

2. СИСТЕМИ КООРДИНАТ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТОЧОК ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Розташування об'єктів на земній поверхні в геодезії та топографії описують за допомогою координат. Координати – величини, які визначають положення точки на площині або у просторі щодо прийнятої системи координат. Кожна координатна система має свої початкові (вихідні) точки, площини або лінії відліку необхідних величин – початок координат і одиниці їх вимірювання.

Складна форма фізичної поверхні Землі унеможливило побудову на ній достатньо точної, математично обґрунтованої системи координат. Тому точки земної поверхні проєктують прямовисними лініями або нормальними на поверхню орієнтованого еліпсоїда, для якої задають відповідну систему координат (рис. 3).

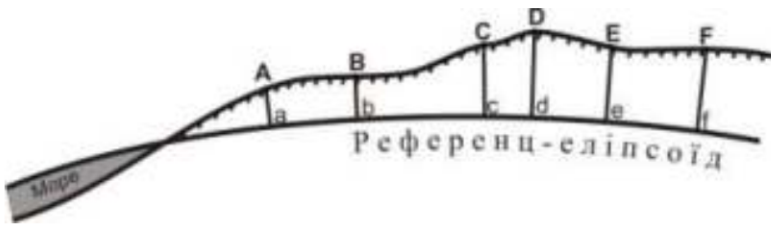


Рис. 3. Проєкції точок місцевості на поверхню референц-еліпсоїда

Для визначення положення проєкцій точок на поверхні референц-еліпсоїда або загальноземного еліпсоїда в геодезії використовують системи географічних і прямокутних координат. Під час топографічних робіт на місцевості взаємне розташування точок зручно описувати за допомогою полярних координат. Щоб знати положення точки на фізичній поверхні Землі, треба також знайти висоти Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff, які відраховують від головної рівневої поверхні (рівня моря).

2.1. Система географічних координат

Цю систему координат використовують для визначення положення проєкцій точок Землі на поверхні еліпсоїда. Вихідними площинами у ній є площина початкового меридіана й екватора, а координатами – кутові величини: довгота і широта точки.

Поняття географічної довготи і широти запровадив ще у II ст. до н.е. давньогрецький астроном Гіпарх. Вони були обґрунтовані тим, що в той час заселена Земля вважалася видовженим островом, удвічі більшим з заходу на схід у довжину, ніж з півдня на північ у ширину. У середині XIX ст. перед світовою наукою постало завдання визначити єдиний для всіх початковий меридіан. З цією метою у вересні 1883 р. в Римі відбулася конференція Європейської комісії з вимірювань, яка розглянула питання про нульовий меридіан і про запровадження 24 годинних поясів (остання ідея висунув у 1878 р. канадський інженер А. Флемінг). На цій конференції майже одногосно прийняли рішення про затвердження початкового меридіана по довготі, на якій розташована неподалік Лондона Грінвіцька обсерваторія. Вибір не був випадковим. До цього часу вже багато десятиліть великий флот Британської імперії, а разом з ним і кораблі інших країн, орієнтувалися по меридіану саме цієї найдавнішої у Великобританії обсерваторії. Остаточне рішення було прийняте на спеціальній конференції у Вашингтоні в жовтні 1884 р. за участю не лише вчених багатьох країн, але й дипломатів із 25 держав.

На поверхні еліпсоїда й на топографічних картах координатну сітку утворюють меридіани та паралелі (рис. 4). **Меридіаном** називають лінію перетину еліпсоїда з площиною, яка проходить через дану точку і полярну вісь обертання Землі. **Паралель** – це лінія перетину еліпсоїда площиною, що проходить через дану точку та перпендикулярна земній осі. Площину, яка перпендикулярна осі обертання Землі та проходить через її центр, називають **площиною земного екватора**, а лінію перетину цієї площини із земною поверхнею (поверхнею еліпсоїда) – **екватором**.

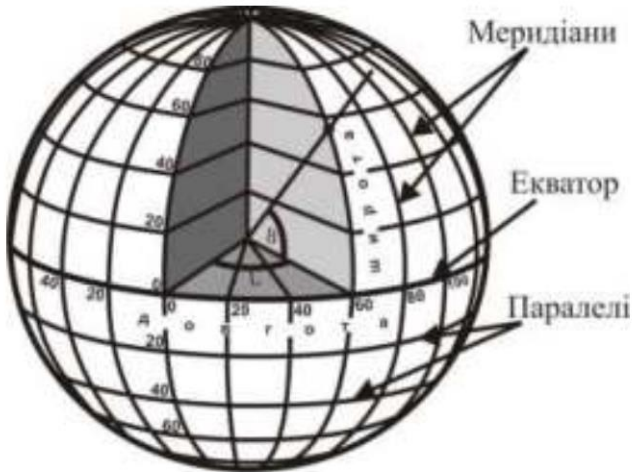


Рис. 4. Система географічних координат

Географічні координати – узагальнене поняття про астрономічні та геодезичні координати, коли схилення прямовисних ліній не враховують. Астрономічні координати визначають за спостереженнями небесних світил, використовуючи для проектування точок із фізичної поверхні на поверхню орієнтованого еліпсоїда прямовисні лінії. Геодезичні координати визначають із геодезичних вимірювань і подальших обчислень для поверхні референц-еліпсоїда; пов'язані вони з положенням нормалі у вибраній точці. Відомо, що прямовисна лінія та нормаль, проведені через одну і ту ж точку земної поверхні, не збігаються, а тому астрономічні та геодезичні координати трохи відрізняються. Для референц-еліпсоїда Красовського у межах території України це схилення в середньому дорівнює 2"–3". Унаслідок цього точки, нанесені на топографічну карту за астрономічними координатами,

будуть розташовані збоку від справжнього їх положення на карті приблизно на 70–100 м. У дрібномасштабній картографії цим неузгодженням нехтують і використовують широту й довготу як координати загальної системи географічних координат.

Астрономічні координати є компонентами орієнтування прямою лінією у вибраній точці земної поверхні щодо площини екватора і площини початкового астрономічного меридіана. **Площиною астрономічного меридіана** є площина, яка проходить через прямовисну лінію в даній точці та паралельна осі обертання Землі.

Астрономічна широта (φ) – кут, утворений прямою лінією у вибраній точці та площиною екватора.

Астрономічна довгота (λ) – двограний кут між площинами початкового астрономічного меридіана й астрономічного меридіана певної точки.

Геодезичні координати описують орієнтування нормалі у вибраній точці щодо площини екватора та початкового геодезичного меридіана (рис. 4). Площину, яка проходить через нормаль до поверхні земного еліпсоїда у вибраній точці та його малу вісь, називають **площиною геодезичного меридіана**.

Геодезична широта (B) – кут, утворений нормаллю до поверхні земного еліпсоїда у вибраній точці та площиною його екватора. Широту вимірюють по дузі меридіана від екватора ($B = 0$) до полюсів ($B = 90$), через що вона може бути північна (+) або південна (–).

Геодезична довгота (L) – двограний кут між площинами початкового геодезичного меридіана та геодезичного меридіана вибраної точки. Довготу відлічують по дузі екватора (паралелі) на схід (східна; «+») або на захід (західна; «–») від початкового меридіана, через що вона може змінювати значення від 0° (на початковому меридіані) до 180° .

На топографічних картах сітка меридіанів і паралелей відповідає геодезичній системі координат.

2.2. Системи прямокутних координат

Система географічних координат може бути розповсюджена як єдина координатна система на всю поверхню земного еліпсоїда. Але її використання пов'язане з певними труднощами, зокрема:

- взаємне розміщення точок визначають у кутових одиницях вимірювання, а відстані на місцевості вимірюють у лінійній мірі;
- значення одних і тих самих кутових одиниць відповідає різним лінійним значенням залежно від широти;

- використання географічних координат потребує складних і трудомістких, навіть для малих відстаней, розрахунків.

Зважаючи на це, для визначення положення точки у геодезії поряд з географічною використовують також систему прямокутних координат. Остання може бути поширена як на всю поверхню еліпсоїда, так і на окремі її ділянки.

2.2.1. Геоцентрична система прямокутних просторових координат

У цій системі початок координат розташований у центрі земного еліпсоїда і збігається із центром мас Землі. Вісь Z збігається з полярною віссю, а осі X , Y лежать у площині екватора. Вісь X лежить на лінії перетину площини початкового меридіана з площиною екватора, вісь Y – перпендикулярна до неї. Координатами довільної точки B у системі є значення X , Y , Z , які відповідають довжинам відповідних відрізків (рис. 5, *a*)

Цю систему використовують для визначення положення точки у глобальних системах координат (зокрема, WGS84) і позиції космічних апаратів у навіолоземному просторі.

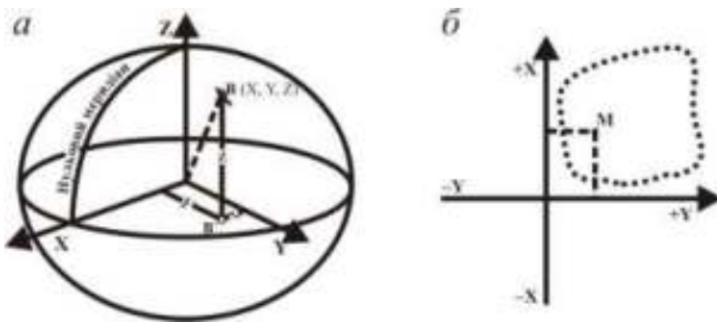


Рис. 5. Системи просторових (*a*) та локальних плоских (*б*) прямокутних координат

2.2.2. Локальна система плоских прямокутних координат

Таку систему координат застосовують на обмеженій за площею частині поверхні земного еліпсоїда, коли розміри ділянки виконання геодезичних робіт дають змогу не враховувати сферичність Землі. За вихідні напрямки приймають дві взаємно перпендикулярні прямі з початком відліку в точці їхнього перетину O . Пряма X – вісь абсцис, пряма Y – вісь ординат. Вісь абсцис X суміщають з напрямком меридіана, який проходить через початок координат, або з напрямком, який паралельний такому

меридіану. Вісь ординат проходить через точку O перпендикулярно до осі абсцис (рис. 5, б). За початок відліку координат приймають довільну точку на місцевості (система з умовним початком координат).

Координатами у цій системі є лінійні величини – абсциса і ордината, які відповідають найкоротшим відстаням до точки від вихідних осей. Так, положення точки M знаходять, вимірявши довжину перпендикулярів x_M і y_M у лінійних одиницях (переважно в метрах).

Координатні осі у точці перетину O ділять місцевість на чотири чверті, які нумерують за ходом годинникової стрілки та називають за сторонами світу. Абсциси точок, розташованих вище початку координат, вважають додатними, а нижче – від’ємними; ординати точок правіше початку координат мають додатні значення, лівіше – від’ємні. Назви чвертей і знаки координат наведено у табл. 4. Для зручності за початок координат вибирають таку точку, щоб стосовно неї вибрана ділянка місцевості й усі її об’єкти були розташовані в першій чверті.

Таблиця 4

Назви чвертей і знаки координат

Номер чверті	Назва чверті	Знаки координат	
		X	Y
I	Північно-східна (ПнС)	+	+
II	Південно-східна (ПдС)	-	+
III	Південно-західна (ПдЗ)	-	-
IV	Північно-західна (ПнЗ)	+	-