Голосієво)	10.05.1998	Клас А	+	+
5	KHAR	Харків	20.03.2005	Клас В	+	+
6	KTVL	<i>Кацивелі (Велика Ялта)</i>	13.06.2010	Клас В	-	+
7	MIKL	Миколаїв	10.11.202	Клас А	+	+
8	<i>POLV</i>	Полтава	09.09.2001	Клас А	+	+
9	<i>SMLA</i>	Сміла	01.11.2009	Клас В	-	+
10	SULP	Львів	21.10.2001	Клас А	+	+
11	UZHL	Ужгород	25.07.1999	Клас А	+	+

У табл.8 початком діяльності станції вважається дата, з якої почалося офіційне визначення її координат. Статус станції залежить від того, чи можна її використовувати як опорну для EUREF згущення (клас А – так, клас В – ні).

Таким чином GPS мережа періодично діючих пунктів, що була створена в Україні у межах проекту EUREF-UKR95, повинна була стати національною мережею згущення EUREF і бути основою для побудови державної референсної системи координат УСК-2000. Для свого часу вона повністю виправдала покладені на неї сподівання, а сучасна національна мережа EUREF згущення повинна базуватися лише на постійних GNSS станціях, що входять у мережі IGS та EPN. Їхня кількість сьогодні в Україні цілком достатня для розв'язання будь-яких завдань.

Висновки. Основними соціально-економічними та іншими наслідками впровадження геодезичної референсної системи координат слід вважати докорінну перебудову геодезичного, картографічного та навігаційного забезпечення території України, швидку інтеграцію у світовий науковий простір.

На основі GPS мережі періодично діючих пунктів, яка була створена в Україні у межах проекту EUREF-UKR95, з часом постала мережа УПМ ГНСС – Українська постійно діюча мережа глобальних навігаційних супутникових спостережень. Вона стала невід’ємною складовою Державної геодезичної мережі і є основою національної системи відліку.

Практичною цінністю впровадження геодезичної референцної системи координат стала можливість ефективного використання сучасних GNSS технологій в топографо-геодезичному виробництві, які мають низку переваг порівняно з традиційними геодезичними технологіями.

Сучасна геодезична референцна система координат має практичну цінність і буде використовуватись у космічній, оборонній, транспортній галузях, геологічній розвідці, екології, геодинаміці та сейсміці, а також у політичній, освітній та інформаційній сферах.

1. Бондар А. Л., Заєць І.М., Кучер О.В. Стан та основні напрямки розвитку Державної геодезичної мережі України // Вісник геодезії та картографії. – 2001 р. – №3. – С. 17–23. 2. Кучер О., Ренкевич О., Лепетюк Б. Дослідження референцних систем координат для території України // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Л., 2002. – С. 15–28. 3. Кучер О., Ренкевич О., Лепетюк Б., Заєць І. Науково-технічне забезпечення впровадження референцної системи координат для території України // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. пр. – Л., 2003. – С. 23–31. 4. Савчук С.Г. До питання про створення національної системи відліку // Вісник геодезії та картографії. – 2001. – №4. – С.11–13. 5. Савчук С.Г. Побудова геодезичної референцної системи координат // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2002. – Вип.62. – С. 47–59. 6. Закон України “Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність” від 23 грудня 1998 р. № 353–XIV. 7. Указ Президента України “Про поліпшення картографічного забезпечення державних та інших потреб в Україні” від 1 серпня 2001 року, № 575/2001. 8. Постанова Кабінету Міністрів України “Про впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84” від 22.12.1999 р. № 2359. 9. Розпорядження Кабінету Міністрів України “Про затвердження плану заходів щодо впровадження на території України Світової геодезичної системи координат WGS-84” від 11.08.2000 р. №320-р. 10. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження основних положень створення Державної геодезичної мережі України” від 8 червня 1998 р. № 844. 11. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Державної науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003-2010 роки” від 16 січня 2003 р. № 37.